



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTONOMA DE MEXICO

# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

---

---

FACULTAD DE FILOSOFÍA Y LETRAS  
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES ANTROPOLÓGICAS

POSGRADO EN ANTROPOLOGÍA

## DE LA HIDROXIAPATITA AL ENTIERRO.

ANÁLISIS NANO, MICRO Y MACROSCÓPICO DE LOS RESTOS  
ÓSEOS DE LOS HABITANTES DE LA LAGUNA, TLAXCALA  
(600 A. C. – 100 D. C.).

**T E S I S**

QUE PARA OPTAR AL GRADO DE:

**MAESTRA EN ANTROPOLOGÍA**

P R E S E N T A

**LOURDES ROCÍO COUOH HERNÁNDEZ**

**TUTOR: DR. LUIS ALBERTO BARBA PINGARRÓN**



CIUDAD DE MÉXICO

2009



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

---

*"... Un hombre no puede saber dónde está en la tierra salvo en relación con la luna o con una estrella. Lo primero es la astronomía, luego vienen los mapas terrestres que dependen de ella. Justo lo contrario de lo que uno esperaría. Si lo piensas mucho tiempo, acabas con el cerebro del revés. Existe un aquí sólo en relación con un allí, no al contrario. Hay esto sólo porque hay aquello; si no miramos arriba nunca sabremos qué hay abajo. Piénselo muchacho. Nos encontramos a nosotros mismos únicamente mirando lo que no somos. No puedes poner los pies en la tierra hasta que no has tocado el cielo..."*

Paul Auster

*El Palacio de la luna*

## TABLA DE CONTENIDO

<b>LISTA DE FIGURAS.....</b>	<b>vii</b>
<b>LISTA DE TABLAS.....</b>	<b>xvii</b>
<b>AGRADECIMIENTOS.....</b>	<b>xix</b>
<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO 1. EL TEJIDO ÓSEO: ESTRUCTURA, DIAGÉNESIS Y APLICACIONES ARQUEOMÉTRICAS.....</b>	<b>6</b>
1.1 Estructura.....	6
1.2 Diagénesis.....	12
1.3 Análisis de los elementos traza como indicadores dietarios.....	18
1.4 Análisis arqueométricos en hueso antiguo en México.....	20
<b>CAPÍTULO 2. METODOLOGÍA.....</b>	<b>27</b>
2.1 Modelo bioantropológico.....	27
2.2 Las muestras.....	32
2.3 Las técnicas.....	36
2.3.1 Osteología Antropológica.....	36
2.3.1.1 Análisis del material óseo.....	37
2.3.1.2 Análisis del entierro.....	41
2.3.2 Arqueometría.....	43
2.3.2.1 Calorimetría Diferencial de Barrido (DSC) y Termogravimetría (TG).....	43
2.3.2.2 Difracción de Rayos X (DRX).....	44
2.3.2.3 Espectroscopia infrarroja (IR).....	45
2.3.2.4 Emisión de Rayos X Inducida por Partículas (PIXE) e Ionoluminiscencia (IOL).....	45
2.3.2.6 Microscopía Electrónica de Transmisión (TEM).....	50
2.3.2.5 Microscopía Electrónica de Bajo Vacío (SEM).....	50

<b>CAPÍTULO 3. LA LAGUNA: UN SITIO ARQUEOLÓGICO DEL FORMATIVO.....</b>	<b>52</b>
3.1 Ubicación y cronología.....	52
3.2 Medio ambiente.....	54
3.3 Las excavaciones.....	55
3.4 Distribución.....	56
3.5 Las Ardillas.....	59
3.5.1 Área B2 y B3.....	59
3.5.1.1 Elemento 10.....	59
3.5.2 Área B6.....	62
3.5.2.1 Entierro del Elemento 63.....	62
3.5.2.2 Entierros de los Elementos 64 y 65.....	63
3.5.3 Área B4 y B5.....	66
3.5.3.2 Entierro del Elemento 36.....	64
3.5.3.3 Elemento 35.....	66
3.5.3.1 Entierro del Elemento 33A.....	68
3.6 Las Palmas.....	69
3.6.1 Área F.....	70
3.6.1.1 Elementos 117 y 128: Dos cráneos con copa.....	71
3.6.1.2 Entierro del Elemento 119.....	72
3.6.1.3 Entierro del Elemento 133.....	72
3.6.2 Áreas F1 y F5.....	72
3.6.2.1 Entierros del Elemento 46.....	72
3.6.3 Áreas F1 y F4.....	91
3.6.3.1 Entierro del Elemento 43.....	91
3.6.4 Áreas F2, F3 y F6.....	93
3.6.4.1 Entierro del Elemento 83.....	94
3.6.4.2 Entierro del Elemento 85.....	98
3.6.4.3 Entierro del Elemento 49.....	99
3.6.4.4 Entierro del Elemento 51.....	101
3.6.5 Área I.....	102
3.6.5.1 Elemento 129: Entierro secundario.....	102
3.6.6 Área H.....	106
3.6.6.1 Entierro del Elemento 143.....	107

3.6.6.2 Estructura 14M1.....	108
3.6.6.5 Estructura 14M2 y 14M3.....	109
3.6.6.4 Entierro del Elemento 149.....	110
3.6.6.3 Entierro del Elemento 142.....	110
<b>CAPÍTULO 4. ANÁLISIS DE RESULTADOS.....</b>	<b>111</b>
4.1 Antropofísicos.....	111
4.1.1 Esqueleto del Elemento 63 (Las Ardillas, unidad B6).....	111
4.1.2 Primer Esqueleto del Elemento 46 (Las Palmas, unidad F1/5).....	115
4.1.3 Segundo Esqueleto del Elemento 46 (Las Palmas, unidad F1/5).....	122
4.1.4 Tercer esqueleto del Elemento 46 (Las Palmas, unidad F1/5).....	128
4.1.5 Cráneo asociado al tercer esqueleto del Elemento 46 (Las Palmas, unidad F1/5).....	135
4.1.6 Esqueleto del Elemento 43 (Las Palmas, unidad F1/4).....	138
4.1.7 Esqueleto del Elemento 83 (Las Palmas, unidad F2/3/6).....	143
4.1.8 Cráneo del Elemento 117 (Las Palmas, unidad F).....	151
4.1.9 Cráneo del Elemento 128 (Las Palmas, unidad F).....	152
4.1.10 Esqueleto del Elemento 119 (Las Palmas, unidad F).....	154
4.1.11 Esqueleto del Elemento 133 (Las Palmas, unidad F).....	157
4.1.12 Esqueleto del Elemento 129 (Las Palmas, unidad I).....	158
4.1.13 Esqueleto del Elemento 142 (Las Palmas, unidad H).....	163
4.1.14 Esqueleto del Elemento 143 (Las Palmas, unidad H).....	166
4.1.15 Esqueleto del Elemento 49 (Las Palmas, unidad F2).....	167
4.1.16 Esqueleto del Elemento 51 (Las Palmas, unidad F2).....	168
4.1.17 Esqueleto del Elemento 50/85 (Las Palmas, unidad F3).....	170
4.2 Arqueométricos.....	172
4.2.1 Calorimetría Diferencial de Barrido (DSC).....	172
4.2.2 Espectroscopia Infrarroja (FT-IR).....	174
4.2.3 Difracción de Rayos X (DRX).....	178
4.2.4 Análisis Elemental con PIXE.....	181
4.2.5 IOL.....	189
4.2.6 Microscopía electrónica de barrido (SEM).....	192
4.2.7 Microscopía de Transmisión Electrónica (TEM).....	203
4.2.8 Diagnóstico del Estado de Conservación.....	204

---

4.2.9 La degradación del colágeno como un potencial indicador de la antigüedad del hueso arqueológico.....	211
4.2.10 Análisis de la dieta a partir de la cuantificación de elementos traza.....	213
<b>CAPÍTULO 5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....</b>	<b>216</b>
5.1 Paleodieta.....	216
5.6 Prácticas mortuorias.....	217
5.3 Desgaste dental.....	220
5.4 Paleopatología.....	220
5.5 Marcas de actividad.....	223
5.2 Características generales de los individuos de La Laguna.....	224
<b>CAPÍTULO 6. DE LA HIDROXIAPATITA AL ENTIERRO: CONCLUSIONES.....</b>	<b>235</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>241</b>
<b>ANEXO</b>	

## LISTA DE FIGURAS

1.1. Organización jerárquica de la estructura micro y nanoscópica del tejido óseo.....	8
1.3. Hipótesis del colágeno protegido por cristales de apatita.....	10
1.2. Ilustración esquemática del colágeno tipo I.....	13
2.1. Modelo Bioantropológico.....	28
2.2. Herramienta rotatoria de alta velocidad (Dremel).....	34
2.3 Se observa el área de la diáfisis donde se ha realizado el corte.....	34
2.4. La rebanada de hueso que se ha obtenido.....	34
2.5. Se presentan los contenedores plásticos para las muestras óseas.....	34
2.6. Clasificación del modelado cefálico.....	40
2.7. Clasificación de las formas de enterramiento.....	42
2.8. Las muestras óseas.....	47
2.9. Diagrama esquemático del dispositivo experimental de IOL.....	48
2.10. Espectrómetro montado en el dispositivo de haz externo.....	49
2.11. El dispositivo frente a las muestras.....	49
2.12. El cuarto oscuro diseñado para el dispositivo experimental.....	49
2.13. Muestras de corte transversal para obtener su espectro luminiscente.....	49
3.1. Mapa de localización de La Laguna y sitios arqueológicos de la región.....	53
3.2. Periodización cerámica para Tlaxcala y la Cuenca de México en el Formativo.....	54
3.3. La Laguna. Vista general del sitio desde el cerro La Gazca.....	55
3.4. Distribución del sitio.....	58
3.5. Unidades de excavación en las Ardillas.....	60
3.6. Elementos descubiertos en las áreas B2, B3, B6 y B7.....	61
3.7. Posición de los restos <i>in situ</i> .....	62
3.8. Fosa con el esqueleto flexionado.....	63
3.9. Posición del cuerpo en el momento del depósito.....	63
3.10. Detalle de la articulación del hombro.....	63
3.11. Restos del elemento 64: <i>in situ</i> .....	64
3.12. Restos del elemento 64: en el laboratorio.....	64
3.13. Parte de la excavación con los elementos.....	65
3.14. Orificio que condujo al entierro.....	65



---

3.15. Entierro descubierto debajo del piso.....	66
3.16. Corte estratigráfico de las unidades B4 y B5.....	67
3.17 Vista superior del entierro descubierto.....	68
3.18. El individuo infantil sobre la “cama” de tepalcates.....	68
3.19. Extremidades inferiores del esqueleto del Elemento 36.....	68
3.20. Dibujo de planta de la Estructura 1.....	69
3.21. Estructura 1.....	70
3.22. Dibujo de planta de los cráneos con la copa.....	71
3.23. El cráneo 128 junto con la copa <i>in situ</i> .....	71
3.24 Cráneo 128 con mandíbula.....	71
3.25. Cráneo 117.....	71
3.26. Posición del esqueleto infantil del elemento 119 <i>in situ</i> y reconstruido.....	72
3.27. Pozo donde se descubrieron las vasijas del elemento 133.....	73
3.28. Dibujo de planta del elemento 133.....	73
3.29. Vasijas del elemento 133.....	73
3.30. Área de excavación F.....	74
3.31. Corte estratigráfico de una parte de la unidad F1.....	75
3.32 Dibujo de planta.....	76
3.33 Parte superior de la troncocónica. Nivel A.....	76
3.34 Dibujo de planta Nivel B.....	77
3.35. Dibujo de planta Nivel C.....	77
3.36 Dibujo de planta Nivel D.....	77
3.37. Fragmentos de bajareque quemado localizado en el nivel D.....	77
3.38 Dibujo de planta Nivel E.....	78
3.39. Fragmento del fémur (805) del Nivel E.....	78
3.40 Dibujo de planta Nivel F.....	78
3.41. Vista superior del Nivel F.....	78
3.42. Vasijas reconstruidas del Nivel F.....	78
3.43 Dibujo de planta Nivel G.....	79
3.44. Cráneo del primer entierro en el Nivel G.....	79
3.45 Detalle del cráneo.....	79
3.46. Las vasijas recuperadas en el Nivel G.....	79
3.47 Dibujo de planta Nivel H.....	80
3.48. Vista superior de la troncocónica del Nivel H.....	80

3.49 Dibujo de planta Nivel I.....	80
3.50. Dibujo de planta Nivel J.....	80
3.51. Vista del esqueleto poscraneal .....	81
3.52. Florero asociado encontrado en el Nivel I .....	81
3.53. Esqueleto reconstruido gracias al dibujo de planta.....	82
3.54. Propuesta de la posición del individuo al momento de ser depositado.....	82
3.55. Dibujo de planta del Nivel K.....	82
3.56. Detalle del iliaco y del metate.....	82
3.57. Figurilla con cara de tejón encontrada en el Nivel K.....	83
3.58. Dibujo de planta Nivel L.....	83
3.59. Dibujo de planta Nivel M.....	83
3.60. Dibujo de planta Nivel O.....	84
3.61. Reconstrucción de la mitad de un cajete del Nivel N.....	84
3.62. Dibujo de planta Nivel O.....	84
3.63. Vista superior de la troncocónica en el Nivel O.....	84
3.64. Vasija recuperada en el Nivel O.....	84
3.65. Dibujo de planta del nivel P.....	84
3.66. Dibujo de planta del esqueleto encontrado en el Nivel P.....	85
3.67. Reconstrucción de la posición del cuerpo.....	85
3.68. Dibujo de planta Nivel Q.....	86
3.69. Posición del pie derecho <i>in situ</i> en el Nivel Q.....	87
3.70. El pie derecho una vez analizado en el laboratorio.....	87
3.71. Dibujo de planta Nivel R.....	87
3.72. Reconstrucción del cuerpo en la posición en que fue depositado.....	88
3.73. Esqueleto extendido en decúbito ventral sobre piedra y cráneo asociado.....	88
3.74. El cráneo asociado liberado <i>in situ</i> .....	88
3.75. Detalle del borde parietal derecho del cráneo asociado.....	88
3.76. Dibujo de planta de los huesos de la mano derecha.....	89
3.77. Fotografía que corresponde con el dibujo de Planta 2.....	90
3.78. Mano derecha encontrada dentro del cráneo asociado en el Nivel 18.....	90
3.79. Nivel de ocupación sobre la troncocónica 43.....	90
3.80. Vista lateral de la troncocónica 43.....	91
3.81. Extremidades inferiores articuladas del elemento 43.....	92
3.82. Cráneo del elemento 43.....	92

3.83. Húmero, cúbito y radio derechos manteniendo la articulación del codo.....	92
3.84. Dibujo de planta del fondo de la troncocónica 43.....	92
3.85. Reconstrucción de la posición del individuo.....	93
3.86. Área de convergencia de las unidades F2, F3 y F6.....	93
3.87. Corte estratigráfico de las unidades F2 y F3.....	94
3.88. Vista general del entierro del elemento 83.....	95
3.89. Cajete embrocado sobre la espalda del individuo.....	96
3.90. Tipo cerámico que se asocia con el complejo Texoloc.....	96
3.91. Posición del esqueleto del elemento 83 <i>in situ</i> sin el cajete.....	96
3.92. Reconstrucción de la posición del individuo al momento de ser depositado.....	97
3.93. Entierro del elemento 85.....	97
3.94. Se observan las alineaciones de piedra con las vasijas del elemento 49.....	99
3.95. Se observan las alineaciones de piedra con las vasijas del elemento 49.....	100
3.96. Las dos vasijas como se encontraron <i>in situ</i> .....	100
3.97. Cráneo <i>in situ</i> del elemento 51.....	101
3.98. Localización del área I próxima al centro cívico-ceremonial.....	102
3.99. Dibujo de planta del área I.....	103
3.100. Entierro secundario 129 en proceso de excavación.....	103
3.101. Entierro secundario 129 en proceso de excavación.....	105
3.102. Fragmento de quemador de incienso encontrado en el área I.....	105
3.103. Muestras de orejeras recuperadas en las excavaciones de las áreas F e I.....	106
3.104. Localización de las estructuras en el área H.....	106
3.105. Dibujo de planta del entierro del elemento 143.....	107
3.108. Dibujo de planta del entierro 142 encontrado en la unidad 14M-1.....	108
3.106. Piso roto para llevar a cabo el depósito del individuo.....	109
3.107. Piso roto para llevar a cabo el depósito del individuo.....	109
3.108. Dibujo de planta del entierro 142 encontrado en la unidad 14M-1.....	110
4.1. Esqueleto completo del Elemento 63.....	111
4.2. Cráneo del Elemento 63 en cinco posturas. ....	112
4.3. Iliacos con la obliteración de la escotadura ciática propia del sexo femenino.....	113
4.4. Superficie auricular del iliaco .....	113
4.5. Arcada superior con desgaste dental y reabsorción del hueso alveolar.....	113
4.6. Mandíbula con afectación del proceso carioso en el primer molar izquierdo.....	113

4.7. Proceso carioso y la pérdida de hueso alveolar alveolar.....	114
4.8. Desgaste dental e hipoplasia del esmalte.....	114
4.9. Pérdida severa de hueso alveolar por la enfermedad periodondal.....	114
4.10. Fragmento del cúbito izquierdo con osteomielitis.....	114
4.11. Diáfisis del húmero izquierdo con periostitis y osteomielitis .....	114
4.12. Peroné con periostitis (derecha).....	114
4.14. Cráneo del primer esqueleto del Elemento 46 en seis posturas.....	114
4.15. Superficie ventral y lateral de ambas sínfisis púbicas.....	114
4.13. Primer esqueleto del elemento 46.....	115
4.14. Cráneo del primer esqueleto del Elemento 46 en seis posturas.....	116
4.15. Superficie ventral y lateral de ambas sínfisis púbicas.....	117
4.16. Carillas auriculares de ambos iliacos.....	117
4.17. Vista lateral derecha, central y lateral izquierda de la arcada dental superior.....	117
4.18. Se indica la cribra femoral.....	118
4.19. Endocráneo con osteólisis o destrucción del hueso endocraneal.....	118
4.20. Asimetría en cúbitos.....	118
4.21. Asimetría en húmeros.....	118
4.22 Asimetría en escápulas. Vista anterior.....	119
4.23. Asimetría en escápulas. Vista posterior.....	119
4.24. Asimetría entre los terceros metacarpianos.....	119
4.25. Asimetría en las tibias. Vista posterior.....	119
4.26. Marcas de actividad en el pie derecho.....	120
4.27. Segundo esqueleto del elemento 46.....	122
4.28. Cráneo en cinco normas.....	123
4.29. Cráneo facial con mandíbula en vista frontal.....	123
4.30. Fémures con huellas tafonómicas de descamación y fracturas por deshidratación.....	123
4.31. Arcada dental maxilar.....	124
4.32. Arcada dental mandibular.....	124
4.33 Vista lateral derecha e izquierda de la dentición.....	124
4.34. Vista lingual de la mandíbula.....	124
4.35. Escápula derecha con engrosamiento del borde escapular.....	125
4.36. Clavícula derecha con hipertrofia en la inserción del músculo deltoides.....	125
4.37. Clavícula izquierda con hipertrofia en la inserción del músculo deltoides.....	125
4.38. Cúbitos con entesopatías .....	125

4.39. Radios con entesopatía en la tuberosidad radial.....	125
4.40. Zona de hipertrofia en los húmeros.....	126
4.41. Zona de hipertrofia en la línea áspera de los fémures.....	126
4.42. Rótula con osteofitos.....	126
4.43. Vértebra lumbar con osteofitosis y aplastamiento vertebral .....	127
4.44. Falange con exostosis plantar.....	127
4.45. Primer metarcapiano con fuerte inserción muscular.....	127
4.46. Tercer esqueleto del Elemento 46.....	128
4.47. Vista superior del cráneo deformado por terreno .....	129
4.48. Vista frontal con mal estado de conservación.....	129
4.49. Cráneo con mandíbula en norma lateral. ....	129
4.50. Pelvis con los rasgos masculinos característicos.....	130
4.51. Sínfisis púbicas con morfología correspondiente a la Fase V.....	130
4.52. Sínfisis púbicas con morfología correspondiente a la Fase V.....	130
4.53. Superficie auricular derecha en fase VI.....	130
4.54. Arcada dental superior en vista oclusal .....	130
4.55. Fístulas en la tabla maxilar del lado derecho.....	130
4.56. Mandíbula con reabsorción alveolar y fístulas.....	131
4.57. Espina bífida.....	131
4.58 Sacralización.....	131
4.59. Fusión sacro-iliaca .....	131
4.60. Superficies articulares de las tibias con osteofitosis en el borde articular.....	132
4.61. Fémures en vista anterior y posterior.....	132
4.62. Tercera vértebra lumbar con osteofitos marginales.....	133
4.63. Cráneo asociado al Tercer esqueleto del elemento 46 en seis posiciones.....	135
4.64. Arcada dental superior del cráneo asociado .....	136
4.65. Primera vértebra cervical .....	136
4.66. Marcas del elemento percutor con punta plana .....	136
4.67. Fisuras negativas en el cráneo.....	136
4.68. Esqueleto completo del Elemento 43.....	138
4.69. Presentación del cráneo en seis posiciones.....	138
4.70. Vista posterior del húmero izquierdo.....	139
4.71. Incisivos con coloración café en la mitad inferior .....	140
4.72. Segundo metatarsiano derecho.....	140

---

4.73. Húmero con trabécula plegada.....	140
4.74. Fémur con trabécula engrosada.....	140
4.75. Iliaco con trabécula plegada.....	140
4.76. Radio con la trabécula plegada.....	140
4.77. Clavícula con tejido trabecular engrosado.....	140
4.78. Arcada superior.....	141
4.79. Mandíbula en vista oclusal.....	141
4.80. Esqueleto completo del Elemento 83.....	143
4.81. Cráneo del Elemento 83 en seis posiciones.....	144
4.82. Características mosfoscópicas del dimorfismo sexual masculino en el iliaco.....	144
4.83. Características mosfoscópicas del dimorfismo sexual masculino en el cráneo.....	144
4.84. Arcada dental superior con desgaste dental.....	145
4.85. Mandíbula en vista oclusal con desgaste dental.....	145
4.86. Pérdida de soporte óseo alveolar. Enfermedad periodontal.....	146
4.87. Lesión fistular en la pared alveolar del primer molar superior izquierdo.....	146
4.88. Lesión en la pared alveolar del primer molar superior izquierdo.....	146
4.89. Pérdida de la tabla ósea provocada por abscesos periodontales.....	146
4.90. Pérdida de la tabla ósea provocada por abscesos periodontales.....	146
4.91. Axis con alteración de la faceta articular.....	147
4.92. Vértebras con nódulos de Schmörl.....	147
4.93. Vértebras con aplastamiento vertebral y osteofitosis marginal.....	147
4.94. Entesopatía en clavícula derecha: sindesmosis costal.....	148
4.95. Lesion focal osteolítica secundaria en el fémur izquierdo. ....	148
4.96. Se indica la faceta en la región anterior media del cuello de los fémures.....	149
4.97 Cráneo del Elemento 117 en cinco posiciones.....	151
4.98. Cráneo del Elemento 128 en cinco normas craneales.....	152
4.99. Mandíbula en vista oclusal.....	153
4.100. Cóndilo mandibular derecho con osteocondrosis .....	153
4.101. Cóndilo mandibular izquierdo con desgaste.....	153
4.102 Esqueleto poscraneal del Elemento 119.....	154
4.103. Cráneo en seis posiciones.....	154
4.104. Costilla afectada por el crecimiento de una raíz.....	154
4.105. Arcada dental superior en vista oclusal.....	155
4.106. Espacio reducido interdental y de deriva.....	155

---

4.107. Cúbito y radio con osteomielitis aguda.....	156
4.108. Epífisis distal del húmero con la cortical necrosada.....	156
4.109. Maxilar izquierdo con proceso inflamatorio.....	156
4.110. Esqueleto poscraneal del Elemento 133.....	157
4.111. Mandíbula con algunas piezas dentales.....	157
4.112. Esqueleto completo del Elemento 129.....	158
4.113. Cráneo del elemento 129 en seis posiciones.....	159
4.114 Sarro en las piezas frontales y reabsorción alveolar.....	159
4.115. Arcada dental vista oclusal .....	159
4.116. Mandíbula en vista lingual.....	160
4.117. Lesión ósea por el absceso periodontal.....	160
4.118. Sarro y reabsorción alveolar por la enfermedad periodontal.....	160
4.119. Columna cervical con artrosis.....	160
4.120. Tercera y cuarta vértebras cervicales anquilosadas.....	160
4.121. Húmero con osteofitos marginales.....	161
4.122. Rótula con entesopatía.....	161
4.123. Esqueleto del Elemento 142.....	163
4.124. Cráneo del Elemento 142 en seis posiciones.....	164
4.125. Cráneo con mandíbula en vista lateral izquierda.....	164
4.126. Cara lingual de piezas dentales inferiores con sarro.....	164
4.127. Clavículas con exostosis ósea.....	165
4.128. Registro gráfico de los restos óseos y dentales del esqueleto del elemento 143.....	167
4.129. Registro gráfico de los restos óseos y dentales del esqueleto del elemento 49.....	168
4.130. Fragmentos de cráneo.....	169
4.131. Fragmentos de huesos largos del entierro del elemento 51.....	169
4.132. Mandíbula del infante del Elemento 51 en vista lateral derecha.....	169
4.133. Mandíbula en vista oclusal.....	169
4.134. Comparación del occipital con el cráneo del elemento 50/85.....	169
4.135. Fragmento de clavícula.....	169
4.136. Esqueleto poscraneal del elemento 50/85.....	170
4.137. Cráneo reconstruido en vista occipital.....	170
4.138. Cráneo reconstruido en vista frontal.....	170
4.139. Cráneo reconstruido: en vista lateral derecha .....	170
4.140. Fragmento de la mandíbula del esqueleto del Elemento 50/85.....	171

---

4.141. Termogramas del proceso exotérmico de la combustión del colágeno.....	172
4.142. Curvas termogravimétricas con las pérdidas de agua, lípidos y materia orgánica.....	173
4.143. Espectros infrarrojos de todas las muestras.....	174
4.144. Detalle de las bandas de absorción de las Amidas y del pico de Prolina.....	175
4.145. Espectros de tres huesos pertenecientes al individuo F 43.....	177
4.146. Espectros de dos huesos pertenecientes al individuo F 46-1°.....	177
4.147. Difractogramas de I -129(APZ 29), H-142(APZ 31) y H-149(APZ 32).....	180
4.148. Difractogramas de F-83(APZ 19), F-43(APZ 15), B-63(APZ 24) y B-10 (APZ 22)...	180
4.149. Difractogramas de F-46-3° (APZ 1), F-46-2° (APZ 8), F-46-1° (APZ 11).....	180
4.150. Muestras B-10 (APZ 22) con limpieza química y corte transversal .....	184
4.151. Muestras B-63 (APZ 24) con limpieza química y corte transversal .....	184
4.152. Muestras F 46-1° (APZ13) con limpieza química y corte transversal.....	185
4.153. Muestras F 46-2° (APZ 2) con limpieza química y corte transversal.....	185
4.154. Muestras F 46-3° (APZ1) con limpieza química y corte transversal.....	186
4.155. Muestras F 83 (APZ19) con limpieza química y corte transversal.....	186
4.156. Muestras F 43 (APZ15) con limpieza química y corte transversal.....	187
4.157. Muestras I -129 (APZ29) con limpieza química y corte transversal.....	187
4.158. Muestras H-142 (APZ31) con limpieza química y corte transversal.....	188
4.159. Muestras H-149 (APZ32) con limpieza química y corte transversal.....	188
4.160. Espectros luminiscentes de todas las muestras.....	189
4.161. Gráficas comparativas de la luminiscencia del Mn:HAp .....	192
4.162. Gráficas comparativas de la luminiscencia de la materia orgánica .....	192
4.163. Micrografías de la muestra B6-63 (APZ25) de fémur derecho.....	193
4.164. Micrografías de la muestra B6-63 (APZ24) de fémur izquierdo.....	194
4.165. Micrografías de la muestra F-46 1° (APZ805) de fémur derecho.....	194
4.166. Micrografías de la muestra F-46 1° (APZ 11) de fémur izquierdo.....	195
4.167. Micrografías de la muestra F-46 2° (APZ 8) de fémur derecho.....	195
4.168. Micrografías de la muestra F-46 2° (APZ 8) de fémur derecho.....	196
4.169. Micrografías de la muestra F-46 2° (APZ 7) de fémur izquierdo.....	196
4.170. Micrografías de la muestra F-46 3° (APZ 1) de fémur izquierdo.....	197
4.171. Micrografías de la muestra F-83 (APZ 19) de fémur derecho.....	197
4.172. Micrografías de la muestra F-83 (APZ 20) de fémur izquierdo.....	198
4.173. Micrografías de la muestra F-43 (APZ 15) de fémur derecho.....	199
4.174. Micrografías de la muestra F-43 (APZ 14) de fémur izquierdo. ....	200



---

4.175. Micrografías de la muestra F-43 (APZ16) de húmero izquierdo.....	201
4.176. Micrografías de la muestra F-43 (APZ 17) de húmero derecho.....	201
4.177. Micrografías de la muestra I-129 (APZ29) de fémur izquierdo.....	202
4.178. Micrografías de la muestra H-142 (APZ31) de fémur izquierdo.....	202
4.179. Micrografías de la muestra H-149 (APZ32) de tibia derecha.....	203
4.180. Micrografía de TEM de la muestra F-46 2° (APZ 8).....	205
4.181. Micrografía de TEM la muestra F-83 (APZ 19).....	206
4.182. Micrografía de la muestra I-129 (APZ 29).....	214
4.183. Comportamiento del Sr respecto al Zn en las muestras analizadas.....	207
5.1. Cráneos teotihuacanos horadados que fueron trabajados en estado fresco.....	231
5.2. Cráneos teotihuacanos horadados que fueron trabajados en estado fresco.....	231
5.3. Cráneo contenedor procedente de Cacaxtla.....	231
5.4. Cráneo asociado al elemento 46.....	231
5.5. Entierro de un individuo de edad perinatal, con un par de manos a su espalda.....	232
6.1. Propuesta metodológica para el análisis del hueso con técnicas arqueométricas.....	240

## LISTA DE TABLAS

1. 1. Principales proteínas presentes en el hueso.....	11
2.1. Principales parámetros diagenéticos y la aplicación de la Arqueometría.....	31
2.2. Relación de los entierros recuperados en las excavaciones de La Laguna.....	32
2.3. Relación del análisis antropofísico de los entierros de La Laguna.....	33
2.4. Relación de los esqueletos con muestra para los análisis Arqueométricos.....	33
2.5. Relación de las muestras óseas para los experimentos analíticos.....	35
2.6. Categorías de edad para los restos esqueléticos.....	38
4.1. Resultados de Osteometría del primer esqueleto del Elemento 46.....	121
4.2. Osteometría del cráneo del primer esqueleto del Elemento 46.....	121
4.3. Índices del primer esqueleto del Elemento 46.....	121
4.4. Estatura estimada por huesos largos del primer esqueleto del Elemento 46.....	122
4.5. Resultados de Osteometría del segundo esqueleto del Elemento 46.....	127
4.6. Resultados de Osteometría del tercer esqueleto del elemento 46.....	134
4.7. Estatura estimada por huesos largos del tercer esqueleto del elemento 46.....	134
4.8. Osteometría del cráneo asociado.....	137
4.9. Índices del cráneo asociado.....	137
4.10. Osteometría del esqueleto poscranial del esqueleto del Elemento 43.....	142
4.11. Estatura estimada por huesos largos del esqueleto del Elemento 43.....	142
4.12. Osteometría del cráneo del Elemento 43.....	143
4.13. Índices del cráneo del Elemento 43.....	143
4.14. Osteometría del esqueleto poscranial del esqueleto del Elemento 83.....	150
4.15. Estatura estimada por huesos largos del esqueleto del Elemento 83.....	150
4.16. Osteometría del cráneo del esqueleto del Elemento 83.....	150
4.17. Índices del cráneo del esqueleto del Elemento 83.....	151
4.18. Longitudes de los huesos largos.....	157
4.19. Osteometría del esqueleto poscranial del Elemento 129.....	162
4.20. Osteometría del cráneo del Elemento 129.....	162
4.21. Índices del Elemento 129.....	162
4.22. Osteometría del esqueleto poscranial del elemento 142.....	165

4.23. Estatura estimada por huesos largos del esqueleto del Elemento 142.....	166
4.24. Osteometría del cráneo del elemento 142.....	166
4.25. Índices del elemento 142.....	166
4.26. Longitudes de los huesos largos del elemento 50/85.....	171
4.27. Resultados de la entalpía de la combustión del colágeno en cada muestra analizada...	173
4.28. Alturas relativas de los picos de las Amidas y de la Prolina.....	176
4.29. Alturas relativas de los picos de las Amidas y de la Prolina del individuo F 43.....	178
4.30. Alturas relativas de los picos de las Amidas y de la Prolina del individuo F 46-1°.....	178
4.31. Índice de Cristalinidad (IC) y pH del suelo.....	179
4.32. Resultados del análisis elemental en las muestras de corte transversal.....	182
4.33. Resultados del análisis elemental en las muestras con tratamiento químico.....	182
4.34. Estadística descriptiva de las concentraciones elementales.....	183
4.35. Resultados de la proporción Ca/P en las muestras de corte transversal.....	183
4.36. Resultados de la proporción Ca/P en las muestras con limpieza química.....	183
4.37. Resultados de las intensidades luminiscentes en el periostio y endostio.....	191
4.38. Dimensiones de los cristales de apatita con el IC y el pH de la matriz de suelo.....	204
4.39. Resultados de las muestras de los individuos en orden de menor a mayor degradación.....	208
4.40. Valores de entalpía ( $\Delta H$ ) de poblaciones del Formativo.....	212
4.41. Procedencia cronológica de las muestras.....	213
5.1. Resumen del análisis antropofísico de La Laguna en el Formativo Tardío.....	218
5.2. Resumen del análisis antropofísico de La Laguna en el Formativo Terminal.....	219
5.3. Estimación de edad por el método de desgaste dental propuesto por Brothwell.....	221
5.4. Entierros de La Laguna pertenecientes al Formativo Tardío.....	227
5.5. Entierros de La Laguna pertenecientes al Formativo Terminal.....	228

---

## AGRADECIMIENTOS

A toda la gente que cito a continuación le agradezco mucho su buena disposición, solidaridad, buenos momentos, pláticas, críticas, entusiasmo y todo el apoyo brindado para que esta tesis se pudiera llevar a cabo.

Le doy las gracias al Dr. Luis Alberto Barba, mi tutor, por todo el apoyo, confianza y libertad que me otorgó para la realización de esta investigación. Al Dr. Lauro Bucio por su ayuda incondicional en la exploración de esta línea ardua de investigación, por todas sus enseñanzas y consejos. Al Dr. José Luis Ruvalcaba, por su tiempo, disposición y ayuda en todo lo que he necesitado para llevar a buen término este trabajo.

En especial quiero agradecer al Dr. Jesús Arenas por su apoyo en el área de microscopía, así como al personal del Laboratorio Central de Microscopía del IFUNAM: Jaqueline Cañetas, Luis Rendón, Don Rober y Diego; al Dr. Ocotlán Flores y a Hugo Sánchez, del Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico (CCADET) de la UNAM; al Dr. Eric M. Rivera del Centro de Física Aplicada y Tecnología Avanzada (CFATA) de la UNAM, Qro. y a Miguel A. Flores del Laboratorio de Calidad de Agua y Residuos de la UAM Azcapotzalco.

Agradezco también a Aleksander Borejsza, por permitirme entrar a La Laguna a través del material óseo. Gracias a la meticulosidad, disciplina y dedicación de su investigación arqueológica el trabajo antropofísico pudo desarrollarse de mejor manera. A David Carballo por facilitarme la información arqueológica de las unidades de las que fue responsable de la excavación, así como por dejarme analizar el material óseo del cual es responsable. También al Dr. Richard Lesure, por permitirme realizar los análisis arqueométricos en el material óseo.

Por siempre le doy las gracias a Arturo Talavera por los consejos, opiniones, pláticas, apoyo y enseñanza que me ha brindado a lo largo de toda mi carrera. También a Mauro de los Ángeles por

---

conectarme con Apizaco y La Laguna, además por todo el apoyo y por los miles de libros que me ha prestado.

Agradezco a todos los compañeros de la maestría por las críticas, pláticas y comentarios que en determinado momento hicieron a este trabajo. A Luz María y Vero, de la Coordinación del Posgrado, quienes realmente nos hacen la vida más fácil a los que estudiamos ahí.

Otra vez a Alek y a Isabel, por dejarme estar en su hogar en Apizaco y por todas sus atenciones durante el trabajo de laboratorio antropofísico.

A Gustavo Verduzco por su paciencia, tiempo y disposición para dibujar muertos. A Alejandro Verduzco por el apoyo de equipo fotográfico. A Alfonso Rivera, por las divertidas e interesantes pláticas de dientes muertos y de muertos sin dientes.

Y a los que nunca me dejan caer, mi mamá Serafina y mi papá Victor Manuel, mi hermano Hugo, mi hermana Elizabeth, mi tía Delfina y en especial a Gordon por todas las tazas de té, paciencia, café, yogurt, arroz, las incansables pláticas y los pampering que como renuevan el alma.

Esta tesis fue realizada con Beca Nacional del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT).

---

## INTRODUCCIÓN

---

El desarrollo del ser humano y de la sociedad depende de vínculos y procesos que giran en torno a la actuación concomitante de factores de tipo fisiológico, ecológico, psicológico, económico y sociocultural. Es por ello que el cuerpo de cada individuo será, en cierta medida, su síntesis manifiesta. La capacidad de adaptación, entendiéndola como el proceso de retorno a un estado de equilibrio en respuesta a presiones ambientales de carácter biológico o cultural, es lo que le ha permitido desenvolverse en los más variados hábitats para diversificarse culturalmente. Por ello, ante situaciones de estrés, el organismo tiende a alterarse en un sentido fisiológico, lo que provoca la activación de una serie de mecanismos homeostáticos que tienen como finalidad lograr, en principio, una estabilización orgánica y posteriormente la superación total del factor que ocasiona el desequilibrio. No obstante, el tipo y la forma de respuesta estará supeditada a la edad y a la historia particular de cada sujeto, a la severidad y duración del agente agresor.

En este sentido, la muerte constituye el estrés máximo al que es sometido el organismo y al que, por supuesto, no sobrevive. Al mismo tiempo, el deceso de una persona tiene repercusiones que sobrepasan la esfera biológica para ir a la sociocultural a través del ritual. Este último se entiende como la forma que adquiere la expresión cultural que manifiesta la yuxtaposición entre dos modos de entender y explicar las relaciones entre los elementos que conforman la vida cotidiana: el sagrado y el profano. Tiene como función principal manifestar la coherencia de los acontecimientos grupales e individuales. Los ritos acompañan todo cambio de lugar, estado, posición social o edad y, según Van Gennep (1977), tienen una estructura sencilla que se sucede según una lógica universal: separación, liminalidad y agregación. Durante cada una de las tres fases se realiza una serie de procedimientos (ritos) que provocan transmutaciones. Así, siguiendo esta línea, la defunción implicará un cambio de régimen a la vez ontológico y social. Al igual que la vida, la muerte no es un acto solamente individual, de esta forma, los ritos expresan la convicción de que una vida de hombre no es un

---

destino individual, sino una cadena del *phylum* fundamental e ininterrumpido, continuidad biológica de una familia o de una estirpe, que se extiende al género humano entero (Ariès 1999:500).

La muerte resulta una consecuencia de la suma de circunstancias que conforman la existencia humana; la vida y la muerte no fungen como esferas separadas, sino al contrario se muestran indisociables (Thomas 1983:7). La vida influye directamente sobre la muerte y los distintos modos de morir corresponden a diferentes maneras de vivir. La percepción del mundo social acerca del acto de morir y su sentido, son los elementos que propician una variedad de tipos de muerte. Así, las formas de morir se transforman en un singular diferenciador social y moral, es decir, no fallecen de igual manera los héroes y los cobardes, los impíos y los santos, ni tampoco los hombres y las mujeres. En este entrecruce de modos de morir se evidencia la apreciación social de un personaje. Por lo tanto, al no ser arbitrario el modo de fenecer de nadie, será la sociedad quien le otorgue su sentido cualitativo. Según el tipo de experiencia que suscite, siempre con referencia al medio sociocultural, el morir presentará diferentes modalidades, donde participarán criterios empíricos, jurídicos, morales o religiosos (Thomas 1983:195).

Es por ello que la sepultura final de un individuo va llevar implícita la síntesis social y cultural de la que formó parte. De ahí que en sociedades desaparecidas los restos humanos proporcionan información crucial acerca de algunos procesos de su vida. Por ello, un depósito funerario deberá ser analizado como un hecho dependiente del contexto subyacente y no como un evento depositacional simple, producto de una única acción estudiada en sí misma. De los restos óseos, como el último resquicio de la vida humana, se obtiene toda una gama de información debido a que el tejido óseo formó parte de un sistema viviente al estar en conexión con el metabolismo en general, por lo tanto fue hormonalmente interactivo, nutricionalmente influenciado y bioquímicamente inducido por un organismo vivo que estaba respondiendo a un amplio ambiente físico y cultural (Armélagos *et al.* 1989).

De esta manera, el análisis del esqueleto proporciona la posibilidad de investigar aspectos relacionados con el comportamiento humano, debido a la reacción sensible que presentan los huesos y los dientes ante el ambiente, dejando en ellos huellas indelebles acerca de la salud, la dieta, organización social, patrones de actividad y otros fenómenos conductuales. En suma, todas las evidencias mortuorias serán un reflejo directo o indirecto de la conducta consciente del hombre (O'Shea 1981).

---

Sin embargo, los cambios que tienen lugar en el individuo después de muerto en su paso de la biosfera a la litosfera, van a ocasionar que múltiples factores incidan en el estado final de conservación del esqueleto, lo que será determinante para poder obtener información del mismo. El material óseo, al ser depositado en un medio ambiente circunscrito, reacciona y experimenta cambios a nivel físico y químico, tanto en sus componentes orgánicos como en los inorgánicos. Este proceso dinámico es lo que se conoce como diagénesis. Se considera que esta última es de origen multifactorial porque la acción de los elementos que definen el nivel de conservación del hueso contribuye de manera conjunta y simultánea al estado final del mismo. Sin embargo, la mayoría de las veces la evaluación para considerar a un hueso con buen o mal estado de preservación se limita a un nivel externo, por su textura o color. No obstante, las condiciones reales de las fracciones constituyentes del hueso, tanto la orgánica como la mineral, pueden no corresponder con dicho estado superficial. Es decir, que un hueso con aparente buena conservación no siempre cumplirá con el mismo estado en un nivel estructural interno.

En un estrato macroscópico el mantenimiento de ciertos elementos óseos va a facilitar la caracterización del individuo que se analiza. Como ejemplo de ello sírvase mencionar que para la identificación del sexo se requiere la presencia de ciertos rasgos propios del dimorfismo sexual o para estimar la edad a la que sucumbió el sujeto se hace uso de la sínfisis púbica, carilla auricular, sinostosis craneal, brote dental, entre otros. También se pueden reconocer algunas huellas patológicas o modificaciones corporales de tipo cultural. Sin embargo, el hueso como reservorio de información puede pasar a otra frontera, la micro y nanométrica.

Para poder explorar el hueso a estos niveles es imprescindible conocer su estado de conservación, es decir, se deben determinar las alteraciones que ha sufrido el material en sus porciones orgánica y mineral, por ejemplo si ha sido afectado por los elementos propios de la matriz de suelo provocando un aumento en su cristalinidad y una consecuente pérdida orgánica. A pesar de que hay muchas interrogantes en el universo de los procesos diagenéticos y de que cada hueso tendrá una historia única, hay constantes. En la actualidad se han identificado los principales parámetros que tienen mayor repercusión para la conservación del hueso arqueológico y entre ellos están: cantidad de colágeno preservado, proporción Ca/P, porosidad, densidad, índice de cristalinidad, entre otros (Smith *et al.* 2006).

Aunado a lo anterior, el colágeno como principal componente de la porción orgánica tiende a degradarse con el paso natural del tiempo, por lo cual puede ser utilizado como un indicador de la



---

antigüedad del resto óseo, siempre y cuando se conozca su estado general de preservación (Cough y Hernández 2008). En lo referente a la fracción mineral, la identificación de ciertos elementos traza en el entramado mineral tiene el potencial de determinar el tipo de ingesta alimenticia que llevó la persona durante la vida (Rodríguez 2004).

Ante este panorama, la presente investigación se centra en obtener información de diferentes estratos analíticos del material óseo procedente del sitio arqueológico La Laguna, localizado en la ciudad de Apizaco, en el estado de Tlaxcala, México, ubicado en el horizonte cultural mesoamericano del Formativo. Toda la información arqueológica fue proporcionada por los arqueólogos Aleksander Borejsza y David Carballo, encargados de las excavaciones en el sitio, a través de los Informes técnicos y por comunicación personal. Algunos de los entierros que se estudian en esta investigación fueron analizados en un primer momento por el antropólogo físico Mauro de los Ángeles Guzmán.

## **Hipótesis**

Con la realización de un diagnóstico del estado de conservación del hueso, tanto de la fracción mineral como de la orgánica, es factible que estudios analíticos enfocados en paleodieta, paleohistología o fechamiento relativo tengan resultados más confiables, lo que servirá de complemento para el análisis óseo desde un nivel macroscópico. Al explorar distintos niveles de observación del hueso, desde la hidroxiapatita hasta el entierro, se puede lograr una interpretación integral de los hechos acaecidos sobre el material óseo.

## **Objetivo General**

Demostrar la relevancia de examinar el hueso en distintos niveles de análisis (nano, micro, macro y morfoscópicos) para lograr un estudio integral del material óseo.

## **Objetivos Específicos**

- a) Analizar los entierros procedentes del Formativo en el sitio arqueológico La Laguna.
- b) Realizar un análisis antropofísico, con la metodología tradicional, para caracterizar a la población.

- 
- c) Hacer un diagnóstico del estado de conservación de las fracciones orgánica e inorgánica del hueso por medio de diferentes técnicas analíticas.
  - d) A partir de los resultados del punto anterior, cotejar el uso del colágeno residual como potencial herramienta para realizar un fechamiento relativo.
  - c) Realizar un estudio del tipo de dieta que llevó la población de La Laguna de acuerdo con las concentraciones de los elementos traza que se identifican en el entramado mineral.
  - d) Lograr un análisis integral de los restos óseos con toda la información obtenida.

### **Estructura Temática**

El trabajo está dividido en seis capítulos, en el primero, *El tejido óseo: estructura, diagénesis y aplicaciones arqueométricas*, se exploran las características propias del hueso y se explica el tipo de información que se puede obtener de acuerdo con el nivel estructural que se trate. También se abordan los principales enfoques para tratar el problema de los procesos diagenéticos que alteran la matriz ósea y se hace una recopilación de los principales trabajos realizados en México con las técnicas arqueométricas. En el siguiente apartado, *Metodología*, se presentan los procedimientos y técnicas utilizadas en el estudio. En el tercer capítulo, *La Laguna: Un sitio del Formativo*, se abordan las generalidades arqueológicas del sitio con especial énfasis en los contextos funerarios. El capítulo de *Análisis de Resultados* se divide en dos, en los Antropofísicos y en los Arqueométricos. En el capítulo cinco, *Discusión de resultados* se conjuga e interpreta la información que se logró recabar a partir del material óseo. Finalmente en *De la Hidroxiapatita al Entierro* se presentan las conclusiones de la investigación.

---

# 1

---

## EL TEJIDO ÓSEO: ESTRUCTURA, DIAGÉNESIS Y APLICACIONES ARQUEOMÉTRICAS

---

### 1.1 Estructura

Los orígenes del tejido esquelético en los vertebrados se remontan a 750 millones de años. Con su evolución paulatina marcada este tejido llegó a conseguir una característica fundamental: un endoesqueleto mineralizado (Franz-Odendaal *et al.* 2003). Hoy en día se sabe, gracias a estudios histológicos en restos óseos fosilizados, que los elementos estructurales de los primeros vertebrados no fueron menos especializados de los actuales (Mathews 1975). Dichos componentes se constituyen fundamentalmente por cristales de hidroxapatita y fibras colagénicas. El arreglo y la disposición de ambos no son fortuitos ni independientes, ya que siempre están en estrecha relación con el patrón de crecimiento y con el metabolismo general que presentan especies o huesos individuales. No obstante, cuando las funciones vitales del organismo terminan, la directriz del compuesto proteico-mineral cambia y se torna dependiente de las circunstancias espaciales y temporales en las que se encuentre inmersa.

En el caso del tejido esquelético los cambios *postmortem* que experimenta son dictados, en su mayoría, por un orden natural, sin dejar cerrada la posibilidad a uno cultural. En el quehacer científico de la antropología y arqueología los restos óseos juegan un papel muy importante como reservorio de información en diferentes sentidos.

El primer nivel es el morfológico -la estructura que provee soporte mecánico y protección física-. A partir de aquí se puede lograr una caracterización de la especie a la que el hueso pertenece, así como

---

de su género. En el caso de *Homo sapiens sapiens* se alcanzan a observar cuestiones metabólicas, patológicas, de actividad y de índole cultural.

En el segundo estrato, el microscópico, se observa la estructura básica de los elementos mineralizados de la matriz del hueso cortical, que en los mamíferos y grandes tetrápodos se conoce como osteona. Los grupos de osteonas forman los sistemas haversianos. Las osteonas primarias tienen un canal central que es menor de 100µm de diámetro y contienen dos o más vasos sanguíneos, pero carecen de las líneas de cemento que sirven para delimitar unas de otras. Las osteonas secundarias tienen un canal más grande, un vaso sanguíneo central, están limitadas por una línea de cemento, y se ubican entre las láminas intersticiales. Éstas pueden tener un arreglo concéntrico cuando están cerca de la superficie del hueso, o intersticial cuando son remanentes de osteonas antiguas (Figura 1.1). La vida de las osteonas es extensa y el tiempo que se requiere para producir una osteona depende de la especie y del grupo. A un gato de dos años le lleva 50 días hacer una osteona; un hombre de 45 años necesita 100 días. El promedio de extensión de vida de las osteonas en los humanos es de 15 años. Sólo 0.05 por ciento del esqueleto es recambiado por día. El ritmo de la mineralización de las osteonas es uniforme; 70 por ciento de la mineralización ocurre dentro de uno a dos días de la deposición del osteoide, el restante 30 por ciento puede tomar muchos meses (Hall 2005). Estos ritmos diferentes se vuelven importantes en la valoración de estados patológicos, particularmente en enfermedades óseas metabólicas. El hueso cortical humano contiene tres tipos de osteonas secundarias, las cuales tienen similares tiempos de vida biológica. Casi el 90 por ciento de la población de las osteonas humanas se transforma en las del tipo secundario sin remodelar (*Idem*).

Se tiene la idea de que todos los huesos de los mamíferos contienen hueso laminar fino con numerosas osteonas secundarias. En realidad, esto sólo sucede en el hueso humano, pero no en todos los elementos del esqueleto. La variación incluye áreas que carecen de osteonas primarias o secundarias, áreas acelulares o avasculares y áreas de hueso necrosado. Además, la presencia o extensión de tales regiones varía de hueso en hueso dentro de un mismo individuo. Un lado puede estar altamente vascularizado mientras que el otro no. Las osteonas cambian de acuerdo con la edad de la misma y la del individuo (*Idem*). Es por ello que en este nivel de análisis se puede hacer una diferenciación entre especies, así como es posible identificar ciertas particularidades como el dimorfismo sexual, cambios en la edad biológica y rasgos patológicos.

En el siguiente nivel se observa la disposición en racimos de las fibras mineralizadas de colágeno. Este último constituye aproximadamente el 90 por ciento del total orgánico, mientras que el 10 por ciento restante se conforma por otras proteínas entre las que resalta la osteocalcina, osteopontina y osteonectina (Tabla 1.1). El colágeno tipo I es la estructura donde se depositan los cristales de

hidroxiapatita. Esto se lleva a cabo en un medio básico y el proceso depende de la enzima fosfatasa alcalina, la cual es expresada por los osteoblastos. La osteocalcina (BPG), es exclusiva del hueso y representa del 10 al 20 por ciento de las proteínas no colágenas. Su afinidad por los constituyentes minerales implica un papel importante en la formación del tejido óseo y en el recambio del mismo (Lian y Gundberg 1988). La osteopontina (OPN) es una glicoproteína multifuncional con efecto estimulante sobre los fibroblastos y la síntesis de matriz extracelular. Tiene diversas funciones, participa en la biomineralización regulando el depósito de calcio y la actividad de los osteoclastos (Denhardt y Guo 1993; Giachelli y Steitz 2000). Se asocia a la reparación de tejidos, fibrosis y calcificaciones distróficas tras lesiones inmunológicas. La osteonectina comprende el 10 por ciento de la proteína del hueso. Actúa como un complejo junto con la fosfatasa ácida que se encarga de unir al colágeno, calcio e hidroxiapatita. Sirve como núcleo de mineralización y regula la formación y el crecimiento de los cristales de hidroxiapatita (Nori *et al.* 1992).

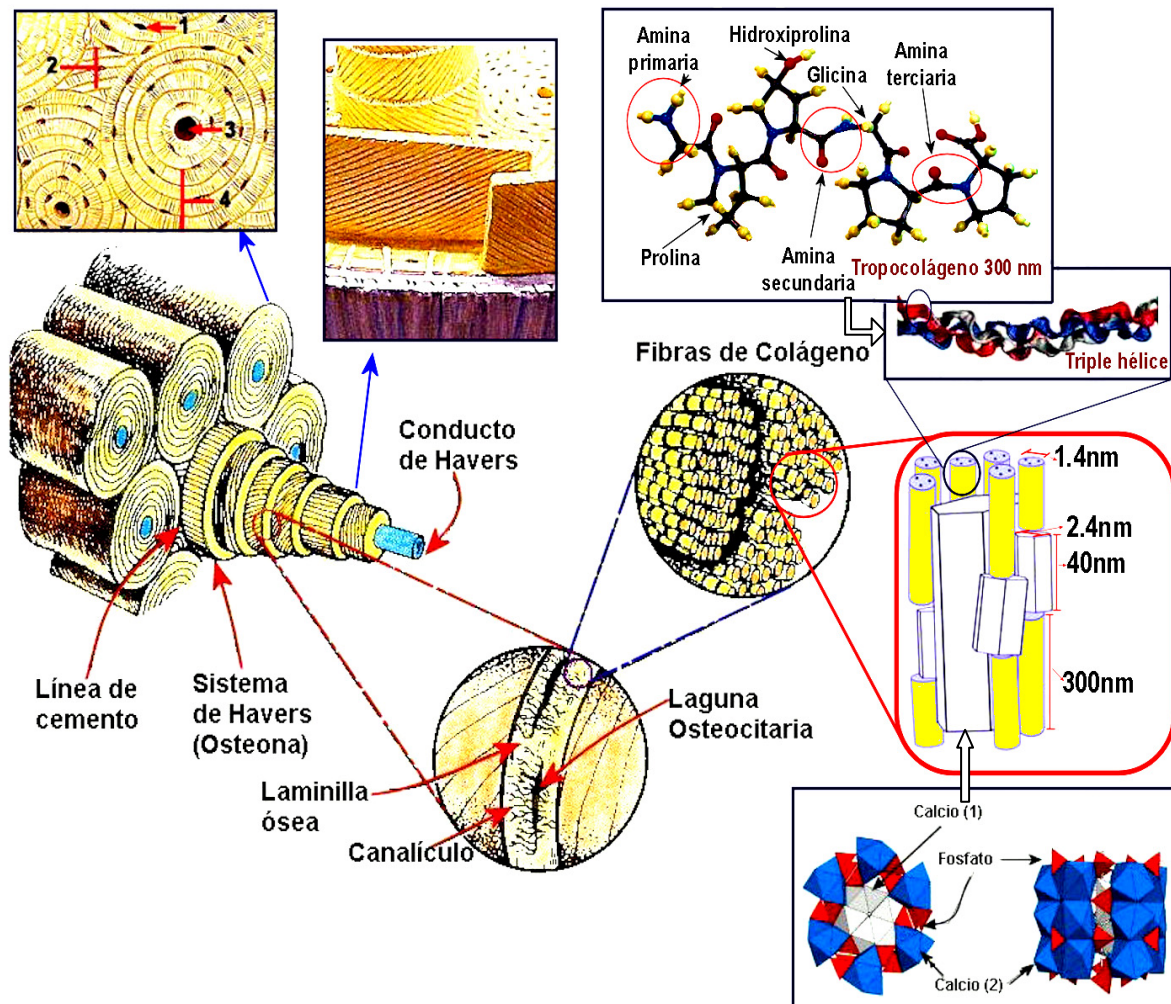


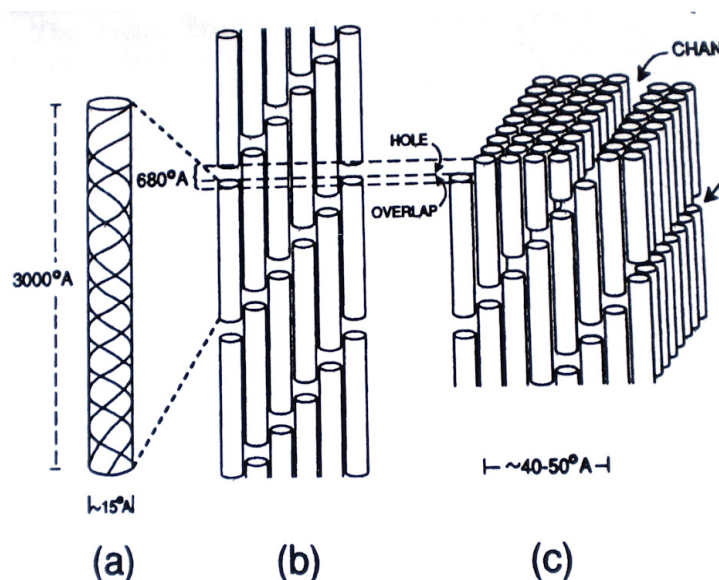
Figura 1.1. Organización jerárquica de la estructura micro y nanoscópica del tejido óseo.

El colágeno tipo I maduro está compuesto por casi 1000 aminoácidos; cada subunidad de polipéptido o cada cadena  $\alpha$ , gira sobre su eje formando una hélice orientada hacia la izquierda, y en cada giro hay tres residuos de aminoácido. Tres de estas cadenas  $\alpha$  vuelven a girar hacia la derecha para formar una superhélice, la que al final queda conformada como una molécula de 1.4nm de diámetro y casi 300nm de largo. Una característica sobresaliente del colágeno es la presencia de residuos de *glicina* en cada tercera posición en la triple hélice de la cadena alfa. Esto es necesario, porque la glicina es el único aminoácido lo suficientemente pequeño como para posicionarse en el limitado espacio disponible a lo largo del hueco central de la triple hélice. Esta estructura repetida, representada como (Gli-X-Y) $_n$ , es un requisito absoluto para la formación de la triple hélice. Mientras la X y la Y pueden ser cualquier aminoácido, casi 100 de las posiciones X son ocupadas por prolina y aproximadamente 100 de las posiciones Y son ocupadas por hidroxiprolina. Estos aminoácidos comprenden cerca del 20% de todos los residuos presentes en el colágeno. La prolina y la hidroxiprolina le confieren la rigidez a la molécula. El alto contenido y tipo de aminoácidos impone un alto grado de restricción estérica que ayuda a estabilizar las cadenas (Figura 1.1). La alta estabilidad térmica que presenta se debe a su arreglo estructural, a los entrecruzamientos y a los enlaces químicos, débiles y fuertes, como son los puentes de hidrógeno mediados por las moléculas de agua. Éstos se encuentran entre las cadenas que forman la triple hélice, formados entre los grupos amino y carboxilos del esqueleto de la cadena polipeptídica. Existen enlaces covalentes entre las triple hélices adyacentes cuando forman fibrillas, y en la región de los espacios entre el final de una triple hélice y el inicio de la siguiente. Estos últimos son importantes para la fuerza de tensión de las mismas.

Si la hélice de colágeno se desnaturaliza, ya sea por calentamiento o por ruptura, las cadenas del aminoácido se relajan y causan que las fibrillas se encojan a lo largo, pero se extiendan en diámetro, lo que conduce a que se desenrede la hélice y a que se produzca gelatina soluble. La temperatura a la que el colágeno se “encoge” o fusiona se denomina temperatura de fusión ( $T_m$ ). El colágeno en el hueso se encuentra mediado enzimáticamente por enlaces cruzados covalentes de lisina o hidroxilisina entre las cadenas adyacentes del aminoácido. Dichos enlaces no incrementan la  $T_m$  de manera significativa, pero la presencia de apatita del hueso restringe físicamente la posibilidad de que la hélice se extienda (Nielsen-Marsh *et al.* 2000a).

La cantidad de materia orgánica varía entre los huesos de un mismo individuo; entre las porciones cortical y reticular de un hueso en particular y también entre los restos esqueléticos de diferentes especies, pero en general es del orden de 25-35%. El uso de un análisis enfocado en el componente

orgánico en el hueso está dirigido a servir como un indicador de la antigüedad del resto o como un reservorio imprescindible de información genética.



**Figura 1.2. Ilustración esquemática del colágeno tipo I. a) La molécula de triple hélice compuesta de dos cadenas polipeptídicas  $\alpha_1$  y por otra  $\alpha_2$ . b) Perspectiva de una sección bidimensional, las moléculas se alinean con el eje de la fibra. C) En esta perspectiva de la estructura, con las moléculas arregladas en tercera dimensión, se notan los espacios vacíos continuos que forman un canal. Tomado de Weiner y Traub (1992:880).**

En lo que se refiere a la fracción mineral, el hueso adulto tiene de 70 a 65 por ciento de materia inorgánica distribuida por toda la matriz orgánica. Esta formada en su mayoría por cristales de fosfato de calcio  $[\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2]$  con la estructura que corresponde a los minerales del tipo apatita. El fosfato constituye del 15.5 al 16.4 por ciento mientras que el calcio comprende como promedio el 37.3 por ciento. También se dan lugar elementos como magnesio, potasio y sodio; además de compuestos como bicarbonato y citrato, en pequeñas cantidades. Además hay otros elementos que se incorporan dentro de la estructura de la hidroxiapatita, los llamados elementos traza. El hueso contiene cerca del 50 por ciento del sodio y el 65 por ciento del magnesio corporal; estos iones actúan como catalizadores de ciertas reacciones enzimáticas y su distribución varía no sólo por regiones corporales, edades, tipos de nutrición y patologías sino también por los tipos celulares relacionados con el hueso. Los iones de la superficie del cristal de hidroxiapatita siempre se encuentran hidratados por la capa de iones y de agua que existe a su alrededor. Esta capa se denomina de hidratación y facilita el intercambio de iones entre el cristal y el líquido intersticial (Junqueira 2001).

Los cristales, prismas hexagonales, están incluidos dentro de las fibras de colágeno con el eje de los prismas alineado en forma paralela al eje mayor de las fibras (Figura 1.1). Estas fibras, a su vez, se

colocan en paralelo para formar laminillas sucesivas, donde la orientación de la fibra forma una *estructura aglomerada torcida o girada* (Giraud-Guille 1988; Weiner y Traub 1992) (Figura 1.2). La fuerza de un tejido calcificado es dependiente, en parte, de la estructura molecular y de la organización de sus cristales constitutivos en la matriz orgánica. El tamaño excepcionalmente

PROTEÍNAS	CARACTERÍSTICAS
<b>Colágenas</b>	<b>Aproximadamente 90% de las proteínas óseas totales.</b>
Colágenas tipo I	Compuestas de dos cadenas $\alpha 1(I)$ y una $\alpha 2(I)$ .
Colágena tipo V	Componente menor.
<b>Proteínas no colágenas Proteínas plasmáticas</b>	<b>Mezcla de muchas proteínas plasmáticas.</b>
Proteoglicanos: CS-PG I (condroitin sulfato-proteoglicano) (biglicano)	Contiene dos cadenas de GAG; presente en otros tejidos.
CS-PGII (condroitin sulfato-proteoglicano) (decorito)	Contiene una cadena de GAG; presente en otros tejidos.
CS-PG III (condroitin sulfato-proteoglicano)	Específica de hueso.
Osteonectina Proteínas ósea PASRC (proteína ácida secretada y rica en cisteína)	No específica de hueso.
Osteocalcina ( BPG proteína Gla Ósea)	Contiene residuos deg-carboxiglutamato que se unen a la hidroxapatita. Específica de hueso.
Osteopontina (OPN)	No específica de hueso. Glucosilada y fosforilada.
Sialoproteína ósea	Específica de hueso. Muy glucosilada y sulfatada en la tirosina.
Proteínas óseas morfogenéticas (POM)	Una familia (ocho o más) de proteínas secretadas con una variedad de acciones en el hueso; muchas inducen crecimiento óseo ectópico.

**Tabla 1. 1. Principales proteínas presentes en el hueso (Murray *et al.* 2001).**

pequeño de los cristales, donde los valores típicos para el hueso humano son de 2-3 x 5 x 35 nm, le da al mineral del hueso una gran área de superficie, que oscila entre 85-170 m<sup>2</sup>g<sup>-1</sup>. La madurez y las especies determinan el tamaño y la forma de los cristales de bioapatita *in vivo*. En todas las especies el tamaño promedio del cristal aumenta con la edad, a menudo en correlación con el volumen del



fluoruro, hasta que la madurez es alcanzada; a partir de este punto, el hueso, y por lo consiguiente los cristales, se continúan remodelando, aunque el tamaño promedio del cristal permanece constante. Los cristales de apatita del hueso tienen superficies muy reactivas, donde los iones  $\text{Ca}^{+2}$  o  $\text{PO}_4^{3-}$  están expuestos. Después de la muerte, el mineral biológicamente formado se vuelve inestable, y dado que todavía es muy reactivo, lo hace muy susceptible a la alteración por el ambiente de la deposición. La hidroxiapatita es isomorfa con respecto a otro tipo de apatitas. Por consiguiente puede sufrir reemplazo completo de alguno de sus iones sin cambiar su estructura; por ejemplo, el reemplazo de  $\text{OH}^-$  con  $\text{F}^-$  conduce a la formación de fluorapatita. También es posible reemplazar  $\text{Ca}^{2+}$  con  $\text{Sr}^{2+}$ ,  $\text{Ba}^{2+}$ ,  $\text{Pb}^{2+}$ ,  $\text{Cd}^{2+}$  o  $\text{Sn}^{2+}$  y la sustitución parcial de  $\text{Ca}^{2+}$  ocurre con  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Co}^{2+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$ ,  $\text{Na}^{1+}$  y  $\text{Mn}^{2+}$  y con muchos otros iones incluyendo los lantánidos y actínidos que también pueden sustituirse en la estructura (Nielsen-Marsh *et al.* 2000a).

El análisis que se realice en torno al entramado mineral del hueso permitirá conocer aspectos de la paleodieta (identificación de algunos elementos traza) o ciertas prácticas culturales como es la inducción intencional de calor *post mortem* de forma directa o indirecta sobre el cuerpo de un individuo completo o desmembrado.

## 1.2 Diagénesis

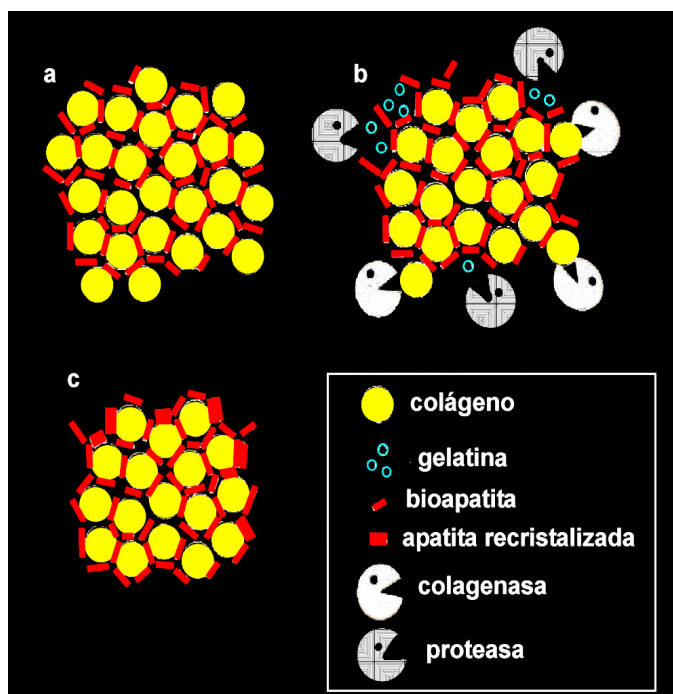
En el registro paleontológico, paleoantropológico y arqueológico la presencia de material óseo ha obligado a la comunidad científica a tratar de entender los procesos que impiden y permiten su conservación en millones, miles y cientos de años. La *tafonomía* como subdisciplina de la Paleontología se ha encargado de dilucidar los procesos que acaecen sobre un organismo a partir de su deceso y hasta el momento de su descubrimiento (ya sea nulo, total o parcial). Es decir, los cambios que ocurren en su transición de la biosfera a la litosfera (Efrenov 1940; Gifford 1982). En la demarcación del cuerpo de conocimientos de la tafonomía se distinguen dos categorías subordinadas: la bioestratinomía y la diagénesis. En la primera los estudios se avocan en los acontecimientos que experimentan los restos orgánicos desde su muerte hasta su enterramiento inicial. Pueden ser de tipo natural (las transformaciones que se producen por acción de los eventos ajenos a cualquier tipo de intencionalidad humana) o cultural (derivadas de manera directa o indirecta de actos volitivos de los seres humanos) (Pijoan y Lizárraga 2004:14). En cuanto a la segunda categoría, la diagenética, se refiere a todas las alteraciones que experimentan los restos en el subsuelo desde el momento del entierro hasta su recuperación: la degradación de la fase orgánica y las alteraciones de la apatita (incremento de la porosidad y de la cristalinidad, así como la inclusión de iones exógenos).

---

El inicio de la degradación colagénica comienza con la descomposición provocada por distintos organismos presentes en el sustrato, los cuales son capaces de secretar distintas colagenasas y peptidasas específicas para destruir a la proteína (Child 1995). A su vez, la matriz orgánica está sujeta a una hidrólisis por la presencia del agua interna. Los péptidos se escinden hasta llegar a descomponerse en los aminoácidos constituyentes. De manera simultánea se produce un reordenamiento de la estructura cristalina en la fracción mineral, lo que provoca un debilitamiento de la función de ambas fases. La consecuencia de esto último es la susceptibilidad del hueso ante la acción de agentes internos y externos.

Nielsen-Marsh *et al.* (2000b) han propuesto una hipótesis en donde el colágeno mineralizado queda protegido por los cristales de apatita, en un sentido físico, frente a la enzimólisis (autólisis y degradación microbial). Sin embargo cuando hay pérdida parcial de la fase mineral el colágeno queda expuesto a las enzimas colagenolíticas. Éstas fomentan su solubilidad y sensibilidad a la proteólisis (degradación de la proteína). Es por ello que la pérdida del colágeno ‘desprotegido’ es absoluta y completa. Así, los residuos de colágeno que se encuentran en el hueso arqueológico se deben a la protección de la fase mineral contra el ataque enzimático. La modificación que sufre el colágeno residual en el hueso arqueológico es química (la hidrólisis aunque lenta siempre se presentará (Child 1995) y su conservación se deberá a la protección de la fase mineral del ataque enzimático (Figura 1.3).

En torno al ataque microbiano se ha demostrado que la alteración bacteriana es dos veces más común en hueso humano que en animal. Esto encuentra su explicación en el tratamiento del hueso de animal (si es que se utilizó como parte de la ingesta) y en las prácticas mortuorias que tienen los humanos. Los huesos dentro de una fosa, sin un tratamiento previo, son más susceptibles a la invasión bacteriana que los que son descarnados antes de enterrarse (Bell *et al.* 1996). En cambio, en otro estudio (Jans *et al.* 2004) se descubrió que el ataque por hongos fue más común en animales. El hueso es un tejido vascular con muchos canales que pueden funcionar como conductores de bacterias (Hedges 2002). En el caso del colágeno, aún cuando las condiciones están dirigidas a una buena conservación, la vida media del colágeno es más corta que la de la biapatita. Sin embargo, se ha demostrado en varios estudios que el colágeno puede sobrevivir bajo óptimas condiciones por más de 100,000 años (Jones *et al.* 2001). El colágeno es la proteína que más se ha estudiado del hueso, sin embargo se ha descubierto que la osteocalcina puede conservarse por más tiempo (Nielsen-Marsh *et al.* 2005).



**Figura 1.3. Hipótesis del colágeno protegido por cristales de apatita. a) La mayoría del colágeno en el hueso está protegido de la enzimólisis (destrucción o alteración de una sustancia mediante acción enzimática) por la exclusión física de las enzimas. b) El colágeno expuesto queda susceptible al ataque de las colagenasas (enzimas que catalizan la hidrólisis del colágeno, es decir la rotura de la cadena polipeptídica en medio acuoso). La siguiente solubilización o gelatinización por proteasas (enzima que fragmenta las proteínas en partes más pequeñas) menos específicas, muchas de las cuales son más pequeñas que las metaloproteasas de matriz. c) Todo el colágeno insoluble en el hueso se supone que es un resto intacto, degradado sólo por una descomposición química lenta y predecible. Tomado y modificado de Nielsen-Marsh *et al.* 2000b:130)**

La mayor parte de los estudios que miden alteraciones estructurales y químicas del mineral en el hueso arqueológico comprueban que los datos obtenidos de colágeno remanente son fiables como recurso científico; sin embargo, los factores que rigen la degradación mineral son cruciales para la conservación del mismo (Nielsen-Marsh *et al.* 2000a).

Las alteraciones minerales son determinadas por la magnitud de disolución de la apatita del hueso. En el contexto del enterramiento, la acción del agua del suelo sobre el hueso disuelve y lixivia el componente mineral y el cambio más común que resulta de ello es el incremento de la porosidad. El hueso moderno es un material muy poroso, cerca del 12% de hueso cortical fresco es ocupado por espacios porosos, pero no se compara con la porosidad que puede presentar un hueso antiguo mal preservado.

La estructura y tamaño del poro óseo determinan el tipo de interacción que se establezca con el agua del suelo, es decir que junto con el régimen hidrológico del sitio y la química del agua, la porosidad será un factor crítico para determinar la tasa de disolución mineral o recristalización (Hedges y Millard 1995; Pike *et al.* 2001). El incremento de la porosidad comienza en la fase temprana

diagenética y de manera proporcional provocará la pérdida del colágeno (Nielsen-Marsh y Hedges 2000a; Smith *et al.* 2002). Al romperse el lazo proteico-mineral del hueso, las fracciones por separado quedan más expuestas a los agentes diagenéticos, en especial al agua de suelo, cuyos procesos favorecen el aumento de la porosidad, lo que al mismo tiempo permite que grandes volúmenes de agua entren a la estructura ósea provocando así una mayor degradación (ver Nielsen-Marsh *et al.* 2000a; Pike *et al.* 2001; Collins *et al.* 2002). El ataque microbiano también se presenta en las fases iniciales de la tafonomía del hueso (ver Trueman y Martill, 2002; Jans *et al.* 2004) y es causa de considerables cambios en la estructura del poro (Nielsen-Marsh y Hedges 1999; Turner-Walker *et al.* 2002; Jans *et al.* 2004).

Para llevar a cabo estudios de porosidad en hueso arqueológico se han utilizado, en general, tres métodos: 1) *absorción de agua*, que proporciona sólo un dato discreto para macro (>4nm) y micro (0-4nm) porosidad (Nielsen-Marsh y Hedges 1999); 2) *porosimetría por intrusión de mercurio (HgIP)*, que permite medir el diámetro del poro en un intervalo de 5nm a 0.1mm (*Idem.*); y 3) *porosimetría por adsorción de nitrógeno*, método que proporciona datos similares a HgIP, pero con la ventaja de que los poros de menor tamaño pueden ser medidos (0.4-100nm) (de la Cruz Baltazar 2001 citado por Smith *et al.* 2008).

Lo importante de estos estudios es que el perfil de distribución de los poros puede estar ligado a ciertos tipos de procesos de degradación. La distribución del tamaño del poro permite indagar acerca de los factores diagenéticos que han afectado al hueso. Por ejemplo, el daño del hueso aparece cuando los poros tienen un diámetro de ~0.1-10 $\mu$  y cuando el colágeno se pierde por medios no microbianos el incremento del poro es de <0.1 $\mu$ m de diámetro (Nielsen-Marsh y Hedges 1999; Smith *et al.* 2002; Jans *et al.* 2004). Además, se debe enfatizar que depende de cómo esté distribuida la porosidad, en cuanto a los diferentes diámetros del poro, para determinar la manera en que el hueso interactuó con el agua del suelo (Hedges y Millard 1995). Entender los cambios estructurales de la porosidad permite reconstruir y comprender la trayectoria diagenética del hueso (Hedges 2002).

Otro de los cambios registrados en el hueso arqueológico, uno de los más consistentes, pero ambiguo, es el aumento en la *cristalinidad* con respecto al hueso fresco. A menudo, se proponen dos mecanismos para explicar el incremento de la cristalinidad en el hueso arqueológico:

1. La disolución de los cristales mas pequeños
2. La disolución y recristalización subsecuente en cristales grandes de apatita del hueso, que son termodinámicamente más estables.

El segundo de estos mecanismos conlleva la incorporación de iones exógenos que afectan la estructura mineral y el tamaño de los cristales de apatita de hueso. Durante la diagénesis, los iones exógenos como  $\text{Sr}^{2+}$  y  $\text{CO}_3^{2-}$  pueden adsorberse por la superficie de la apatita del hueso o pueden intercambiarse con sus iones. Si la recristalización tiene lugar, estos iones pueden incorporarse más profundamente en la estructura mineral. Si, por otro lado, el cambio en la cristalinidad se debe a la disolución diferencial de la población de cristales, los iones exógenos asociados con la disolución de la apatita del hueso simplemente pueden ser readsorbidos (Sillen y Sealy 1995:212).

Son varios los procesos que pueden contribuir a los aumentos de la cristalinidad durante la diagénesis, es posible distinguir entre aquéllos que actúan a través de disolución (son removidos en forma preferencial los componentes menos estables) y los que actúan por recristalización (formando una población de cristales más estable). Los cambios de cristalinidad son una dinámica importante en la alteración diagenética del hueso arqueológico para comprender el curso de la disolución del hueso y los cambios de porosidad que lo acompañan.

Otro aspecto importante es la incorporación de iones exógenos, debido a que la reactividad de los iones en la apatita del hueso y su arreglo de su estructural hace que ésta sea un buen aceptor de muchas especies iónicas. Los elementos presentes en el suelo circundante o en el agua del suelo pueden incorporarse a los huesos enterrados, observándose incrementos en el contenido de flúor, carbonatos y uranio de los huesos arqueológicos, respecto a los que se muestran en los huesos modernos. El carbonato exógeno es un contaminante de particular importancia en la apatita del hueso. En ella hay un nivel natural de carbonato biogénico, entre 2 y 5%, asumiéndose que una gran proporción se adsorbe sobre la superficie del mineral. Durante el depósito, estos carbonatos pueden disminuir por medio de los procesos de disolución o pueden aumentar a través de varios mecanismos que introducen iones exógenos de  $\text{CO}_3^{2-}$  (en su mayoría por el agua del suelo circundante) en el entramado mineral (Nielsen-Marsh *et al.* 2000a).

La captación de  $\text{CO}_3^{2-}$ , diagenético puede ocurrir mediante los siguientes procesos:

1. Adición por la absorción/intercambio con la superficie mineral.
2. Adición por la sustitución en el entramado mineral, usualmente por grupos  $\text{PO}_4^{3-}$
3. Intercambio con el  $\text{CO}_3^{2-}$ , original, por cualquiera de los puntos anteriores, donde el contenido total de  $\text{CO}_3^{2-}$ , puede no incrementarse.

4. Recristalización de la matriz de la apatita del hueso; posiblemente reduciendo la contribución de  $\text{CO}_3^{2-}$  desde la superficie de adsorción o el intercambio debido a la pérdida de área de la superficie mineral.
5. Cristalización de la calcita en los espacios porosos.

En el ambiente del depósito, la incorporación del carbonato exógeno en el hueso enterrado puede aparecer de modo simultáneo a través de varios de estos mecanismos. Dicha variabilidad hace difícil distinguir y quitar el carbonato diagenético del carbonato biogénico original. Si aquél se mantiene, disminuyen las oportunidades de obtener del hueso arqueológico  $\text{CO}_3^{2-}$ , biogénico fiable. Wright y Schwarcz (1996) encontraron que es más difícil remover el carbonato sustituido en el entramado mineral (punto 2) que en la superficie de la apatita (punto 1).

A pesar de lo complejo que puede ser definir los procesos diagenéticos que provocaron el estado final del hueso existe un número de patrones que permite identificar ciertas etapas de alteración. Por medio del análisis histológico de la estructura ósea es posible, hasta cierto punto, reconstruir la historia diagenética del tejido. Muchas de las características *postmortem* vistas en las secciones histológicas guardan una relación directa con el medio ambiente en el que los restos óseos fueron enterrados (Turner-Walker y Jans 2008).

Por otro lado, desde una escala nanométrica también se pueden determinar características físicas de la fracción mineral del hueso que ayudan en la reconstrucción de la historia diagenética que acaeció sobre el tejido (Reiche *et al.* 2002). Lowenstam y Weiner (1989) determinaron que las dimensiones de los cristales de apatita en hueso moderno de varias especies es de 13-150 nm de longitud, 5- 80nm de ancho y 2nm de grosor. Después en un trabajo posterior Weiner y Traub (1992), Camacho *et al.* (1999) y Wess *et al.* (2001) encontraron dimensiones más pequeñas, 4-10nm y 2-4nm de grosor en forma de discos. Su y Cui (1999) analizaron la nano, micro y macroestructura de dentina moderna y obtuvieron un tamaño promedio de 31nm de largo, 20nm de ancho y 3nm de grueso para los cristales de apatita de morfología irregular. De esta manera se sabe que el hueso y la dentina presentan monocristales de apatita con formas discoidales.

Reiche *et al.* (2002) identificaron tres tipos de cristales en tejido óseo antiguo: a) Tipo I, con morfología discoidal muy similar a la encontrada en hueso moderno pero de mayor tamaño, 10-30nm. Este tipo se debe a un proceso de disolución parcial de la apatita en un entorno de equilibrio químico. b) Tipo II, los cristales están alargados como agujas y son termodinámicamente estables, no son circulares y están dispuestos de manera paralela entre unos y otros, su longitud puede alcanzar los

200nm. Esto se debe a la disolución o desmineralización de algunos cristales y a la recristalización total de otros. c) Tipo III, presentan una morfología poliedral y tienen 80-150 nm de diámetro. La morfología y tamaño de este último tipo de cristal se debe a la activación generada por los procesos de calentamiento (Susini *et al.* 1988; Reiche *et al.* 2000).

Son diversas las técnicas analíticas que se han explorado con la finalidad de encontrar respuestas, cuantitativas y cualitativas, en torno a los procesos de alteración que sufrió el hueso en sus dos fracciones constitutivas, la orgánica y mineral. Como ya se mencionó, el objetivo de lo anterior es el del obtener información que pueda traducirse en implicaciones del orden antropológico. Al tener claro el panorama del estado de conservación del hueso, en esta investigación lo que se busca es la identificación de los elementos biogénicos que pueden ser indicadores de un patrón dietario durante la vida del individuo, mejor conocidos como elementos traza.

### **1.3 Análisis de los elementos traza como indicadores dietarios**

Los elementos químicos que se encuentran en pequeñas proporciones en el organismo, cuyo contenido en el hueso es inferior al 0.01% de la masa corporal, y que desempeñan funciones vitales como cofactores enzimáticos, electrolitos en líquidos corporales y componentes de macromoléculas sin acción enzimática entre otras, son considerados como elementos traza (Linder 1988). No obstante, en los estudios de paleodieta esta definición incluye a otros paleoelementos que no cubren este perfil de manera estricta pero que son importantes en cuestiones metabólicas como el calcio y el manganeso. Para que un elemento sea válido como indicador de paleodieta debe ser incorporado dentro de la estructura de la hidroxiapatita del hueso (Ezzo 1994). La cantidad de elementos traza en el organismo depende, de manera fundamental, de la concentración presente en la dieta, es decir, algunos elementos se incorporarán a la estructura esquelética en porcentajes variables en relación directa con la cantidad ingerida de cada uno de ellos.

Es por esto que a partir de un análisis elemental del hueso se puede inferir, a razón de las concentraciones de cada elemento, la naturaleza de la dieta dominante: vegetariana, carnívora u omnívora. Además, se distingue el origen terrestre o marino de los componentes básicos de la dieta y la proporción de cada uno de los recursos (Schoeninger y Peebles 1981; Burton y Price 1990). El elemento al que se ha prestado más atención en estudios de paleodieta ha sido el Sr por tratarse de un metal alcalino con lugar en la litosfera y que es absorbido por los organismos en cantidades que varían de manera inversa a su jerarquía a lo largo de la cadena alimenticia. Debido a que las plantas no discriminan entre el Sr y el Ca para su consumo y aprovechamiento el índice Sr/Ca que presentan

---

es alto. Los herbívoros que comen dichas plantas tendrán un índice menor. A su vez, los carnívoros al incorporar en su cuerpo la carne de los herbívoros, en su tracto digestivo discriminan contra el Sr en favor del Ca por lo que presentan niveles muy bajos de Sr/Ca. En cuanto a los omnívoros, las cantidades que absorben se encuentran en un nivel intermedio entre los dos antes mencionados. La mayor parte del Sr absorbido se deposita en el tejido óseo y, una vez que madura como cristal, sólo puede ser removido como resultado de la actividad osteoclástica durante la vida del organismo (Odum 1951; Schoeninger 1979). En la medida en que los vegetales predominen en la alimentación de un individuo la proporción Sr/Ca que se observe será mayor.

Sin embargo, cualquier variable en el ambiente que altere las concentraciones de los elementos alcalinos utilizados por las plantas tendrá efecto sobre el contenido de su absorción. Los factores que determinan las diferencias locales y la disponibilidad de los elementos serán las concentraciones de los elementos traza en el suelo así como su drenaje y pH. También la velocidad y extensión del intemperismo son aspectos importantes a considerar (Sillen y Kavanagh 1982).

El Sr, a diferencia del Ca, no tiene ninguna función metabólica independiente en los mamíferos pero es capaz de sustituir al Ca en varios procesos de esta índole (Shroeder *et al.* 1972 citado por Rodríguez 2004:39). En los adultos la absorción del Ca ingerido es del 40 al 80%, mientras que la del Sr es del 20 al 40%. Esto se explica en parte porque los riñones de los mamíferos excretan más rápido al Sr que al Ca. Empero, lo anterior está supeditado por la edad, el sexo, la salud y el estado nutricional del sujeto, así como por componentes propios de la dieta y determinadas sustancias químicas que pueden alterar de forma importante la absorción y la biodisponibilidad de los elementos. A veces las interacciones entre ellos pueden ser antagónicas o sinérgicas, es decir, un elemento puede inhibir el consumo de otro por la competencia que se da para ocupar los sitios de enlace en determinado compuesto para que ocurra la absorción o, en el caso contrario, se puede incrementar la absorción específica de ciertos elementos (Rodríguez 2004).

A través de los años se ha incorporado el análisis de un mayor número de elementos químicos con el objetivo de discernir con mayor precisión el origen de los alimentos en la reconstrucción de la dieta en poblaciones antiguas. De esta manera a lo largo de varias décadas de estudio se ha relacionado la presencia de zinc, cobre, selenio y molibdeno con el consumo proteínico de origen animal, mientras que los elementos que se asocian a la ingesta vegetal, además del Sr, son el manganeso, bario, magnesio y vanadio. No obstante, el Sr y el Zn son los minerales más representativos de la calidad de la dieta, ya que el primero se localiza en concentraciones significativas en todas las especies de vegetales, mientras que el zinc se encuentra principalmente en la carne y los mariscos. Las legumbres



y productos de grano entero, como el maíz, también contienen cantidades elevadas de zinc pero su absorción es muy ligera. Es por ello que los individuos que tienen una dieta basada en vegetales sufren una deficiencia de zinc que no padecen los carnívoros.

La interpretación de las concentraciones de los elementos traza en el hueso no puede tener un carácter unilineal a consecuencia de la complejidad de los mecanismos de absorción, discriminación y excreción de cada uno de ellos (Armélagos *et al.* 1989; Ezzo 1994b). A esto ha de sumarse la propia composición química de los alimentos, ya que las concentraciones pueden variar en función de las especies consumidas, la combinación de éstas en la dieta, así como las características propias del organismo absorbedor (Sandford 1993; Gilbert *et al.* 1994; Ezzo *et al.* 1995; Burton y Wright 1995).

La deficiencia de algunos elementos traza en poblaciones antiguas también se ha relacionado con ciertos síndromes o enfermedades (Aufderhide 1989), pero sólo el hierro (Fe) y el plomo (Pb) han recibido mayor atención. Fornaciari *et al.* (1982) estudiaron una población con anemia ferropénica y con el análisis de elementos traza identificaron que tenían niveles de Fe muy bajos, por lo que se confirmó la etiología de la enfermedad representada por la *cribra orbitalia*. Por otra parte el contenido anormal de Pb se ha asociado con prácticas culturales o de toxicidad.

#### **1.4 Análisis arqueométricos en hueso antiguo en México**

Con el paso de tiempo el uso de diferentes técnicas analíticas dentro del campo de la antropología física ha ido en aumento. Los trabajos realizados se han encaminado a la resolución de cuestiones diagenéticas, incógnitas dentro de algunas prácticas culturales y al estudio de paleodieta. En este orden se mencionan algunas de las investigaciones llevadas a cabo.

Brito (1992), en el Laboratorio de Prospección del Instituto de Investigaciones Antropológicas de la UNAM, aplicó una serie de técnicas analíticas a colecciones de huesos humanos prehispánicos procedentes de Oztoyohualco (Estado de México), Xochimilco (D.F.), Manatí (Veracruz), Macuiltepec, Cerritos, Yahutepec y Xochicalco, (Morelos) para analizar su deterioro en relación con el contexto de enterramiento. En el material óseo cuantificó el colágeno, los fosfatos y carbonatos, determinó la densidad, resistencia al impacto y porosidad. Para el análisis de suelo cuantificó carbonatos y fosfatos, y obtuvo el potencial de hidrógeno (pH) y potencial de óxido-reducción (EH). La autora señaló que es preciso valorar otros factores como los cambios climáticos constantes.

Gómez Serrano (2000) realizó un análisis detallado de la influencia que tienen las características físico-químicas de los sedimentos en el deterioro de restos óseos excavados en la comunidad de Los Olmos, en el estado de Hidalgo y concluyó que hay que considerar tanto los factores medioambientales como los físico-químicos. En un estudio posterior se evaluó la diagénesis de los huesos por medio de microscopía electrónica de barrido (SEM). Los resultados de la composición química de los huesos se correlacionaron con la composición química del suelo del lugar de su enterramiento (Arenas *et al.* 2007).

Jang (2000) evaluó la aplicación del colágeno residual como un método de fechamiento relativo en muestras arqueológicas. Concluyó que la diferencia de la cantidad de colágeno en el material óseo está relacionada con varios factores, tales como el clima y las condiciones del contexto del entierro. Estos afectan la velocidad del proceso diagenético y por ello ha de considerarse como un proceso multivariado.

Heredia (2000) utilizó la técnica de Difracción de rayos X (DRX) para estudiar las fases cristalinas y hasta cierto punto las amorfas con el objetivo de implementar una técnica que permitiera semi-cuantificar la fase orgánica con respecto a la inorgánica y obtener una evaluación del método de fechamiento relativo por colágeno residual.

Lozano (2002), mediante distintas técnicas, principalmente calorimetría diferencial de barrido (DSC), investigó las propiedades térmicas del colágeno en relación con los cristales de hidroxiapatita de muestras óseas actuales y después de obtener resultados aplicó la técnica calorimétrica a un conjunto de restos óseos de interés arqueológico y paleontológico. Al obtener los valores de entalpía ( $\Delta H$ ) de la combustión del colágeno descubrió una variación de acuerdo con la antigüedad de cada muestra, por lo cual ajusta distintas curvas de decaimiento exponencial para representar el comportamiento global del conjunto de muestras analizadas. De estas curvas adquiere el valor de Tau ( $\tau$ ), el cual se define como el tiempo de vida media del colágeno, es decir que este valor está en función de la sensibilidad que tenga cada técnica para medir la presencia del colágeno en el tejido óseo. Tau ( $\tau$ ) resulta útil para comparar la calorimetría con otras técnicas empleadas en el análisis de restos óseos, como son la DRX y el análisis elemental mediante técnicas nucleares. Dicha comparación demostró que la calorimetría es una técnica más sensible para detectar el contenido de materia orgánica en el material óseo, aunque no es específica para el caso del colágeno.

Peña Rico (2002) analizó las propiedades microestructurales del colágeno tipo I mineralizado por medio del estudio de huesos de individuos sanos de diferentes edades a través de DRX (método de

---

polvos) auxiliada por experimentos de espectroscopía infrarroja (IR), calorimetría diferencial de barrido (DSC), análisis termogravimétrico (ATG), cromatografía de gases y microscopía electrónica de barrido de bajo vacío (LVSEM).

Lozano *et al.* (2003) reportaron la estabilidad térmica del colágeno tipo I en el tejido óseo humano por medio de DSC, IR y la cromatografía de gases. Encontraron que el pico exotérmico máximo de colágeno extraído está entre 500 y 530° C a diferencia del colágeno mineralizado (tejido óseo) que está en los 350°C. Los valores de  $\Delta H$  de combustión son similares:  $-8.4 \pm 0.11$  kJ para colágeno mineralizado y de  $-7.9$  a  $-8.9$  kJ/g en el colágeno extraído (dependiendo del método de extracción). Estos resultados, junto con los obtenidos por las otras técnicas, demostraron que el colágeno mineralizado tiene una estabilidad térmica menor que el colágeno extraído debido a las interacciones que establece con los nanocristales de hidroxiapatita. Esto último provoca un cambio en las propiedades moleculares del colágeno durante la mineralización, ya que hay un efecto en la elasticidad de las fibras y en la resistencia de tejido óseo como un todo. De igual manera analizaron los procesos de descomposición y combustión, así como las repercusiones que tienen las medidas calorimétricas sobre la relación orgánico-mineral. Concluyeron que la presencia de la fase mineral reduce la estabilidad térmica de la proteína; los pequeños cristales funcionan como centros de fractura.

Canto *et al.* (2004) hicieron un análisis estructural de restos óseos provenientes de distintos entierros mayas prehispánicos y coloniales. Este estudio lo realizaron con DRX e IR para identificar las fases e impurezas presentes en los huesos y así poder determinar el grado de cristalinidad de la hidroxiapatita. También determinaron la posible influencia del espacio de enterramiento (vacío/rellenado) y de los diferentes tipos de suelo (kárstico, ciénega o cenote).

Couoh y Hernández (2008) caracterizaron un grupo de esqueletos contenidos en un mismo recinto funerario, procedente del sitio arqueológico de Tixtla (Guerrero), con el objetivo de identificar diferentes momentos de depósito funerario por medio de la técnica de fechamiento relativo por colágeno residual. Con el uso de la Emisión de Rayos X Inducida por Partículas (PIXE) se detectó la incorporación de Al y Fe a la fase inorgánica lo que indicó un grado de deterioro. Además en la mayoría de las muestras se identificó la presencia de calcita por DRX. Dicho carbonato se cuantificó con termogravimetría y se implementó una metodología para corregir los valores de la entalpía de combustión de colágeno. Los valores corregidos fueron razonables de acuerdo con la antigüedad estimada desde la Arqueología (~3000 años). Asimismo, por medio de la Retrodispersión Elástica de Partículas (RBS) se encontró un contenido de nitrógeno variable entre los individuos, lo que también se tradujo en una diferencia de antigüedad.

Couoh y Ruvalcaba (2007) analizaron un grupo de muestras óseas con diferente temporalidad con el propósito de desarrollar una metodología que permitiera determinar el estado de conservación de las fracciones orgánica y mineral. Realizaron dos tipos de análisis: puntual y global. El primero se concentró en tres zonas del hueso (periostio, centro y endostio) para ver si la composición que presentaba el tejido óseo era uniforme. Se utilizó RBS (N/Ca), PIXE (análisis elemental y mineral) e Ionoluminiscencia (IOL) (identificación de los elementos incorporados a la matriz ósea a partir del espectro luminoso inducido por la irradiación con iones). Para el segundo tipo de análisis se utilizó DSC para ver el contenido proteínico y DRX para la identificación de las fases cristalinas, así como el cálculo del índice de cristalinidad (IC) de la hidroxiapatita. Concluyeron que los resultados obtenidos por las diferentes técnicas son congruentes y complementarios. Destacan que IOL es una técnica sensible que permite registrar la incorporación de elementos ajenos a la matriz ósea de manera puntual, lo que sólo sería posible por medio de micro difracción de RX. Aunado a lo anterior, se demostró que la presencia de calcita detectada por DRX podría encontrarse en un nivel superficial del entramado óseo al no corresponder con lo obtenido en el espectro de IOL. Encontraron que DSC es más sensible que RBS para determinar contenidos de materia orgánica y observaron un incremento en el IC con respecto a la antigüedad de los restos óseos.

Pijoan *et al.* (2004a) utilizaron SEM, análisis elemental local con microsonda (EDS), DRX y espectroscopía fotoelectrónica de dispersión (XPD) para determinar qué sustancia se empleó entre los antiguos habitantes de Tlatelolco (1420-1440 d.C.) para dar una coloración negra a las piezas dentales. Esto se presenta en algunos entierros como parte de una práctica sociocultural. Los autores concluyeron que para pintar los dientes untaron asfalto sobre el esmalte y la adhesión de la capa oscura se atribuye a la difusión de una parte del asfalto en el tejido mineral. Argáez *et al.* (2007) analizaron material óseo de Tlapacoya y Tlatelolco con las mismas características de pigmentación dental negra, pero además de EDS y SEM utilizaron la fluorescencia de rayos X (XRF). En ese trabajo concluyeron que el pigmento negro está constituido por un compuesto de C amorfo el cual puede ser chapopote u otro compuesto orgánico.

Leboreiro *et al.* (2005) analizaron una calota encontrada en San Rafael de los Milagros, municipio de Parras, Coahuila, para conocer las alteraciones o modificaciones tafonómicas *perimortem* que evidencian prácticas culturales, así como las técnicas de manufactura. Por medio de DRX caracterizaron el componente mineral del tejido y encontraron diversas fases cristalinas, además de la hidroxiapatita, entre las cuales se hace especial énfasis en el silicato de aluminio. Los autores

---

sugieren que la presencia de este último se debe a la ingesta del mineral como parte de un tratamiento de úlceras del sistema gastrointestinal.

Leboreiro (2006) utilizó DRX, SEM, EDS e IR para determinar las causas que producen el fenómeno de fluorescencia ósea en el material óseo procedente de la cueva de La Candelaria. Concluyó que dicho fenómeno se debe a la inestabilidad de las moléculas de colágeno tipo I ocasionada por la hidrólisis de proteínas, sobre todo en las zonas de inserción muscular.

Para identificar las alteraciones térmicas que presenta el material óseo procedente de Tlatelcomila, Pijoan *et al.* (2004b) realizaron un estudio histológico con resultados positivos. Sobre este mismo material óseo se hicieron pruebas con DRX, difracción de rayos X a ángulo pequeño (SAXS) y SEM y se determinaron las diferentes temperaturas bajo las cuales los huesos fueron tratados (cerca de 100, 250 y 600°C). Con esto se confirmó que unos huesos fueron hervidos (barbacoa) y otros asados (Pijoan *et al.* 2007).

Medina *et al.* (2007) hicieron un experimento con huesos porcinos para determinar las distintas características y variables a las que obedece el material óseo ante la acción del fuego, con la finalidad de explicar por medio de la analogía el posible comportamiento de restos óseos arqueológicos bajo la misma afectación. Para ello diseñaron una serie experimental en la cual se sometió a un tratamiento térmico material óseo porcino utilizando una mufla eléctrica y una hoguera. La comparación de estos experimentos con un caso arqueológico les permitió evaluar la afectación ósea en correlación con el calor, la temperatura y el tiempo de exposición, a través de cuatro tipos de análisis: morfológico, histomorfológico, DRX e IR.

Por medio de DRX y EDS Batta *et al.* (2007) caracterizaron el pigmento amarillo encontrado en los restos óseos de los entierros mayas de Jaina, Campeche (300-1,000 a.C). El análisis arrojó un alto contenido de Fe y encontraron que el único compuesto amarillo con este elemento es el hidróxido de fierro, el cual sólo se puede obtener de la hematita. Por lo tanto, lo más probable es que debido a las condiciones del entierro (muy alta humedad y calor) el pigmento rojo original quedo hidrolizado *in situ* y por ende se tornó amarillo. Esto concuerda con la idea de vida en la cultura maya, en donde el color rojo significa vida.

En lo que se refiere a los estudios de paleodieta Brito (2000) realizó el análisis social de la población prehispánica de Monte Albán a través este tipo de análisis. Para ello efectuó un estudio multifactorial, centrándose en la variabilidad de la composición química de los restos óseos y su

evaluación comparativa con información de índole cultural, social, económica y política. La muestra esquelética provino de individuos de la fase terminal del periodo Preclásico (100 a.C. - 250 d.C.). Empleó análisis químicos en los restos óseos para indagar el tipo y la proporción de los recursos consumidos, para poder establecer patrones de alimentación en forma individual y colectiva. El proceso consistió en identificar 22 elementos minerales y cuantificar sus niveles por medio de la espectrometría de masas (MS) y DRX, para diagnosticar la intervención del material óseo por elementos del contexto de enterramiento. La autora plantea que el Sr sigue considerándose un indicador fundamental para los estudios de dieta, por ser un mineral que resiste los intercambios iónicos con el ambiente externo. Remarca que las cantidades minerales que se detectan en los restos óseos son similares, o por lo menos no han tenido grandes alteraciones, a las que el individuo poseía en vida. Sin embargo, deja claro que el proceso de limpieza mecánica de la superficie del hueso promovió ciertas dudas respecto a la eliminación óptima de contaminantes. Otra carencia mencionada fue la ausencia de muestras de suelo procedentes del contexto de enterramiento, necesarias para verificar la información teórica sobre la composición química de los suelos del lugar donde se excavaron los esqueletos, lo que hubiera contribuido a entender mejor los mecanismos diagenéticos y las alteraciones minerales en los huesos.

Otro estudio relevante en población prehispánica fue el realizado por Ochoa (2002), quien hizo la reconstrucción de la dieta de los pobladores de La Ventilla, Teotihuacan, Estado de México, por medio de la cuantificación de elementos. Para detectar las alteraciones por diagénesis utilizó DRX, XRF y EDS y para conocer el estado de la matriz de suelo consideró dos marcadores básicos: el potencial de hidrógeno (pH) y la concentración de carbonatos. Para el primer caso obtuvo un promedio del suelo del contexto arqueológico de 8.32. Esto llevó a considerar que las características del suelo se encontraban dentro de los intervalos aceptables para la conservación de la materia orgánica. Por otra parte, el comportamiento de los carbonatos fue de moderado a alto, entre 3 y 4 lo que hizo suponer que existía una incorporación alta de Ca de carácter contaminante. Los resultados osteoquímicos determinaron la concentración de Fe, K, Ca, Sr, Zn y Ba. Los dos primeros como marcadores diagenéticos y los cuatro últimos como marcadores de dieta. La fase de selección de los marcadores de dieta se efectuó en una matriz de correlación simple entre los siguientes elementos: Fe, K, Zn, Sr y Ba, para observar su comportamiento en grupo. Así, se encontró que el Fe y el Zn se aglutinaron. El Zn se desplazó hacia los elementos contaminantes y se descartó su rol como marcador de paleodieta. Por su parte, el K y el Ca se mantuvieron en un plano independiente. Con lo que respecta al Sr y al Ba, se ubicaron en un plano de asociación en relación con el resto de los elementos, manifestando así su carácter de marcadores confiables de paleodieta. El Fe no se correlacionó con elementos contaminantes como el K. Destaca la correlación positiva entre el Ca y el

---

K, lo que señala una asociación diagenética entre ambos, tomando en cuenta que el K procede del suelo. Las altas concentraciones de Ca contaminante se hicieron también evidentes con la determinación semicuantitativa de carbonatos en suelo.

Otro estudio trascendente en el que se da importancia a la diagénesis del hueso para los estudios de paleodieta fue el realizado por Rodríguez (2004). Su objetivo general se centró en la reconstrucción de la dieta de la población Xcaret, Quintana Roo, en dos periodos, prehispánico y colonial. Para conocer el estado nutricional parte de la correlación de los parámetros osteoquímicos con los osteomorfológicos derivados del estudio antropológico. En su trabajo, propuso una metodología para determinar la estabilidad de la señal biogénica. El resultado es que el tratamiento que aplicó a las muestras es efectivo para eliminar el posible material contaminante. Con la limpieza, mecánica y química, de los huesos fue posible medir los elementos que son indicadores dietarios dentro del intervalo de valores fisiológicos esperados. La evidencia experimental corroboró la información arqueológica y etnohistórica en relación a que la dieta de la población de Xcaret, en los dos periodos cronológicos, dependió básicamente del ecosistema marino, con productos de horticultura de policultivo como complemento.

Mejía Appel (2008) aplicó la metodología utilizada por Rodríguez (2004) para analizar la población de Teopancazco, procedente del clásico Teotihuacano. Por medio de los elementos traza logró identificar un grupo migrante con filiación étnica y cultural diferente a la teotihuacana por sus costumbres culinarias. También resaltó que todos los sectores de la población compartían una dieta omnívora con mayor aporte de carne debido a la necesidad de aprovechar a los animales que proveían de materia prima para las herramientas de costura. Además, confirmó que la dieta se modifica en cada fase cronológica debido a la expansión de rutas de intercambio teotihuacanas en las épocas de mayor auge para la ciudad.

---

# 2

---

## METODOLOGÍA

---

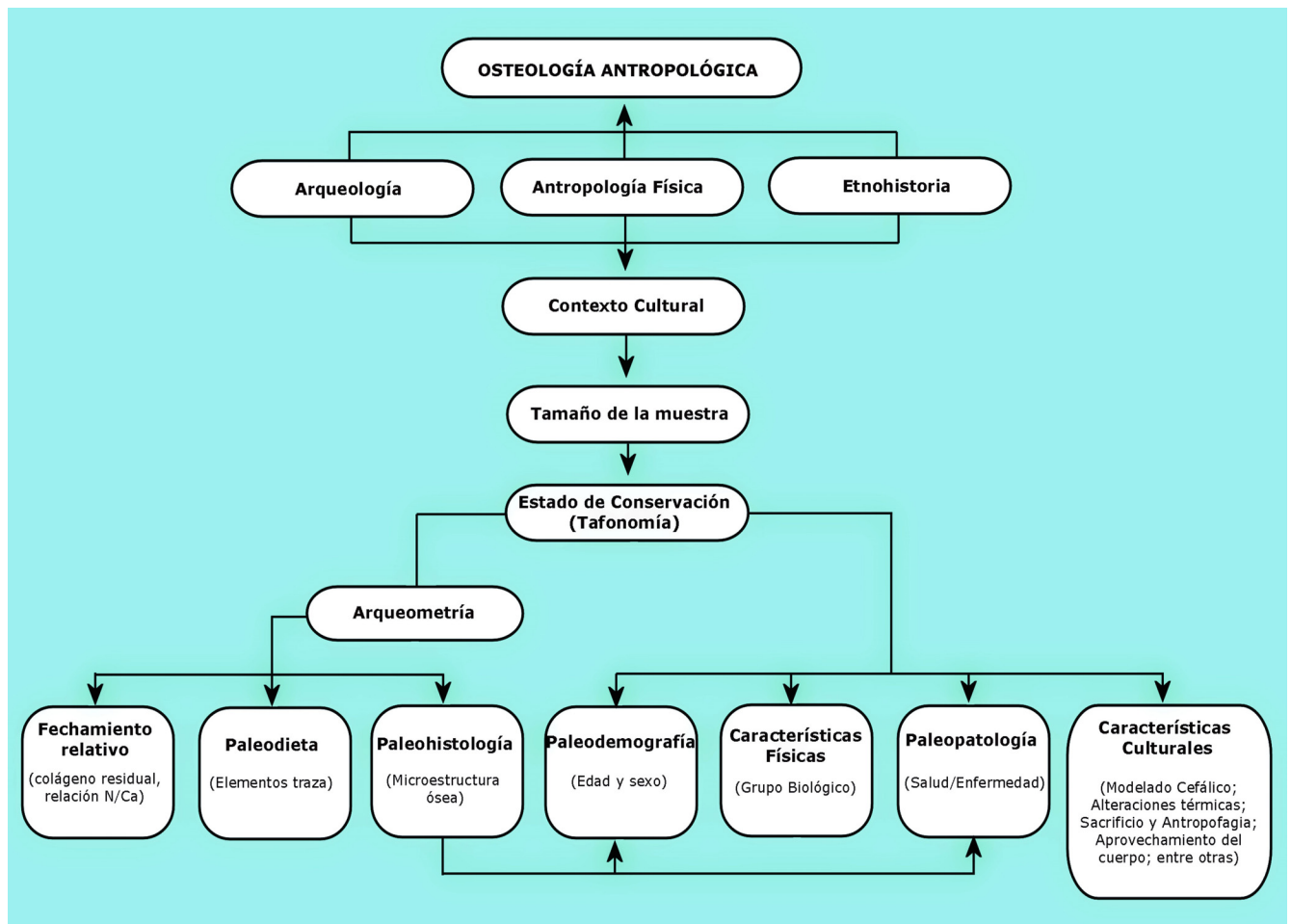
### 2.1 Modelo bioantropológico

El hueso, aparte de ser una forma especializada de tejido conjuntivo es el constituyente principal del esqueleto y resulta ser un material muy valioso cuando se estudia con interés antropológico, ya que representa una huella biológica y cultural de las poblaciones del pasado en tiempo y espacio. Es por ello que para explorar todas las vetas que ofrecen información de su historia biológica y cultural se hace uso del modelo *bioantropológico* (Talavera 2008). Es decir, se utiliza un enfoque interdisciplinario para satisfacer los objetivos de la presente investigación.

La *bioarqueología* se entiende como un modelo analítico dirigido al estudio de los grupos humanos del pasado a través de sus prácticas mortuorias y de sus restos óseos en relación con su medio ambiente natural y cultural. Se emplean recursos, técnicas y métodos de otras disciplinas de manera ordenada para enriquecer la descripción e interpretación de los restos biológicos y además para llegar, dentro de una escala sincrónica y diacrónica, a los campos conductuales y mentales de una determinada población o grupo humano del pasado (*Ibid.*). Su aplicación inicia con una recuperación controlada en campo tanto de los restos óseos como del contexto arqueológico y se continúa con el análisis cuantitativo y cualitativo en el laboratorio para alcanzar una interpretación en el marco de la teoría antropológica.

Las disciplinas que interactúan en el modelo bioarqueológico propuesto (Figura 2.1) y que permiten entender aspectos sobre la manera lógica e integral del fenómeno humano se enumeran a continuación:





**Figura 2.1. Modelo Bioantropológico. Tomado y modificado de Talavera (2008).**

1) La Antropología Física es una disciplina antropológica que se encarga del estudio del hombre en interacción recíproca con su medio ambiente. Lo que permite entender y establecer diferencias y similitudes entre poblaciones con el objetivo de ampliar el conocimiento del fenómeno humano. Dentro del campo de acción de esta disciplina se encuentra la Osteología Antropológica, cuyo objetivo fundamental es conocer las características físicas y culturales de las sociedades del pasado a través de los vestigios del cuerpo humano: los restos óseos. Para esto se necesitan definir ciertas características morfo-biológicas (edad, sexo, estatura, entre otras), así como procesos específicos de orden natural y cultural que se registran en los huesos. Tal es el caso de la paleopatología, las marcas de actividad o ciertas modificaciones corporales con un carácter intencional (modelado cefálico, limadura e incrustación dental).

2) La Arqueología como disciplina científica se avoca a estudiar las sociedades humanas a través de sus restos materiales. Organiza y sistematiza todos los elementos recuperados en el trabajo de campo, recorrido de superficie, excavación y análisis de materiales. En este rubro la excavación resulta

---

fundamental en lo que se refiere al registro de los materiales, que si es de una manera adecuada y sistematizada es posible la reconstrucción de una sociedad en tiempo y espacio. También a partir de un buen análisis de laboratorio es posible conocer la permanencia, el cambio, la difusión o la especificidad de los elementos de la cultura material del grupo en estudio y de esta manera realizar comparaciones entre distintas colecciones, contemporáneas o distantes en el tiempo con fines específicos.

3) La Etnohistoria se entiende como el estudio antropológico de sociedades pretéritas, vistas también por la etnología, con base en documentación histórica. También abarca temas sobre la religión y la cultura indígena en general (Broda 1976, *cf.* Talavera 2008). Dentro de su campo temático se distingue el que hace referencia a la época prehispánica, que por una parte se enfoca en el análisis funcional de la sociedad indígena en el último periodo antes de la conquista, es decir, su aspecto sincrónico; y por otra, versa sobre sus instituciones políticas, sociales y económicas, lo que sería su aspecto diacrónico, el de la transformación de las instituciones prehispánicas (*Ibid.*).

El conocimiento ordenado y conjuntado de las disciplinas arriba descritas ofrece un amplio panorama sobre el contexto cultural del problema de estudio de esta investigación.

4) La Tafonomía es la subdisciplina de la Paleontología que se encarga de dilucidar los procesos acaecidos sobre un organismo a partir de su deceso y hasta su descubrimiento (ya sea nulo, total o parcial). Es decir los cambios que ocurren en su transición de la biosfera a la litosfera (Efrenov 1940; Gifford 1982). Dentro de la osteología antropológica la tafonomía se ha vuelto un campo de estudio imprescindible para entender de manera sistemática los procesos que sufre su objeto de estudio, el material óseo en calidad de elemento conservado, a través del tiempo. Es decir, su composición y propiedades estructurales (tamaño, forma, microestructura, grado de integridad, entre otras). En este sentido, la tafonomía se vale de la convergencia de diversas disciplinas para resolver las interrogantes dictadas.

En la demarcación del cuerpo de conocimiento de la tafonomía se distinguen dos categorías subordinadas: la *bioestratinomía* y la *diagénesis*. En la primera los estudios se refieren a los acontecimientos que experimentan los restos orgánicos desde su muerte hasta su enterramiento inicial, pueden ser de tipo natural (las transformaciones que se producen por acción de los eventos ajenos a cualquier tipo de intencionalidad humana) o cultural (derivadas de manera directa o indirecta de actos volitivos de los seres humanos) (Pijoan y Lizárraga 2004:14). En cuanto a la

---

segunda categoría, la diagenética, se trata de todas las alteraciones que experimentan los restos en el subsuelo desde el momento del entierro hasta su recuperación.

En este trabajo resulta fundamental conocer el estado de conservación de los restos óseos para poder explorar no sólo su morfología sino también otros campos que proporcionan diferente tipo de información.

5) La Arqueometría es la aplicación de técnicas analíticas provenientes de ciencias como la física y la química al estudio de materiales arqueológicos, así como a sus contextos naturales. Su campo de acción consiste en efectuar diferentes experimentos con el objetivo último de caracterizar el material de su interés. En el caso del hueso, la finalidad es reconstruir la historia diagenética que determinó el estado constitutivo del resto óseo para que se pueda dar paso a otro tipo de análisis (fechamiento relativo, paleodieta, etcétera). No obstante, resulta fundamental reconocer que los estudios arqueométricos sólo pueden lograr su cometido cuando forman parte de una actividad interdisciplinaria.

Al utilizar indicadores químicos como una llave de información acerca de la dieta del pasado, clima, genética o fechamiento, se debe procurar que la medición sea de una composición original (o algo cercano a ello) con el objetivo de hacerlo con la mayor reproducibilidad posible. No obstante, el problema radica en establecer con rigor el nivel de alteración que ha tomado lugar en el hueso, lo que de manera directa afecta los principales indicadores en los que se está interesado. La diagénesis se puede considerar como una limitante en las aplicaciones de extracción de ADN mitocondrial o nuclear, en los isótopos estables y en la composición de los elementos traza, pero también puede ser una oportunidad para obtener información sobre los procesos que están involucrados.

En este sentido las investigaciones en el tema se han concentrado en definir cuál es la mejor manera de medir los parámetros diagenéticos (Hedges 2002). Por ello un buen número de experimentos controlados están dirigidos a registrar tanto el efecto como la respuesta del hueso ante la diagénesis. También se busca entender el papel del medio ambiente como agente propiciatorio de la calcificación ósea, la función del ataque microbiano, los procesos involucrados en la desnaturalización y la disolución de la fase orgánica colagénica (Tabla 2.1). Por ello el estudio de la diagénesis tiene el propósito de predecir la probabilidad que tiene un hueso para conservarse en un ambiente o sitio en particular.

Parámetro Diagenético		ARQUEOMETRÍA			
		Información requerida	Técnica utilizada	Tipo de información obtenida	Aplicación para otro tipo de análisis
Registro del efecto de la Diagénesis	Conservación de la materia orgánica	Cantidad de colágeno remanente	Calorimetría Diferencial de Barrido (DSC)	Valor de entalpía ( $\Delta H$ ) de la combustión del colágeno.	Fechamiento relativo
			Termogravimetría (TG)	Porcentaje de peso perdido durante la combustión del colágeno.	
		Determinación de la estructura molecular proteica	Retrodispersión Elástica de Partículas (RBS)	Proporción N/Ca.	Fechamiento relativo
			Espectroscopía Infrarroja (FT-IR)	Identificación de los grupos funcionales del colágeno (Amidas I, II y III).	Identificación de alteración térmica
			Ionoluminiscencia (IOL)	Identificación puntual en el hueso de la materia orgánica por su espectro luminiscente.	
	Presencia de la materia orgánica				
	Integridad Histológica	Valoración de la cantidad de destrucción en una sección de hueso transversal.	Microscopía de Luz y de Luz Polarizada. Microscopía Electrónica de Barrido en Bajo Vacío (SEM-LV)	Índice Histológico de Oxford (Hedges et al. 1995; Millard 2001). Escala de 5 (buena preservación) a 0 (pérdida de las características histológicas).	Paleo-histología
	Conservación de la fase mineral	Análisis Elemental	Emisión de Rayos X Inducida por Partículas (PIXE)	Proporción Ca/P. Cuantificación de los elementos presentes en el hueso (endógenos y exógenos)	Paleodieta por elementos traza.
		Incorporación de elementos contaminantes	Ionoluminiscencia (IOL)	Identificación puntual en el hueso de elementos contaminantes por su espectro luminiscente.	
		Fases cristalinas presentes	Difracción de Rayos X (DRX)	Reflexiones cristalinas específicas de la hidroxiapatita y de elementos incorporados (ej. calcita, fluorapatita).	
Respuesta del hueso a su entorno	Cristalinidad	Cambio en la morfología y tamaño de los cristales de hidroxiapatita	Difracción de Rayos X (DRX)	Índice de Cristalinidad (IC) por anchura y altura de las reflexiones cristalinas (Bartsiokas y Middleton 1992). Escala de 0 (sin alteración) a 10.	
			Espectroscopía Infrarroja (FT-IR)	Índice de Cristalinidad (IC) por el Factor de Separación de los picos de fosfato (Weiner y Bar-Yosef 1990)	
			Microscopía Electrónica de Transmisión (TEM)	Observación nanoscópica de los cristales de apatita.	
Porosidad	Aumento de la porosidad por pérdida de tejido óseo.	Absorción de agua	Diámetro del poro (Relación con los posibles agentes causales como hongos y bacterias). Volumen total de poro. Área superficial. Densidad absoluta. Diámetro del poro.		
		Porosimetría de Absorción de Mercurio (HgIP)			
		Porosimetría por Adsorción de Nitrógeno			
		Microscopía			

Tabla 2.1. Principales parámetros diagenéticos y la aplicación de la Arqueometría.

## 2.2 Las muestras

Para el análisis del sistema funerario en La Laguna se utilizó la información arqueológica de los entierros recuperados en las áreas de excavación de Las Ardillas y Las Palmas (Tabla 2.2). El análisis antropofísico de este trabajo incluye sólo a los individuos que se presentan en la Tabla 2.3. El resto fue analizado por el antropólogo físico Mauro de los Ángeles. En cuanto al análisis arqueométrico los especímenes a los que se les tomó muestra se presentan en la Tabla 2.4. De éstos se seleccionaron los fémures y sólo en cuatro casos se incluyeron otros elementos óseos por cuestiones específicas. Se incluye una muestra del entierro Las Palmas H/149 con un objetivo comparativo ya que su procedencia es del Epiclásico y no del Formativo.

Área de Excavación	Unidad de Excavación	No. de Elemento	Individuo
Las Ardillas	B2 y B3	10	Adulto
	B6	63	Adulto
	B6	64 y 65	Sólo fragmentos
	B4 y B5	33A	Infante
	B4 y B5	36	Infante
Las Palmas	F	117 y 128	2 Cráneos de adulto
	F	119	Infante
	F	133	Infante
	F1 y F5	46 (1°)	Adulto
	F1 y F5	46 (2°)	Adulto
	F1 y F5	46 (3°)	Adulto
	F1 y F5	46 (4° asociado)	Cráneo de adulto
	F1 y F4	43	Adulto
	F2, F3 y F6	83	Adulto
	F3	50/85	Infante
	F2	49	Infante
	F2	51	Infante
	I	129	Adulto
	H	142	Adulto
	H	143	Infante
H	149	Adulto	

Tabla 2.2. Relación de los entierros recuperados en las excavaciones de La Laguna.

Área de Excavación	Unidad de Excavación	No. de Elemento	Individuo
Las Ardillas	B6	63	Adulto
Las Palmas	F	117 y 128	2 Cráneos de adulto
	F	119	Infante
	F	133	Infante
	F1 y F5	46 (1°)	Adulto
	F1 y F5	46 (2°)	Adulto
	F1 y F5	46 (3°)	Adulto
	F1 y F5	46 (4° asociado)	Cráneo de adulto
	F1 y F4	43	Adulto
	F2, F3 y F6	83	Adulto
	F3	50/85	Infante
	F2	51	Infante
	I	129	Adulto
H	142	Adulto	

Tabla 2.3. Relación del análisis antropofísico de los esqueletos de La Laguna que se incluyen en este trabajo.

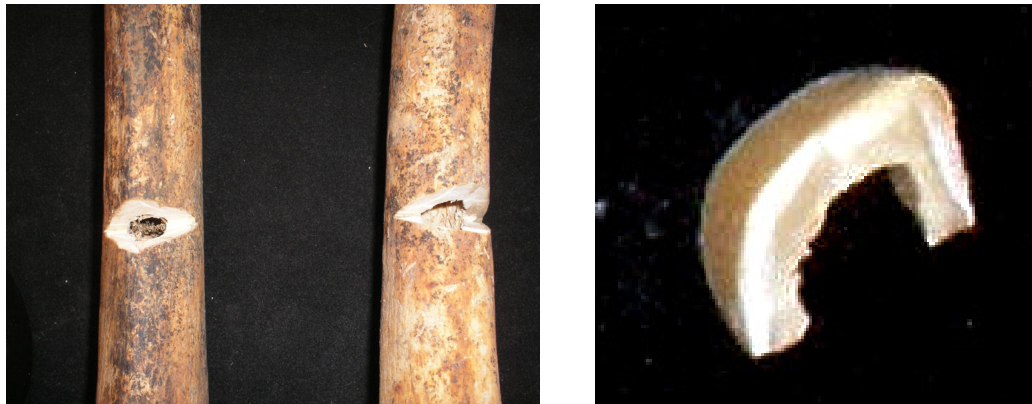
Área de Excavación	Unidad de Excavación	No. de Elemento	Individuo
Las Ardillas	B2 y B3	10	Adulto
	B6	63	Adulto
Las Palmas	F1 y F5	46 (1°)	Adulto
	F1 y F5	46 (2°)	Adulto
	F1 y F5	46 (3°)	Adulto
	F1 y F4	43	Adulto
	F2, F3 y F6	83	Adulto
	I	129	Adulto
	H	142	Adulto
	H	149	Adulto

Tabla 2.4. Relación de los esqueletos a los que se les tomó muestra para los análisis Arqueométricos.

Para la toma de muestras se realizó un corte a media diáfisis con una herramienta rotatoria de alta velocidad (Dremel) con un disco diamantado (Figuras 2.2-4). Después se colocó cada una en un recipiente de plástico con su etiqueta correspondiente (Figura 2.5). De acuerdo con el procedimiento analítico al que fueron sometidas las muestras, varió la metodología para la preparación de las mismas (Tabla 2.5).



Figura 2.2. Herramienta rotatoria de alta velocidad (Dremel) con el disco diamantado para realizar el corte.



Figuras 2.3 y 2.4. Se observa el área de la diáfisis donde se ha realizado el corte. A la derecha, la rebanada de hueso que se ha obtenido.



Figura 2.5. Se presentan los contenedores plásticos para las muestras óseas.

Unidad de Excavación y N° de Elemento	Hueso con N° de registro arqueológico	N° de muestra	Técnicas Arqueométricas aplicadas							
			DSC	TG	IR	DRX	PIXE	IOL	SEM	TEM
B2 / 10	Fémur der. (81)	22	✓	✓	✓	✓	✓	✓	×	×
B6 / 63	Fémur izq. (473)	24	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	×
	Fémur der. (506)	25	×	×	×	×	×	×	✓	×
F1 y F5 / 46 (1°)	Fémur izq. (848)	11	✓	✓	×	✓	✓	×	✓	×
	Tibia der. (584)	13	×	×	✓	×	✓	✓	×	×
	Fémur der. (805)	805	×	×	✓	×	×	×	✓	×
F1 y F5 / 46 (2°)	Fémur izq. (890)	7	×	×	×	×	×	×	✓	×
	Fémur der. (894)	8	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
F1 y F5 / 46 (3°)	Fémur izq. (924)	1	✓	✓	×	✓	✓	✓	✓	×
	Fémur der. (923)	2	×	×	✓	×	✓	×	×	×
F1 y F4 / 43	Fémur izq. (2103)	14	×	×	×	×	×	×	✓	×
	Fémur der. (2086)	15	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	×
	Húmero izq. (2087)	16	×	×	✓	×	×	×	✓	×
	Húmero der. (788+2093)	17	×	×	✓	×	×	×	✓	×
F2, F3 y F6 / 83	Fémur der. (2038)	19	✓	✓	×	✓	✓	✓	✓	✓
	Fémur izq. (2050)	20	×	×	✓	×	×	×	✓	×
I / 129	Fémur izq.	29	×	×	✓	✓	✓	✓	✓	✓
H / 142	Fémur izq.	31	×	×	✓	✓	✓	✓	✓	×
H / 149	Tibia der.	32	×	×	✓	✓	✓	✓	✓	×

Tabla 2.5. Relación de las muestras óseas para los experimentos analíticos.



---

## 2.3 Las técnicas

### 2.3.1 Osteología Antropológica

Un punto fundamental para poder obtener resultados satisfactorios en la investigación osteológica es el tratamiento del material en campo. En este caso el trabajo arqueológico permitió la reconstrucción de los espacios funerarios así como la identificación de ciertas posiciones espaciales de los esqueletos. La proporción de dibujos de planta y archivo fotográfico de la excavación facilitó la tarea de entender las condiciones que propiciaron un determinado estado de conservación en el material óseo.

El registro del material óseo en campo consistió en asignarle un número secuencial a cada elemento óseo con su respectivo registro en el dibujo de planta. Después se embolsó cada hueso en papel de estraza con el número de registro escrito en él. Se metieron en bolsas de plástico individuales rotuladas y se colocaron en cajas de cartón para su transportación al lugar designado para hacer el trabajo de laboratorio.

La limpieza del material se llevó a cabo con detenimiento y meticulosidad. Se comenzó con un procedimiento mecánico en seco con cepillo dental y aguja de disección para eliminar los depósitos terrosos. Para librar la superficie de cada hueso de los restos de tierra se utilizó un paño húmedo cuando la adhesión no fue muy fuerte y en casos contrarios se utilizó el cepillado con agua. Se evitó por completo la exposición del material óseo al chorro de agua o al sumergimiento en ésta.

Las concreciones calcáreas, se removieron en la medida de lo posible con el uso meticuloso de agujas de disección procurando no lesionar el hueso. Se procuró que la limpieza fuera exhaustiva pero no excesiva, ni abrasiva, pues se deterioraría la superficie del hueso. En el caso de las piezas dentarias se tuvo especial cuidado ya que los restos de placa dentaria pueden confundirse con concreciones.

Es importante observar el estado de conservación del hueso, en ocasiones la apariencia puede ser muy buena pero al interior podría estar frágil. En otros casos se presenta una dureza externa pero la textura interior es semejante al yeso, debido generalmente, a una pérdida de las sales minerales y al deterioro del tejido colagénico de sostén. El descuido en este aspecto podría causar una mayor degradación hasta llegar a la pulverización.

---

La restauración de los huesos es una operación necesaria para facilitar su estudio. Se requiere que las superficies de los fragmentos que se van a unir se encuentren limpias y secas. Se utilizó pegamento blanco Resistol 850 y durante el secado las partes se mantuvieron unidas con cinta adhesiva.

Cada hueso se marcó de acuerdo con los criterios establecidos en la materia (Salas 1982:22). La leyenda escrita corresponde a la letra inicial de la unidad de excavación seguida por el número de elemento y por el número de registro del hueso, ejemplo *F46 848*.

Para el registro gráfico y osteométrico se utilizaron cédulas de acuerdo con los postulados de Buikstra y Ubelaker (1994). El material óseo se fotografió con una cámara digital, las tomas fueron del esqueleto completo en posición anatómica, de los cráneos en las seis normas o posiciones de observación que se obtienen haciendo giros de 90° (Comas, 1957:382) y de algunos detalles sobresalientes como huellas de alguna patología o marcas tafonómicas o de actividad.

En el rubro de la osteometría la precisión y exactitud para determinar los puntos a medir, así como el cálculo de los índices correspondientes, es muy importante puesto que con base en ello se estima tamaño, estatura, robustez y proporcionalidad de los individuos a estudiar. Esto se lleva a cabo con la metodología que ha establecido y aceptado la Antropología Física (Lagunas 2000:42).

El instrumental utilizado se conformó por un compás de corredera (CC), un compás de espesores (CE), una tabla osteométrica (TO) y una cinta métrica (CM).

### **2.3.1.1 Análisis del material óseo**

Dentro del campo de acción de la Antropología Física se han desarrollado técnicas científicas para la identificación, ya sea de restos óseos o de cadáveres con distinto estado de conservación. En este sentido uno de los rubros con más relevancia es la estimación de la edad al momento de la muerte, debido a que representa un rasgo fundamental sobre el perfil biológico del individuo analizado y sobre las condiciones de su entorno, es decir las causas probables que le llevaron a concluir el curso de la vida.

Los métodos que se han empleado para ello se basan en la comparación de distintos indicadores del esqueleto, no obstante dependen en gran medida del criterio y de la evaluación morfológica. Aunado a lo anterior diversos factores internos y externos como la filiación ancestral, la estructura social de la población, diferentes velocidades del desarrollo (ontogénesis), influencias genéticas,

enfermedades, estrés ocupacional, actividades físicas, medio ambiente, recursos o la alimentación influyen en el organismo, lo que conlleva a tener un cierto margen de error causado por la variabilidad biológica (Acsadi y Nemeskéri 1970; Bass 1986; Brothwell 1987; Cox 2000; Isçan 1989; Mays 1998; White 2000). Además, es importante destacar que las probabilidades de exactitud para estimar la edad en restos esqueléticos son mucho más altas cuando se trata de individuos que no han alcanzado la madurez o de adultos jóvenes y lo contrario sucede en individuos de edades mayores, en los cuales la incertidumbre en este aspecto aumenta.

Por lo tanto, la edad estimada corresponde a la edad biológica del individuo y no a la cronológica real. Los cambios físicos en los individuos infantiles se producen con mayor velocidad y el cálculo de edad en estos es más preciso. Por debajo de los 3 años, la edad puede darse con un error de 3-4 meses, en los niños de hasta 12 años el error se incrementa hasta 6-18 meses. En el caso de individuos juveniles el margen se sitúa entre 1-3 años, pero en los adultos el valor aumenta mucho, de 5-10 años y en ocasiones puede llegar a ser de más de 10 años cuando los esqueletos presentan una preservación deficiente (Safont 2003: 37-38).

Todos los métodos encuentran su referente en los estándares establecidos en población moderna y se basan en los cambios que se producen en el hueso o en los dientes con el paso del tiempo: unión de las epífisis, erupción y desgaste dental, transformaciones de diversas articulaciones por calcificación del cartílago, sinostosis de suturas, destrucción ósea, entre otras.

En este trabajo se utilizó la clasificación de edad propuesta por Hooton (1947:742), como se presenta en la Tabla 2.6.

Categoría	Edad en años
1ª Infancia	0-3
2ª Infancia	4-6
3ª Infancia	7-12
Adolescente	13-17
Subadulto	18-20
Adulto joven	21-35
Adulto medio	36-55
Adulto avanzado	56-75
Adulto senil	> 70

**Tabla 2.6. Categorías de edad para los restos esqueléticos (Hooton 1947:742)**

---

Para los individuos infantiles se utilizó el esquema de desarrollo y brote dental de Ubelaker (1978:63) y las longitudes diafisarias de los huesos largos del mismo autor (1989). Para los juveniles se utilizó el cierre epifisial (Brothwell 1994) y el desarrollo dental (Ubelaker 1978). En el caso de los adultos los métodos aplicados fueron: morfología de la sínfisis púbica (Brooks y Suchey 1990) y de la superficie auricular de los iliacos (Lovejoy *et a.* 1985): la obliteración de las suturas craneales (Meindl y Lovejoy 1985) y el desgaste o atrición dentaria (Brothwell 1987). El empleo de estos métodos dependió de las condiciones particulares que presentó cada esqueleto.

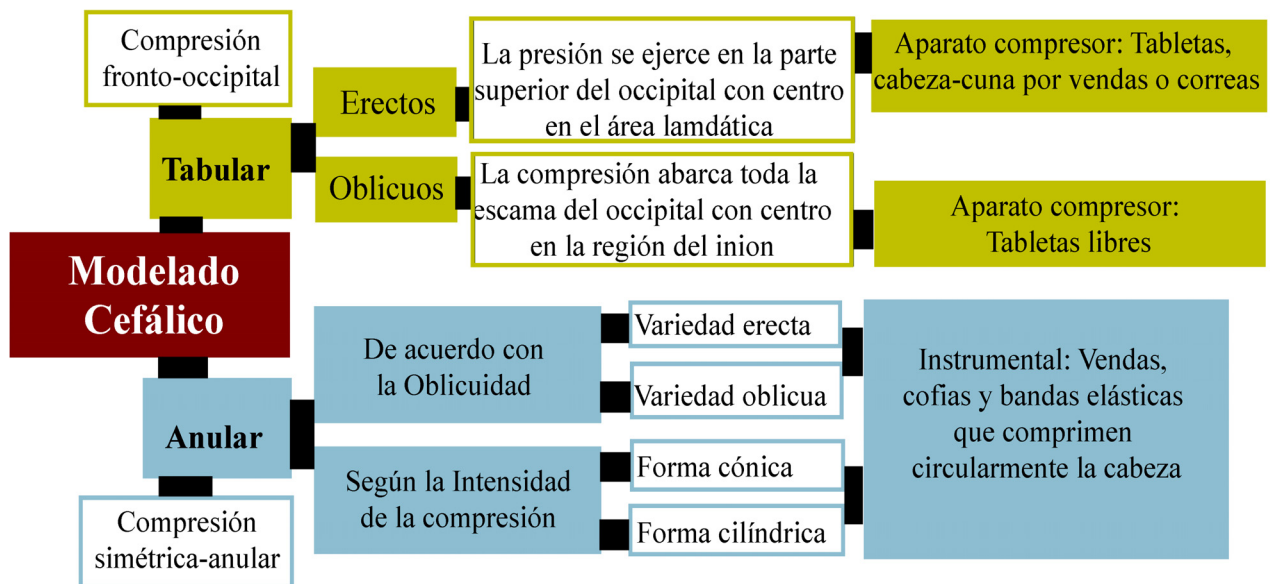
En cuanto a la determinación del sexo en general, en los hombres los huesos son más robustos, con inserciones musculares fuertes y marcadas rugosidades, mientras que en las mujeres la superficie del hueso suele ser más lisa y grácil. En esqueletos adultos incompletos es posible llegar a una presunta identificación del sexo, puesto que las diferencias morfológicas que permiten realizar el diagnóstico se pueden observar en gran parte de los huesos. Sin embargo, el conjunto óseo más útil y confiable es la pelvis. En el sexo femenino tiene una función muy específica durante el embarazo y el parto por lo que resulta un coxal más ancho, un ilion muy extendido y un ángulo subpúbico muy obtuso, todo ello para permitir un canal del parto más ancho, con el consiguiente desplazamiento posterior del isquion. Por otro lado, también con el cráneo y la mandíbula se puede hacer un diagnóstico bastante confiable. En los individuos masculinos se presentan inserciones musculares más fuertes y un desarrollo importante de determinadas formaciones óseas como el proceso mastoidal y los arcos supraciliares.

En el resto del esqueleto los individuos masculinos presentan en el fémur una línea áspera fuerte, en el húmero la cresta deltoidea es muy pronunciada, las cabezas humeral y femoral son de grandes dimensiones. Es importante mencionar que los caracteres morfológicos pueden variar de un individuo a otro. En algunos casos las mujeres pueden tener caracteres masculinos muy acentuados o se pueden hallar poco desarrollados en los hombres, con la consiguiente imprecisión en el diagnóstico sexual. Cuando se denomina a un individuo como alofiso quiere decir que aunque se disponga de todos los elementos básicos para efectuar el diagnóstico sexual, este resulta dudoso, porque algunos caracteres morfológicos apuntan hacia el sexo femenino y otros al masculino, o sea, que el dimorfismo sexual no es claro. En cambio, cuando el diagnóstico resulta de sexo indeterminable, se debe a que no se dispone de los elementos suficientes para realizar la valoración.

Los rasgos epigenéticos o no métricos son expresiones morfológicas que se expresan de muchas maneras, por lo general se presentan como huecos en las suturas craneales, *forámenes* extras, espuelas óseas y puentes, además de osificaciones fallidas dejando varios defectos (Buisktra y Ubelaker 1994; Berry 1975). Estos sólo se registran como ausentes o presentes.

La llamada *osteología cultural* se entiende como el estudio de las modificaciones causadas de manera intencional por la acción humana al cuerpo y a los dientes, como la mutilación dentaria, la trepanación, la lesión suprainiana y la deformación craneana (Lagunas 1996:79). De esta última se sabe que fue una costumbre muy arraigada en los pueblos prehispánicos mesoamericanos (Yépez, 2001), el material óseo analizado en este trabajo no fue la excepción.

La clasificación del modelado cefálico se presenta en la Figura 2.6. El análisis se realizó mediante la observación morfológica y se siguió la tabla taxonómica de las deformaciones intencionales del cráneo propuesta por Dembo e Imbelloni (1938).



**Figura 2.6. Clasificación del modelado cefálico.**

Para las lesiones patológicas que se registran en los restos óseos se intenta valorar las diversas circunstancias que influyeron en el estado de salud de los individuos que conforman la muestra objeto de estudio, así como las enfermedades que afectaron sus condiciones sanitarias, la esperanza de vida, entre otras. La base fundamental de la paleopatología es el diagnóstico, el cual se apoya casi por completo en la anatomía patológica. La investigación se inicia por la fase final de la enfermedad, o sea, las lesiones anatomopatológicas terminales, a las que en general se habrán añadido otras alteraciones póstumas. Aunque la certeza diagnóstica sea difícil de conseguir, se puede lograr una aproximación de la entidad nosológica a la que pertenece y en ocasiones también es posible la determinación de su etiología. Lamentablemente, algunas veces sólo se podrá afirmar que se tiene una lesión ósea patológica, sin poder decir más acerca de esta última. Para la obtención del paleodiagnóstico se siguió el protocolo propuesto por Campillo (2001:79) y para la paleodontología

---

se tomó el de Chimenos (2003).

En lo que se refiere a las modificaciones óseas y dentales producidas por los patrones habituales de actividad se han desarrollado diferentes métodos para cuantificar la relación entre el estrés mecánico y los cambios en la arquitectura ósea. La hipótesis es que una musculatura mayor corresponde a un hueso de gran volumen y por lo tanto a extensas áreas de inserción (Kennedy 1989). La metodología para este tipo de estudios consiste en la identificación en el esqueleto de las *entesopatías* que son modificaciones óseas presentes en los sitios de inserción de los músculos o ligamentos, causadas por la hiperactividad de los principales músculos responsables del movimiento y se distinguen de manera clara de aquellas lesiones cuyo origen es metabólico o infeccioso (Dutour 1986; Kennedy 1989). Pueden tener forma de crestas, pozos, rugosidades o exostosis. Estas lesiones son indicadores de la probable actividad desarrollada en vida por los sujetos en estudio. En este estudio se utilizó como base el trabajo de Capasso *et al.* (1999) para identificar las marcas de actividad.

### **2.3.1.2 Análisis del entierro**

A partir del acomodo del cadáver/esqueleto, la presencia o ausencia de una osamenta y de los objetos que se asocian a ella, se puede alcanzar a vislumbrar la intención de la sociedad viva que en su momento fue la responsable del depósito y del tratamiento mortuorio de manera expresa. De esta manera las acciones y obligaciones que se tienen con el difunto obedecen a un conjunto de identidades que indican la conformación de su *persona social* (Binford 1971:17). Es por eso que el ritual de ‘deshacerse’ del cadáver, en combinación con la conducta de una serie de personas articuladas a través de este, constituye un acto social y político por medio del cual los grupos humanos expresan sus relaciones con los ancestros, el territorio y los vivos.

En este sentido se encuentra una correspondencia directa entre la cantidad de energía utilizada en los ritos mortuorios con la posición social que tuvo el individuo. De igual forma el grado de complejidad en el tratamiento, la calidad y duración del mismo se va a traducir en la localización y construcción de sus contingentes. Además, el derecho a ocupar lugares específicos, así como el acomodo y la disposición de los sujetos dentro de estos representa su posición dentro del sistema social al que perteneció. Por otro lado la valoración de los artefactos va responder de la misma manera. Sin embargo, en ocasiones puede ser más importante la ubicación del entierro en un espacio con distinción social que la cantidad de ofrendas u objetos asociados al mismo (Brown 1981).

Por lo general todas las sociedades emplean uno o varios procedimientos regulares en el tratamiento de la muerte. Cuando muere un integrante de un grupo será la población viva quien decida, defina y vede el tipo de tratamiento mortuorio en tiempo y en espacio (O'Shea 1984).

En esta investigación para lograr una interpretación integral del sistema funerario acaecido en el sitio en cuestión se tomaron en consideración todos los aspectos que contextualizan cada entierro. En cuanto a la clasificación de las formas de enterramiento se siguió el método de Romano (1974:109-110) (Figura 2.7).

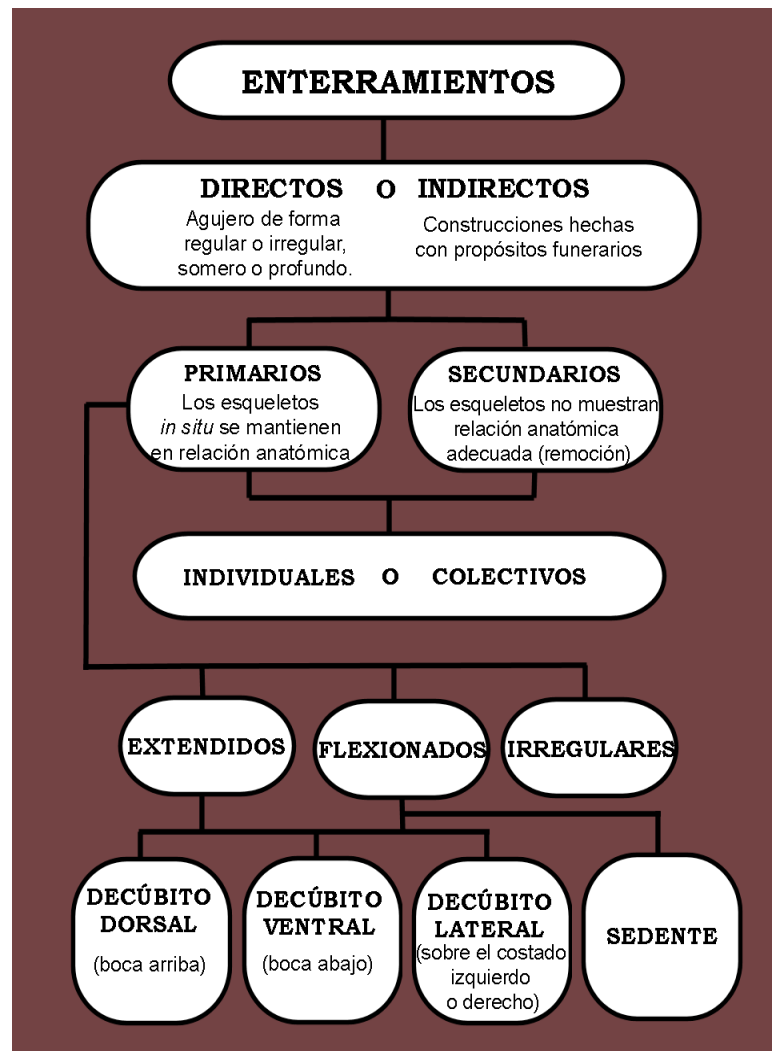


Figura 2.7. Clasificación de las formas de enterramiento. Tomado y modificado de Romano (1974).

## 2.3.2 Arqueometría

### 2.3.2.1 Calorimetría Diferencial de Barrido (DSC) y Termogravimetría (TG)

Con estas técnicas se analizan los cambios que sufren las propiedades del material óseo como consecuencia de aplicar un programa controlado de temperatura. Con TG se pueden ver las modificaciones en el peso y con DSC el flujo de calor desde o hacia la muestra. En este sentido la fase orgánica del hueso es susceptible a ser estudiada con respecto a sus propiedades térmicas, las que resultan de su degradación y combustión total. Esto ofrece la posibilidad de conocer la relación que guarda con la hidroxiapatita, debido a que la estabilidad térmica de una proteína tiene una estrecha relación con sus características estructurales, como son las interacciones químicas que estabilizan a la molécula así como el ambiente que la rodea.

En esta exploración también está abierta la posibilidad de realizar un fechamiento relativo que permita determinar la antigüedad de las muestras a través del colágeno residual obtenido. Los valores de entalpía ( $\Delta H$ ) de combustión del colágeno variarán de acuerdo a la antigüedad de la muestra. Se han analizado muestras óseas de distintas temporalidades arqueológicas (Lozano 2002; Couoh y Hernández 2008) bajo la premisa de que una mayor pérdida de colágeno indica una mayor antigüedad. Lozano (2002) propuso una curva de decaimiento exponencial con los valores de entalpía obtenidos de éstas, así como sus respectivas antigüedades. En general, la tendencia es como se espera pero aún falta explorar y tener más parámetros de control.

El análisis por TG y DSC es simultáneo, por lo tanto la preparación de la muestra es igual. Se utilizó un equipo Netzsch STA 449 C Jupiter del CCADET de la UNAM. Cada muestra ósea se pulverizó en un mortero de ágata y una medida aproximada de 20mg ( $\pm 1$ ) se colocó en el analizador térmico sobre un crisol de Platino-Rodio (Pt Rh), mientras que en el otro crisol se colocó la referencia (Alúmina). Se utilizó una atmósfera de aire dinámico y una velocidad de calentamiento de 10° C /min. desde temperatura ambiente hasta 1050° C.

Para determinar la entalpía ( $\Delta H$ ) de las muestras se empleó la ecuación nueve (Couoh y Hernández 2008:198):

$$\Delta H' = \frac{\Delta H}{m} = 60 \frac{a}{mv} E$$

Donde  $\Delta H'$  es el valor entalpía por unidad de masa de la muestra. Las unidades de ésta son:



$$\frac{[mW \cdot ^\circ C]}{[mg] \cdot [^\circ C \cdot \text{min}]} = \frac{J}{g}$$

En la citada ecuación se utilizan los datos obtenidos del área directamente a partir de la integración de la curva, hecha mediante el programa de cómputo Origin 6.0, junto con la masa y la velocidad del calentamiento empleados en el experimento (*Idem.*).

### 2.3.2.2 Difracción de Rayos X (DRX)

Debido a que el tejido óseo posee una fracción mineral en su composición con DRX se puede obtener información de la estructura cristalina. El principio de la técnica consiste en hacer pasar un haz de rayos X a través de un cristal. El haz se dispersa por los electrones de los átomos en varias direcciones y debido a la simetría traslacional de la agrupación de átomos da lugar a un patrón de difracción (difractograma) intensidades que puede interpretarse gracias a la ley de Bragg.

En este trabajo se utilizó el método del polvo cristalino y su mayor aplicación es la identificación de los minerales cristalinos presentes. Como cada componente mineral tiene un difractograma de polvo característico, es posible determinar las proporciones relativas de dos o más minerales presentes en la misma muestra. La orientación al azar existente entre los numerosos cristalitos que componen la muestra hace que en los diagramas de difracción quede reflejada, tanto cualitativa como cuantitativamente, la identificación de las fases cristalinas (Peña 2002).

Las mediciones para realizar el análisis cualitativo y semicuantitativo de los restos óseos se llevaron a cabo con un difractómetro de rayos X con geometría Bragg-Brentano (Bruker D8 Advance) en el Instituto de Física de la UNAM.

Las muestras se molieron mecánicamente con un mortero de ágata para obtener un polvo fino de material policristalino y se colocaron en un portamuestra. Los difractogramas se registraron en el intervalo angular  $2\theta$  desde  $3^\circ$  hasta  $110^\circ$  en un modo de barrido por etapas con un tamaño de paso de  $.05^\circ$ . Se utilizó una radiación monocromática de  $\text{CuK}\alpha$  ( $\lambda = 1.5416 \text{ \AA}$ ). El voltaje del tubo de rayos X fue de  $40\text{Kv}$  y la corriente de  $30\text{mA}$ . Para el análisis cualitativo de fases se utilizó el archivo de datos ICDD (International Centre of Diffraction Data). El patrón de referencia que corresponde a la hidroxiapatita se encuentra registrada en la tarjeta 9-432 del archivo de datos de difracción de rayos X. Para la calcita la tarjeta es la 5-586.

### 2.3.2.3 Espectroscopía infrarroja (IR)

Esta técnica permite analizar las estructuras de las moléculas y arreglos atómicos a partir de las señales asociadas a los modos vibracionales de los grupos funcionales presentes en cada una de las fases constituyentes de la muestra ósea, tanto en la fase mineral como en la orgánica.

La región del infrarrojo se subdivide en tres regiones: *próximo o cercano* ( $13333 - 4000\text{cm}^{-1}$ ), *medio* ( $4000 - 400\text{ cm}^{-1}$ ) -donde aparecen las bandas de absorción debidas a las vibraciones fundamentales de las moléculas- y *lejano* ( $400 - 10\text{cm}^{-1}$ ).

La espectroscopía infrarroja se ha empleado para analizar la estructura de proteínas. Los estudios realizados se enfocan principalmente al análisis del enlace peptídico, por lo que la región de la Amida I (entre  $1600$  y  $1700\text{ cm}^{-1}$ ) es la más empleada. La absorción de luz infrarroja por este tipo de enlace, en esta región, surge primero por las vibraciones de estiramiento del  $\text{C} = \text{O}$  y en segundo por contribuciones menores del estiramiento de  $\text{C} - \text{N}$  y de deformación del  $\text{C} - \text{C} - \text{N}$ . La región de la Amida II ( $1500\text{-}1600\text{cm}^{-1}$ ) se utiliza de forma ocasional para los análisis conformacionales y está representada principalmente por señales del doblamiento del  $\text{N} - \text{H}$  y en menor proporción por el estiramiento de  $\text{C} - \text{N}$ . Las bandas de Amida de mayor y menor frecuencia (Amida A, Amida B y Amida III-VII) son de menor intensidad o están menos caracterizadas por lo que no se usan frecuentemente.

Estos experimentos se llevaron a cabo en dos laboratorios, en el del CCADET de la UNAM se usó un equipo Nicolet Nexus 670 FT-IR y en el Centro de Física Aplicada y Tecnología Avanzada de la UNAM en Querétaro se empleó un Espectrómetro Bruker modelo Vector 33. Las muestras se pulverizaron en un mortero de ágata y se mezclaron con KBr en una proporción de 1:50 para poder obtener el espectro. Con el polvo fino resultante se preparó una pastilla homogénea de 6mm de diámetro, transparente y delgada, de esta manera el haz infrarrojo puede atravesar la muestra. Los espectros de transmitancia fueron registrados dentro del intervalo de  $400$  hasta  $4000\text{ cm}^{-1}$  en el número de onda.

### 2.3.2.4 Emisión de Rayos X Inducida por Partículas (PIXE) e Ionoluminiscencia (IOL)

PIXE e IOL son técnicas basadas en haces de iones. Con la primera se determinan los elementos traza presentes en el hueso, que pueden ser indicadores de alteraciones *postmortem* o de paleodieta. De

---

manera concomitante el uso de IOL sirve para identificar de manera más sensible algunos elementos contaminantes que se encuentran en la matriz mineral del hueso (Ruvalcaba 2002:129-140).

En ambos casos el haz proviene de un acelerador de partículas, y según sea el experimento se seleccionan protones, electrones, partículas alfa, iones, etc. PIXE e IOL son dos técnicas de análisis multielemental no destructivas, complementarias, sensibles y rápidas para el análisis de materiales con fases cristalinas como el hueso.

### *PIXE*

Un átomo puede considerarse como un núcleo con carga positiva y electrones que se encuentran distribuidos en capas alrededor del núcleo. Cuando el haz de partículas incide y penetra en un material se llevan a cabo diversos efectos o fenómenos con sus átomos. Uno de estos es la expulsión de los electrones de las capas internas del átomo, dejándolo ionizado y excitado. Para regresar al estado estable de éste los electrones de capas más externas tienden a ocupar el lugar de los expulsados, emitiéndose como consecuencia un conjunto de rayos X característicos del átomo en cuestión. Este fenómeno es la base de la técnica PIXE; a partir del conjunto de rayos X característicos producidos y sus intensidades es posible llevar a cabo un análisis cualitativo y cuantitativo del material irradiado.

En el análisis de materiales ricos en Ca, los rayos X de este elemento saturan con frecuencia el detector de elementos ligeros dando como consecuencia una señal intensa en el espectro, por lo que no es posible observar los elementos más ligeros y más pesados presentes en las muestras. Esto es particularmente importante para nuestro estudio porque la cantidad de minerales incorporados a la matriz ósea indica el grado de deterioro del material. Debido a esto es necesario el desarrollo de un absorbedor selectivo de rayos X de Ca (Plata-Argón) para disminuir su señal, aumentar el límite de detección y la sensibilidad para poder observar los otros elementos presentes en la muestra (figura 6) (Ruvalcaba 2005, 34:366-371).

Para la caracterización de los elementos exógenos contaminantes en la matriz ósea y para la identificación de los elementos traza (análisis de paleodieta), se siguieron dos procedimientos. Para el primero se realizaron pequeños cortes transversales de hueso de cada una de las muestras, con el objetivo de irradiar con el haz la zona central (entre el periostio y el endostio). En el segundo se replicó el método de limpieza química, propuesto por Rodríguez (2004), como se enumera a continuación:

- 1) Se corta un fragmento pequeño de hueso compacto.
- 2) Con agua y cepillo se eliminan restos de tierra adheridos.
- 3) Se procede a un lavado con agua destilada.
- 4) Durante 24 horas se deja secar.
- 5) En el caso de existir tejido esponjoso en el canal medular se raspa la superficie exterior e interior hasta una profundidad de 1 a 3mm para eliminarlo.
- 6) En un mortero de ágata se tritura el hueso.
- 7) Con el fin de eliminar los carbonatos contaminantes, el polvo obtenido se coloca en un vaso de precipitados para ser tratado con HAc 1N tres veces consecutivas a intervalos de 15 minutos.
- 8) Se agrega una cantidad final de HAc 1N, y cada muestra permanece embebida en ella hasta el día siguiente.
- 9) Una vez decantado el polvo se lava con agua destilada dos veces para eliminar los excesos del ácido.
- 10) Las muestras se secan en estufa a 110°C.
- 11) El polvo resultante se incinera a 725°C durante seis horas. Se utiliza una mufla eléctrica.
- 12) La ceniza obtenida de cada muestra se prensó de manera individual con 4 ton/m<sup>2</sup> para obtener pastillas de 1cm de diámetro (Figura 2.8).



**Figura 2.8.** En la parte superior se observan los fragmentos de hueso con las superficies (periostio, endostio y centro) listas para ser irradiadas. En la parte inferior se presentan las pastillas que se hicieron con el polvo resultante de la limpieza química de las muestras óseas.

Las pastillas fueron analizadas bajo el método de haz externo en el acelerador Peletrón del Instituto de Física de la UNAM. Se utilizó un haz de protones de 3 MeV de energía para PIXE a la atmósfera. Se utilizó un colimador de 1mm de diámetro dispuesto entre el detector y la muestra. Los rayos X emitidos fueron captados en un detector de Si Amptek de 168 eV de resolución para la línea  $K_{\alpha}$  de manganeso. Los espectros PIXE se analizaron mediante los programas AXIL y PIXEINT para obtener

las concentraciones elementales.

Las referencias que se utilizaron fueron de ceniza de hueso (SRM 1400) y de sedimento. Como el objetivo de este experimento es la identificación de elementos traza para estudios de paleodieta, dos muestras de venado y una de canino tuvieron el mismo tratamiento. Desafortunadamente no se pudo conseguir una muestra de hueso de carnívoro para con ello completar la cadena trófica.

### *IOL*

Es una técnica no destructiva altamente sensible para identificar elementos incorporados a la matriz ósea a partir del espectro luminoso inducido por la irradiación con iones. La excitación de los electrones se da en las capas externas debido a la irradiación con protones y la emisión es provocada por la recombinación radioactiva en el espectro de luz del Infrarrojo-Visible-Uv. Los factores que se deben considerar para la emisión son la temperatura del material los tipos y valencia de las impurezas ( $Mn^{2+}$ ,  $Cr^{2+}$ ,  $Cr^{3+}$ ), la concentración de los defectos y la presencia de elementos inhibidores ( $Fe^{2+}$ ).

Para la obtención de los espectros ionoluminiscentes el espectrómetro Ocean Optic UV-VIS-NIR (200-1000nm) se montó en el dispositivo experimental de haz externo del acelerador Peletron del IFUNAM (Figuras 2.9 y 2.10). La posición del lente 47 UV Ocean Optic para la captura de la emisión luminiscente se colocó a  $45^\circ C$  con respecto al ángulo del haz. Las muestras fueron colocadas en una placa de metal en posición vertical frente a la salida del haz de protones de 1.3MeV de energía (Figura 2.11). El espectrómetro se conecta a una computadora y se utiliza el programa Ocean Optic para capturar los espectros. Para la obtención óptima de la emisión luminiscente se diseñó un cuarto oscuro portátil que cubriera todo el dispositivo experimental de haz externo (Figura 2.12). Con este experimento se irradiaron las mismas muestras que se utilizaron con PIXE (Figura 2.13).

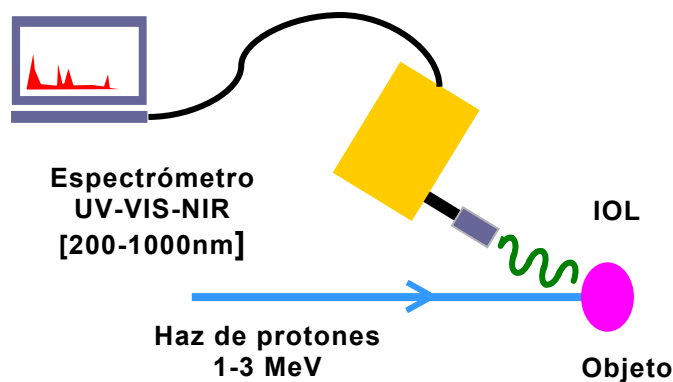
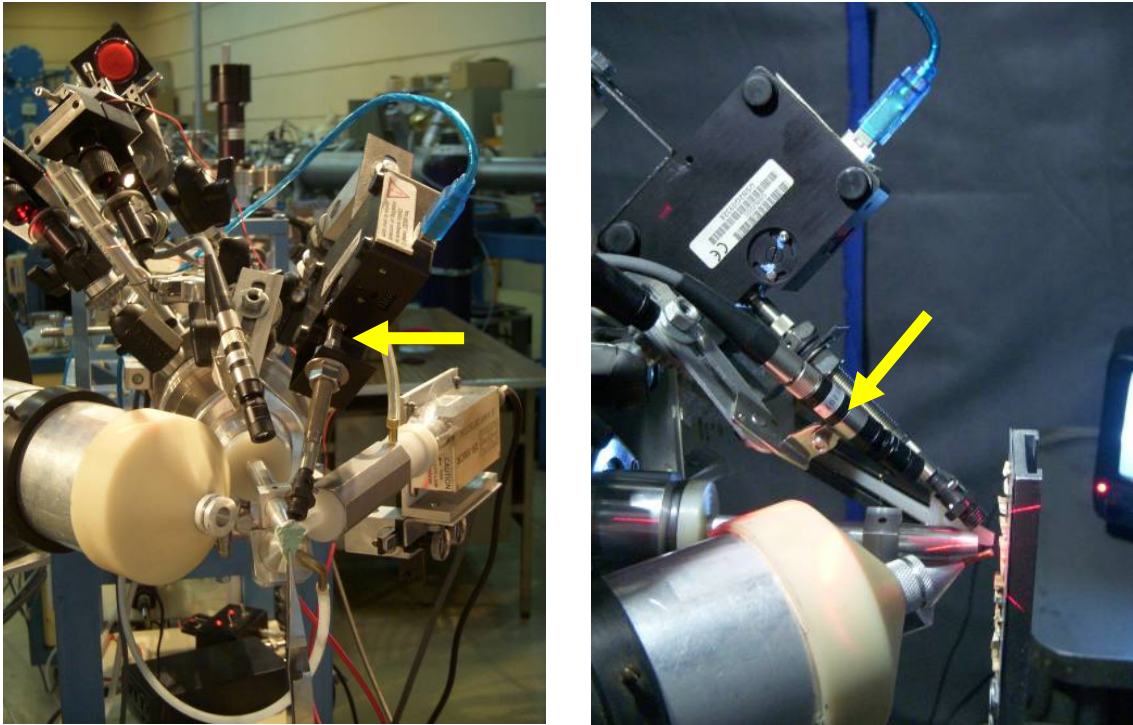
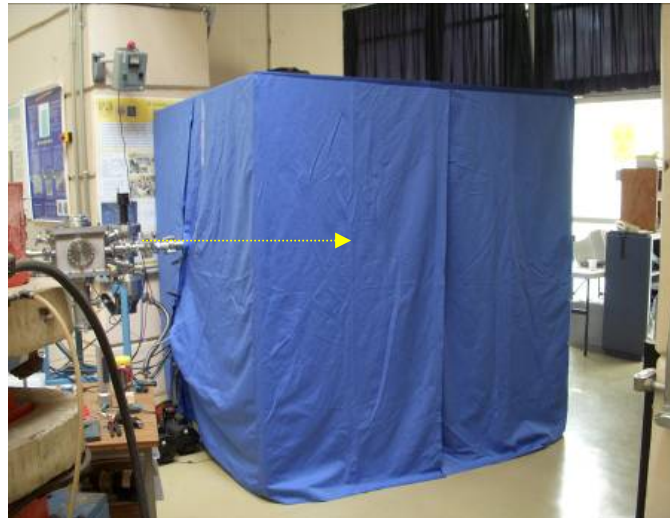


Figura 2.9. Diagrama esquemático del dispositivo experimental de IOL.



**Figuras 2.10 y 2.11. La flecha señala al espectrómetro montado en el dispositivo de haz externo (izquierda). Se observa la posición del dispositivo frente a las muestras (derecha).**



**Figura 2.12. Se observa como el cuarto oscuro diseñado cubre todo el dispositivo experimental.**



**Figura 2.13. Las flechas indican las zonas que se irradiaron en las muestras de corte transversal para obtener su espectro luminiscente. El diámetro del haz fue de 1mm.**

### **2.3.2.5 Microscopía Electrónica de Bajo Vacío (SEM)**

El microscopio electrónico de barrido de bajo vacío es un instrumento que permite la observación y caracterización de materiales inorgánicos y orgánicos por el estudio de superficies. En la modalidad de bajo vacío es posible observar tejidos de origen biológico. A partir de él se producen distintos tipos de señales que se generan desde la muestra y se utilizan para examinar muchas de sus características microestructurales en forma de imagen.

Para este procedimiento se sacó un corte fino a manera de lámina (2mm de grosor) con el Dremel con un disco flexible diamantado, que es más delgado. Cada muestra se pulió con lijas de diferentes grados (400, 1200, 1500, 2000 y 4000) alternando con agua destilada. Al finalizar se lavaron de forma individual con ultrasonido durante 3 minutos. Después se analizó con el Microscopio Electrónico de Barrido JSM 5600-LV en el modo de bajo vacío (SEM-LV).

### **2.3.2.6 Microscopía Electrónica de Transmisión (TEM)**

El objetivo del uso de este microscopio es el análisis ultraestructural de las muestras óseas. Su principio radica en la emisión de un haz de electrones que va dirigido hacia el objeto que se desea aumentar. Una parte de los electrones rebotan o son absorbidos por el objeto y otros lo atraviesan formando una imagen aumentada de la muestra. Se caracteriza por el uso de muestras ultrafinas.

Con la finalidad de aislar los cristales de hidroxapatita de la materia amorfa en muestras óseas y caracterizar su morfología, se replicó la metodología de Su y Cui (1999). Los pasos que se siguieron se presentan a continuación:

- 1) La muestra de hueso se pulveriza en un mortero de ágata con nitrógeno líquido.
- 2) Se lleva a cabo el tratamiento de reducción con hipoclorito de sodio al 2.5% con sonicación durante 15 minutos.
- 3) La muestra se lava primero tres veces con agua bidestilada y después dos veces con etanol al 95%.
- 4) Al polvo obtenido se le agrega etanol y se dispersa con un baño ultrasónico durante 15 minutos. De deja reposar un día en el congelador.
- 5) Con un tubo capilar se toma una gota de la suspensión y se coloca en una rejilla de cobre para Microscopio Electrónico de Transmisión (TEM) de 300 mesh previamente recubierta con carbón y se deja secar.

---

6) Con el Microscopio Electrónico de Transmisión JEM-2010F FASTEM se realizan las observaciones. Las ampliaciones utilizadas están en el intervalo de 10,000X- 60,000X y el voltaje de operación es de 100kV.

Las imágenes se analizan con el software Digital Micrograph. Los experimentos se llevaron a cabo en el Laboratorio Central de Microscopia del Instituto de Física de la UNAM.



---

# 3

---

## LA LAGUNA: UN SITIO ARQUEOLÓGICO DEL FORMATIVO

---

### 3.1 Ubicación y cronología

El sitio arqueológico La Laguna se localiza al NW de la ciudad de Apizaco, en los municipios actuales de Lázaro Cárdenas y Terrenate, estado de Tlaxcala. Se encuentra a 30km del pico del volcán La Malinche y forma parte de los terrenos de la ex-Hacienda La Laguna. En el Atlas Arqueológico el sitio está registrado como E14B2329097 y sus coordenadas son: 19°30'35''N y 98°00'20''W.

Como referencia La Laguna se ubica a 90 km al sureste de Teotihuacan. Se encuentra al norte del corredor natural de comunicación que se extiende entre la Cuenca de México y el Valle Oriental de Puebla. Es también conocido como “el corredor teotihuacano” por el papel crucial que jugó en el periodo Clásico en el movimiento de las poblaciones y en el intercambio comercial, ya que los materiales estilo Teotihuacan aparecen en los sitios de la región (García Cook 1997 [1981]).

El asentamiento prehispánico se ubica en el horizonte Formativo y consta de montículos, cimientos de piedra semi-enterrados y concentraciones de material cerámico. Ocupa las laderas de tres cerros adyacentes: La Gazca, Las Palmas y Las Ardillas. La altitud promedio de éstos es de 2,600 msnm (Borejsza 2006).

Por el tamaño y número de montículos que hay en la Laguna se deduce que pudo haber sido un centro importante dentro de la sub-región del Valle Puebla-Tlaxcala, pero menor que Tlalancaleca, Xochitécatl, Cuiculco y Teotihuacan, centros hasta cierto punto contemporáneos (Figura 3.1).

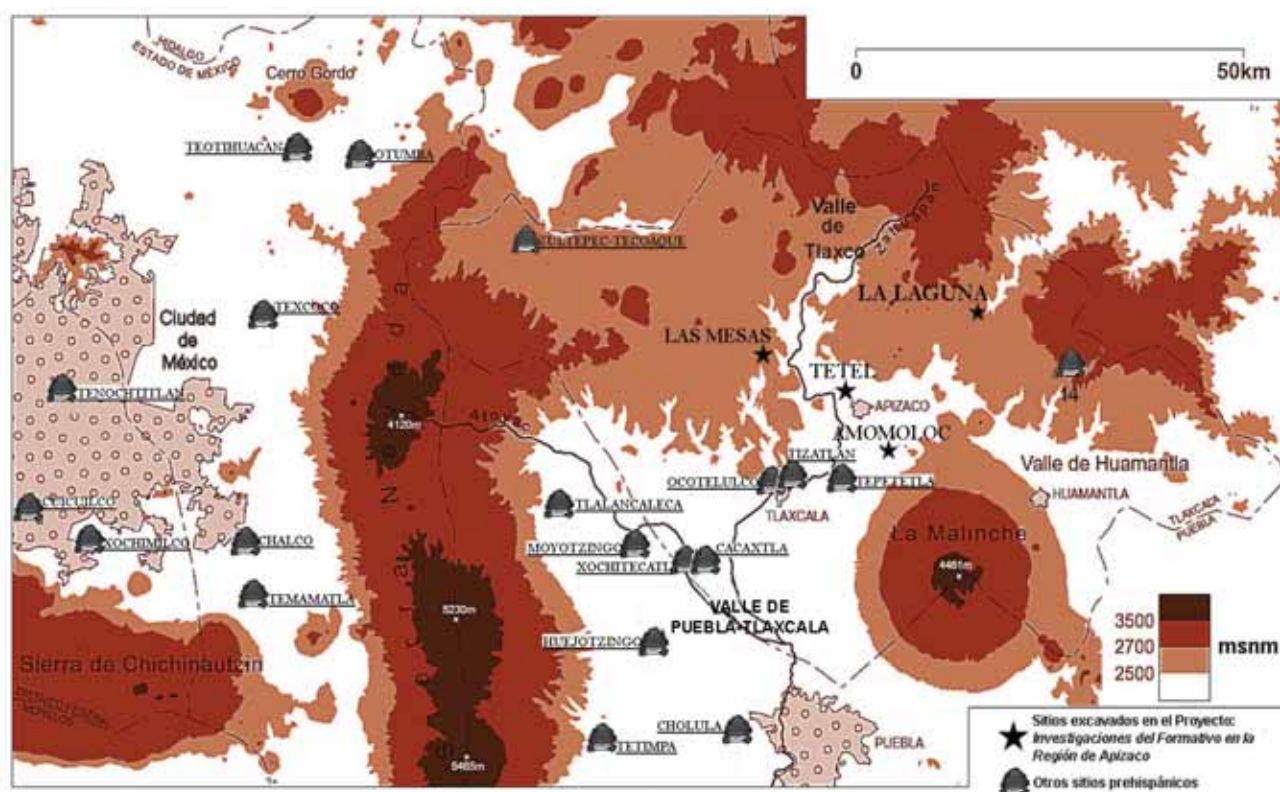


Figura 3.1. Mapa de localización de La Laguna y sitios arqueológicos de la región. Tomado y modificado de Borejsza (2006:11).

En la región de Puebla-Tlaxcala García Cook y Merino Carrión (1997 [1990]) reportan el asentamiento más temprano en 1700/1600 a.C. e identifican cuatro complejos cerámicos que se desarrollan de manera continua y a los que les asignan una fase: 1) *Tzompantepec* (1700/1600-1200 a.C.), *Tlatempa* (1200-800 a.C.), *Texoloc* (800-350 a.C.) y *Tezoquipan* (350 a.C.-100 d.C.). Sin embargo, Lesure *et al.* (2009) presentan una modificación a esta cronología con base en análisis cerámicos y de radiocarbono en dos sitios del centro de Tlaxcala: Tetel y Amomoloc. La fase *Tzompantepec* no inicia antes de 900 a.C. ya que es posterior a Manantial y se correlaciona con Tetelpán o Bomba/El Arbolillo. *Tlatempa* va de 800 a 650 a.C. y corresponde con Zacatenco (Niederberger 1976) o La Pastora/Cuautepec (Tolstoy 1978). *Texoloc*, 650 a 500 a.C., también se relaciona con Zacatenco (Niederberger 1976). *Tezoquipan*, 500 a.C.-100 d.C. guarda correspondencia con Ticoman 1 (Figura 3.2).

Lesure *et al.* (*Ibid.*) validan la identificación y la utilidad de las fases propuestas por García Cook y Merino Carrión (1997 [1990]) para entender el desarrollo cultural en Tlaxcala. La documentación de la región Puebla-Tlaxcala que realizaron estos últimos autores ofrece un panorama importante sobre el crecimiento regional, así como de la transformación de las aldeas a ciudades proto-urbanas en el Altiplano Central.

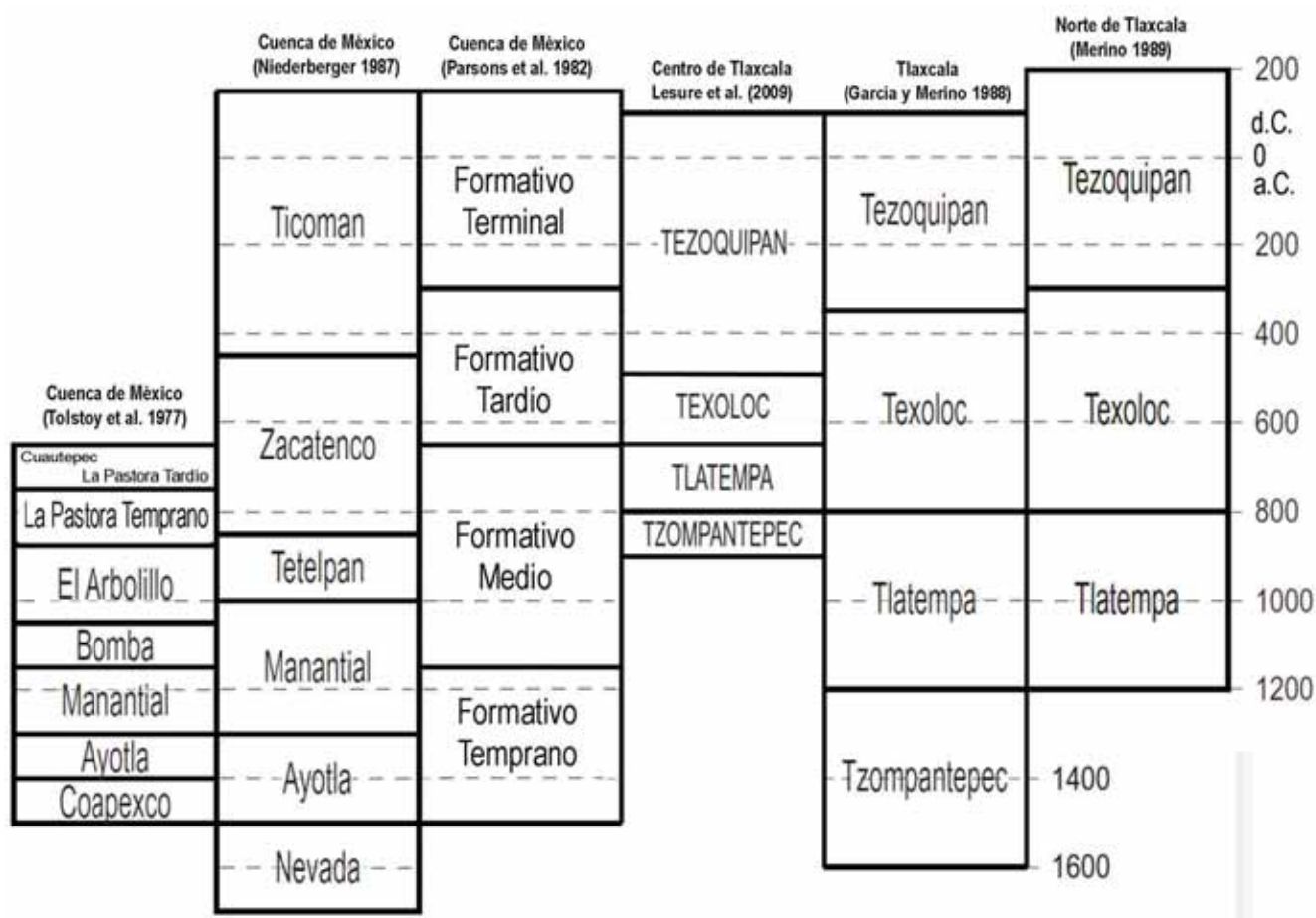


Figura 3.2. Periodización cerámica para Tlaxcala y la Cuenca de México en el Formativo. Tomado y modificado de Borejsza (2006:17).

De acuerdo con fechas obtenidas con radiocarbono en La Laguna se registran dos ocupaciones (600-400a.C. y 100a.C.-100/150d.C.) que corresponden, en su mayoría, con el complejo cerámico Tezoquipán (500 a.C. – 100 d. C.) y con la última parte de la fase Texoloc (650 – 500 a.C.) (Lesure *et al.* 2009).

### 3.2 Medio ambiente

A lo largo del sitio corre el parteaguas continental, la mitad E de Las Palmas, la mitad N de Las Ardillas y un sector de la ladera NE de La Gazca son drenadas por el afluente de la Barranca Tenexac hacia el Atlántico. Por el lado del Pacífico, al NW del sitio, el río Los Ameyales cruza una extensa llanura y una parte de ésta hasta hace algunos años se anegaba en la temporada de lluvia. Sin embargo, se ignora si el origen de esta formación de agua dulce fue natural o provocado por la desviación de la corriente del río por medio de compuertas. No obstante de aquí tomó su nombre

tanto el sitio arqueológico como la Hacienda que se designa de la misma manera (Borejsza 2006:168-9).

Las laderas W y S de Las Palmas; W, N y E de la Gazca; así como la W de Las Ardillas están cubiertas por un bosque abierto de sabino (*Juniperus deppeana*) con un estrato arbóreo y herbáceo que varía de muy escaso a denso dependiendo de la intensidad del pastoreo. Las laderas restantes de Las Palmas y de La Gazca están revestidas por pastizales con zanjas y metlepantles. De la misma naturaleza se conforma la llanura que emerge entre los dos cerros. En la zona del pastizal se encuentran magueyes en alineaciones continuas mientras que en el bosque su presencia es muy variable. La parte alta de los tres cerros está muy erosionada, hay muy poca vegetación y predominan extensiones continuas de tepetate (*Idem.*) (Figura 3.3).



Figura 3.3. La Laguna. Vista general del sitio desde el cerro La Gazca. Tomada de Borejsza (2006:173).

### 3.3 Las excavaciones

Dean Snow (1966, 1969, 1972 citado por Borejsza 2006:169) realizó el primer reporte sobre los restos arqueológicos en La Laguna y determinó su pertenencia al periodo Formativo. En la década de

---

los setentas el sitio quedó registrado dentro del Proyecto Arqueológico del Norte de Tlaxcala a cargo de los arqueólogos Ángel García Cook y Beatriz Leonor Merino Carrión (Merino 1989).

Las primeras excavaciones en el sitio comienzan en el 2003 por Aleksander Borejsza, de la Universidad de California de Los Ángeles, y por David Carballo en el 2004, bajo el proyecto “Investigaciones del Formativo en la Región de Apizaco, Tlaxcala” dirigido por Richard Lesure, UCLA. Las excavaciones se continuaron hasta el 2006. Los objetivos de las temporadas de campo fueron: el trazado del sitio, excavaciones en áreas domésticas y la investigación de terrazas agrícolas. Las excavaciones domésticas del 2005, 2006 y 2008 fueron dirigidas por David Carballo bajo el proyecto “Proyecto Arqueológico La Laguna” (PALL). Los materiales analizados en esta investigación provienen de las temporadas 2003, 2004, 2005 y 2006.

Borejsza completó dos temporadas de excavación en La Laguna. La primera fue de agosto a noviembre de 2003 en las áreas A, B y E. En la segunda siguió con la excavación del área B y comenzó a trabajar en el área F de julio a noviembre de 2004. Por otro lado David Carballo excavó las áreas D y H entre julio y agosto de 2004 y al siguiente año, en los mismos meses, expandió la excavación del área F. En 2006 abrió el área I y realizó una excavación a gran escala en el área H. Las áreas C, G y J han sido asignadas como posibles puntos para trabajo de campo, pero hasta ahora no se ha excavado ninguna (Figura 3.4).

A cada una de las áreas de investigación se le asignó una letra mayúscula. Para facilitar su ubicación, en el nombre de cada una de ellas se indica también el cerro en cuyas laderas se localiza. Así tenemos las áreas Gazca A, Ardillas B, Gazca C, Gazca D, Gazca E y Palmas F.

### **3.4 Distribución**

El sitio estuvo conformado por un centro cívico ceremonial, montículos periféricos y una ocupación dispersa sobre las cuestas y collados entre tres colinas adyacentes: la pendiente S de Las Palmas y el sector más bajo entre este último cerro y La Gazca; en la cuesta NE de La Gazca se encuentra un montículo aislado, así como también se localiza uno en la ladera E de Las Ardillas.

El centro cívico-ceremonial se localiza en el paso entre Las Palmas y La Gazca. Hay una plaza central en la que se encuentra un altar circular y lo que parece ser un patio hundido. La plaza está flanqueada por montículos, el primero está en el lado E (montículo B), es cuadrado en su contorno y se preserva la forma reminiscente de una pirámide pequeña. El otro está en el lado NW y se trata de

---

una plataforma grande con una extensa depresión a la mitad, que sugiere una forma como de juego de pelota. Los otros dos montículos (C y D) están situados a corta distancia del E y NE de la plaza.

Se documentan además dos montículos al S del sitio (estructuras E y F) y otro al W (estructura G) en la ladera del cerro La Gazca. En las estructuras A y D es muy probable que se hayan realizado actividades ceremoniales y se presume que las estructuras E y G sean templos o altares pequeños.

El resto de los montículos visibles son vestigios de domicilios. Por otro lado las agrupaciones residenciales se concentran en las áreas F e I, donde se observa arquitectura doméstica. A lo largo de todo el sitio se han encontrado formaciones troncocónicas o en forma de campana, característica común en los sitios del Formativo a lo largo de las tierras altas de Mesoamérica, que se piensa han sido usadas para almacenar maíz debajo de la tierra (ver Aufdermauer 1970, Winter 1976:27-9, Manzanilla 1985).

Por otro lado, las unidades domésticas se encuentran en las laderas de los tres cerros. Las características que se presentan en las cuevas de los tres cerros sugieren la presencia de sistemas de terracería para intensificar la agricultura de temporal y de unidades habitacionales. De los tres sistemas de cultivo que con más frecuencia se mencionan en relación con la intensificación de la agricultura prehispánica se descarta el cultivo de humedad y el riego con canales, ya que el medio ambiente de la región de Apizaco parece poco propicio para su desarrollo a gran escala (Borejsza 2006).

En algunos contextos domésticos hay presencia de materiales extranjeros, como piedra verde, concha marina y pirita. Lo que indica que para obtener estos materiales, ciertos habitantes del sitio tuvieron que estar dentro de las redes de intercambio comercial. Esto implica que tuvo que haber una producción de valor para entrar al mercado. Por los restos que se han encontrado es posible que la principal actividad girara en torno del maguey y sus derivados. Además se observan ciertas diferencias en cuanto al acceso a los recursos extranjeros, así como a objetos de más ostentación y a la cantidad de trabajo invertido en construir las viviendas. Esto es claro si se comparan las unidades domésticas excavadas en el área F y en el área H (Carballo 2006).

A continuación se describen las unidades de excavación con especial énfasis en las unidades que contuvieron entierros.



Figura 3.4. Distribución del sitio. Tomado y modificado de Borejsza (2006:171).

### 3.5 Las Ardillas

En el área de excavación Ardillas B se identificó un fragmento de apisonado cubierto por una plataforma adosada a un montículo, algunos entierros, un tramo de muro y varias concentraciones de piedra asociados con una remodelación prehispánica del terreno (Figura 3.5).

En las unidades B2, B3, B6 y B7 se identificaron diez elementos de edad formativa (Figura 3.6). Por lo menos cinco de ellos (elementos 10, 60, 63, 64 y 65) tuvieron una función mortuoria. Además se registran dos superficies de ocupación separadas por una capa de coluvión de 25cm de espesor. A pesar de que no se dispone de fechamientos por radiocarbono de estas unidades, por medio de la correlación estratigráfica con la unidad B1 se sugiere que las dos superficies corresponden a los dos asentamientos formativos de La Laguna: el primero fechado entre 600 y 350 a.C. y el segundo entre 100 a.C. y 100 d.C. La asociación de los elementos con una u otra superficie no siempre fue obvia (Borejsza *et al.* 2004).

#### 3.5.1 Área B2 y B3

En un tramo curvo de la esquina SW de la unidad de excavación B2 se localizó una hilada de piedras (elemento 14) que podrían ser parte de algún elemento circular u oval que se extendiera más allá de la unidad. Sin embargo, aún no se ha determinado su función pero se abre la posibilidad de que haya tenido algún fin funerario debido a que debajo de una de las piedras se encontraron astillas de hueso. A poca distancia del elemento 14 se encontraron los restos del entierro denominado como elemento 10 (Borejsza *et al.* 2004).

##### 3.5.1.1 Elemento 10

El entierro se encontró a poca profundidad del nivel original que tenía el terreno en el Formativo (en la actualidad las superficies formativas en esta parte del sitio se encuentran sepultadas bajo una capa de coluvión más reciente). Esto implica que al no estar en ninguna cavidad el deterioro de los huesos *in situ* fue significativo, lo que indica que la pérdida de más de la mitad de la osamenta se debió a procesos tafonómicos naturales. No obstante, gracias a la conservación de la posición de los restos de las extremidades inferiores y superior derecha se pudo inferir la posición que tuvo el individuo al momento de ser depositado. La colocación del sujeto fue flexionada en decúbito semi-lateral con el brazo derecho extendido debajo de las piernas (Figura 3.7). Estuvo en una dirección W-E. De acuerdo



con el análisis antropofísico realizado por Mauro de los Ángeles se trata de un individuo adulto del sexo femenino. Asociada a este depósito mortuario se encontró una pequeña olla globular de engobe rojo (no. 68).

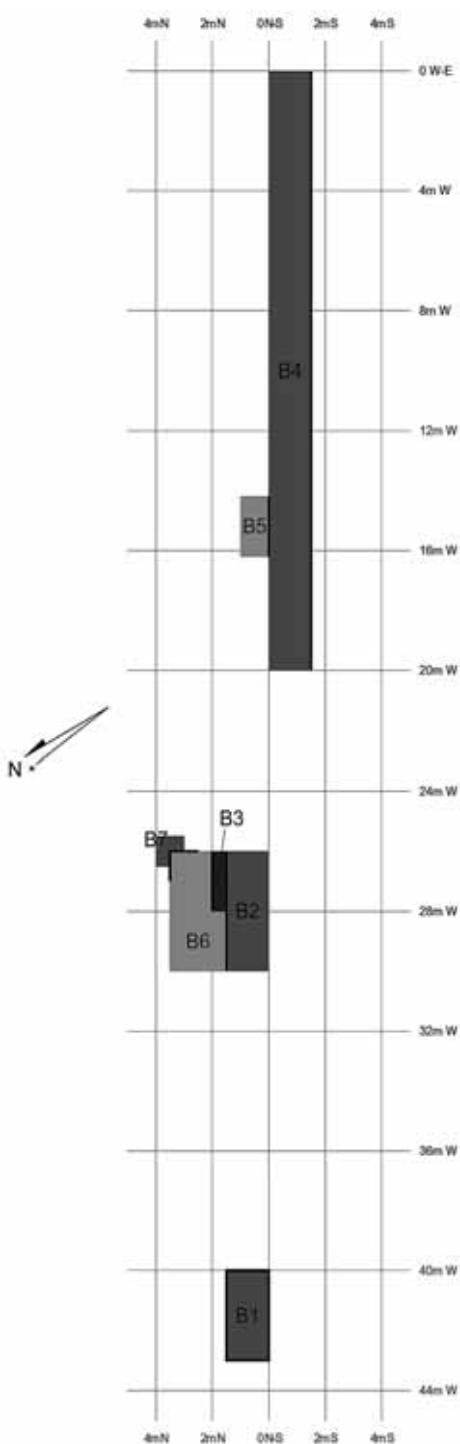


Figura 3.5. Unidades de excavación en las Ardillas. Tomado de Borejsza (2006:245).

En el área B3, adyacente a la arriba mencionada, a la misma profundidad absoluta de la osamenta y a 1.5m hacia el E de la misma, en dirección ladera arriba se encontró una construcción de piedras dispuestas en forma de L (elemento 60) con un metate grande y una laja de igual tamaño. Estos dos últimos fueron colocados de manera vertical en la tierra. Es posible esto haya tenido un propósito mortuorio similar a lo visto en Tetimpa. Además este acomodo de piedras delimitó el área donde se halló una cazuela entera (no.142) cubierta con otra de menor tamaño (no. 143) volteada boca abajo. Ambas pertenecen al tipo cerámico rojo esgrafiado, característico del Formativo Terminal. Este dato sugiere que los demás hallazgos pertenecen a la misma época. También en la esquina NW de esta unidad se localizó otro par de cazuelas (nos. 145 y 146) (Figura 3.6) (*Ibid.*). Tanto el entierro como las cazuelas se depositaron en cavidades abiertas hechas *ex profeso* y de manera inmediata se rellenaron con la misma tierra, quedando a poca profundidad de la superficie original del terreno.

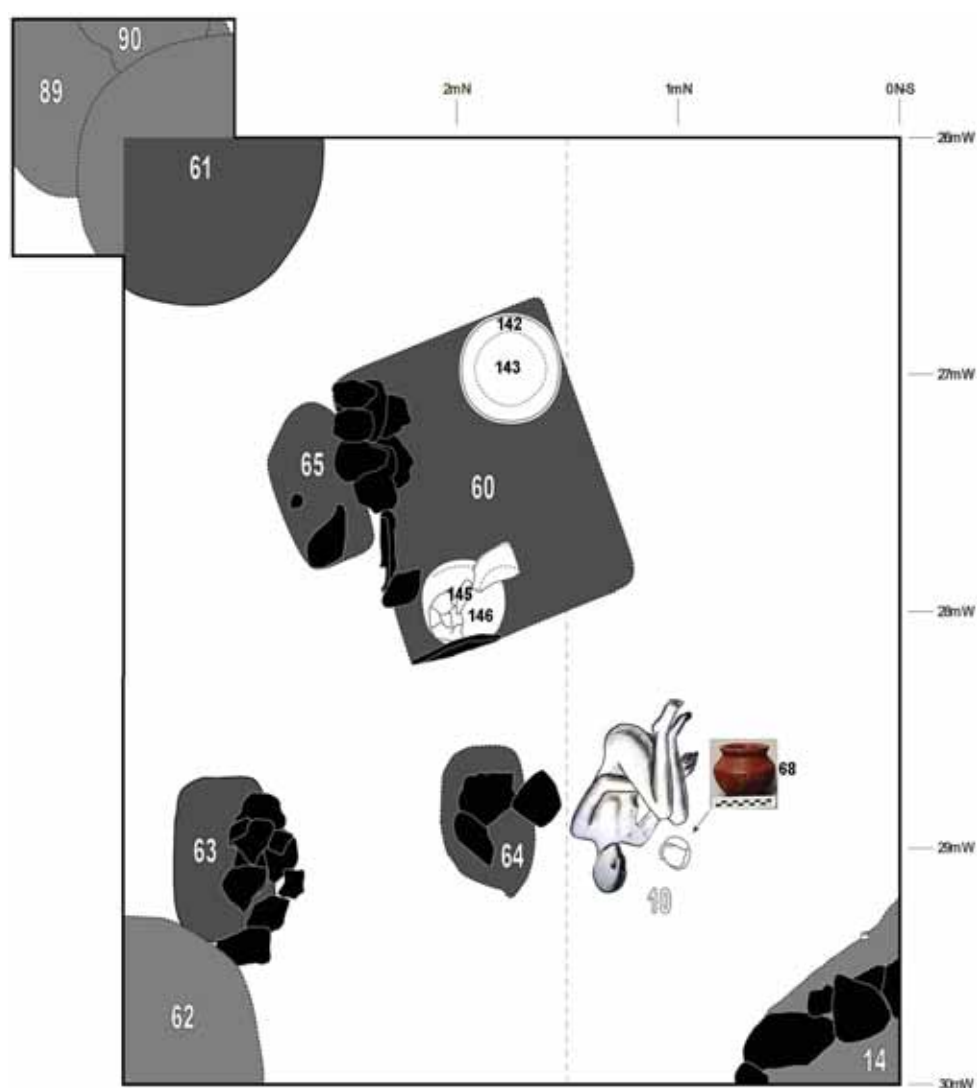


Figura 3.6. Elementos descubiertos en las áreas B2, B3, B6 y B7. Tomado y modificado de Borejsza (2006:255).

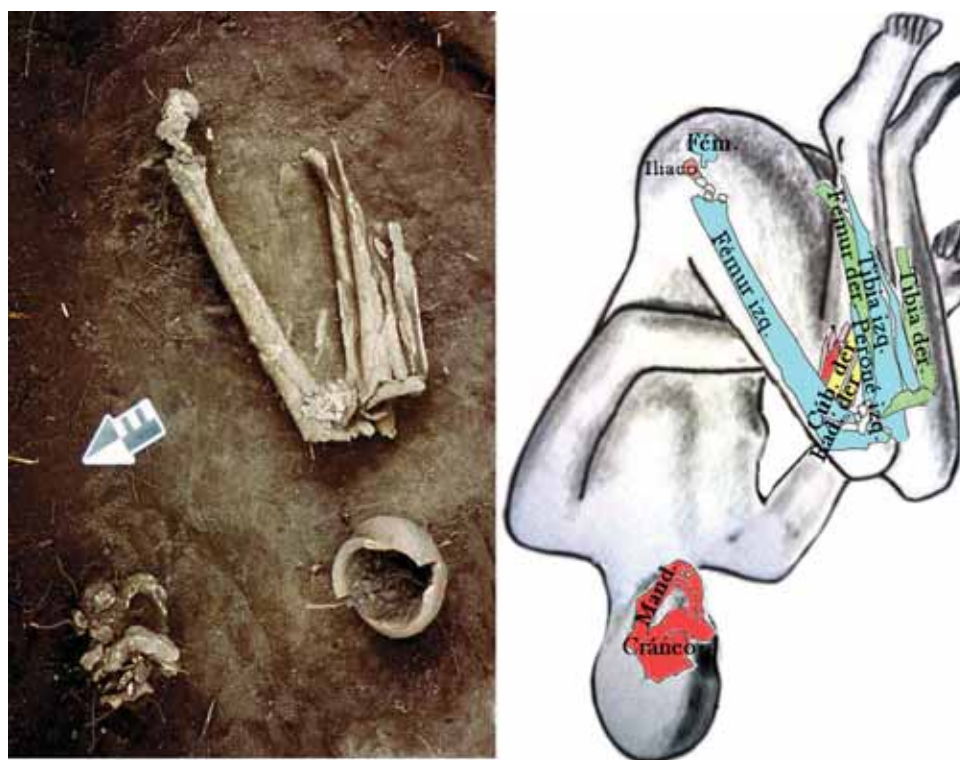


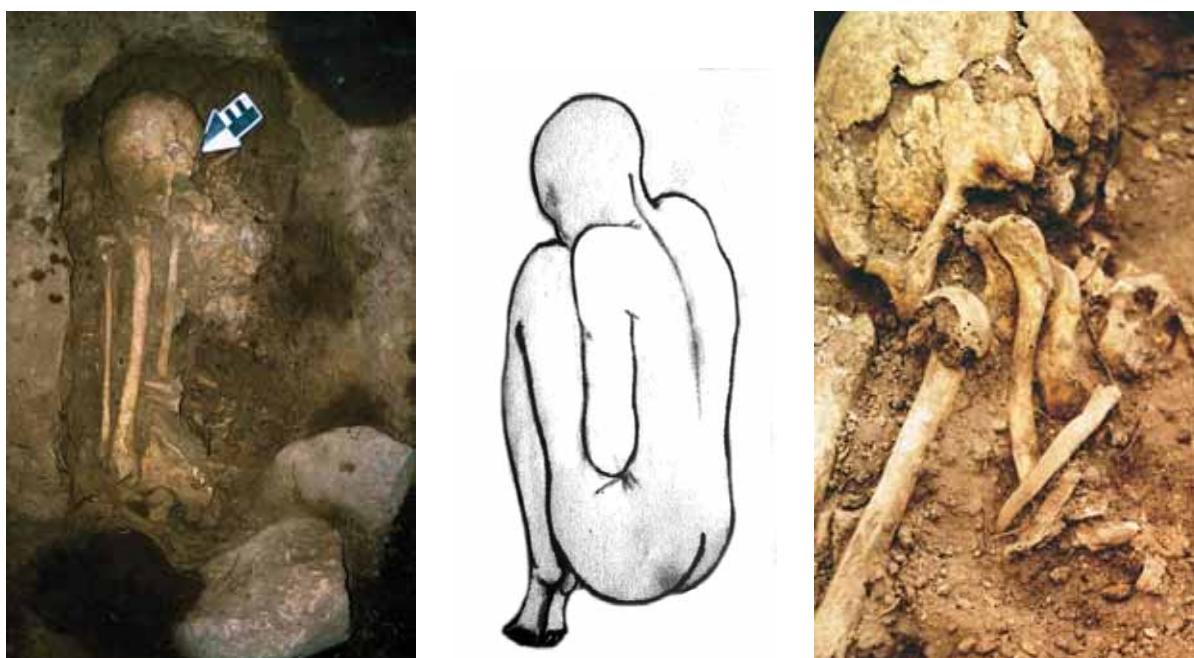
Figura 3.7. Se observa la posición de los restos *in situ*. La identificación de cada uno de los huesos en el dibujo de planta permitió deducir la posición del esqueleto. (Fotografía y dibujo de planta de Borejsza; dibujo del cuerpo de G. Verduzco).

### 3.5.2 Área B6

#### 3.5.2.1 Entierro del Elemento 63

En esta unidad se encontró un cúmulo de piedras de gran tamaño dispuesto en la orilla de una fosa ovalada (Figura 3.6). Ésta se cavó a través de los horizontes superiores de un suelo muy arcilloso y oscuro. Su relleno se diferenció del suelo por tener una coloración un poco más clara y una consistencia más suelta. Abajo de una de las piedras había una pequeña mancha de carbón, de unos 6cm de diámetro.

Dentro de la fosa se descubrió el depósito de un individuo adulto femenino en posición muy flexionada en decúbito lateral derecho, con una dirección E-W. Por la posición que mantuvo el esqueleto, en especial las clavículas, se infiere que estuvo amortajado, es decir que fue envuelto con una manta a manera de bulto mortuario (Cruzézy *et al.* 1990; Lacombe *et al.* 1990). No se encontró ningún artefacto asociado y el relleno de la oquedad estuvo libre de tepalcates (Figuras 3.8-10).



**Figuras 3.8, 3.9 y 3.10. Izquierda: Fosa con el esqueleto flexionado (Foto de Borejsza). Centro: Posición del cuerpo en el momento del depósito (Dibujo de G. Verduzco). Derecha: Detalle de la articulación del hombro, la posición que tomó por la presión del amortajamiento (Foto de M. de los Ángeles Guzmán).**

La fosa de 70 cm. de largo por 45 cm. de ancho resultó somera pero en comparación con las otras excavadas en el sitio ésta tuvo mayor profundidad. Al parecer fue cavada durante la primera etapa de ocupación fechada entre 600 y 350 a. C.

### **3.5.2.2 Entierros de los Elementos 64 y 65**

En ambos elementos se encontraron concentraciones de hueso muy deteriorado debajo de unas piedras de gran tamaño (Figuras 3.11 y 3.12). Por analogía con el elemento 63, se podría plantear la hipótesis de que las piedras hacían la función de marcadores de las fosas funerarias ya que sobresalían por encima de la superficie del terreno al momento en el que concluían los entierros. Desafortunadamente no se pudo definir el contorno de ninguna fosa en la que hubieran sido depositados los elementos mortuorios. Por las profundidades absolutas en las que se encontraron los restos es posible que pertenezcan a la segunda ocupación: 100 a.C. a 100 d.C.



Figuras 3.11 y 3.12. Restos del elemento 64: *in situ* y en el laboratorio. Izquierda y derecha respectivamente (Fotos de Borejsza).

### 3.5.3 Área B4 y B5

En esta unidad se ubican restos de una estructura arquitectónica (elemento 7). Se trata de un muro cuyos cimientos están adosados a una repisa cortada de manera intencional en el tepetate. Cuando se removió el relleno acumulado detrás del elemento 7 se descubrió una franja llena de piedras que atravesaba todo el ancho de la excavación (elemento 33). Estas piedras pertenecen a los cimientos de una pared, por lo que es posible que se trate de una unidad habitacional. De su lado W se extendía un apisonado de lodo. Por la posición del piso se infiere que el interior de la pared daba hacia el W (Figura 3.13).

Cuando se liberó la parte W del elemento 33, al momento de estar excavando la capa que se colocó como preparación del piso, se descubrió una repisa alzada por encima del tepetate. En la parte inferior de dicha capa apareció un orificio (elemento 33A) que contrastaba con el resto de la repisa por tener un relleno de tierra muy suelta. Este orificio condujo al entierro de un neonato (Figura 3.14) (Borejsza *et al.* 2004).

#### 3.5.3.1 Entierro del Elemento 33A

Se trata de un individuo neonato flexionado en decúbito dorsal en dirección E-W. El único artefacto asociado fue una navaja de obsidiana. El depósito se localizó por debajo del piso de una casa. Como el orificio era demasiado pequeño para insertar el cadáver y el apisonado (la zona 20) no presentó ninguna fractura encima del entierro, se deduce que fue colocado al momento de poner el piso de la casa. También se ubica dentro del Formativo Terminal (Figura 3.15) (*Ibid.*).



Figura 3.13. Parte de la excavación donde se presentan los elementos a los que se hace referencia (Foto de Borejsza).



Figura 3.14. La flecha indica el orificio que condujo al entierro (Foto Borejsza).



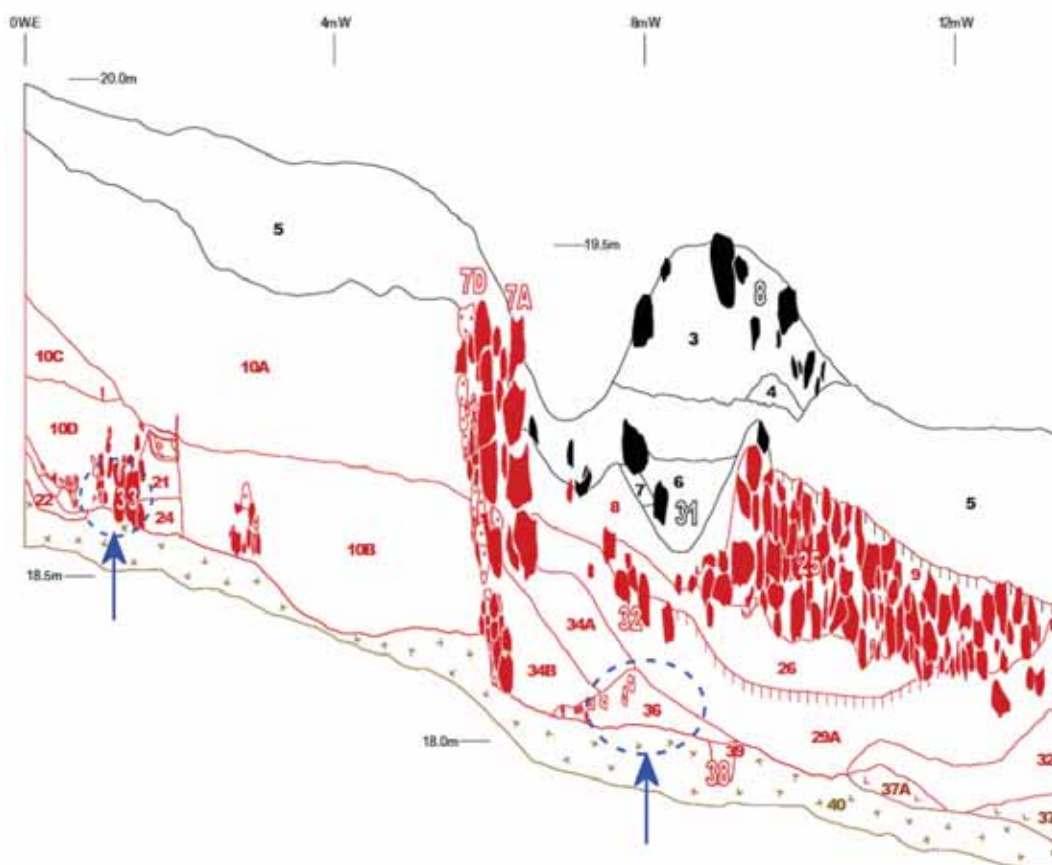
**Figura 3.15. Entierro descubierto debajo del piso (Foto de Borejsza). El recuadro muestra la posición que tuvo el infante al momento de ser depositado (Dibujo G. Verduzco).**

Ladera abajo del elemento 7 apareció un cúmulo de varias piedras grandes acomodadas unas sobre otras (elemento 25), su acarreo hasta este lugar pudo haber tenido la finalidad de nivelar el terreno pero al mismo tiempo parece ser el resultado de derribamiento intencional de una estructura cercana. Se encontró otra acumulación de piedras (elemento 32) con bajareque quemado, lo que sugiere una asociación con alguna construcción de este material, derribada antes o de manera simultánea con el acarreo del elemento 25 (*Ibid.*).

De manera adyacente se identificaron dos hileras de piedras aplanadas de 30cm de largo (elemento 26), colocadas de tal forma que la parte superior de cada una de ellas estuvo inclinada hacia fuera del elemento. Al remover estas piedras se descubrió un entierro (elemento 36) (Figura 3.16) (*Ibid.*). La disposición de ambos elementos no guarda asociación alguna.

### **3.5.3.2 Entierro del Elemento 36**

El elemento 36 es una cavidad ovalada con un relleno de sedimento friable, poco estructurado y rico en artefactos. Dentro de la cual se localizó el entierro de un infante de aproximadamente 7 años de edad, colocado en decúbito dorsal con una dirección S-N. La parte superior del cuerpo descansa sobre un 'lecho' conformado por tepalcates pertenecientes a una misma vasija de engobe rojo (Figuras 3.17-19). Ningún fragmento de cerámica tuvo borde y los utilizados fueron los más planos. Esto indica un trabajo de selección y una colocación cuidadosa de los mismos (Borejsza *et al.* 2004).



**Figura 3.16. Corte estratigráfico de las unidades B4 y B5. Las flechas indican la posición d donde se encontraron enterramientos. Tomado y modificado de Borejsza (2006:247).**

Sobre la región distal de la extremidad derecha se encontró un *metlapil*; y a 15cm de la mano del mismo lado un cilindro cerámico fue depositado. Sobre el hueso frontal del cráneo quedaron nódulos de una sustancia roja no identificada (*Ibid*).

Es probable que la cavidad en su origen haya tenido mayor profundidad y lo que se conservó sea sólo su parte inferior. Además el primer uso que debió tener la misma pudo ser para depositar elementos de desecho. Por lo que para la realización del entierro debieron remover una parte considerable del relleno y así crear una oquedad un poco más reducida al interior. Todos los materiales son característicos del Formativo Terminal (*Ibid*).

Como se puede apreciar en el corte estratigráfico (Figura 3.16), el elemento 26 fue construido sobre el elemento 36 y al parecer una de sus hileras de piedras protegieron el esqueleto de cualquier alteración. La posición del elemento 26 con respecto al entierro fue una coincidencia. La cavidad del entierro es de extensión reducida, mientras que el elemento 26 cuenta con varios metros de largo. El elemento 26 no cubrió la totalidad del entierro y además estuvo separado de él por la zona 32 (*Ibid*).





**Figuras 3.17 y 3.18. Izquierda: Vista superior cuando el entierro empezaba a ser descubierto. Derecha: El individuo infantil sobre la "cama" de tepalcates (Fotos de Borejsza).**



**Figura 3.19. Extremidades inferiores del esqueleto del Elemento 36 (Foto de Borejsza).**

### **3.5.3.3 Elemento 35**

En la extremidad W de la unidad B4 apareció una acumulación importante de tepalcates grandes, algunos de ellos pertenecientes a la misma vasija (no. 170), un fragmento de metate (no. 171) y varios huesos humanos. Este conjunto de materiales fue designado elemento 35 y se puede tratar de los restos muy deteriorados de un entierro cuya fosa ya no se pudo apreciar.

### 3.6 Las Palmas

#### 3.6.1 Área F

Ubicada a media cuesta del cerro y cercana a la periferia del sitio se encontró una plataforma residencial con los restos de una casa encima. Se identifican dos niveles de ocupación antes de su construcción (Carballo *et al.* 2006).

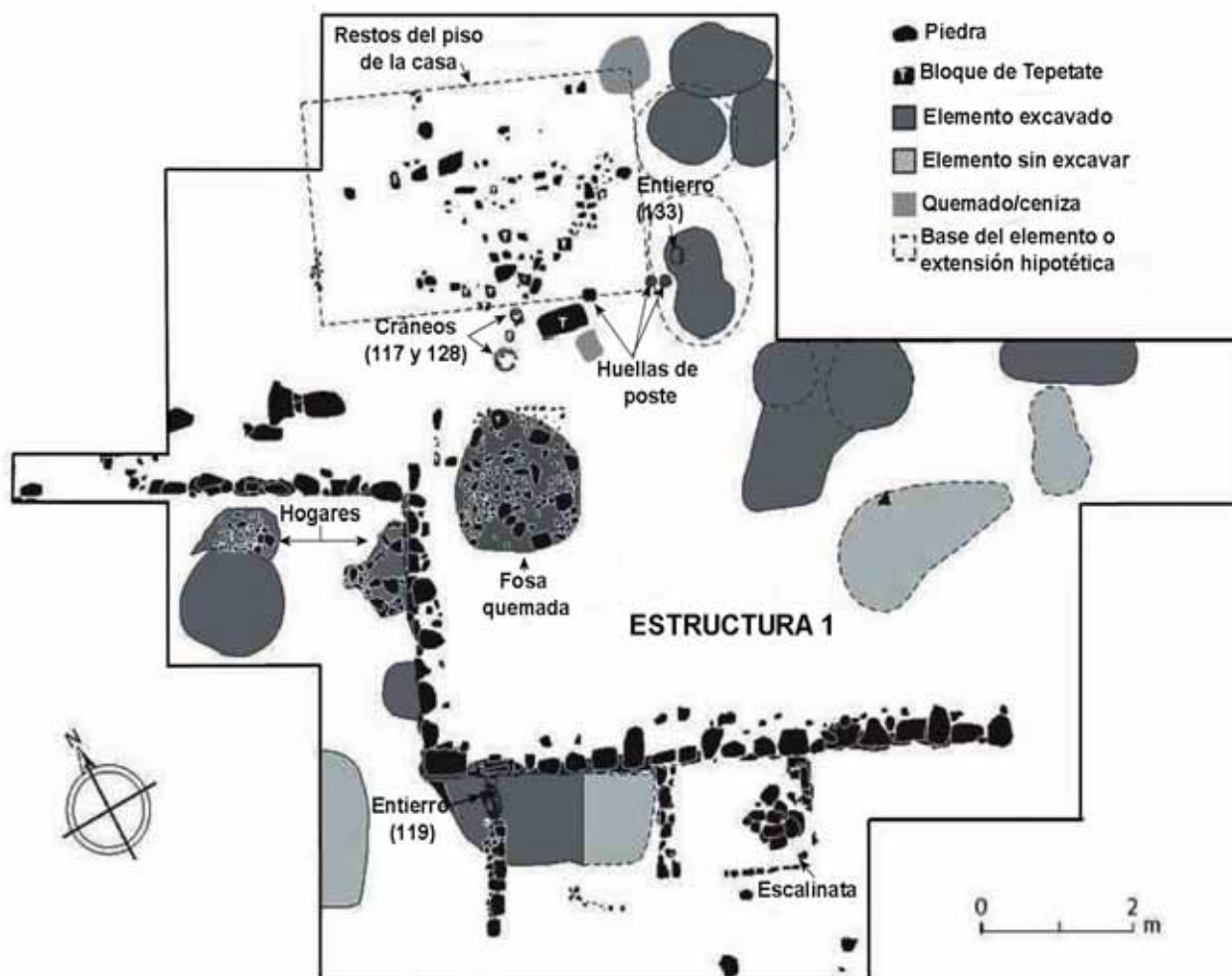


Figura 3.20. Dibujo de planta de la Estructura 1. Tomado y modificado de Carballo (2006).

La plataforma residencial denominada como Estructura 1 fue construida con el fin de aplanar la superficie de la alta pendiente. Los restos de la casa constan de un empedrado deshecho asociado a tres huellas de poste y un piso localizado a sólo 10-20cm por debajo de la superficie actual, lo que ocasionó su mala conservación (Figura 3.20) (Carballo *et al.* 2006).

La Estructura 1 pertenece al Formativo Tardío y fue hecha de un relleno homogéneo compactado de color café-amarillo, con muros de piedra careada a su alrededor. Los muros están alineados con la pendiente natural del cerro. El acceso a la plataforma es por medio de una escalinata en el centro del muro sur (Figura 3.21) (*Ibid.*).



**Figura 3.21. Estructura 1. Tomado de Borejsza (2006:199)**

Sobre el piso, frente a la casa, se descubrió un horno circular (elemento 118) lleno de piedras quemadas, la mayoría de tezontle, con el fondo lleno de ceniza muy fina y carbón. De aquí se recuperaron púas y pedazos de pencas de maguey, así como olotes carbonizados. Esto sugiere que el horno fue utilizado para la cocción de esta planta (Carballo *et al.* 2006).

### **3.6.1.1 Elementos 117 y 128: Dos cráneos con copa**

Sobre el piso de la plataforma residencial y afuera de la casa se encontraron dos cráneos alineados de manera diagonal con una copa negra entre ellos. Su disposición estaba orientada hacia el sur, misma dirección donde se ubica el pico de La Malinche. Es posible que se haya tratado de un acto ritual justo antes del abandono del sitio. Debido a que se encontraron a 10cm de la superficie actual, el arado y procesos de tafonomía natural contribuyeron a su mala preservación. El cráneo 117, el que se encuentra al frente, sólo presenta la base craneal, mientras que el 128, el que se ubica detrás, se presenta más completo y la posición de su mandíbula se debe a la remoción del terreno. Al no presentarse ninguna vértebra cervical se infiere que fueron colocados como cráneos y no como cabezas, es decir sin tejido blando (Figuras 3.22-25) (*Ibid.*).



Figuras 3.22 y 3.23. Izquierda: Dibujo de planta de los cráneos con la copa. Derecha: El cráneo 128 junto con la copa *in situ* (Dibujo de planta y foto de Carballo).



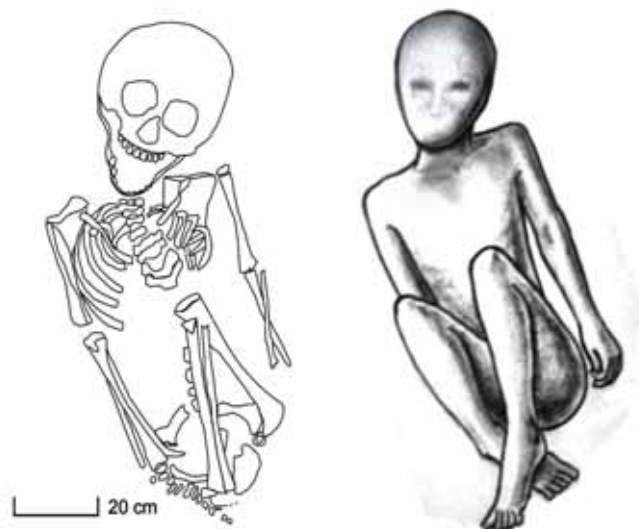
Figuras 3.24 y 3.25. Izquierda: Se observa el cráneo 128 con la mandíbula en posición vertical por la alteración sufrida por el arado. Derecha: Del cráneo 117 sólo se conservó su base (Fotos Carballo).

Varios pozos se registraron en esta unidad. En general se utilizaron como depósitos de desechos orgánicos e inorgánicos. Sin embargo en dos de ellos, elementos 119 y 133, se utilizaron para realizar entierros.

### 3.6.1.2 Entierro del Elemento 119

Sobre el relleno de un pozo de forma ovalada se encontró el entierro de un individuo infantil de 5 años de edad aproximada. La posición de esqueleto fue flexionada en decúbito dorsal con las extremidades superiores extendidas a los costados del cuerpo y estuvo en dirección NE-S. No hubo ninguna ofrenda asociada (Figura 3.26) (*Ibid.*).

La capa inferior del muro S de la Estructura 1 se encontró sólo unos centímetros arriba de la boca del pozo. El muro que sale del lado W-S de la plataforma estuvo alineado justo encima del entierro. Pertenece a la primera ocupación y es posible que el pozo se haya hecho con el fin de extraer tierra amarilla y tepetate para el relleno de la Estructura 1. No hay indicios de que el pozo haya servido como un lugar de almacenaje y su relleno fue de tierra menos compacta que la utilizada en la citada estructura (*Ibid.*).



**Figura 3.26.** Posición del esqueleto infantil del elemento 119 *in situ* (Dibujo de Carballo) y reconstrucción de la posición del cuerpo al momento del depósito (Dibujo de G. Verduzco).

### 3.6.1.3 Entierro del Elemento 133

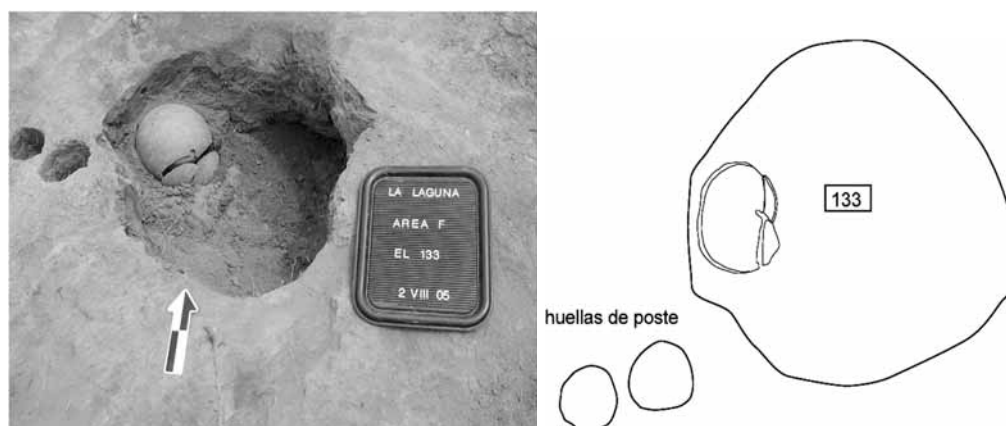
En el piso de la Estructura 1 se encontró un pozo y en su pared W se descubrieron dos vasijas acopladas. La primera, una escudilla anaranjada, sirvió para tapar a la segunda, un cuenco cerrado rojo sobre blanco de silueta compuesta. Al destaparlo se descubrió en su interior el esqueleto de un neonato (siete meses de vida intrauterina) (Figuras 3.27-29) (Carballo *et al.* 2006).

## 3.6.2 Áreas F1 y F5

### 3.6.2.1 Entierros del Elemento 46

Dentro de la unidad F1 y F5 se encontró una formación troncocónica que se denominó Elemento 46. Cuando los antiguos habitantes la cavaron atravesaron otra formación de la misma naturaleza, el elemento 76, de mayor antigüedad y ubicada hacia el poniente. Por fortuna la 46 penetró muy poco

en el relleno de la 76 por lo que fue muy fácil diferenciar el contenido de ambos elementos por sus características contrastantes (Figura 3.30).



**Figuras 3.27 y 3.28. Izquierda: Pozo donde se descubrieron las vasijas del elemento 133. Derecha: Dibujo de planta del elemento 133 (Foto y dibujo de Carballo).**



**Figura 3.29. Vasijas del elemento 133. Tomado de Carballo (2006).**

Las relaciones estratigráficas dentro de la unidad F1 indican que la troncocónica fue hecha a partir de una superficie que no se conserva hoy en día, debido a que fue removida por la erosión a finales de la primera ocupación del sitio o poco después de su primer abandono, es decir entre ca. 400 y 100 a.C. Sin embargo, la erosión en este lugar no fue muy severa, de tal manera que el contenido de la troncocónica se conservó casi intacto, con excepción de quizás unos 10cm de la parte superior, próximos a su boca original.

La boca de la formación se encontró 35cm por debajo de la superficie actual del terreno porque en los últimos dos o tres siglos fue sepultada por el borde de una terraza agrícola. En su estado actual, la troncocónica tiene una profundidad de 1.3m, el diámetro de su fondo es de 1.5m y el de su boca es de unos 60cm. La parte inferior y el fondo de la fosa se asientan en el tepetate. El contacto superior de

este último resultó ser muy irregular, por lo que la pared S de la troncocónica fue más permeable que la N. Al parecer esto repercutió en la conservación del material óseo depositado (Figura 3.31).

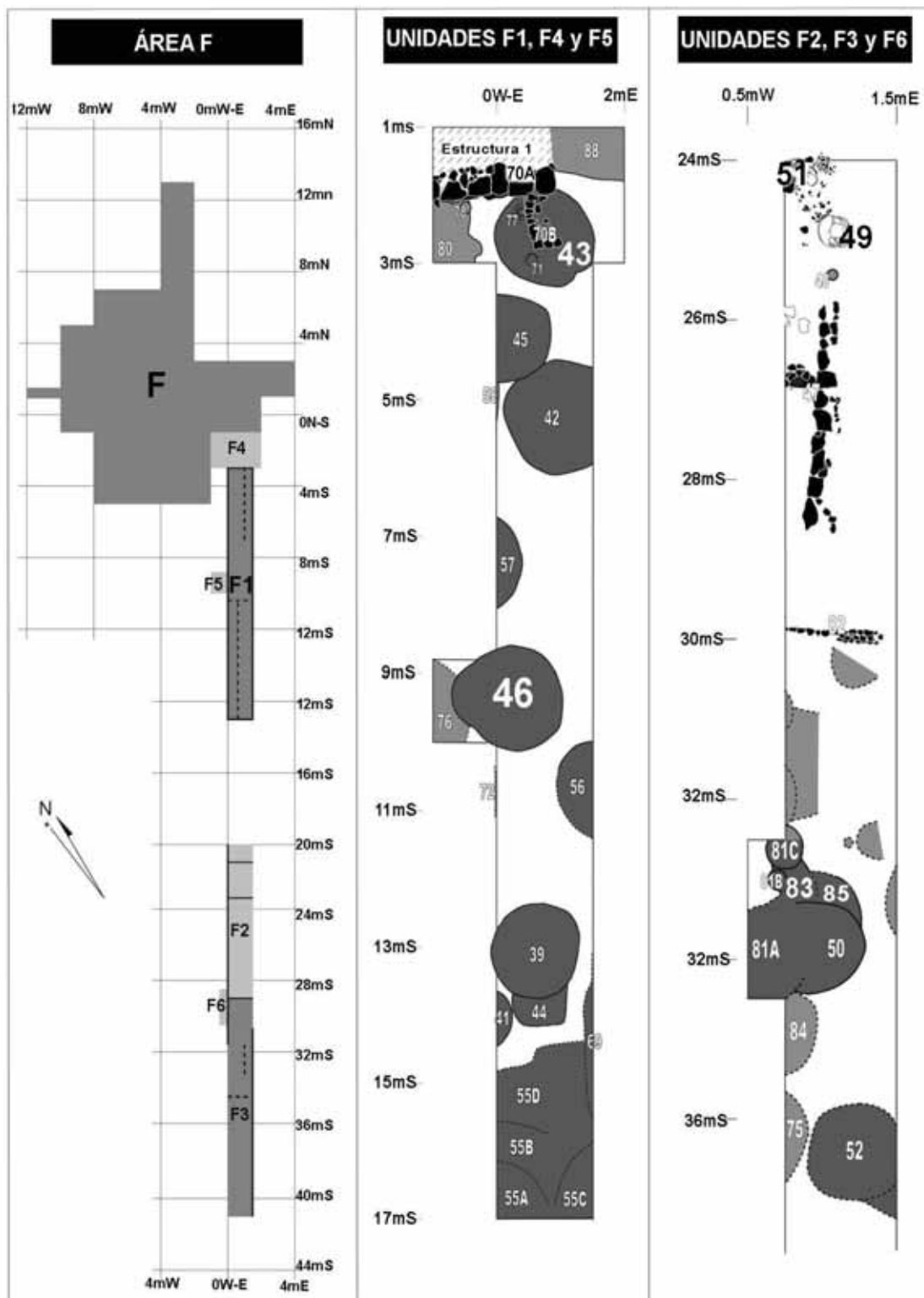


Figura 3.30. Área de excavación F. Tomado y modificado de Borejsza (2006:189, 191 y 213).

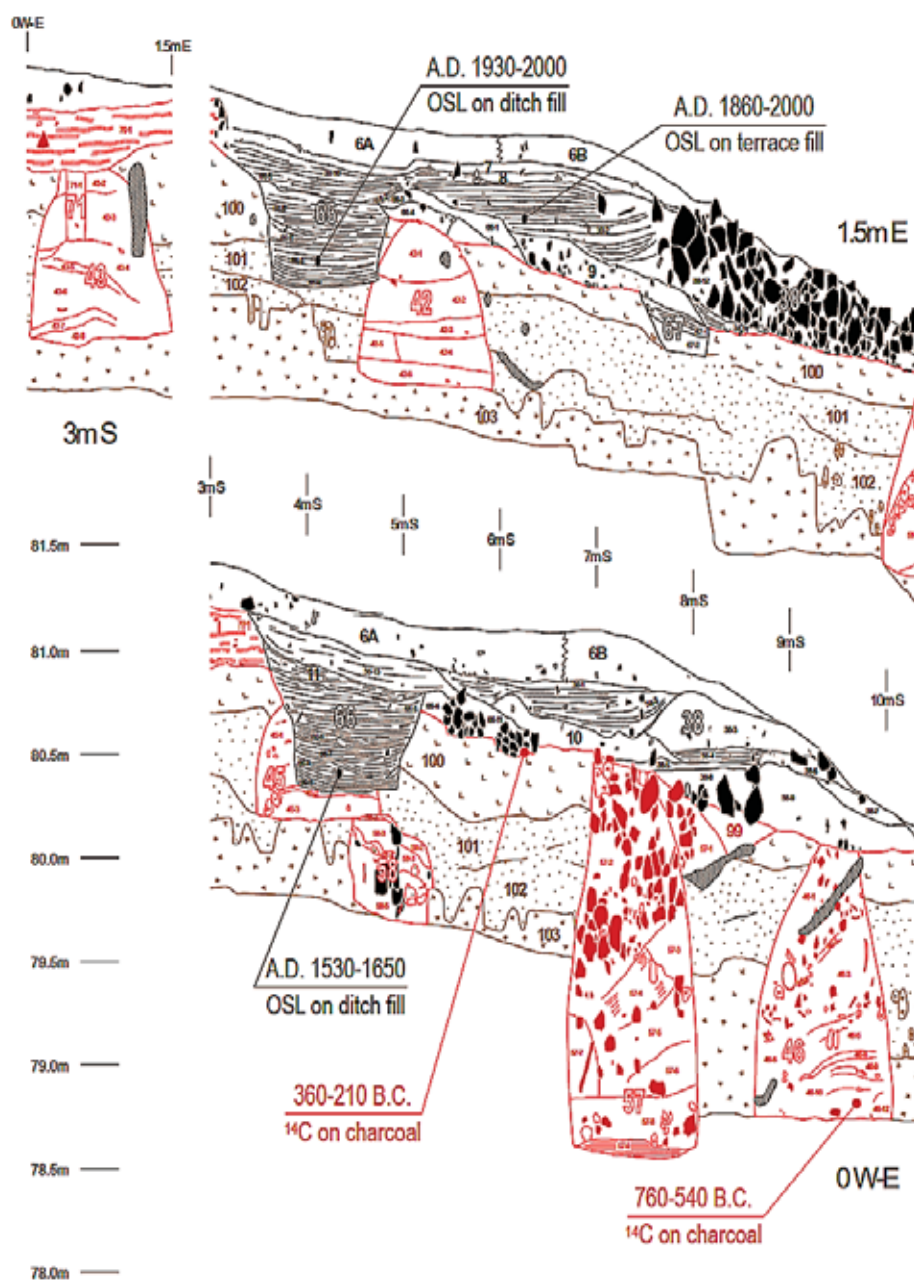


Figura 3.31. Corte estratigráfico de una parte de la unidad F1. Tomado de Borejsza (2006:195).

En la estratigrafía del relleno fue patente el contraste entre la parte superior e inferior. La superior era bastante arenosa y suelta con una coloración café amarillenta. Además contenía una gran cantidad de piedras y fragmentos de bajareque quemado sin compactación. Una buena parte de la piedra y la tierra arrojada pudo haber sido obtenida al quemar y derruir alguna construcción de bajareque cercana. En cambio, el relleno de la parte inferior tenía una textura más arcillosa, una coloración amarillenta más clara y se presentó bien compactado. Este segundo relleno se desmoronaba con facilidad en agregados sub-angulares, de los cuales muchos tenían marcadas impresiones alargadas



con estrías paralelas, parecidas a las que podrían dejar hojas o tallos de pasto o alguna planta monocotiledónea. Por ello se sospecha que el relleno inferior de la troncocónica proviene en gran medida de la descomposición y compactación de un bajareque sin quemar o de algún material de construcción parecido, con un contenido alto de arcilla. Las impresiones serían entonces las de algún desgrasante que le fue agregado de manera intencional. La compactación se debió dar no sólo por el peso de las capas superiores, sino también por la acumulación paulatina del relleno y por el paso de las personas que entraron al pozo a manejar los cadáveres y las ofrendas asociadas.

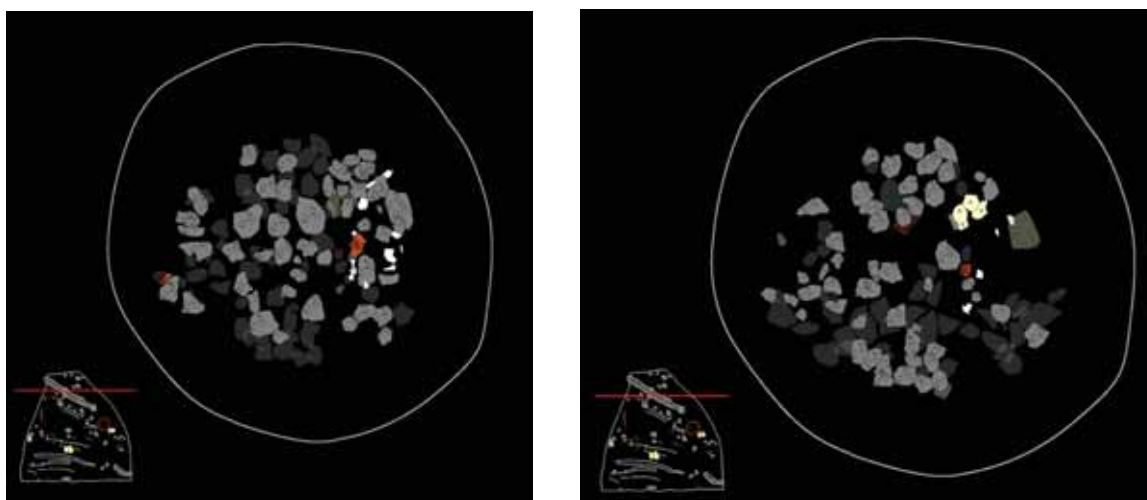
Para explicar el contenido de la troncocónica se hace uso de los dibujos de planta hechos por Borejsza para detallar los hallazgos de cada nivel. En el extremo inferior izquierdo de cada dibujo se presenta el perfil de la troncocónica con una línea transversal que indica cada nivel.

**Nivel A.** Cerca de lo que fuera la boca de la troncocónica se encuentra una tibia derecha y junto a ella el tercio proximal del peroné del mismo lado. También se localiza un fragmento de cerámica (Figuras 3.32 y 3.33).



**Figuras 3.32 y 3.33. Dibujo de planta (izquierda). Imagen de las piedras encontradas en la boca de la troncocónica, así como la tibia localizada en el Nivel A (derecha).**

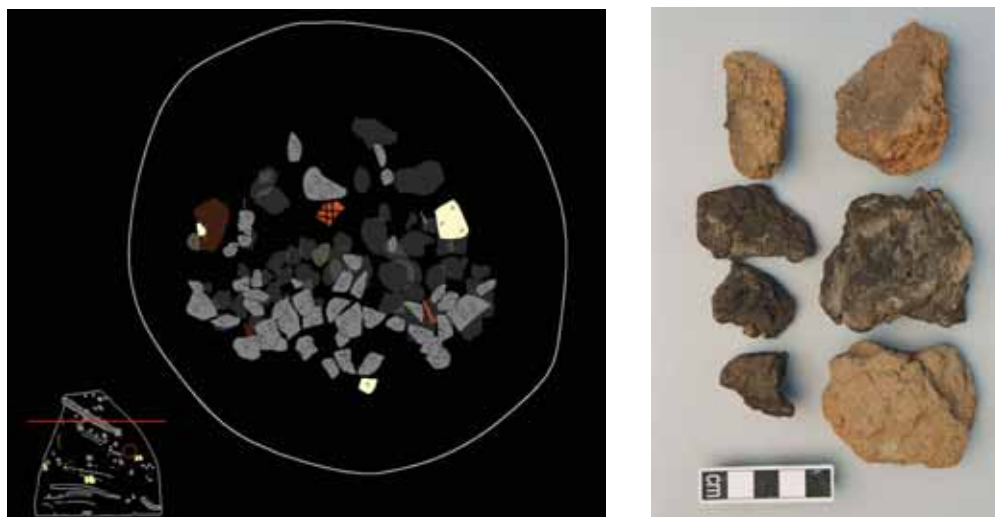
**Nivel B.** Se descubre una capa con muchas piedras, dos tepalcates y una concentración de huesos hacia la pared E. Los elementos óseos corresponden a los de un pie derecho, tarsos, metatarsos y falanges incompletas. Junto a estos se encuentra la mitad distal del peroné derecho ubicado en el nivel 1 (Figura 3.34).



Figuras 3.34 y 3.35. Dibujos de planta Nivel B (izquierda) y C (derecha).

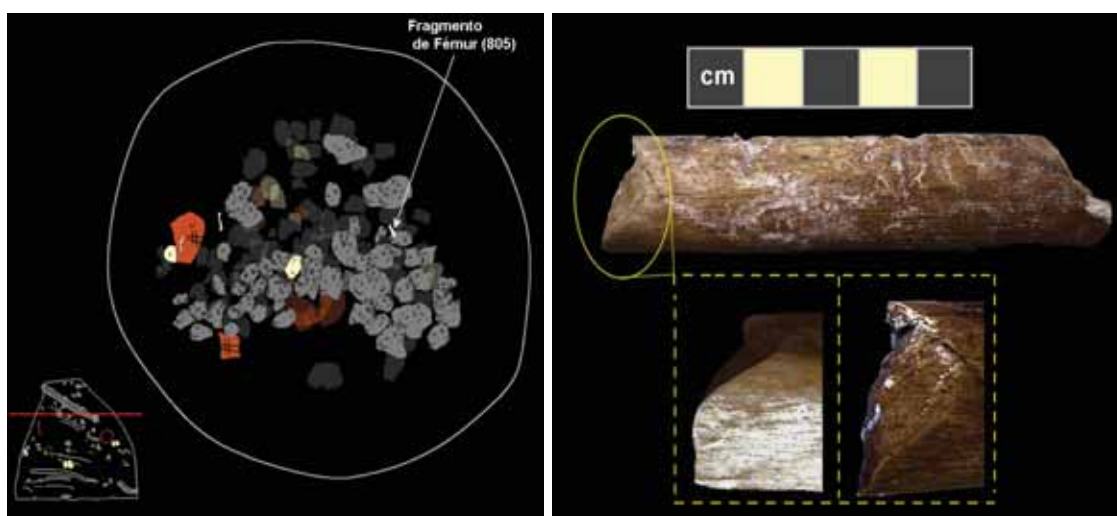
**Nivel C.** Las piedras continúan apareciendo así como algunos pedazos de tepetate y un fragmento de cerámica (Figura 3.35).

**Nivel D.** Se presenta igual que el nivel anterior pero con fragmentos de bajareque quemado y dos tepalcates (Figuras 3.36 y 3.37).



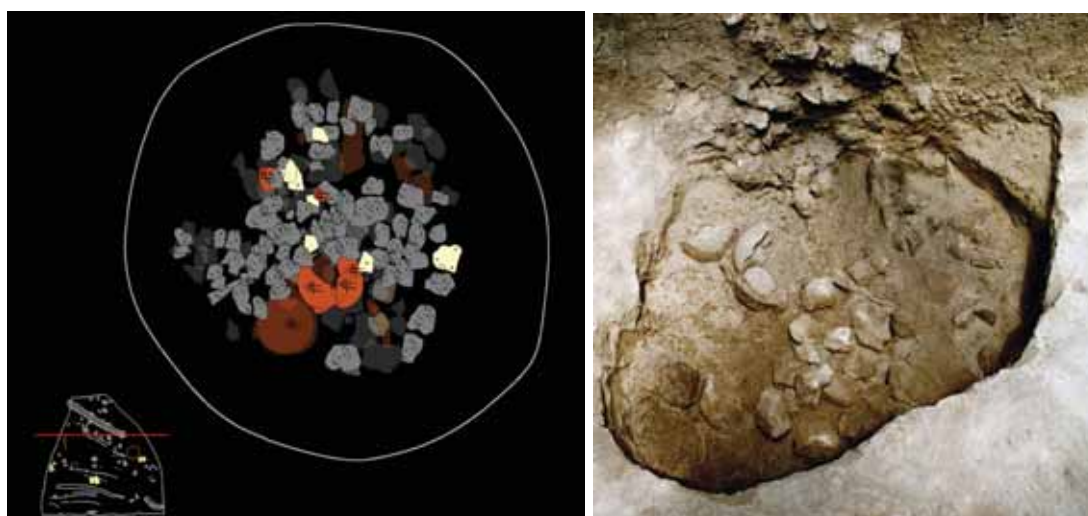
Figuras 3.36 y 3.37. Dibujo de planta (izquierda) y algunos fragmentos de bajareque quemado localizado en el nivel D (derecha).

**Nivel E.** Entre el cúmulo de piedras se presenta un fragmento de la diáfisis de un fémur derecho, en la misma zona donde se hallaron los huesos del pie derecho en el Nivel B (Figuras 3.34 y 38). Cabe resaltar que en dicho fragmento se observa una fractura longitudinal por percusión que debió producirse sobre el hueso fresco de manera intencional (Figura 3.39).



**Figuras 3.38 y 3.39. Dibujo de planta (izquierda) y fragmento del fémur (805) del Nivel E. Se muestra detalle de la vista anterior y lateral de la fractura longitudinal (derecha).**

**Nivel F.** Se siguen presentando piedras y fragmentos de vasijas completas o reconstruibles (Figuras 3.40-42).



**Figuras 3.40 y 3.41. Dibujo de planta (izquierda) e imagen de la vista superior del Nivel F (derecha).**



**Figura 3.42. Vasijas reconstruidas con los fragmentos que se obtuvieron en el Nivel F.**

**Nivel G.** Entre las piedras se descubre un cráneo y a su lado izquierdo algunos huesos de mano; así como vasijas (Figuras 3.43-46).

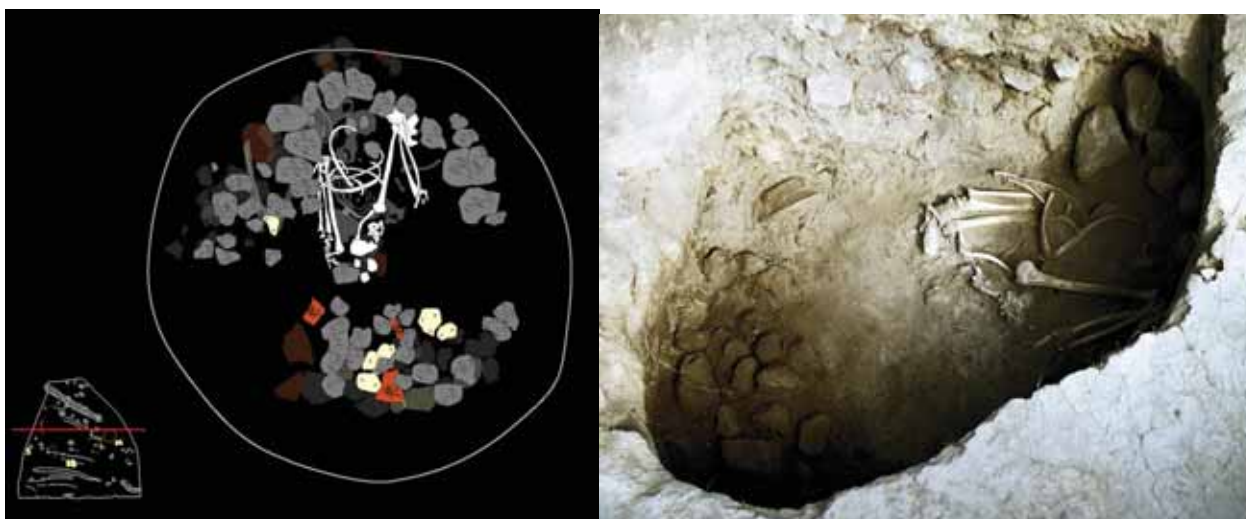


**Figuras 3.43 y 3.44.** Dibujo de planta (izquierda) e imagen que muestra el cráneo del primer entierro en el Nivel G (derecha).



**Figuras 3.45 y 3.46.** Detalle del cráneo (izquierda) y las vasijas recuperadas en el Nivel G (derecha).

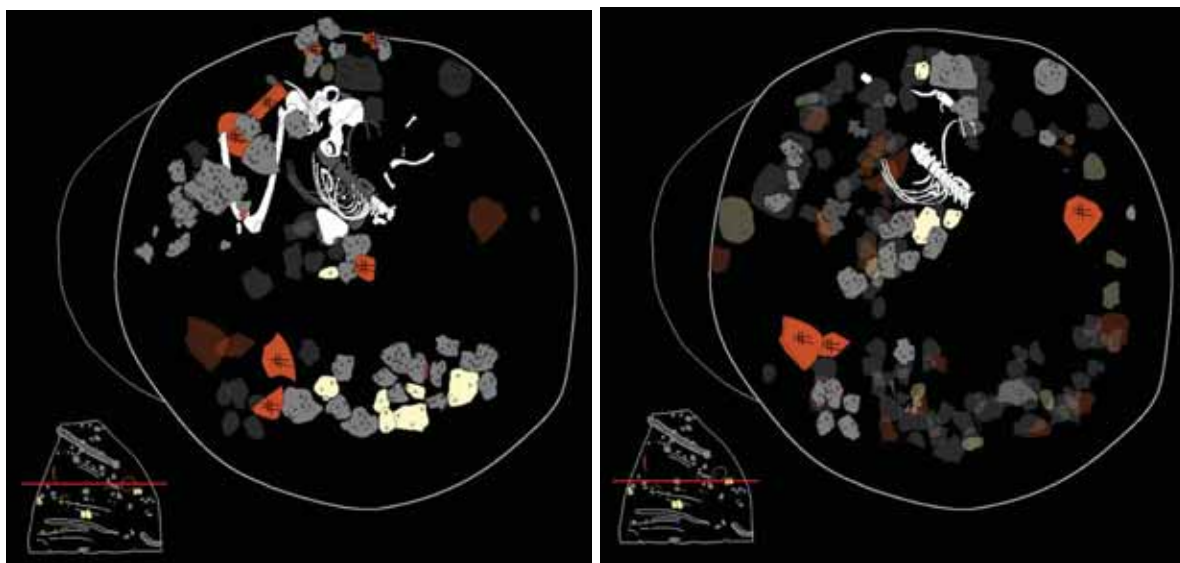
**Nivel H.** Se revela parte del esqueleto poscranial del cráneo hallado en el nivel anterior con algunas piedras alrededor (Figuras 3.47 y 3.48).



Figuras 3.47 y 3.48. Dibujo de planta (izquierda) y vista superior de la troncocónica del Nivel H (derecha).

**Nivel I.** Se muestra la columna vertebral y el segmento inferior del esqueleto (Figuras 3.49 y 3.51). Hacia la zona distal de la osamenta se ubica un florero diseñado con dos serpientes, una por cada lado, corriendo por el centro de su cuello (Figura 3.52).

**Nivel J.** Se terminó de descubrir la columna vertebral (Figura 3.50).

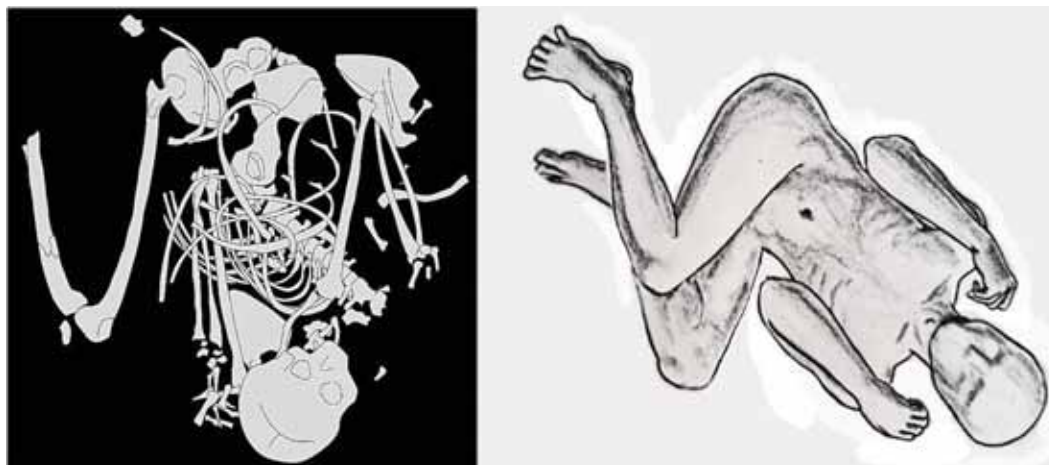


Figuras 3.49 y 3.50. Dibujos de planta de los niveles I (izquierda) y J (derecha).



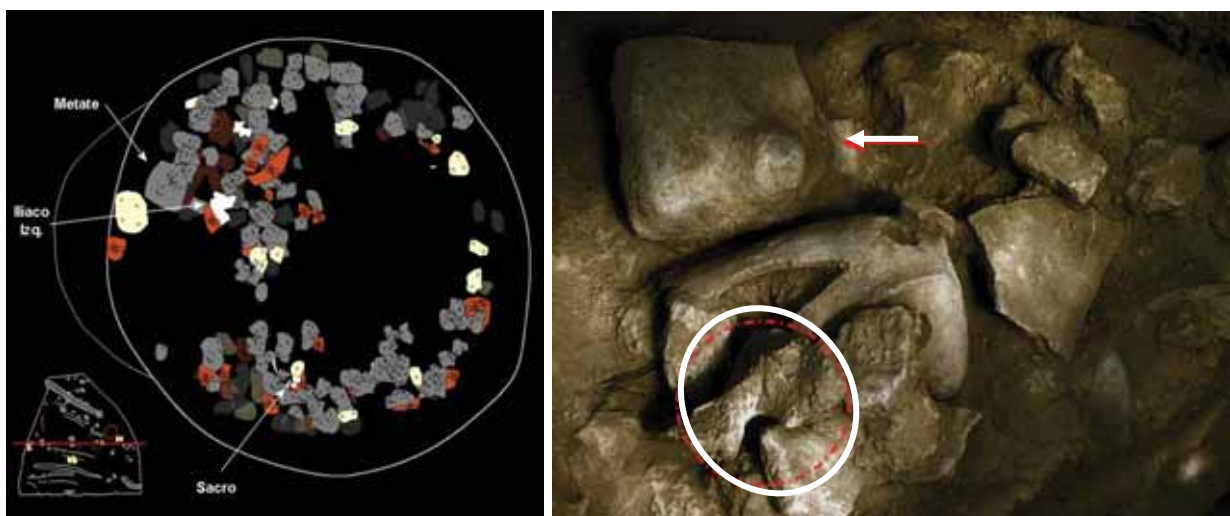
**Figuras 3.51 y 3.52. Vista del esqueleto poscraneal (izquierda) y florero asociado encontrado en el Nivel I (derecha).**

Con la ayuda de los dibujos de planta se pudo reconstruir la articulación de todos los elementos del esqueleto (Figura 3.53). Como ya se mencionó, el relleno de la parte superior de la troncocónica estuvo un tanto suelto, lo que pudo contribuir a que algunos segmentos óseos se removieran. No obstante, tomando como eje central el buen estado de conservación de la columna vertebral y de algunas articulaciones importantes se propone la posición que debió tener el sujeto después del último ritual en el que fue manipulado para remover su pierna derecha: flexionado en decúbito dorsal con una dirección N-S (Figura 3.54). Las evidencias de que la tierra no fue el único factor que influyó en la perturbación del cuerpo son la tibia y el fragmento de peroné derechos registrados en el Nivel A, así como los huesos de pie derecho y el pedazo de peroné encontrados en el Nivel B y el fragmento de fémur derecho con fractura longitudinal localizados en el Nivel E. Todos ellos pertenecen al esqueleto en cuestión. Lo interesante es que la remoción deliberada de la pierna derecha tuvo que llevarse a cabo cuando el cadáver aún tenía tejido blando. La fractura que se observa en el fémur derecho tuvo que haber sido en hueso fresco con la intención de trabajar el hueso. En otro apartado se discutirá si el corte se hizo para obtener un producto que quedó sin terminar, una preforma, o si fue sólo parte del desecho del proceso de manufactura. También se abre la interrogante del por qué sólo se utilizó un hueso cuando se disponía de otros si el fin era utilizarlo como materia prima. La implicación de esto es que toda la pierna fue removida de su contexto original y sólo se arrojaron de nueva cuenta a la troncocónica algunos de sus huesos, sin arreglo alguno y de manera deliberada. Aunado a ello, es probable que la ausencia de la mandíbula se deba a que fue sustraída bajo el mismo patrón que la pierna arriba descrita. Si su ausencia se adjudicara a un proceso tafonómico natural se encontrarían por lo menos algunas piezas dentales en la matriz de suelo, pero esto no fue así.



Figuras 3.53 y 3.54. Esqueleto reconstruido gracias al dibujo de planta (izquierda) y propuesta de la posición que debió tener el individuo al momento de ser depositado (derecha) (Dibujo de G. Verduzco).

**Nivel K.** Se encuentran piedras, un metate, fragmentos de cerámica y de hueso: un sacro y un iliaco izquierdo que muestra las características propias del sexo masculino de edad adulta (Figuras 3.55 y 3.56). También se localizó parte de un incensario en forma de un tejón (Figura 3.57).



Figuras 3.55 y 3.56. Dibujo de planta del Nivel K (izquierda) y detalle del iliaco, así como del metate (derecha).



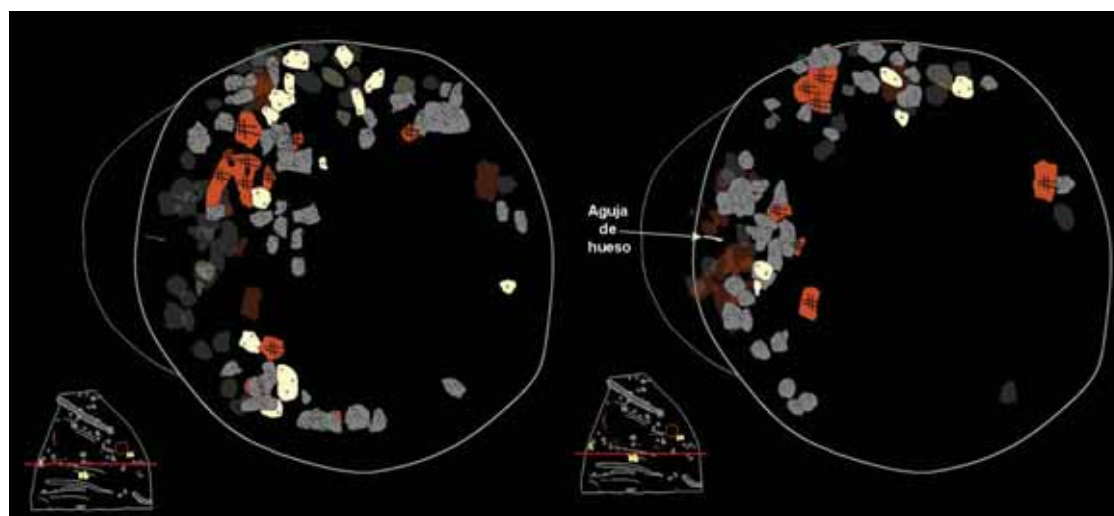
**Figura 3.57.** Figurilla con cara de tejón encontrada en el Nivel K.

**Nivel L.** El cúmulo de piedras parece disminuir. Se observan fragmentos de cerámica de mayor tamaño y pedazos de tepetate (Figura 3.58).

**Nivel M.** Es el mismo panorama que el nivel anterior con la diferencia de que aparece una aguja de hueso (Figura 3.59).

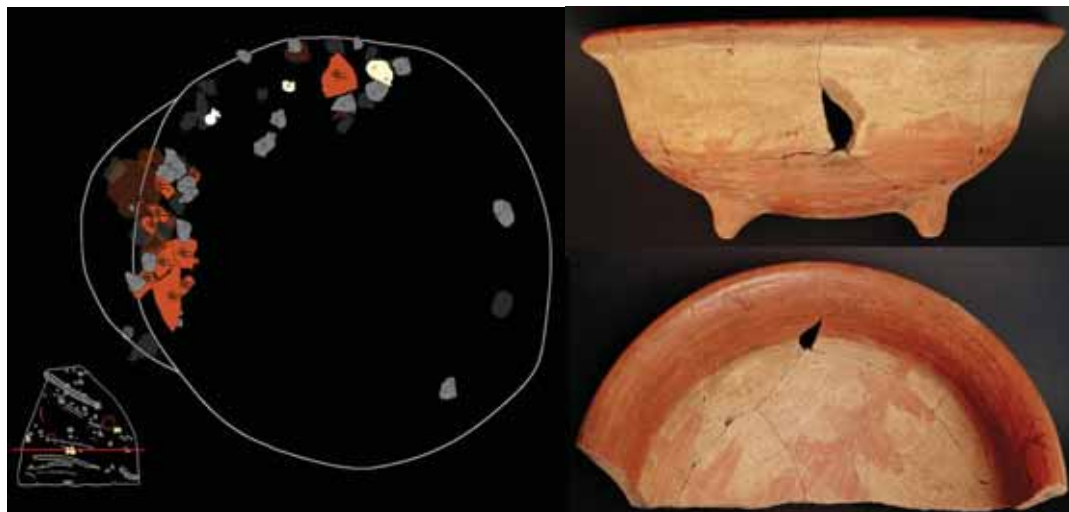
**Nivel N.** Se reduce la cantidad de piedras y de los fragmentos de cerámica se pudo reconstruir la mitad de un cajete (Figuras 3.60 y 3.61).

**Nivel O.** La cantidad de piedras es todavía menor y de los tuestos de cerámica se reconstruye una vasija completa (Figuras 3.62-64).



**Figuras 3.58 y 3.59.** Dibujos de planta de los niveles L (izquierda) y M (derecha).





Figuras 3.60 y 3.61. Dibujo de planta (izquierda) y reconstrucción de la mitad de un cajete con los fragmentos encontrados en el Nivel N (derecha).



Figuras 3.62 y 3.63. Dibujo de planta (izquierda) y vista superior de la troncocónica en el Nivel O (derecha).



Figura 3.64. Vasija recuperada en el Nivel O.

**Nivel P.** Junto a la pared NE se encontró un esqueleto incompleto con la mayoría de sus segmentos óseos en relación anatómica (Figuras 3.65 y 3.66). De acuerdo con la posición de los huesos que conforman las principales articulaciones del cuerpo, se dedujo que el sujeto estuvo flexionado en decúbito ventral con la cabeza metida hacia el pecho, el brazo izquierdo extendido hacia afuera (con la palma de la mano hacia arriba) y el brazo izquierdo colocado debajo de la rodilla derecha (Figura 3.67). Por la posición del cráneo y de la piedra dispuesta en la región del tórax (Figura 3.67 cuadro b) se infiere que la espalda alta tuvo un arqueamiento. La osamenta se dispuso en dirección N-S.

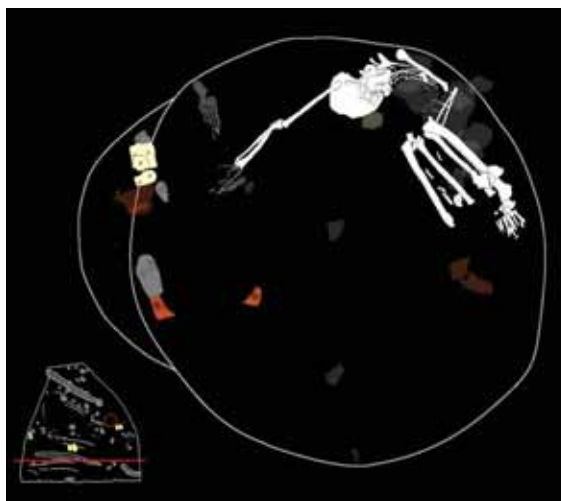


Figura 3.65. Dibujo de planta del nivel P (derecha).

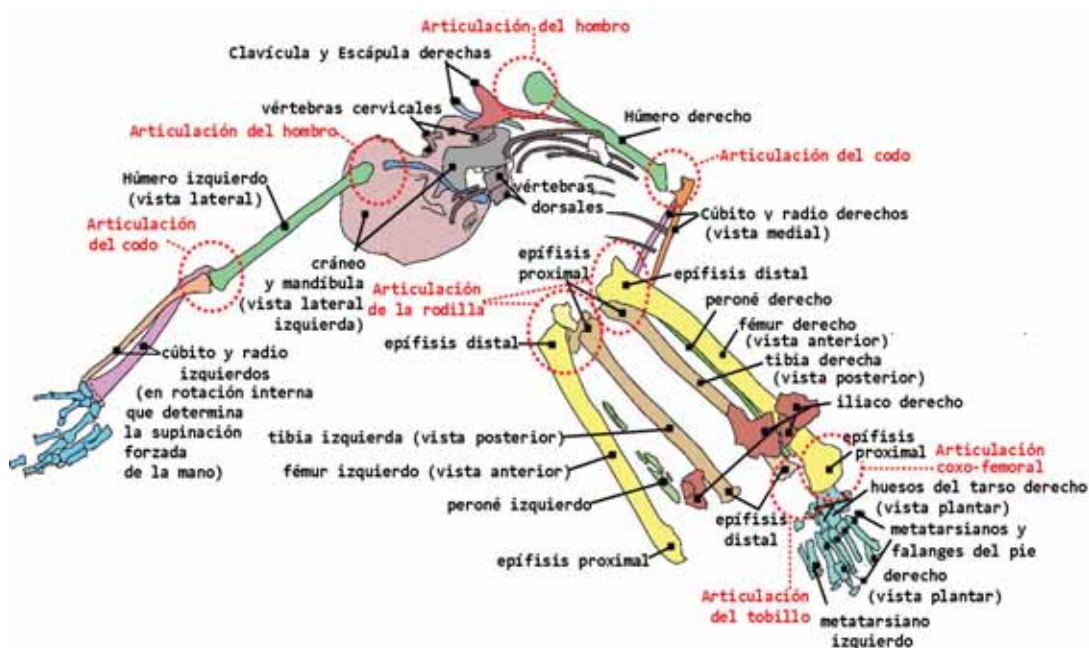
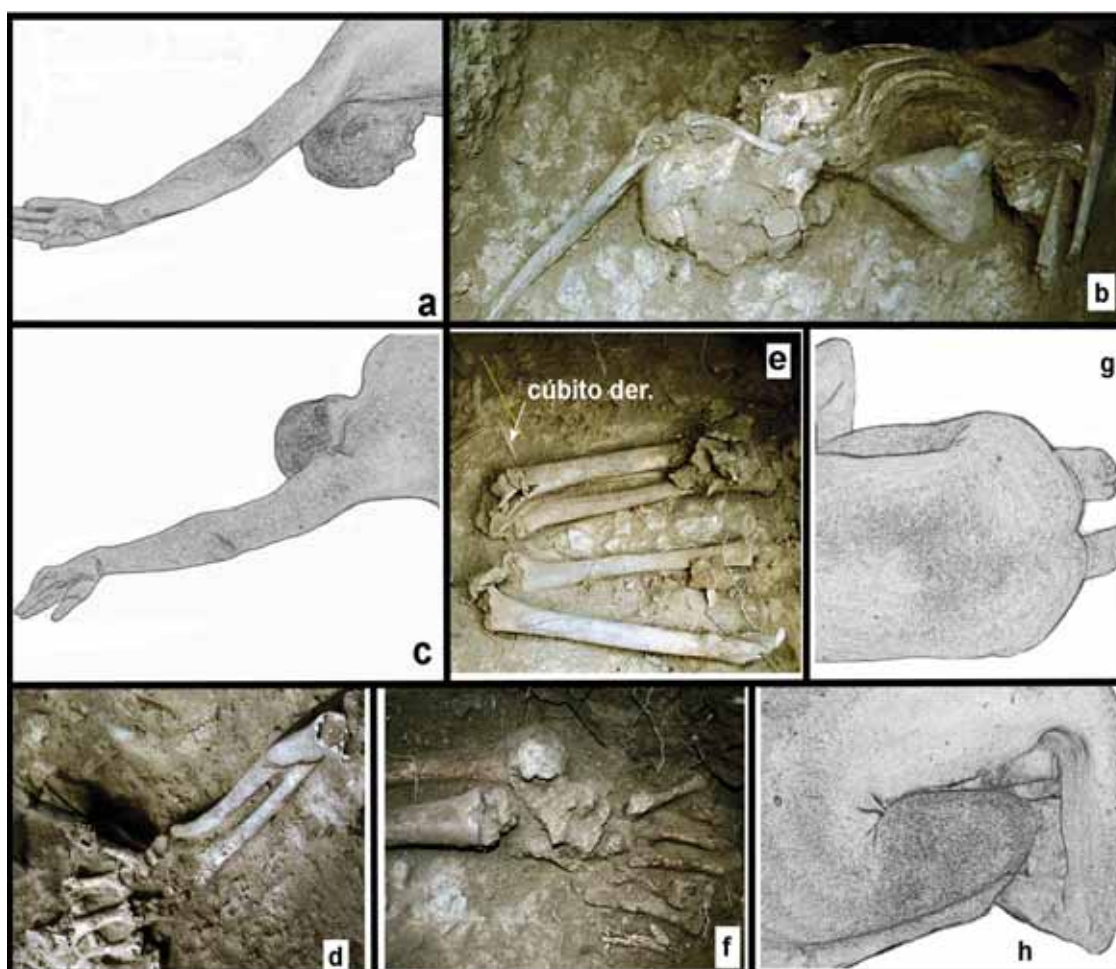


Figura 3.66. Dibujo de planta del esqueleto encontrado en el Nivel P. Se señala tanto el nombre de cada elemento óseo como el de las articulaciones que, hasta cierto punto, se conservaron *in situ*.



**Figura 3.67.** Reconstrucción de la posición del cuerpo a partir del dibujo de planta y de las fotografías de la excavación: (a) Vista superior del brazo izquierdo sobre la cabeza. (b) Con la pérdida del tejido blando la clavícula y la cabeza del húmero caen sobre la región temporo-occipital del cráneo. (c) Vista semi-lateral izquierda de la región superior del cuerpo. (d) El acomodo articular del cúbito sobre el radio sugiere la supinación forzada de la mano, es decir la palma de la mano hacia arriba. (e, f y g) La posición de fémures, tibias y pie derecho indican la flexión de las piernas en decúbito ventral. (h) El lugar que ocupa el cúbito derecho señala que la región distal del antebrazo estuvo por debajo de la rodilla derecha y en el proceso de esqueletización el húmero cedió por gravedad.

**Nivel Q.** Se termina por descubrir el antebrazo y la mano extendida del sujeto descrito en el nivel anterior. En la pared norte se encuentra el pie derecho de un individuo adulto casi completo, articulado y muy bien conservado, con una dirección N-S. Se extendió la excavación con el fin de encontrar algún segmento óseo que indicará relación anatómica con el pie pero no se encontró (Figuras 3.68-70).



Figuras 3.68 y 3.69. Dibujo de planta (izquierda) y posición del pie derecho *in situ* en el Nivel Q (derecha).

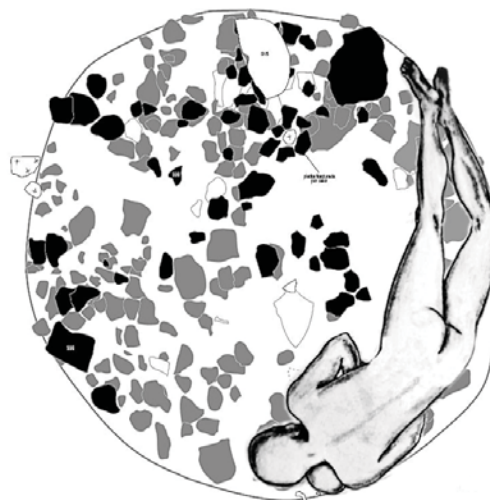
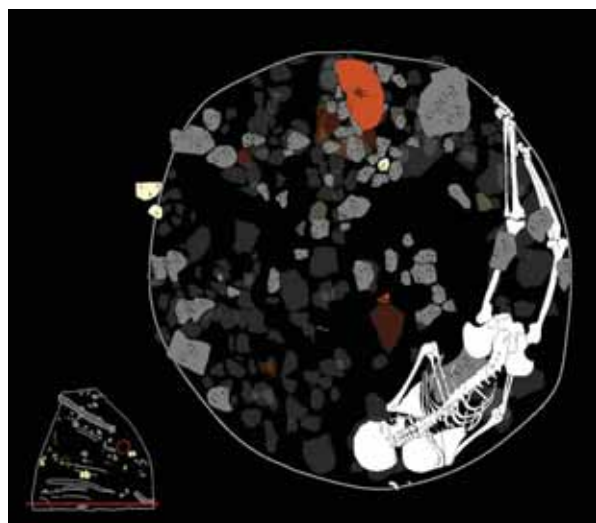


Figura 3.70. El pie derecho una vez analizado en el laboratorio.

**Niveles R y S.** Estos son los últimos niveles de la troncocónica. Junto a la pared SE se descubrió el esqueleto de un individuo adulto del sexo masculino, en posición extendida (siguiendo el contorno de la pared de la troncocónica) en decúbito ventral, en una dirección W-E (Figuras 3.71 y 3.72). El cinturón clavículo-escapular no descansó directamente sobre el suelo. La parte derecha lo hizo sobre una piedra dispuesta de manera vertical y la izquierda reposó sobre un cráneo. Debajo del tórax había una laja de piedra (Figuras 3.73 y 3.74).

Sobre los parietales y frontal del cráneo asociado se llevó a cabo una fractura intencional, es decir, hubo rompimiento del hueso por la aplicación de una fuerza provocada de manera deliberada con un fin específico. Además, esto se apoya en el hecho de que se encontró un fragmento de su parietal derecho junto a los restos de la mano derecha del esqueleto en cuestión. Dicho fragmento casa con precisión con un segmento del borde de la oquedad (Figura 3.74). Esto quiere decir, que la operación

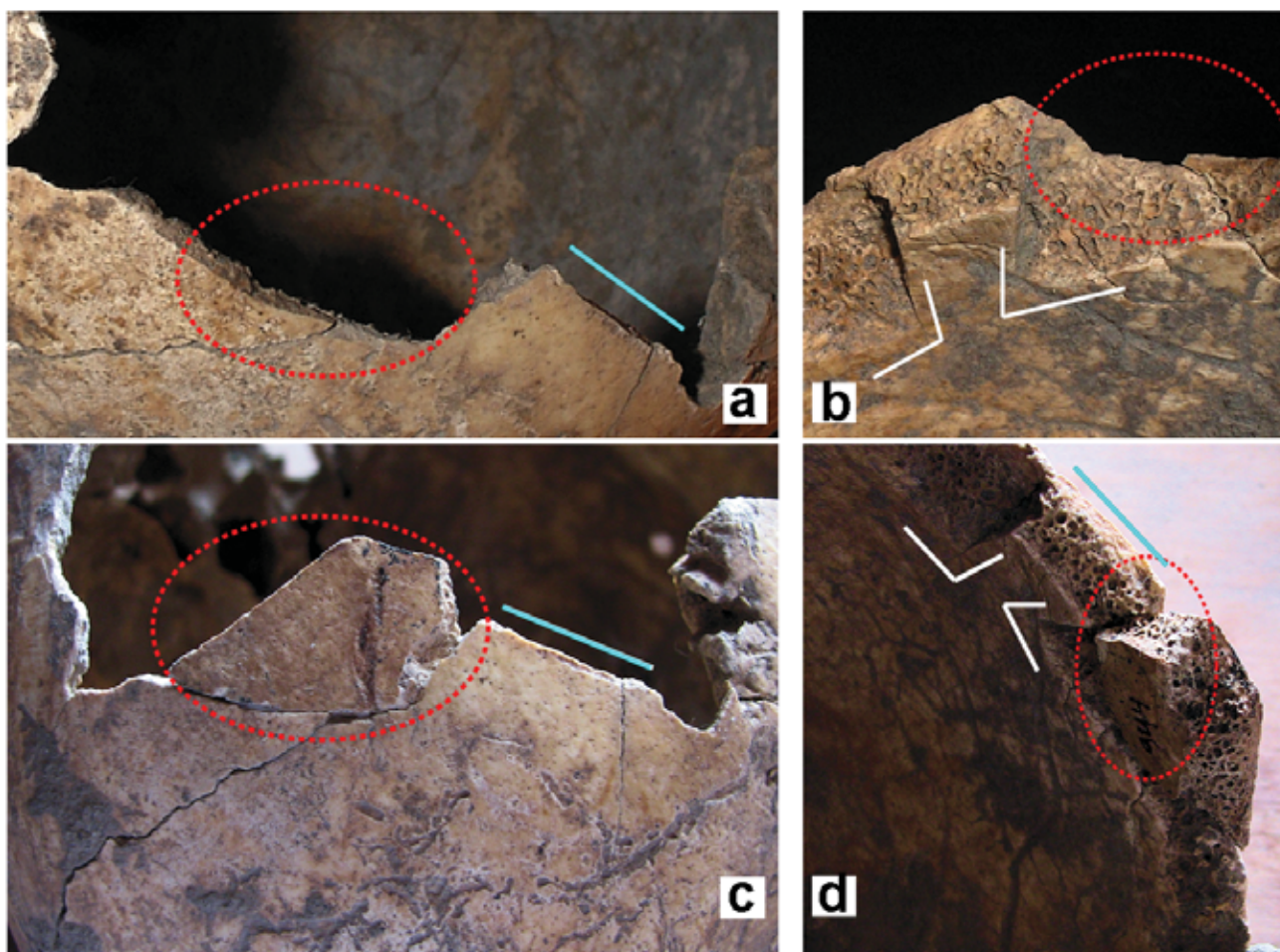
del corte craneal tuvo que llevarse a cabo en el interior de la fosa y el fragmento de parietal recuperado fue un desecho de esta tarea. Ésta tuvo que realizarse con el hueso en estado fresco por medio de un percutor (Pijoan y Lizarraga 2004). En un primer análisis el antropólogo físico Mauro de los Ángeles Guzmán señaló que la fractura del cráneo debió hacerse sobre hueso seco. El argumento que se presenta en esta tesis se explica en el capítulo de resultados antropofísicos.



Figuras 3.71 y 3.72. Dibujo de planta del Nivel R (izquierda) y reconstrucción del cuerpo en la posición en que fue depositado (Dibujo de G. Verduzco) (derecha).

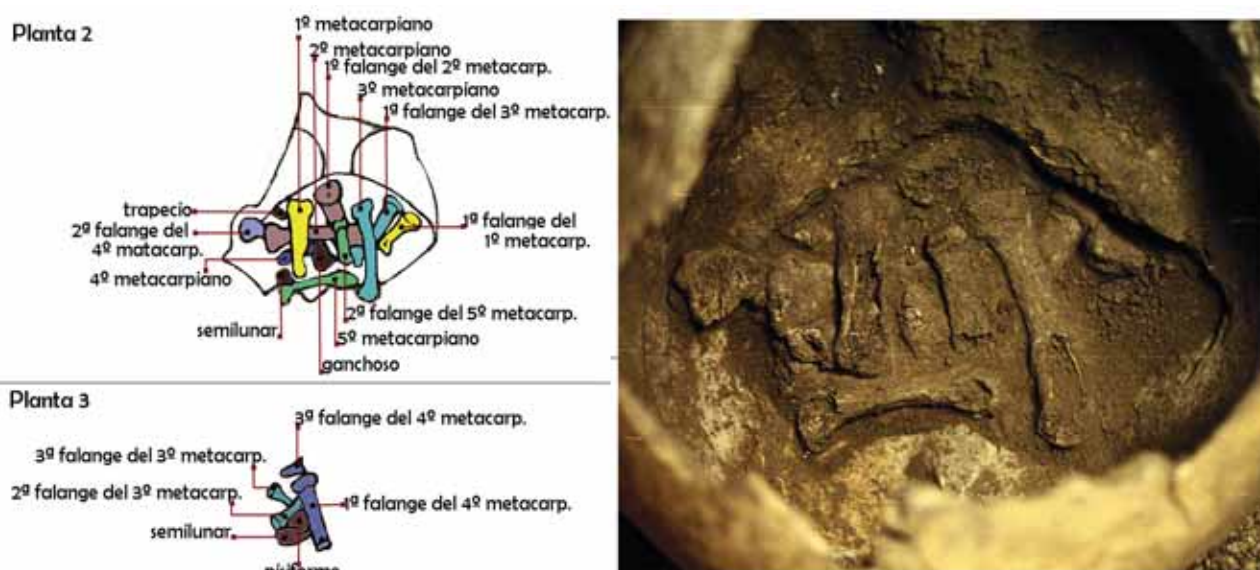


Figuras 3.73 y 3.74. Se observa la piedra sobre yació el lado derecho del cinturón clavículo-escapular mientras que el izquierdo lo hizo sobre un cráneo (derecha). El cráneo asociado liberado *in situ* (derecha).



**Figura 3.75. Detalle del borde parietal derecho del cráneo asociado: (a) Vista externa. El círculo punteado indica el lugar que coincide con el fragmento de parietal recuperado junto a los restos de la mano derecha del esqueleto en cuestión. (b) Se indican las incisiones de corte en la parte interna. (c) Se presenta la correspondencia exacta del fragmento con el borde parietal en la cara externa. (d) En el lado interno se aprecian las marcas de corte y el fragmento ensamblado.**

Al realizar la exploración del interior del cráneo asociado se descubrió un entramado de huesos de una mano derecha adulta. Con el análisis de los dibujos de planta y de la imagen fotográfica se deduce que los huesos no guardaron ningún tipo de relación anatómica. Lo que quiere decir que dichos elementos óseos fueron depositados sin tejido blando, es decir en calidad de hueso (Figuras 3.76-78). Lo anterior debió implicar un vaciado de la masa encefálica y la supresión de otros tejidos blandos para poder realizar el depósito.



Figuras 3.76 y 3.77. Se presentan los dos dibujos de planta de los huesos de la mano derecha encontrados en el interior del cráneo asociado (izquierda). Fotografía que corresponde con el dibujo de Planta 2 (derecha).

De acuerdo con el contenido de los artefactos encontrados en la troncocónica, así como de otros componentes cercanos y considerando la alta densidad de elementos en el área F, se deduce que esta zona fue un área habitacional con una importante cantidad de casas. Además, el uso de bajareque (en especial el crudo) como relleno sugiere la proximidad de una construcción que ya estaba en ruinas.

Un fragmento de carbón proveniente casi del fondo de la troncocónica fue fechado en  $2494 \pm 38$  a.p., lo que después de la calibración en  $1\sigma$  corresponde a 760-540 a.C. (Figura 3.29). La cerámica encontrada en su relleno pertenece a los complejos cerámicos Texoloc (650-500a.C.) y Tezoquipan (500 a.C.-100d.C.). Junto con la posición estratigráfica del elemento, esta información nos permite afirmar que la troncocónica pertenece a la primera ocupación de La Laguna (600-350a.C.).



Figura 3.78. Mano derecha encontrada dentro del cráneo asociado en el Nivel 18 de la troncocónica 46.

### 3.6.3 Áreas F1 y F4

#### 3.6.3.1 Entierro del Elemento 43

Se trata de una formación troncocónica con una posición estratigráfica similar a la 46. No se cuenta con ningún fechamiento directo pero por su analogía con esta última se adjudica su pertenencia a la primera ocupación del sitio, 600 a 350 a.C.

Sobre la troncocónica 43, en el nivel de ocupación posterior se asentó un muro adosado a una plataforma habitacional (Estructura 1 y elemento 70). Dos postes alineados a lo largo del muro penetraron el relleno de la fosa y en una etapa de ampliación de la plataforma o de su desmoronamiento, toda la boca se cubrió por una capa de unos 30cm de espesor, compuesta de láminas de sedimento de diferentes texturas (Figura 79). Además como resultado de actividades agrícolas se encontró una capa de migajón arenoso de 18cm de espesor. Por esto la boca de la troncocónica cuando fue descubierta se encontró a casi medio metro de profundidad de la superficie actual (Figura 3.30).

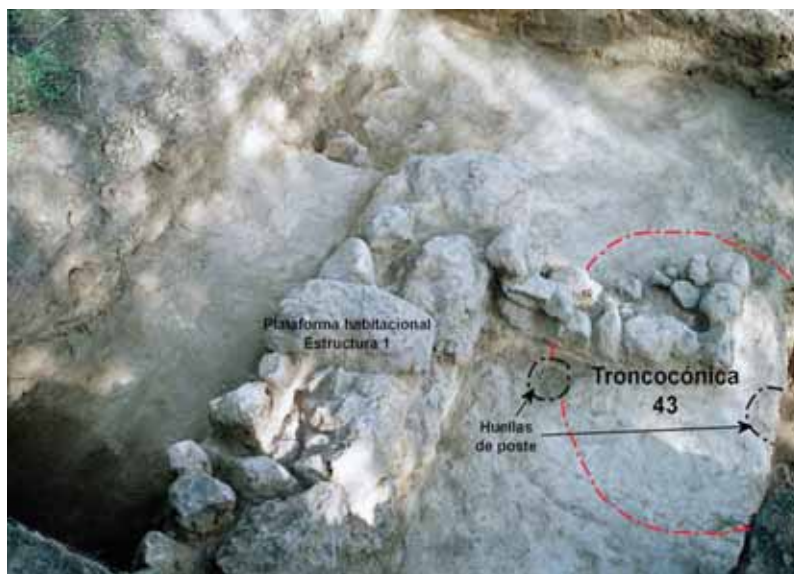


Figura 3.79. Nivel de ocupación sobre la troncocónica 43.

Las dimensiones de la troncocónica son de 80cm de profundidad y el fondo, asentado en el tepetate, tenía una forma circular con un diámetro de 1.5m. La parte superior de la fosa fue destruida pero es muy probable que en esta región se constriñera de manera abrupta (Figura 3.79).



En el fondo de la formación junto a la pared E se encontró el esqueleto de un individuo adulto masculino, éste sólo constó del cráneo y de los miembros de las cuatro extremidades. No se registró ningún elemento del tórax. Su posición fue flexionada en decúbito semi-lateral izquierdo. La dirección del depósito fue S-N y no se localizó ningún elemento asociado al entierro (Figuras 3.80-85). Los restos óseos, en particular los de la parte superior del cuerpo, presentan huellas evidentes de haber sufrido alteración térmica cuando aún tenía grasa y masa muscular: cambio de coloración y textura, compactación del tejido óseo, así como engrosamiento del hueso trabecular. Esto se analiza con más detalle en el capítulo de resultados antropofísicos.

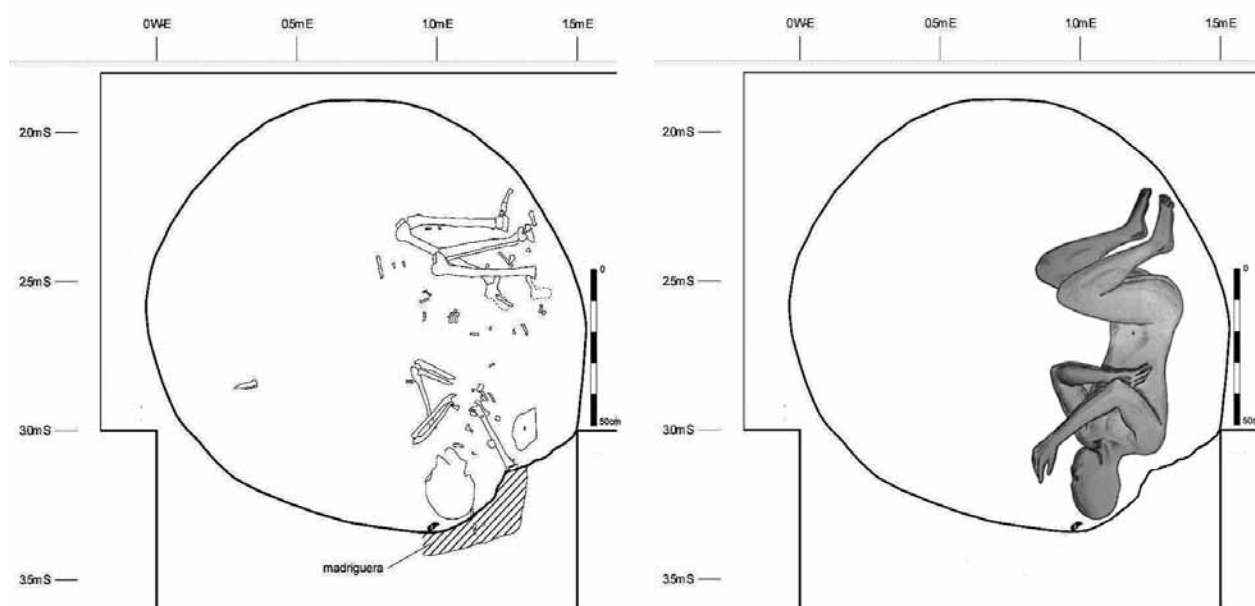
Al mismo nivel, pero del lado W de la troncocónica, se encontró la mitad de una mandíbula de carnívoro. En el relleno de la troncocónica predominó una arena migajosa de color amarillo grisáceo claro y de consistencia muy suelta. También se localizaron agregados de suelo redepositado de diversos tamaños y texturas más finas, así como fragmentos de carbón. Este relleno se subdividió en siete zonas. La diferencia entre una y otra fue el color, en algunas los tonos eran más amarillos y en otras más grises. Se ha comprobado que dicha coloración se debe a la tierra misma y no a la incorporación de ceniza. Esto indica la fuente de calor a la que estuvo expuesto el sujeto fue afuera de la formación troncocónica, es decir, antes de su entierro.



**Figuras 3.80, 3.81, 3.82 y 3.83. (a) Vista lateral de la troncocónica 43. Detalles del esqueleto depositado en el fondo de la fosa: (b) extremidades inferiores articuladas; (c) cráneo; (d) húmero, cúbito y radio derechos manteniendo la articulación del codo.**

Las características de la zona en donde se encontró la troncocónica y el relleno mismo facilitaron la penetración de raíces y madrigueras. Cerca del fondo de la fosa, el relleno se mantuvo con poca

perturbación con excepción de una pequeña madriguera entre la pared y el cráneo del esqueleto descubierto. En toda la troncocónica se encontraron muy pocos artefactos, todos ellos bastante fragmentados y sin duda redepositados con el mismo relleno.



**Figuras 3.84 y 3.85. Dibujo de planta del fondo de la troncocónica 43 (izquierda) y reconstrucción de la posición del individuo (Dibujo de G. Verduzco) (derecha).**

### 3.6.4 Áreas F2, F3 y F6

En el área de convergencia de las unidades F2, F3 y F6 se recuperó una fuerte concentración de depósitos culturales del Formativo: formaciones troncocónicas, pozos de diferentes formas y dimensiones, así como una posible huella de poste (Figura 3.30). Estos elementos cortaban uno al otro y estaban al parecer asociados con dos superficies de ocupación distintas (Figura 86). Los depósitos formativos se encontraron aislados de la superficie del terreno actual por aproximadamente 50cm de capas de origen coluvial que se acumularon entre el momento del abandono del segundo asentamiento formativo y la época moderna (Borejsza 2006:209-218; Borejsza *et al.* 2008: archivo suplementario 11) (Figura 3.87).



**Figura 3.86.** Área de convergencia de las unidades F2, F3 y F6. El elemento 85 es el más antiguo y fue cortado por el 50 y por el 83. Tomado y modificado de Borejsza (2006:217).

### 3.6.4.1 Entierro del Elemento 83

Se denominó como elemento 83 a un pozo de forma ovalada de dimensiones reducidas. Pertenece a la más antigua de las superficies de ocupación formativa, junto con las formaciones troncocónicas 50 y 85. Tiene por lo menos 65cm de profundidad. La boca del pozo fue difícil de delimitar pero se deduce que era más constreñida que la parte inferior porque sus paredes acusaban una ligera inclinación hacia adentro.

El fondo de la oquedad medía 70cm de largo por 45cm de ancho y fue cubierto con una capa del mismo relleno que se acuñaba de norte a sur, formando una especie de rampa con fuerte inclinación hacia el sur. Sobre ésta se depositó a un individuo adulto masculino en posición flexionada en decúbito ventral, con una dirección S-N. Los pies y la pelvis descansaron en el nivel del tepetate, es decir que la región inferior del bulto mortuorio no yació sobre la rampa (Figura 3.88).

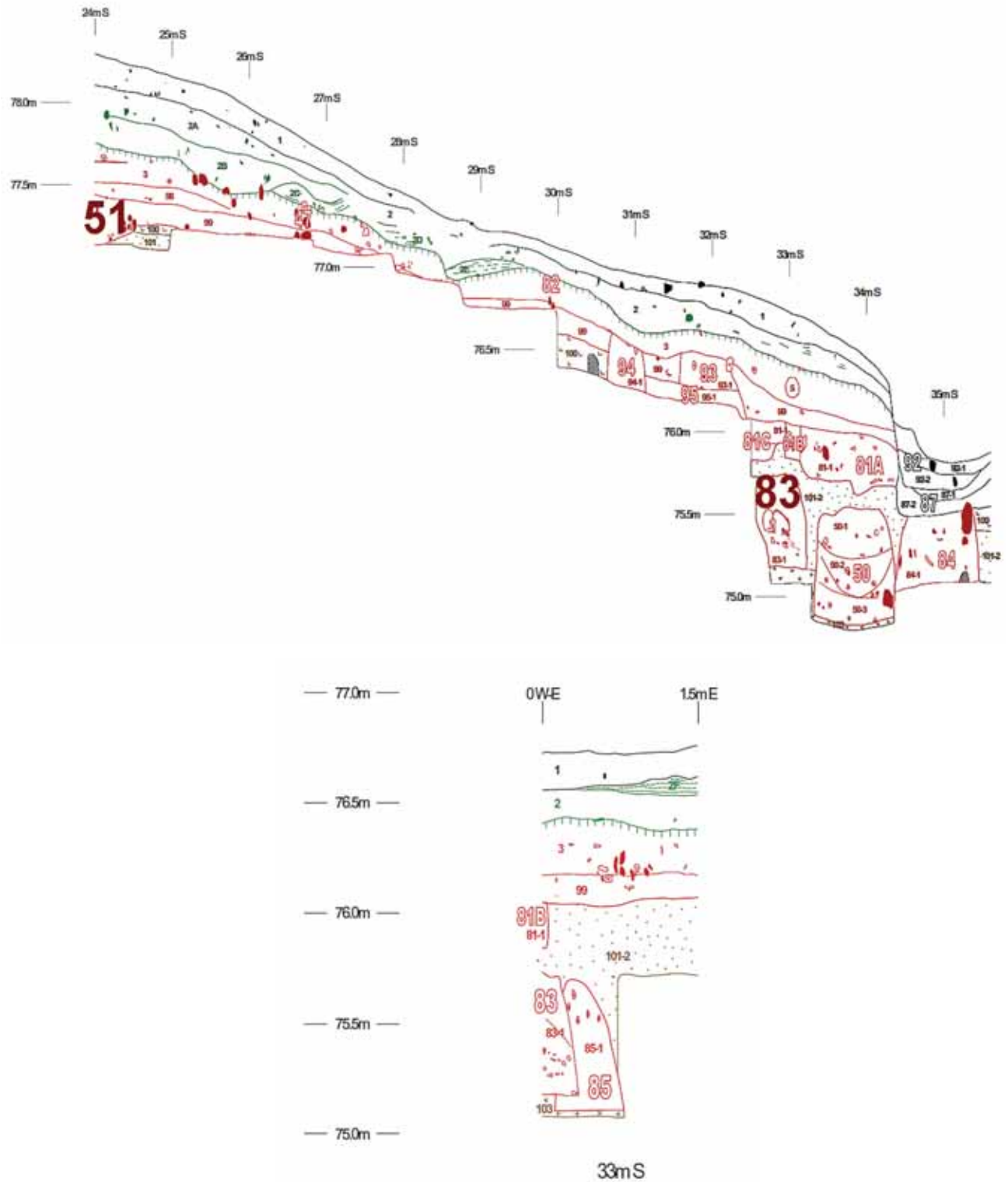


Figura 3.87. Corte estratigráfico de las unidades F2 y F3. Tomado de Borejsza (2006:214 y 215).



**Figura 3.88. Vista general del entierro del elemento 83.**

Sobre lo que fuera la espalda alta del individuo y la región baja de la cabeza se depositó un cajete de silueta compuesta bañado de engobe blanco con sus tres soportes hacia arriba (Figura 3.89). La forma y el tipo de acabado de superficie del cajete sugieren una asociación con el complejo cerámico Texoloc, lo que apuntaría hacia un momento temprano dentro de ese intervalo (Figura 3.90).

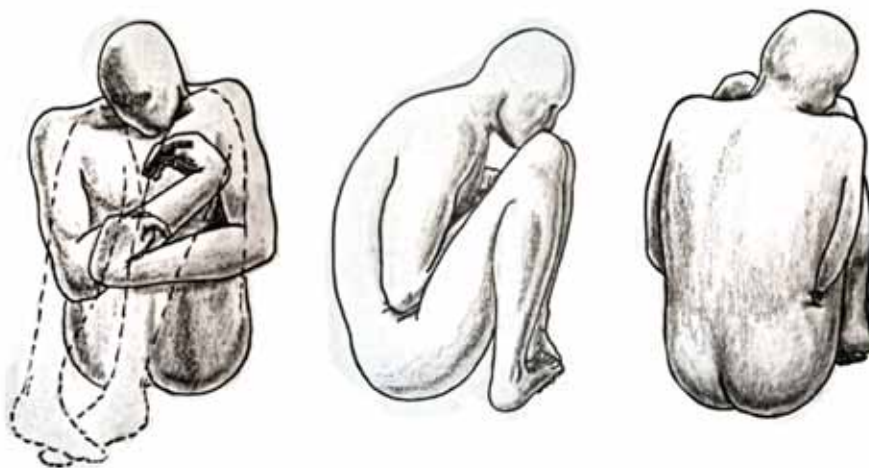


**Figuras 3.89 y 3.90. Cajete embrocado sobre la espalda del individuo (izquierda). Se aprecia el tipo cerámico que se asocia con el complejo Texoloc (derecha).**

Por la posición que conservó el esqueleto se deduce que el sujeto fue amortajado al momento de ser depositado. Esto también lo indica la posición de las clavículas que ceden por la presión que se ejerce sobre el cinturón clavículo-escapular (Cruzézy *et al.* 1990; Lacombe *et al.* 1990) (Figura 3.91y 3.92).



**Figura 3.91.** Se observa la posición del esqueleto del elemento 83 *in situ* sin el cajete.



**Figura 3.92.** Reconstrucción de la posición del individuo al momento de ser depositado: vista ventral (izquierda), vista lateral derecha (centro) y vista superior (derecha) (Dibujo de G. Verduzco).

El relleno del pozo fue uniforme, dominado por una arena muy fina de colores amarillentos (cercaos a 2.5Y5/5). Esto indica que los habitantes del sitio después de colocar el entierro volvieron a llenar el pozo con la tierra que se obtuvo al cavarlo. La tierra próxima al esqueleto tenía una coloración más oscura, quizá por los procesos de descomposición del cadáver o de objetos de materiales orgánicos

---

que lo acompañaban. Además, la arena depositada cerca del esqueleto parecía a menudo de textura más gruesa que en el resto del relleno.

Por el tamaño reducido y la naturaleza del relleno del elemento 83 se concluye que sólo desempeñó la función de una tumba. Es decir fue cavado con la motivación expresa de depositar en él un solo cadáver. Una vez terminado el entierro, el pozo fue inmediatamente rellenado de tierra y nunca perturbado entre ese momento y su excavación. Este elemento se localizó en medio de un área habitacional del sitio.

No se cuenta con ningún fechamiento absoluto pero por la posición estratigráfica es muy probable que pertenezca al primer asentamiento formativo de La Laguna, fechado entre 600 y 350 a.C.

#### **3.6.4.2 Entierro del Elemento 50/85**

Se trata de dos formaciones troncocónicas localizadas en la unidad de excavación F3. Es posible que pertenezcan a la primera ocupación del sitio al igual que el elemento 83. La troncocónica 85 fue bastante somera, sólo se conservó una pequeña sección de su contorno debido a que la troncocónica 50, de mayor profundidad, la cortó (Figura 3.86). Quizá al momento en que se cavó el elemento 50 la gente limpió lo que quedaba del 85 para utilizar ambas formaciones como un sólo pozo, ya que el relleno de las dos fue uniforme.

Muy cerca de la boca de la troncocónica 85 se encontró un esqueleto infantil de 2.5 años, en posición flexionada en decúbito lateral derecho en dirección E-W. Debido al crecimiento próximo del tubérculo cacaxtlapa (*Ipomoea stans*) el cráneo y otros elementos óseos sufrieron fracturas, lo que ocasionó su deterioro. No presentó ninguna ofrenda asociada. El relleno contenía varios artefactos, pero todos ellos bastante fragmentados y probablemente arrastrados junto con la tierra usada para llenar las troncocónicas (Figura 3.93).

Se abre la hipótesis de que el que el elemento 85 haya sido una troncocónica abandonada y al estar casi rellena se aprovechó para depositar el cadáver de un niño sin que se le diera ningún tratamiento mortuorio especial.



**Figura 3.93. Entierro del elemento 85. En el extremo inferior derecho se aprecia la posición que debió tener el niño al momento de ser depositado.**

### **3.6.4.3 Entierro del Elemento 49**

En la unidad F2 se encontró una de las pocas superficies de ocupación formativa bien conservadas, pero su exploración quedó incompleta por limitaciones de tiempo. En ella había dos alineamientos de piedra (elemento 47), una posible huella de poste (elemento 48) y un par de cazuelas con huesos en su interior (elemento 49). Los tres elementos parecían mantenerse alineados. Las cazuelas y las piedras yacían sobre la misma superficie compacta, así como también algunos tepalcates grandes (Figuras 3.94 y 3.95).

Lo que favoreció la conservación de las cazuelas *in situ* fue una etapa de sedimentación que las dejó sepultadas. Primero hubo una capa de 45cm de espesor producto de la sedimentación coluvial acelerada, ocurrida en el momento del abandono del segundo asentamiento formativo (zona 3), además de una gran cantidad de tepalcates, carbón, fragmentos de bajareque y bloques de tepetate redepositado. Esto pudo ser consecuencia de la desintegración de alguna construcción ladera arriba o



de la deposición intencional de un relleno que permitiera nivelar el terreno para construcciones nuevas. Después se agregó a esta secuencia otra capa de 45cm por etapas de coluviación más recientes (zonas 2 y 1), de tal forma que en el momento del hallazgo las cazuelas se encontraban a una profundidad de casi un metro.



**Figuras 3.94 y 3.95. Se observan las alineaciones de piedra con las vasijas del elemento 49.**

Las cazuelas estaban dispuestas una embrocada sobre la otra, con los restos de un individuo infantil de 5 años en su interior. La primera cazuela tenía un diámetro de 32 cm. y fue colocada boca arriba con su costado NW descansando sobre un pequeño cúmulo de cantos rodados. En el sitio no se ha encontrado algún afloramiento natural con ese tipo de piedras. En la unidad de excavación F1 se encontró otra concentración de piedras parecidas pero sin estar asociadas a un contexto funerario (Figura 3.96). La segunda cazuela, haciendo la función de tapa era más somera y amplia, tenía un diámetro de 39 cm.

Las dos piezas cerámicas tienen engobe rojo y de acuerdo con su tipología pertenecen al complejo cerámico Tezoquipan. Ambas se vieron afectadas por la presión de la tierra y por el crecimiento de las raíces, lo que provocó su fractura y el movimiento de la que fuera la posición original de la cazuela de arriba. Esto también afectó la preservación de los restos óseos, por lo que sólo se pudieron recuperar fragmentos de huesos largos y de cráneo, así como piezas dentales. Entre la tierra que se encontró en su interior había carbón. De acuerdo con la posición del fragmento de cráneo y por la posición de dos fragmentos de hueso largo se puede inferir que el cuerpo fue depositado en dirección W-E.

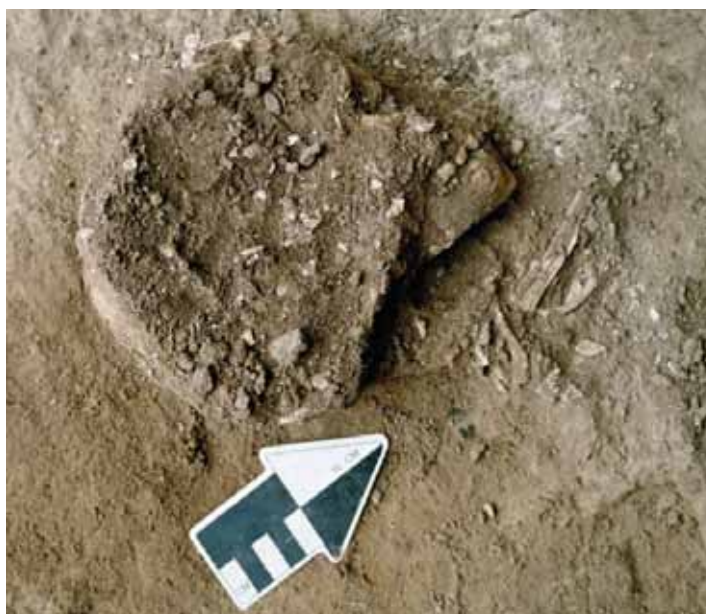
Por la posición estratigráfica y por el tipo de vasijas es probable que pertenezca a la segunda ocupación formativa. Al parecer los restos humanos fueron manipulados dentro de una unidad habitacional, quizás incluso en un espacio techado. No parece tratarse de un entierro como tal, ya que las cazuelas quedaron sepultadas en un episodio de destrucción o remodelación de toda el área.



**Figura 3.96.** Las dos vasijas como se encontraron in situ (arriba izquierda). Al quitar la vasija superior se deja ver el relleno de la otra cazuela (arriba centro). Entre la tierra del relleno se alcanza a observar un fragmento de hueso (arriba derecha). Fragmento de cráneo en muy mal estado de conservación (abajo izquierda). La cazuela liberada (abajo centro y derecha).

#### 3.6.4.4 Entierro del Elemento 51

En la esquina NE de la unidad F2 se localizó una fosa muy somera con un individuo infantil depositado en ella. De la osamenta sólo se conservó el cráneo con la mandíbula, algunas vértebras cervicales y la clavícula derecha pero en muy mal estado de conservación. *In situ* sólo se preservaron concentraciones de astillas que permitieron distinguir el contorno de algunos elementos óseos. Lo único que se puede deducir de la posición es que estuvo sobre su costado izquierdo en una dirección W-E (Figura 3.97).



**Figura 3.97. Cráneo *in situ* del elemento 51. Se observa su mal estado de conservación.**

En las inmediaciones había más cantos rodados parecidos a aquéllos en los que se apoyaban las cazuelas del elemento 49. Al parecer la fosa fue cavada a partir de la misma superficie de ocupación que los elementos 47, 48 y 49. Pertenece a la segunda ocupación formativa.

### **3.6.5 Área I**

Se ubica en el centro del sitio, rodeada por los tres montículos más grandes (Figura 3.98). Hay dos niveles de ocupación Formativa. Se identificaron alineaciones de piedra muy bajas que representan sólo la huella de muros, así como restos de piso. Es probable que la función de los muros haya sido la de delimitar un espacio exterior y no la de soportar estructuras. Esto se deduce por su tamaño pequeño y porque sus lados careados no son para definir un exterior. Podrían haber sido parte de un patio asociado a una estructura cercana (Carballo *et al.* 2005).

#### **3.6.5.1 Elemento 129: Entierro secundario**

Se localiza un entierro a pocos metros enfrente de las alineaciones de piedra, encima del tepetate sin estar asociado a ninguna fosa (Figura 3.99). Pertenece al nivel de ocupación del Formativo Tardío. Al parecer la matriz de suelo donde se ubicó el bulto mortuario corresponde a un relleno antropogénico que se extendía desde los muros hacia el W.



Figura 3.98. Localización del área I próxima al centro cívico-ceremonial. Tomado y modificado de Carballo (2006).

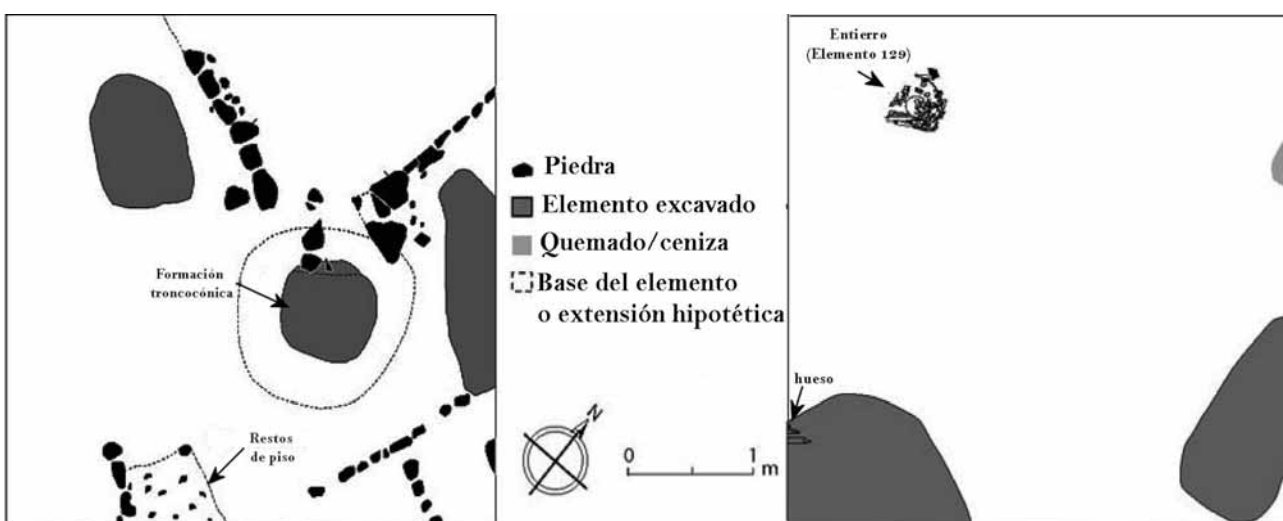


Figura 3.99. Dibujo de planta del área I. Tomado y modificado de Carballo (2006).

El entierro es de tipo secundario y directo. Presenta muy mal estado de conservación, la mayoría de las epífisis de los huesos largos se perdieron. No se encuentra ninguna relación anatómica entre los elementos óseos. En las imágenes se puede apreciar la disposición irregular de los huesos cortos mientras que los huesos largos estuvieron acomodados entre ellos de forma paralela (Figuras 3.100 y 3.101). El cráneo se mantuvo en posición ventral mientras que la mandíbula en dorsal. Estuvo en dirección W-E. Lo más probable es que se trate de un ritual doméstico traducido en segundas exequias, con la intención de demarcar un espacio familiar en un lugar de actividad pública (*Ibid.*).

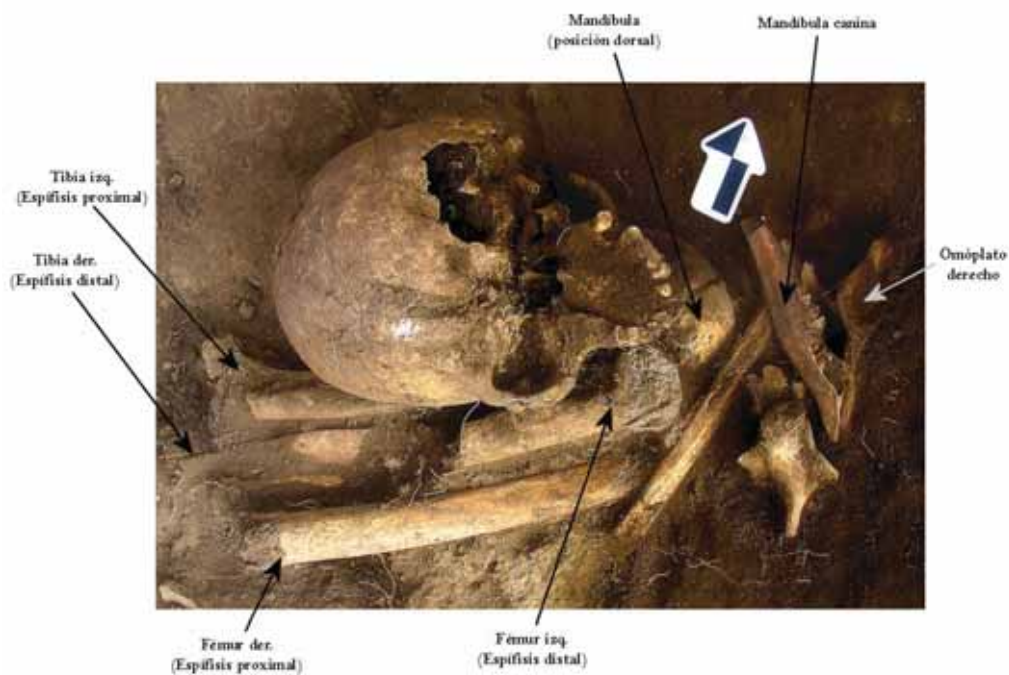
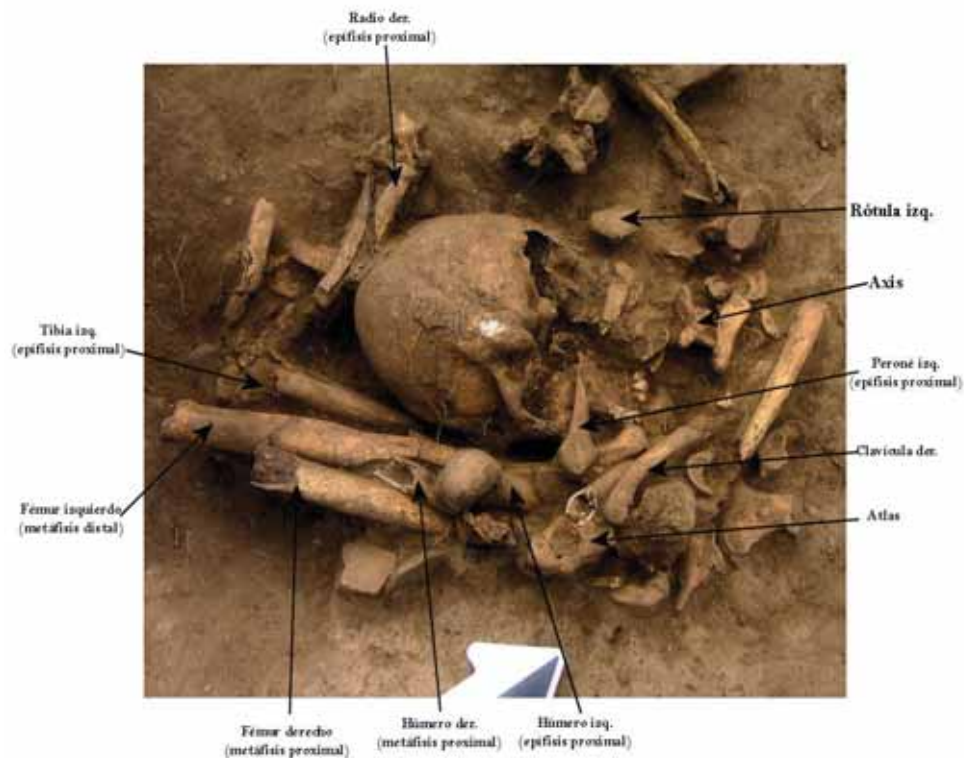
---

Es interesante anotar que en el entramado de los huesos se encontró un fragmento de mandíbula canina. Alrededor de los huesos había arcilla muy compacta y tiestos de pequeños entre los elementos óseos. Los restos corresponden a un individuo adulto del sexo masculino.

En esta área también se encontraron cuatro pozos ovalados de poca profundidad: elementos 137, 138, 139 y 140. El primero contuvo desechos domésticos: hueso, figurillas, carbón, concha y restos botánicos. El relleno de los dos siguientes tenía mucha ceniza, lo que indica que se utilizó como fogón o para quemar basura. El último sirvió como basurero abierto. También se localizó una formación troncocónica (Elemento 141) que contuvo materiales de uso doméstico y en su capa inferior había ceniza. Este último elemento se excavó antes de la construcción de los muros, por lo tanto pertenece a una etapa de ocupación más antigua (*Ibid.*).

En este espacio se obtuvo la más alta densidad de todo el sitio en cuanto a tiestos y otros materiales recuperados. Se encontraron los restos de varios incensarios y la parte inferior de un Huehuetotl hecho de cerámica (Figura 3.102). También se hallaron materiales foráneos y de ornamento personal.

En el sitio las orejeras recuperadas por lo general eran de arcilla, con engobe y pintadas. Entre las variedades se pueden encontrar: sólidas/sin decorar, huecas/sin decorar y huecas/decoradas. Las huecas implican un trabajo muy fino y era usual su pulido. Si se comparan las muestras que se han obtenido del área de excavación F con la I se distingue una diferencia. En el área F sólo se encuentran sólidas/sin decorar y huecas/sin decorar, mientras que en el área I hay huecas/sin decorado pero además hay una hueca/decorada y otra hecha de jade. Esto pudiera ser un indicativo de diferencias sociales entre los habitantes de la periferia y del centro de la comunidad (Figura 3.103).



Figuras 3.100 y 3.101. Entierro secundario 129 en proceso de excavación. Se anota el nombre de cada elemento óseo para analizar la distribución de los restos (Fotos de Carballo).



Figura 3.102. Fragmento de quemador de incienso encontrado en el área I. Tomado de Carballo (2006).



Figura 3.103. Muestras de orejeras recuperadas en las excavaciones de las áreas F e I. Tomado de Carballo (2006).

### 3.6.6 Área H

En la primera ocupación (posiblemente de 700 a 400 a.C.) los habitantes excavaron pozos troncocónicos en el tepetate y después del uso primario fueron rellenados con basura doméstica y en el caso del elemento 143 con un entierro.

Durante la segunda ocupación los habitantes aplanaron el área y construyeron por lo menos tres edificios. Las estructuras están en la ladera del cerro alrededor de una plaza central. Se trata de

unidades domésticas que fueron habitadas por una familia de alto rango social en la comunidad. Se cuenta con dos fechamientos por radiocarbono: 100 a.C.-100 d.C. Lo que resalta es el tamaño de las estructuras y su elaboración. Dos de ellas tuvieron plataformas considerables y muros de bajareque pintado con motivos geométricos (Carballo 2007a).

Las estructuras del área H presentan similitudes con las residencias del Formativo en el Altiplano central: entierros dentro de pisos, fogones y una plataforma más sencilla con basureros y áreas de actividad con zonas quemadas. Además los materiales recuperados son en su mayoría de uso doméstico: manos, metates, vasijas para preparar y consumir alimentos e implementos líticos de uso cotidiano (Figuras 3.4 y 3.104).

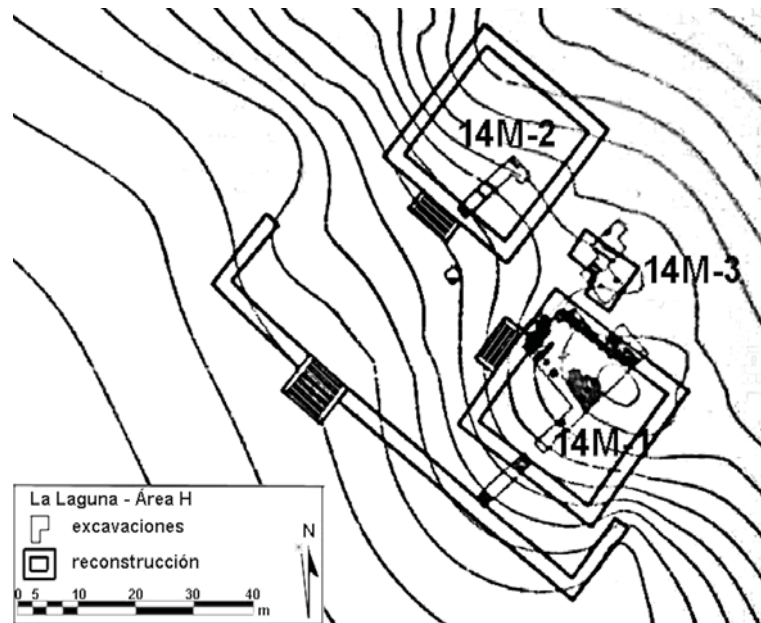


Figura 3.104. Localización de las estructuras en el área H.

### 3.6.6.1 Entierro del Elemento 143

En uno de los pozos que se encontraron debajo de las estructuras 14M-1 y 14M-1Sub se localizó el entierro de un niño de 4 ó 5 años extendido en decúbito dorsal con dirección E-W (Figura 3.105). A la altura de la mandíbula en el lado derecho se dispuso una olla miniatura completa. Encima de la osamenta yacían piedras, en las cuales se encontraron restos de fibras blancas y se localizó un fragmento del cuerpo de una olla depositado con su lado convexo hacia arriba conteniendo carbón. Este último fue fechado y circa 800-600 a.C. Es posible que la madera quemada durante el ritual fuese más antigua porque el tipo de cerámica no es como de de la fase Tlatempa, que corresponderían



a esta fecha, y tiene más similitud con las de la fase Tezoquipan. Debajo del fragmento de la olla también había fibras blancas.

El contorno del entierro estuvo marcado por fibras que es posible hayan sido parte del textil en el que estuvo envuelto. El esqueleto se encontró en muy mal estado de conservación por la presión de las piedras dispuestas sobre él y por la compresión ejercida por las estructuras construidas a la postre.

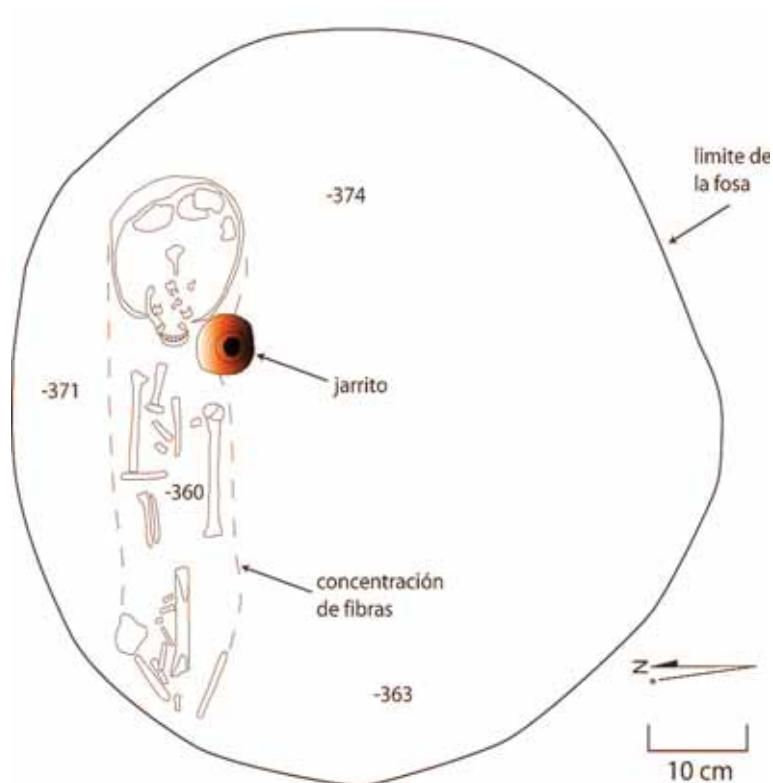


Figura 3.105. Dibujo de planta del entierro del elemento 143.

### 3.6.6.2 Estructura 14M1

Se trata de una plataforma de una unidad residencial de mayor tamaño con una estructura hecha de bajareque pintada con motivos geométricos. La fecha de construcción (50-120 d. C.,  $2\sigma$ ) corresponde a la transición entre las fases Tezoquipan y Tenanyecac.

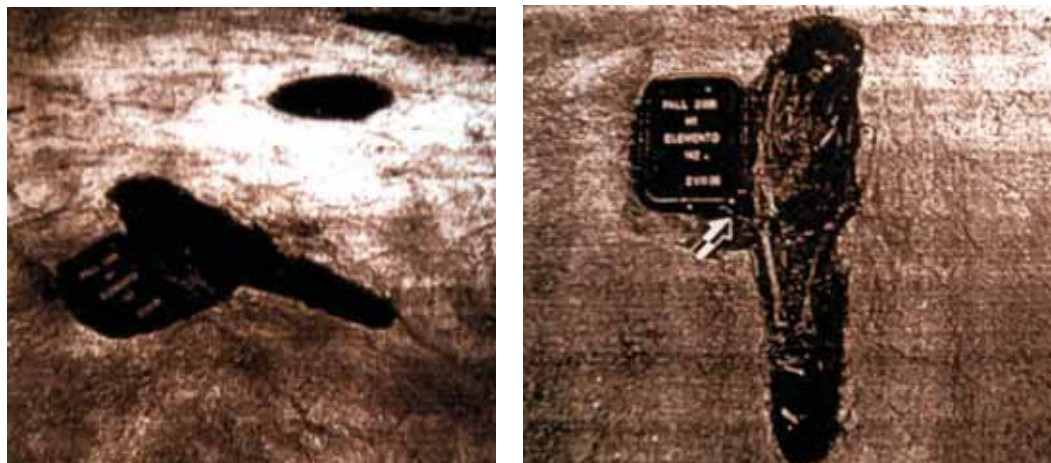
La plataforma de la estructura tiene muros en talud, mampostería formada de tezontle y basalto. El aplanado de estos taludes tiene un acabado de tepetate molido de 5-6 cm de grosor combinado con un argamasa, probablemente, como el aguamiel. El núcleo de la plataforma está formado por un sistema

de cajón y relleno. Su volumen interior es de unos 1500 m<sup>3</sup> (25x25x2.4m). El acceso principal era por el lado N, por una escalinata que conduce al patio frontal (Figura 3.104).

Hay evidencias de que un fuerte incendio la consumió: huellas de poste con barro quemado y madera carbonizada, una concentración abundante de barro quemado y carbón, así como el hecho de que en algunos casos el bajareque de la estructura alcanzó temperaturas que vitrificaron al barro. Es probable que haya sido intencional porque concuerda con el abandono del sitio circa 100-150 d.C.

### 3.6.6.3 Entierro del Elemento 142

El piso de la plataforma fue cortado para sepultar a un individuo adulto joven del sexo femenino. El sujeto fue colocado en posición extendida en decúbito dorsal, con dirección N-S. La osamenta tuvo un buen estado de conservación. Se encontró el fragmento de una figurilla junto a la parte distal del húmero izquierdo (Figuras 3.106-104).



**Figuras 3.106 y 3.108. Se muestra como el piso fue roto para llevar a cabo el depósito del individuo.**

Al E de la estructura, encima del apisonado que representa el último nivel de ocupación del Formativo, se ubica un fogón pequeño rodeado por piedras. En algunos casos hay pozos troncocónicos muy por debajo de este nivel estratigráfico.

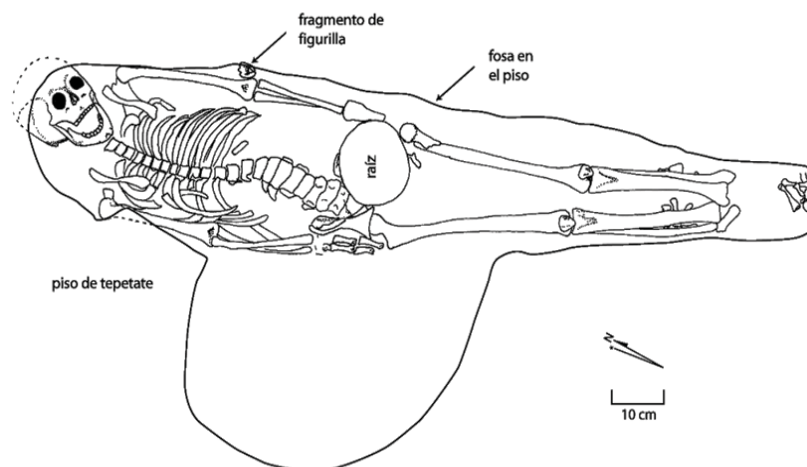


Figura 3.108. Dibujo de planta del entierro 142 encontrado en la unidad 14M-1.

#### 3.6.6.4 Entierro del Elemento 149

En un pozo circular en la plataforma se encontró un entierro en posición flexionada en decúbito dorsal, orientado hacia el sur. Tuvo una vasija asociada a la altura de la cabeza y unos adobes colocados sobre las extremidades inferiores. Aunque el contexto del entierro puede ser consistente con la ocupación formativa, la vasija y el estilo de entierro tiene semejanzas a dos documentados para la ocupación Epiclásica en Xochitécatl por Serra Puche *et al.* (2006: 33-34). Es posible que unas unidades domésticas aisladas aprovecharan del montículo de Estructura 14M-1 (Carballo 2007a).

#### 3.6.6.5 Estructura 14M2 y 14M3

Es una plataforma de una unidad residencial de mayor tamaño al norte de 14M-1 y parte del mismo conjunto residencial. En el piso de la plataforma de la unidad residencial (Estructura 14M-2). Se encontró un entierro fragmentado y alterado por procesos tafonómicos naturales (elemento 157). Sólo se conservaron partes de los huesos de las extremidades inferiores. Cabe la posibilidad de que se haya tratado de un entierro en el piso de la estructura (*Ibid.*).

La 14M3 también se trata de una plataforma doméstica al lado N de 14M-1. Es probable que haya sido una cocina (110 a.C – 70 d.C.).

---

# 4

---

## ANÁLISIS DE RESULTADOS

---

### 4.1 Antropofísicos

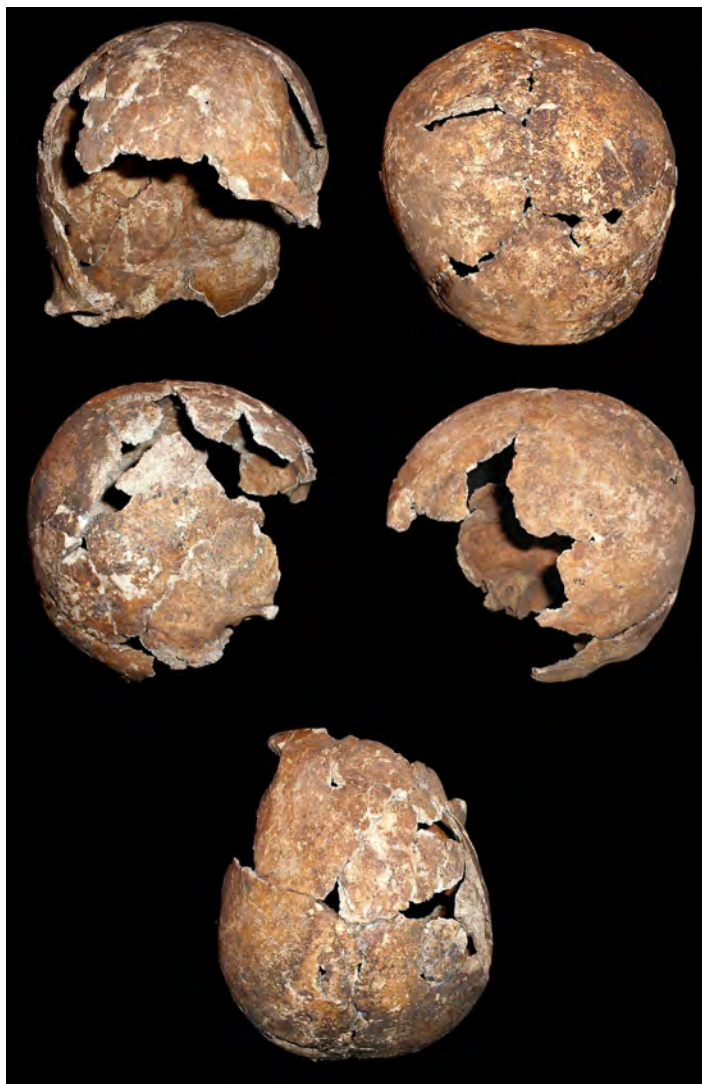
#### 4.1.1 Esqueleto del Elemento 63 (Las Ardillas, unidad B6)

El material óseo presenta a nivel morfooscópico un estado de degradación avanzado. Se observan alteraciones por causas tafonómicas de origen natural: deformación por el terreno, fragmentación, descamación y pérdida completa de los elementos anatómicos (Figura 4.1 y 4.2).



Figura 4.1. Esqueleto completo del Elemento 63.

Se trata de un individuo femenino, designado así por la abertura de la escotadura ciática de los iliacos (Figura 5.3). La edad estimada oscila entre 35 y 39 años de acuerdo con la superficie auricular del iliaco derecho (Lovejoy *et al.* 1985 b) (Figura 5.4). Dentro de la clasificación de Hooton (1947) se ubica como un adulto medio.



**Figura 4.2. Cráneo del Elemento 63 en cinco posturas.**

En lo que se refiere al estado dental, se registra una pérdida de hueso alveolar mayor a los 6 mm, depósitos cálcicos en algunas piezas y pérdida *antemortem* del primer premolar y tercer molar derechos, así como los tres molares izquierdos. Todo esto se asocia con la enfermedad periodontal (Figuras 4.7-9). En el primer premolar superior izquierdo y en el primer molar inferior izquierdo hay afectación por un proceso carioso radicular. En todas las piezas se observa desgaste dentario severo, en los incisivos centrales inferiores se perdió por completo el esmalte de la superficie oclusal, dejando expuesta la cámara pulpar; en el resto de las piezas el esmalte de la corona no se perdió

por completo y la dentina quedó al descubierto principalmente en la arcada superior. En los molares izquierdos de la mandíbula el desgaste es menor debido a la falta de oclusión por la ausencia de las piezas superiores correspondientes. Cabe anotar que en el incisivo lateral superior derecho y en el canino del mismo lado se observa un desgaste peculiar en la cara labial que podría corresponder al uso de los mismos para otro tipo de actividad. En los incisivos superiores centrales hay hipoplasia dentaria en forma de líneas que surcan transversalmente la corona (Figuras 4.5 y 4.6).



**Figuras 4.3 y 4.4. Iliacos con la obliteración de la escotadura ciática propia del sexo femenino. (Izquierda). En la superficie auricular la organización transversal ha desaparecido y sólo se observan ligeras estrías (derecha).**



**Figuras 4.5 y 4.6. Arcada superior que presenta un marcado desgaste dental y la reabsorción del hueso alveolar de los molares (izquierda). En la mandíbula, vista oclusal, se indica la afectación por el proceso carioso en el primer molar izquierdo (derecha).**

En cuanto a las lesiones óseas que se encuentran como resultado de alguna alteración patológica se observa en los parietales del cráneo un ligero puntilleo que se relaciona con la hiperoostosis porótica. En la región media posterior del húmero izquierdo la morfología del tejido óseo corresponde a periostitis infecciosa con osteomielitis (Figura 4.11) y lo mismo se registra en la parte distal del cúbito izquierdo pero en este caso con un proceso de neoformación ósea reparativa sobre la cortical antigua (Figura 4.10). En las extremidades inferiores la cabeza del fémur derecho

presenta osteolisis en el borde del cuello (Figura 4.13); en la región proximal posterior de la tibia se observa destrucción ósea con aposición de hueso, no obstante debido al estado de preservación no se tiene una imagen clara pero esto pudo ser con secuencia de una osteomielitis (Figura 4.14) y en las epífisis distales de los peronés hay cambios en el tejido por periostitis (Figura 4.12).

En lo que se refiere a marcas de actividad el extremo distal de la clavícula izquierda se presenta robusto con exostosis ósea en el lugar de inserción del ligamento conoide. Esto se asocia a la fuerza aplicada con una dirección que tira hacia abajo de la punta lateral de la clavícula. No hay osteometría por el estado de conservación de los restos óseos.



**Figuras 4.7, 4.8 y 4.9.** Se observa el proceso carioso del primer molar superior izquierdo y la pérdida de hueso alveolar alveolar (izquierda). Las flechas blancas señalan el desgaste dental y las negras las hipoplasia del esmalte (centro). Se aprecia la severa pérdida de hueso alveolar por la enfermedad periodontal que el individuo sufrió en vida (derecha).



**Figuras 4.10, 4.11 y 4.12.** Fragmento del cúbito izquierdo con osteomielitis (izquierda). Diáfisis del húmero izquierdo con periostitis y osteomielitis (centro). Peroné con periostitis (derecha).

En suma, lo que se deduce de este individuo es que en vida fue una mujer adulta con un mal estado de salud dental con posibles repercusiones a nivel sistémico. La enfermedad periodontal pudo tener relación con la osteomielitis que se observa en el cúbito y húmero izquierdos. Welkerling *et al.* (2006) reportaron un caso clínico en el cual la *Porphyromona gingivalis* fue el agente causal de osteomielitis hematógena en la diáfisis del cúbito. Esta bacteria es un miembro importante de la microbiota periodontal, involucrada tanto en la progresión de la periodontitis como en los procesos de destrucción de hueso y tejido. Además, si la mujer tuvo algún embarazo la afectación de la enfermedad periodontal aumenta (Uslu *et al.* 2007; Adriaens *et al.* 2009). También la deficiencia nutricional pudo ser un agente importante para la respuesta del sistema inmunológico ante el ataque bacterial.

Asimismo, a pesar de que es muy poca la evidencia en cuanto a las marcas de actividad, por la marca que presenta en la clavícula tuvo que involucrar en su quehacer cotidiano la acción de llevar una carga pesada en las manos con los brazos extendidos a los lados del cuerpo (Capasso 1999). Aunado a esto el desgaste dental indica la posibilidad de que utilizara su aparato masticador como tercera mano.

#### 4.1.2 Primer Esqueleto del Elemento 46 (Las Palmas, unidad F1/5)



Figura 4.13. Primer esqueleto del elemento 46.

La osamenta presenta, de manera general, un buen estado de conservación. La falta de algunos elementos óseos y la remoción de otros, como ya se describió en el Capítulo III, se asocian a una cuestión de orden intencional. Las alteraciones tafonómicas que se observan se deben a procesos de



tafonomía natural: coloración por terreno y destrucción de algunas partes por deshidratación o por el crecimiento de raíces (Figura 4.13).



**Figura 4.14.** Cráneo del primer esqueleto del Elemento 46 en seis posturas.

El individuo presenta las características morfológicas propias del sexo masculino en la pelvis y en el cráneo (Figura 4.14). La osteometría y los índices que señalan algunas características de la morfología craneal se presentan en las Tablas 4.2 y 4.3. Para estimar la edad se utilizaron diferentes parámetros: de acuerdo con el cierre epifisial en huesos largos su edad está en 20-23 años (Brothwell, 1994); según la morfología de la sínfisis púbica está en la última etapa de la Fase I, 15-23 años (Brooks y Suchey 1990) (Figura 4.15); en la superficie auricular de los iliacos se presenta en la Fase I, 20-24 años (Lovenjoy *et al.* 1985b) (Figura 4.16); y en el desgaste dental que se observa, según la clasificación de Brothwell (1987:108) está en la Etapa I (fase 2) 21 años. Estos métodos

apuntan a que la edad biológica del individuo al momento de la muerte estuvo en el intervalo de 20 a 23 años.



**Figuras 4.15 y 4.16. Superficie ventral y lateral de ambas sínfisis púbicas (izquierda). Carillas auriculares de ambos iliacos (derecha).**

Para la valoración odontológica el individuo sólo cuenta con la arcada dental superior. Todas las piezas dentales se encontraron en el alvéolo correspondiente. Los incisivos centrales presentan una fractura *postmortem*. El espesor de placa bacteriana calcificada que se registra en la cara lingual de todas las piezas es muy ligero. En los primeros molares la corona dentaria perdió tejido duro, en el derecho la dentina expuesta es mayor que en el izquierdo. En los segundos molares el desgaste del esmalte es menor y sólo se observan puntos de dentina. Esto se atribuye, en general, al proceso de masticación (Figura 4.17). En el cráneo a pesar del estado de conservación y de la ausencia de su región posterior se puede apreciar un grado notable de modelado cefálico de tipo tabular erecto con frontal huido (compresión en occipital y frontal) (Figura 4.14).



**Figura 4.17. Vista lateral derecha, central y lateral izquierda de la arcada dental superior. Las flechas indican el depósito de placa bacteriana calcificada.**

En los parietales y en el frontal del exocráneo se registra hiperostosis porótica ligera. En la diáfisis media del húmero derecho hay huellas de periostitis con morfología en placas, así como en el fémur izquierdo. En la cara anterior e interna del cuello femoral se observa *cribra femoral*, que se caracteriza por la presencia de numerosos orificios de pequeñas dimensiones (Figura 4.18). Tanto la

hiperostosis porótica como la *cribra femoral* están relacionadas con problemas de carácter nutricional.



**Figuras 4.18 y 4.19. Se indica la cribra femoral (izquierda). Endocráneo donde se muestra la osteólisis o destrucción del hueso endocraneal (derecha)**

En la parte interna, próxima a la sutura sagital, ambos parietales presentan una imagen de osteólisis. Este es un tipo de osteomielitis que se manifiesta por sepsis postraumática de los tejidos blandos que cubren el cráneo o bien podría ser una secuela de una meningoencefalitis lo que causa la hipertensión endocraneana. No obstante, no hay signos suficientes para definir el diagnóstico (Figura 4.19).



**Figuras 4.20 y 4.21. Asimetría en cúbitos (izquierda) y húmeros (derecha).**

En todo el esqueleto poscraneal se observa una notable asimetría, que ante la falta de evidencia directa de patología o trauma en algún hueso del miembro superior se deduce que fue inducida por patrones de actividad. Esto quiere decir que es producto esencialmente de un uso intensivo de un miembro dominante y de una hipertrofia compensatoria del tejido óseo (Trinkaus *et al.* 1994).



**Figuras 4.22 y 4.23. Asimetría en escápulas. Vista anterior (izquierda) y posterior (derecha).**

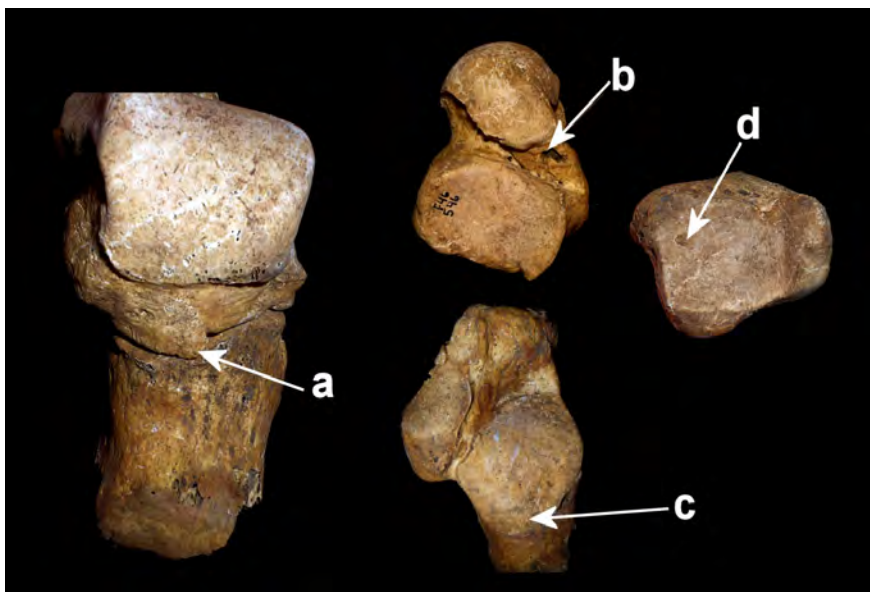
El húmero, cúbito y radio derechos son más robustos que los izquierdos (Tabla 4.1 y Figuras 4.20 y 4.21). El húmero izquierdo no conservó su epífisis proximal, pero al parecer su longitud total hubiera sido menor que la del derecho. En las epífisis distales de ambos se encuentra un orificio que intercomunica a la fosa coronoidea con la olecraneana, lo que se atribuye a la práctica de continuos movimientos de hiperextensión del antebrazo sobre el brazo (Campillo 2001:134).

En las escápulas la diferencia entre ambas es patente, en la derecha se observa una considerable hipertrofia del acromion (ensanchado con crecimiento hacia abajo) que no se presenta en la izquierda (Figuras 4.22 y 4.23). En los metacarpianos la asimetría en cuanto a longitud también es evidente (Figura 4.24).



**Figuras 4.24 y 4.25. Asimetría entre los terceros metacarpianos (izquierda) y las tibias (vista posterior) (derecha).**

En cuanto a las extremidades inferiores, el fémur izquierdo presenta una pilastra media, lo que indica un trabajo muscular promedio. La tibia derecha es más robusta que la izquierda y en su región proximal anterior presenta exostosis ósea (Figura 4.25, Tabla 4.1). En el pie derecho se observan algunas marcas de actividad en la estructura ósea del calcáneo, astrágalo y en la carilla articular inferior de la tibia (Figura 4.26). Esto se relaciona con el uso intensivo de esta parte anatómica.



**Figura 4.26. Marcas de actividad en el pie derecho: a) excrecencia ósea en la parte posterior del astrágalo; b) defecto óseo en la cara interna del astrágalo; c) desgaste en la carilla articular medial del calcáneo y reborde óseo; d) defecto óseo en la carilla articular inferior de la tibia.**

En otro aspecto, en el cuerpo del esternón hay un foramen que es resultado de una fusión incompleta de los centros de osificación esternal.

La estatura estimada en promedio es de 162 cm, de acuerdo con la fórmula de coeficientes de regresión aplicada a la longitud máxima de los huesos largos (Del Angel y Cisneros 1991) (Tabla 4.4).

El trabajo físico que debió desempeñar este adulto joven debió ser constante, fuerte y con un inicio a temprana edad, ya que para que cierto movimiento tenga repercusión en el tejido óseo requiere de un proceso de larga duración. Además, la deficiencia nutricional que se observa y la posible infección sistémica, la periostitis y la posible osteomielitis craneal, pudo ser una causa conjunta del estrés al que no sobrevivió el sujeto.

	Long. Max.	Longitud Fisiológica	Diam. A.P. ½ diaf.	Diam. Transv. ½ diaf.	Diámetro Antero posterior	Diámetro Transversal	Perím. Mínimo	Índices
<b>Húmero Derecho</b>	31.3	X	1.7	1.4	X	X	5.9	Robustez:18.8 Diafisario:82 (Euribraquia)
<b>Húmero Izquierdo</b>	X	X	1.5	1.1	X	X	5	Robustez:13.4 Platolenia:55 (Aplanado)
<b>Cúbito Derecho</b>	25.2	23	0.7	1	2 (Subsigmoideo)	1.5 (Subsigmoideo)	3.3	Platolenia:73.3 (Cúbito aplanado)
<b>Cúbito Izquierdo</b>	25.2	23	0.7	1	1.5 (Subsigmoideo)	1 (Subsigmoideo)	3	Robustez:11.9 Platolenia:66.6 (Aplanado)
<b>Radio Derecho</b>	23.7	X	X	X	X	X	X	X
<b>Radio Izquierdo</b>	23.8	X	X	X	X	X	X	X
<b>Fémur Izquierdo</b>	42.9	42.3	2.4	2.1	2.3 (Subtrocantérico)	2.8 (Subtrocantérico)	7.8 ½ diaf.	Robustez:10.6 Pilástrico:114.2 (Pilastra media) Platimeria:82.1 (Platimeria)
<b>Tibia Derecha</b>	38.1	37.5 (Sin espina)	2.9	1.9	3.3 (Ag.Nutricio)	2.1 (Ag.Nutricio)	7.8	Cnémico:63.6 (Mesocnemia)
<b>Tibia Izquierda</b>	X	X	2.8	1.5	3.3 (Ag.Nutricio)	1.8 (Ag.Nutricio)	7.2	Cnémico:54.5 (Hipercnemia)

**Tabla 4.1. Resultados de Osteometría del primer esqueleto del Elemento 46.**

Medidas del Neurocráneo										
Longitud Máxima	Anchura Máxima		Altura Cráneo	Longitud porion-bregma		Basion-porion	Altura porion-apex		Anchura Frontal mín.	
X 15.	8		14.8	13.5		8	14.2		10.1	
Medidas del Esplancocráneo										
Altura facial Total	Altura facial Superior	Anchura Facial	Altura Nasal	Anchura Nasal	Altura Orbital	Anchura Orbital	Long. Maxilo alveolar	Anchura Maxilo alveolar	Long. del Paladar	Anchura del Paladar
X 7.	1	15.8	5.1	2.2	3.7 der. 3.6 izq.	4 der	6.3 5.	3	4.4	4.2

**Tabla 4.2. Osteometría del cráneo del primer esqueleto del Elemento 46.**

Neurocráneo Esplancocráneo							
Vértico-Transversal	Transverso Fronto-parietal		Facial Superior	Orbitario Na	sal	Maxilo-alveolar	Palatino
93.6 Metriocráneo (Cráneo mediano)	63.9 Esfenometpe (frontal estrecho)		44.9 Hiperlepteno (muy alta)	92.5 der. Hipsiconco (órbita alta)	43.1 Leptorrino (abertura Nasal estrecha)	84.1 Dolicouránico (estrecho)	95.4 Braquiestafilino (ancho)

**Tabla 4.3. Índices del primer esqueleto del Elemento 46.**

Hueso	Fórmula (Long. Max)	Estatura
Fémur Izq.	$63.89 + 2.262 ( 42.9)$	160.92
Tibia Der.	$91.26 + 1.958 ( 38.1)$	165.85
Húmero Der.	$83.44 + 2.510 ( 31.3)$	162
Cúbito Der.	$94.8 + 2.615 ( 25.1)$	160.43
Radio Der.	$98.22 + 2.668 ( 23.7)$	161.45
Radio Izq.	$98.22 + 2.668 ( 23.8)$	161.71

**Tabla 4.4. Aplicación de la fórmula de coeficientes de regresión para estimar la estatura del primer esqueleto del Elemento 46.**

#### 4.1.3 Segundo Esqueleto del Elemento 46 (Las Palmas, unidad F1/5)



**Figura 4.27. Segundo esqueleto del elemento 46.**

El estado de conservación del material óseo es malo, hay fractura y ausencia de elementos óseos de manera parcial o total (Figura 4.27). El cráneo se presenta incompleto y con una deformación ocasionada por la presión del terreno lo que impide realizar un análisis morfológico detallado (Figura 4.28-29). En lo que se refiere al resto del esqueleto, la mayoría de los huesos largos perdió la epífisis y el tejido trabecular. En general se observan marcas de tafonomía natural: descamación y fracturas por deshidratación, marcas dendríticas y diferente coloración por la matriz de suelo (Figura 4.30).

El individuo presenta rasgos anatómicos craneales que son propios del sexo masculino. La robustez y características del esqueleto poscraneal, descritas más adelante concuerdan con esta asignación de sexo. Para la estimación de la edad sólo se contó con el parámetro del desgaste dental, el cual indica que el individuo al momento de su muerte estuvo alrededor de los 40 años (Brothwell 1989).



**Figuras 4.28 y 4.29. Cráneo en cinco normas (izquierda) y cráneo facial con mandíbula en vista frontal (derecha) del segundo esqueleto del Elemento 46.**



**Figura 4.30. Fémures con huellas tafonómicas de descamación y fracturas por deshidratación.**

En cuanto a su estado dental, en la arcada superior se registra una pérdida *antemortem* por traumatismo del segundo premolar y primer molar del lado izquierdo, así como del primer molar derecho, y a que hay una fuerte pérdida de la tabla ósea. El incisivo lateral, canino derechos se perdieron en vida como resultado de la enfermedad periodontal (Figura 4.31). Esto ocasionó el movimiento de los premolares hacia la línea media. Se reconoce un proceso carioso radicular con afectación pulpar del segundo y tercer molar izquierdos así como una lesión fistulosa, perforación de la tabla ósea, debido a un proceso patológico compatible con un absceso periapical (Figura 4.33). En todas las piezas el desgaste dental, ocasionó una pérdida considerable del tejido duro de la corona dentaria dejando expuesta la dentina.



En la arcada mandibular los incisivos derechos se perdieron *postmortem*. La raíz del incisivo central izquierdo no se conservó por lo que no puede ubicarse en su alveolo. Hay desgaste dental en todas las piezas. Se presenta con mayor severidad en el primer y segundo molar de ambos lados, con pérdida casi total del tejido duro coronal (Figura 4.32).

En toda la dentición hay una pérdida del soporte óseo entre 3 y 6mm y depósitos de sarro, por lo que se asocian al padecimiento de la enfermedad periodontal (Figura 4.34).



**Figuras 4.31 y 4.32. Arcada dental maxilar (izquierda) y arcada dental mandibular (derecha).**



**Figuras 4.33 y 4.34. Vista lateral derecha e izquierda de la dentición (izquierda). Vista lingual de la mandíbula Se indica con las flechas el cúmulo de sarro y la reabsorción del soporte óseo (derecha).**

En lo que se refiere a las marcas de actividad, en la escápula se registra un engrosamiento del borde del cuerpo que responde a la inserción de los músculos redondo menor y mayor y el acromioclavicular se presenta elevado, por encima de la cavidad glenoidea (Figura 4.35). En ambas clavículas se observa hipertrofia en el área de inserción del músculo deltoides (Figuras 4.36-37). En los húmeros resalta la hipertrofia bilateral de la tuberosidad para la cabeza lateral del tríceps, la tuberosidad deltoidea y el surco bicapital, así como la inserción del pectoral mayor (Figura 4.40). En el antebrazo, el cúbito presenta una marca de inserción del músculo braquial y del pronador redondo, además tiene un ligero

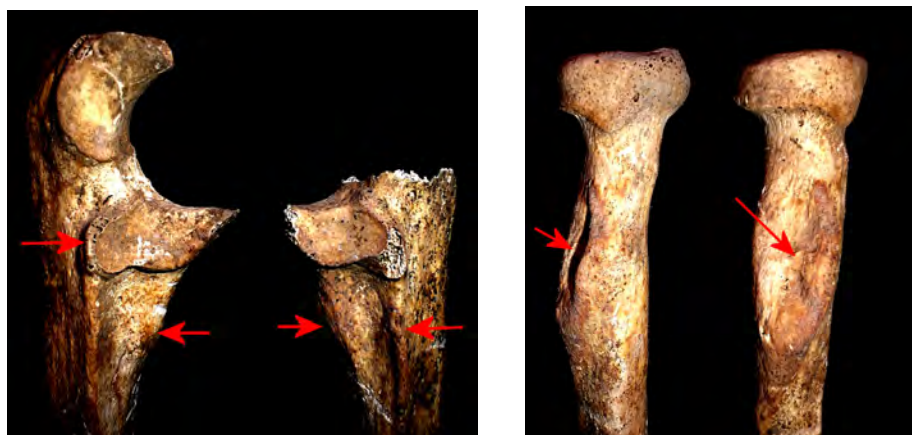
reborde de osteofitos en las carillas articulares (Figura 4.38). En el radio se encuentra una entesopatía bilateral del biceps braquial con una lesión en la tuberosidad radial (Figura 4.39).



**Figura 4.35. Escápula derecha con engrosamiento del borde escapular.**



**Figuras 4.36 y 4.37. Clavículas con hipertrofia en la inserción del músculo deltoides.**



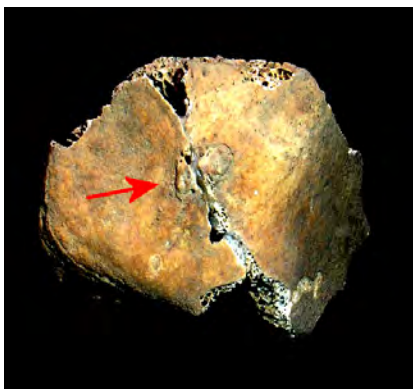
**Figuras. 4.38 y 4.39. Cúbitos con entesopatías (izquierda) y radios con entesopatía en la tuberosidad radial (derecha).**

Varias marcas de actividad física intensa se observan también en las extremidades inferiores. En los fémures hay hipertrofia de la línea áspera, lo que indica un fuerte trabajo muscular (Figura 4.41). En la rótula hay osteofitos que indican un desgaste en la articulación patelo-femoral (osteoartritis)

(Figura 4.42). Sin embargo, como no se conservan las epífisis femorales no se puede constatar el grado de afectación. Las lesiones en el metacarpiano y en la falange sugieren de igual forma una fuerte actividad física (Figura 4.44-45).



**Figuras 4.40 y 4.41. Las flechas indican las zonas de hipertrofia, en los húmeros (izquierda) y en la línea áspera de los fémures (derecha).**



**Figura 4.42 . Ró tula co n o steofitos.**

Debido al mal estado de conservación no se pudo hacer una osteometría completa (Tabla 4.5). El cálculo de la estatura se basa únicamente en la medición de la longitud máxima del húmero, dando como resultado 156.73cm, por lo que debe tomarse con reserva.



Figuras 4.43, 4.44 y 4.45. Vértebra lumbar con osteofitosis y aplastamiento vertebral (izquierda). Falange con exostosis plantar (centro). Primer metacarpiano con fuerte inserción muscular (derecha).

	Long. Max.	Longitud Fisiológica	Diam. A.P. ½ diaf.	Diam. Transv. ½ diaf.	Diámetro Antero posterior	Diámetro Transversal	Perím. Mínimo	Índices
Húmero Derecho	29.2	X	2	1.1	X	X	5.6	Robustez:19.1 Diafisiario:55 (Platibraquia)
Húmero Izquierdo	X	X	1.8	1.2	X	X	5.6	Diafisiario:66.6 (Platibraquia)
Cúbito Derecho	X X		1.3	0.9	1.8 (Subsigmoideo)	1.5 (Subsigmoideo)	X	Platolenia:83.3 (Cúbito aplanado)
Cúbito Izquierdo	X	X	1.2	0.9	2 (Subsigmoideo)	1.5 (Subsigmoideo)	3.1	Platolenia:75 (Cúbito aplanado)
Fémur Derecho	X	X	2.3	2.4	2.1 (Subtrocantereo)	2.9 (Subtrocantereo)	8.2 ½ diaf.	Pilástrico:95.8 (Pilastra débil) Subtroc:138.8 (Estenomería)
Fémur Izquierdo	X X		2.4	2.1	2.1	2.8	7.9 ½ diaf.	Pilástrico:114.2 (Pilastra media) Subtroc:75 (Platimería)
Tibia Derecha	X	X	1.6	2.7	3 (Ag.Nutricio)	1.9 (Ag.Nutricio)	7	Cnémico:63.3 (Mesocnemia)
Tibia Izquierda	X	X	1.6	2.5	2.8 (Ag.Nutricio)	1.8 (Ag.Nutricio)	6.8	Cnémico:64.2 (Mesocnemia)

Tabla 4.5. Resultados de Osteometría del segundo esqueleto del Elemento 46.

Resulta claro que este individuo en su labor cotidiana realizó arduas tareas físicas a lo largo de su vida. Aunque no se puede predecir exactamente la actividad que realizaba sí se pueden deducir ciertos movimientos. Las entesopatías de las extremidades superiores indican que llevó cargas con peso con los brazos en flexión, así como movimientos de abducción, aducción y flexión. Las marcas de la escápula señalan un movimiento que implicó la elevación de los brazos por encima de los hombros o el soporte de peso con los brazos extendidos (Kennedy 1989). Las lesiones que presenta la única vértebra lumbar conservada (osteofitosis y aplastamiento del cuerpo vertebral) confirman que el sujeto realizaba la acción de cargar (Figura 4.43). Asimismo las extremidades inferiores indican un fuerte trabajo muscular que llevó consigo el desplazamiento del cuerpo. Todo esto podría apuntar, de acuerdo con su contexto, al trabajo dentro de las labores agrícolas.

El estado de salud dental que tuvo este sujeto en vida indica una deficiente actividad de aseptia y la pérdida de las piezas de la arcada superior pudo ser por una pelea física o por un golpe accidental como una caída.

#### 4.1.4 Tercer esqueleto del Elemento 46 (Las Palmas, unidad F1/5)



Figura 4.46. Tercer esqueleto del Elemento 46.

El esqueleto muestra un estado de conservación no uniforme. La coloración tampoco fue pareja, los fémures y las tibiae (en especial los del lado derecho) tienen una apariencia más blanquecina en comparación del resto. Todos los elementos anatómicos de la locomoción se presentaron *in situ*, con excepción de la mayor parte del pie izquierdo (Figura 4.46). Sin embargo en la región torácica y en el cráneo la preservación no fue óptima. En el caso de la mayoría de las costillas y de las vértebras, al

momento de levantarlas en la excavación se fragmentaron por completo e incluso se desintegraron. La mitad izquierda del cráneo se deformó hasta perder la simetría debido a la presión ejercida por la tierra (Figuras 4.47-49). El segmento inferior del esqueleto se conservó mejor, no obstante en la superficie ósea se presentan demasiadas concreciones calcáreas adheridas. Todos los huesos cortos y planos están incompletos.



**Figuras 4.47, 4.48 y 4.49. Vista superior del cráneo deformado por terreno (izquierda); vista frontal con mal estado de conservación (centro). Cráneo con mandíbula en norma lateral. Se observa la retrusión maxilar y el prognatismo mandibular (derecha).**

Se determina como un individuo masculino por las características de su pelvis: escotadura ciática cerrada, tubérculos púbicos prominentes, ausencia del arco ventral subpúbico y ángulo subpúbico obtuso (Figura 4.50). La edad biológica del individuo es de 45 años aproximadamente. Esto se estima de acuerdo con las características morfológicas de la sínfisis púbica que se encuentra en la fase V (Brooks y Suchey 1990) y con las de la superficie auricular que corresponde a la fase VI (Lovejoy *et al.* 1985b) (Figuras 4.51-53). Además las características generales de la osamenta concuerdan con ello.

En lo concerniente al estado dental, en la arcada superior se observa que el canino izquierdo tuvo una erupción ectópica con impacción palatina, es decir que salió en el lugar de los incisivos centrales. La mala trayectoria del canino reabsorbió sus raíces y ocasionó una disposición más vestibular de la raíz del incisivo lateral izquierdo (Figura 4.54).

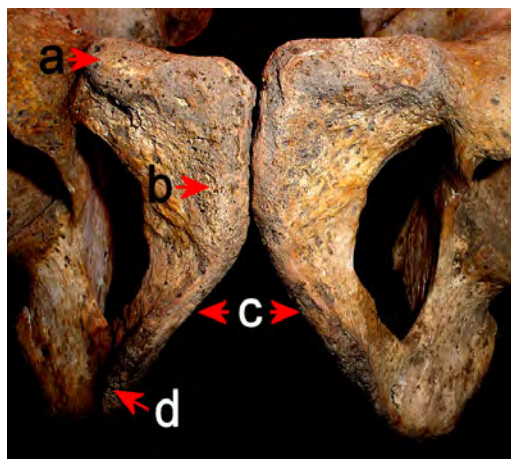


Figura 4.50. Pelvis con los rasgos masculinos característicos: a) tubérculos prominentes; b) marcas de inserción del ligamento ventral púbico; c) ángulo subpúbico cerrado; y d) protusión de la rama isquiopubiana.



Figuras 4.51, 4.52 y 4.53. Síntesis púbicas con morfología correspondiente a la Fase V (derecha). Figura 4.53. Superficie auricular derecha en fase VI.



Figura 4.54 y 4.55. Arcada dental superior en vista oclusal (izquierda). Fístulas en la tabla maxilar del lado derecho (derecha).



**Figura 4.56. Mandíbula con reabsorción alveolar y fistulas.**

En la tabla ósea del maxilar y de la mandíbula del lado derecho se presentan fistulas que se relacionan con quistes y abscesos periapicales, así como radiculares (Figuras 4.55-56). En ambas arcadas el soporte del hueso alveolar se redujo entre 3 y 6mm por la enfermedad periodontal. Además como consecuencia de este padecimiento el individuo perdió varias piezas dentales, en la arcada superior los alvéolos del segundo molar derecho, segundo premolar y primer molar izquierdo están reabsorbidos. En la mandíbula los tres molares derechos, el primer y segundo molar izquierdo también se perdieron *antemortem*.



**Figuras 4.57, 4.58 y 4.59. Espina bífida (izquierda). Sacralización (centro). Fusión sacro-iliaca (derecha).**

El desgaste dental es asimétrico debido a la mala oclusión. En la arcada inferior las piezas que presentan esta afección, con toda la dentina expuesta, son los incisivos y el primer premolar derecho; en la arcada maxilar los premolares tienen el mismo grado de desgaste.

En otro aspecto, se observan dos malformaciones congénitas en el sacro. La primera es la espina bífida oculta, que consiste en la fusión incompleta del arco neural posterior. En este caso están involucrados tres segmentos del sacro (Figura 4.57). La segunda es la fusión de la última vértebra



lumbar con el sacro. Su aspecto morfológico es normal, pero con cinco forámenes sacros por lado (Figura 4.58). Esta malformación también se conoce como sacralización (Aufderheide 1998).



**Figura 4.60. Superficies articulares de las tibias con osteofitosis en el borde articular.**

Se observa también una fusión sacro-iliaca unilateral incompleta (Figura 4.59). En estudios recientes se ha encontrado prevalencia de este tipo de fusión en individuos de sexo masculino que sobrepasan la edad de los 40 años (Dar y Hershkovitz 2006).

En las diáfisis de los huesos largos de las extremidades inferiores hay huellas de la inflamación del periostio. Los segmentos óseos que están involucrados en la articulación de la rodilla muestran osteoartrosis: exostosis ósea y osteofitos. De la misma manera esto se observa en la tercera vértebra lumbar (Figuras 4.60-62).



**Figura 4.61. Se muestran los fémures en vista anterior y posterior (arriba); lateral derecha e izquierda (abajo). Las flechas indican los rebordes con exostosis y osteofitos marginales.**



**Figura 4.62. Tercera vértebra lumbar con osteofitos marginales.**

Por otro lado en los huesos parietales del cráneo se registra un puntilleo en la superficie ósea, que es característico de la hiperostosis porótica.

En el esqueleto poscraneal las marcas de actividad física que se encuentran son: hipertrofia bilateral de la tuberosidad deltoidea en los húmeros; la marca de inserción del músculo braquial y del pronador redondo en ambos cúbitos, la hipertrofia de la línea áspera del fémur y una notable protusión de la rama isquiopubiana derecha (Figura 4.50d). Además en la carilla articular distal del primer metacarpiano derecho hay una aposición ósea.

A partir de las longitudes máximas de los huesos largos (Tabla 4.6) la estatura promedio estimada para este individuo es de 151.48 cm (Tabla 4.7).

Este sujeto llegó a sus últimos años de vida con un estado dental deplorable. La enfermedad periodontal que presenta tuvo serias consecuencias, como la pérdida de varias piezas e infecciones que llegaron a convertirse en abscesos y quistes. Por otro lado la etiología del desplazamiento palatino del canino se considera genética y se relaciona con otras alteraciones del desarrollo dentario, además podría haber alguna asociación con las alteraciones que se observan en la osteogénesis del sacro y en su fusión con la última vértebra lumbar. Siguiendo con lo anterior, la retrusión del maxilar superior y el prognatismo mandibular tuvo como consecuencia una mala oclusión (Figura 5.48). Hoy en día en la clínica los pacientes con este problema presentan un trastorno de protusión lingual que produce problemas en el habla y al masticar alimentos.

Las marcas de actividad, así como las lesiones por osteoartritis en las rodillas señalan que durante mucho tiempo este individuo mantuvo actividades que implicaron un trabajo físico fuerte y constante, en el cual las articulaciones que llevan el peso del cuerpo estuvieron involucradas.

Sumado a todo los problemas de déficit nutricional y la carente práctica de limpieza bucal fueron vigentes durante la vida de este individuo.

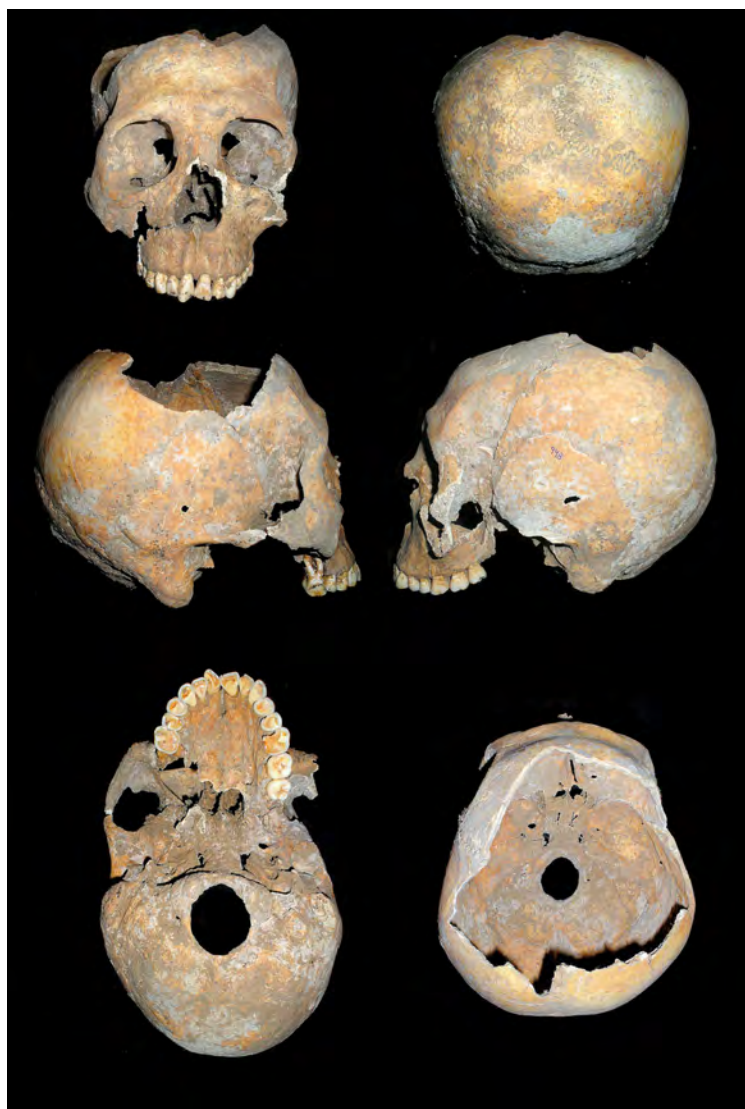
	Long. Max.	Longitud Fisiológica	Diam. A.P. ½ diaf.	Diam. Transv. ½ diaf.	Diámetro Antero posterior	Diámetro Transversal	Perím. Mínimo	Índices
<b>Húmero Derecho</b>	X	X	1.5	1.4	X	X	5.4	Diafisario:93.3 (Euribraquia)
<b>Húmero Izquierdo</b>	X	X	1.5	1.4	X	X	5	Diafisario:93.3 (Euribraquia)
<b>Cúbito Derecho</b>	X X		1	1.1	1.6 (Subsigmoideo)	1.1 (Subsigmoideo)	3.3	Platolenia:68.7 (Cúbito aplanado)
<b>Cúbito Izquierdo</b>	23.2	20.8	0.9	0.9	1.6 (Subsigmoideo)	0.9 (Subsigmoideo)	3.3	Robustez:13.3 Platolenia:56.2 (Aplanado)
<b>Fémur Derecho</b>	38	37.8	1.8	2.1	1.9 (Subtrocantereo)	2.2 (Subtrocantereo)	7.1 ½ diaf.	Robustez:10.31 Pílastrico:85.7 (Pilastrula) Platimeria:86.3 (Eurimeria)
<b>Fémur Izquierdo</b>	38.5 38	4	1.9	2.1	2.1	2.7	7.1 ½ diaf.	Robustez:10.41 Pílastrico:90.4 (Pilastrula) Platimeria:77.7 (Platimeria)
<b>Tibia Derecha</b>	X	X	2.5	2.6	2.6 (Ag.Nutricio)	1.8 (Ag.Nutricio)	7.1	Cnémico:69.2 (Mesocnemia)
<b>Tibia Izquierda</b>	32	31.7 (Sin espina)	2.4	1.7	2.4 (Ag.Nutricio)	1.7 (Ag.Nutricio)	7.1	Cnémico:70.8 (Eurincnemia)

**Tabla 4.6. Resultados de Osteometría del tercer esqueleto del elemento 46**

Hueso	Fórmula (Long. Max)	Estatura
Fémur Der.	$63.89 + 2.262 ( 38.5)$	150.9
Fémur Izq.	$63.89 + 2.262 ( 38)$	149.84
Tibia Izq.	$91.26 + 1.958 ( 32)$	153.9
Cúbito Izq.	$94.8 + 2.615 ( 23.2)$	151.31

**Tabla 4.7. Aplicación de la fórmula de coeficientes de regresión para estimar la estatura.**

#### 4.1.5 Cráneo asociado al tercer esqueleto del Elemento 46 (Las Palmas, unidad F1/5)



**Figura 4.63.** Cráneo asociado al Tercer esqueleto del elemento 46 en seis posiciones.

El estado de conservación tanto del cráneo como de la mandíbula es regular. Presenta fuertes concreciones de tierra adheridas a la superficie ósea, fracturas y pérdida del tejido cortical en algunas zonas. Pertenece a un individuo masculino, a juzgar por la robustez de las apófisis mastoides y de los huesos que conforman la región facial. Algunas medidas e índices craneales que indican características morfológicas se presentan en las Tablas 4.8 y 4.9. Por carecer de los indicadores tradicionales que permiten valorar la edad al momento de la muerte se recurrió a la propuesta de Brothwell (1987:108) basada en desgaste dental, según la cual la edad del individuo es de 35 años (Figura 4.64). Este resultado concuerda con el estado de la sinostosis craneal. En el cráneo se presume modelado cefálico de tipo tabular oblicuo con compresión fronto-occipital (Figura 4.63).



**Figuras 4.64 y 4.65. Arcada dental superior del cráneo asociado (izquierda). Primera vértebra cervical (derecha)**

Todas las piezas dentales de las arcadas maxilar y mandibular se conservaron *in situ*. Sin embargo el soporte alveolar de la arcada superior en su lado derecho, en la zona de los molares, se perdió *postmortem*. La pérdida del soporte alveolar es de 3 a 4 mm y se asocia con la enfermedad periodontal, que no es tan agresiva como se ha visto en otros casos. En todas las piezas, con excepción de los terceros molares, el desgaste dental dejó al descubierto el tejido dentinario.



**Figuras 4.66 y 4.67. Marcas del elemento percutor con punta plana (derecha). Fisuras negativas en el cráneo (izquierda)**

Sobre los parietales y frontal se llevó a cabo una fractura intencional, es decir, hubo rompimiento del hueso por la aplicación de una fuerza deliberada, con un fin específico. Esta acción tuvo que realizarse con el hueso todavía fresco por medio de la utilización de un percutor (Pijoan y Lizarraga 2004) (Figura 4.66). La ausencia de reacción del tejido óseo y el biselado del diploe expuesto, así como la misma coloración de la pared cortada con el resto del cráneo indican que se trata de una fractura *perimortem* (Facchini *et al.* 2008). El hueso fresco se mantiene dúctil, por lo que puede soportar grandes presiones. En cambio, en estado seco es quebradizo y rígido (Johnson 1985:160

citado por Pijoan y Mansilla, 1997:196). De la misma acción de fracturar se desprenden esquirlas de hueso y en la pared o puesta al golpe aparecen fisuras negativas (Figura 4.67). La forma de las fracturas que se presentan en los cráneos es en línea recta y un poco curvada.

La elaboración de esta horadación tuvo que ser por medio de percusiones continuas. El elemento percutor tuvo que ser de punta plana. Se sugiere que para lograr lo anterior tuvo que haber un descarnamiento previo, un vaciado de la masa encefálica y una supresión de otros tejidos blandos. Es importante mencionar que la primera vértebra cervical se encontró articulada con la base del cráneo. Esto también es indicador de que el cráneo fue manipulado con tejido blando, es decir la cabeza fue separada del cuerpo no mucho tiempo después del deceso del individuo (Figura 4.65). La intención de cortar y vaciar el cráneo fue depositar los huesos de una mano derecha, que se encontró incompleta, faltan cinco falanges y dos huesos del carpo. Los huesos corresponden a la mano de un adulto.

Medidas del Neurocráneo										
Longitud Máxima		Anchura Máxima		Altura Cráneo		Longitud porion-bregma		Basion-porion	Altura porion-apex	Anchura Frontal min.
17.4 14.		8				0		6.9	X	8.8
Medidas del Esplanocráneo										
Altura facial Total	Altura facial Superior	Anchura Facial	Altura Nasal	Anchura Nasal	Altura Orbital	Anchura Orbital	Long. Maxilo alveolar	Anchura Maxilo alveolar	Long. del Paladar	Anchura del Paladar
11.8 6.	8	X	4.6	2.3	3.1 der 3.1 izq.	3.5 der 3.5 izq.	XX		4.2	
Longitud Mandibular		Anchura Bigonial	Altura de la Rama		Anchura Mín. de la Rama		Altura Sinfisis		Altura del Cuerpo	
9.6 9.		3	6 der. x izq.		3.5 der. 3.4 izq.		3.4 3.		4 der. 3.2 izq.	

Tabla 4.8. Osteometría del cráneo asociado.

Neurocráneo		Esplanocráneo				
Del Cráneo	Vértico-Transversal	Facial Total	Orbitario	Maxilo-alveolar	Palatino	Altura mandibular
77.05 Hiperbraquicráneo (muy ancho)	X	X	88.5 der. 88.5 izq. Mesoconco (órbitas medias)	X	X	100 der. 94.1 izq.
Vértico-Longitudinal	Transverso Fronto-parietal	Facial Superior	Nasal	Mandibular Ra	ma ascendente	De las anchuras
80 Hipsicráneo (cráneo alto)	59.4 Estenometope (intermedio)	X	51.1 Mesorrino (abertura Nasal promedio)	X	58.3 der.	77.06

Tabla 4.9. Índices del cráneo asociado.

#### 4.1.6 Esqueleto del Elemento 43 (Las Palmas, unidad F1/4)

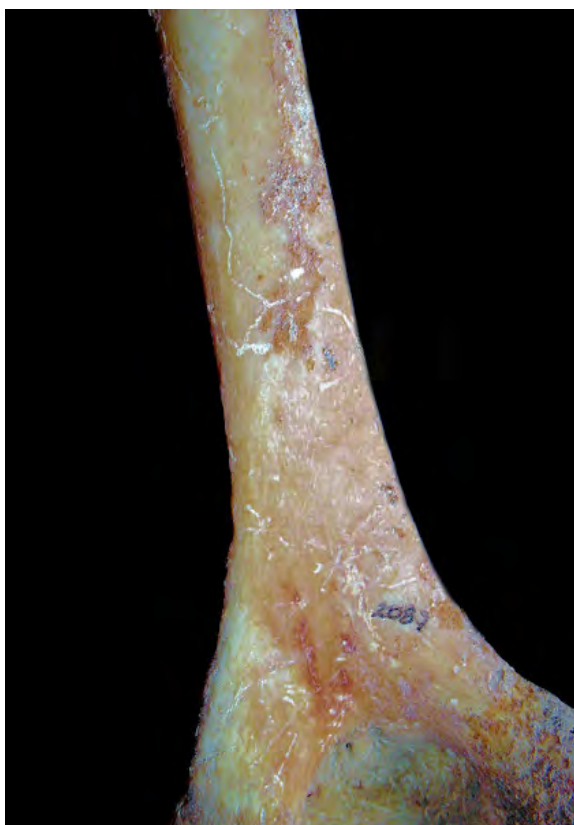


**Figuras 4.68 y 4.69. Esqueleto completo del Elemento 43 (izquierda). Presentación del cráneo en seis posiciones. En la vista posterior y superior se pueden apreciar las manchas negras de hollín (derecha).**

Se trata de un individuo adulto del sexo masculino, determinado así por su morfología craneal (Figura 4.69). El método que se utilizó para estimar la edad fue el desgaste dental por lo que se ubicó en la Etapa I Fase 3 (Brothwell 1987) que corresponde a 25 años (Figuras 4.78-79). Esto concuerda con el desgaste dental y las edades de otros individuos analizados de la misma población.

El estado de conservación de este esqueleto no es bueno y a que no se encontraron todos sus elementos constituyentes. Algunas epífisis de los huesos largos se desintegraron y en todos los componentes óseos hay fragmentación de alguna de sus partes, así como con creaciones de tierra, marcas dendríticas. En el segundo metatarsiano derecho se registran las huellas de mordedura de roedor (Figura 4.72). Faltan elementos del tórax, así como del cinturón escapular y pélvico (Figura 4.68). Sin embargo, no está claro que la ausencia de estos huesos se deba a procesos tafonómicos de orden natural, por lo que se abre la posibilidad a uno de tipo cultural, en el que la selección de estos elementos anatómicos haya tenido un propósito específico. En otros entierros de La Laguna se ha visto la manipulación y utilización de partes del cuerpo.

Aunado a lo anterior, en la osamenta se registran evidencias de alteración térmica que concuerdan con el patrón de destrucción inicial, secundario y final que establecen Symes *et al.* (2008) para cada hueso y que se determina por su tipo de revestimiento tisular. Por ejemplo, en el tercio proximal del antebrazo la masa muscular va a provocar una mayor resistencia para que las diáfisis del radio y del cúbito no sean destruidas de manera total por la acción del fuego (*Ibid.*).



**Figura 4.70. Vista posterior del húmero izquierdo donde se observa la coloración rojiza y algunas pequeñas concreciones que podrían ser de tejido semi-esqueletizado. De este espécimen se realizaron diferentes pruebas analíticas experimentales debido a su apariencia un tanto vidriosa.**





**Figuras 4.71 y 4.72. Incisivos con coloración café en la mitad inferior (izquierda). Segundo metatarsiano derecho. Las flechas indican las marcas de mordedura de roedor (derecha).**



**Figuras 4.73, 4.74 y 4.75. Húmero con trabécula plegada (derecha); fémur con trabécula engrosada (centro); iliaco con trabécula plegada (izquierda).**



**Figuras 4.76 y 4.77. Radio con la trabécula plegada (derecha); clavícula con tejido trabecular engrosado (izquierda).**

De acuerdo con las huellas observadas la exposición a la fuente de calor fue directa cuando el occiso aún tenía carne (el cuerpo estuvo en contacto directo con el fuego o con las brasas) (Pijoan 2004b). Sin embargo, al parecer dicha exposición tuvo mayor concentración en la región media superior del cuerpo, y a que es el área la mayor afectación que sufrieron los húmeros en comparación con las extremidades inferiores. De este punto se abre la interrogante sobre su intencionalidad, así como su relación con la ausencia de los huesos de la caja torácica *in situ*.

La temperatura a la que fue sometido el cuerpo del sujeto no debió sobrepasar los 200°C, en orden a la coloración que muestran los restos. Ésta va del amarillo al café pasando por una tonalidad rojiza, que puede ser ocasionada por los aceites naturales y las grasas del cuerpo (Heglar 1984). Además, en el cráneo se observan manchas negras de diferentes tamaños, que podrían ser de hollín (Figura 4.69). La mitad inferior de los incisivos centrales y el lateral derecho de la arcada superior tienen una coloración café (Figura 4.71).

Los huesos en general se tornaron más compactos, el húmero izquierdo, por ejemplo, adquirió una apariencia un tanto vítrea (Figura 4.70). La trabécula del tejido esponjoso se modificó, se amplió y endureció, de tal forma que perdió su apariencia esponjosa tanto al interior de las diáfisis como en las epífisis y en los huesos cortos (Pijoan *et al.* 2004) (Figuras 4.73-77).



**Figuras 4.78 y 4.79. Arcada superior (arriba) y mandíbula en vista oclusal (abajo).**

En lo que se refiere al estado dentario, todos los alvéolos están presentes con sus piezas correspondientes con excepción del tercer molar superior izquierdo, perdido *postmortem*. En el incisivo lateral superior izquierdo y en el canino del mismo lado se observan ligeros depósitos de sarro.

En cuanto a las lesiones originadas por alguna patología o marca de actividad en el esqueleto, se registra: hiperostosis porótica en los parietales, periostitis en ambas tibias y osteofitosis en la cavidad glenoidea de la escápula izquierda, que es común en casos de artrosis o por un sobreuso de la articulación del hombro. En la carilla anterior de las rótulas se observan excrescencias en línea vertical y una incisura en la superficie supero-lateral de cada una de ellas, lo que se asocia con una flexión crónica de la rodilla.

La estatura estimada del individuo es de 154.89 cm de acuerdo con la fórmula de coeficientes de regresión a partir de la longitud máxima de los huesos largos (Del Angel y Cisneros 1991) (Tabla 4.11).

Este sujeto muestra, a diferencia de otros, un relativo buen estado de salud dental, pero al igual que el resto, un déficit nutricional. Los pocos marcadores de su esqueleto que se pueden analizar indican que en vida tuvo que participar en una actividad que involucrara un movimiento continuo del brazo izquierdo, así como una flexión crónica de la rodilla. Sin embargo en sus huesos largos no hay indicadores de que el individuo haya realizado alguna actividad física extenuante que dejara huella en su morfología o en las zonas de inserción de algunos músculos y tendones (Tabla 4.10).

El cráneo presenta un modelado cefálico de tipo tabular erecto con variedad bilobulado grado intermedio con compresión fronto-occipital (Figura 4.69). Algunas características morfológicas del cráneo y de la cara se presentan en las Tablas 4.12 y 4.13.

	Long. Max.	Longitud Fisiológica	Diam. A.P. ½ diaf.	Diam. Transv. ½ diaf.	Diámetro Antero posterior	Diámetro Transversal	Perím. Mínimo	Índices
Húmero Izquierdo	X	X	1.4 1.	3	X	X	5.1 Diaf.	Índice: 92.8 (Euribraquia)
Cúbito Derecho	X	X	X	X	1.7 (Subsigmoideo)	1.2 (Subsigmoideo)	X	Platolenia: 70.5 (Aplanado)
Cúbito Izquierdo	23	21.3	1.1	1.2	1.4 (Subsigmoideo)	1.3 (Subsigmoideo)	3.4	Platolenia: 92.8 (Aplanamiento medio)
Fémur Derecho	X	X	2.1	1.9	2.1 (Subtrocantereo)	2.4 (Subtrocantereo)	7.4 ½ diaf.	Pilástrico: 110.5 (Pilastra media) Subtroc: 87.5 (Eurimeria)
Fémur Izquierdo	X	X	2.3 2.	1	X	X	7.7 ½ diaf.	Pilástrico: 109.5 (Pilastra débil)
Tibia Derecha	32.4	32 (Sin espina)	2	2.6	2.7 (Ag.Nutricio)	2 (Ag.Nutricio)	7.3	Cnémico: 74 Euricnemia (aplanamiento nulo)
Tibia Izquierda	32.5	32.3 (Sin espina)	1.9	2.4	2.8 (Ag.Nutricio)	2 (Ag.Nutricio)	7.1	Cnémico: 71.4 Euricnemia (aplanamiento nulo)

Tabla 4.10. Osteometría del esqueleto poscranial del esqueleto del Elemento 43.

Hueso	Fórmula (Long. Max)	Estatura
Tibia Der.	$91.26 + 1.958 ( 32.4)$	154.69
Tibia Izq.	$91.26 + 1.958 ( 32.5)$	154.89
Cúbito Izq.	$94.8 + 2.615 ( 23)$	154.94

Tabla 4.11. Aplicación de la fórmula de coeficientes de regresión para estimar la estatura.

Medidas del Neurocráneo									
Longitud Máxima		Anchura Máxima	Longitud porion-bregma			Altura porion-apex		Anchura Frontal min.	
15.7 15.		5	14			14.3		9.8	
Medidas del Esplanocráneo									
Altura facial Total	Altura facial Superior	Altura Nasal	Anchura Nasal	Altura Orbital	Anchura Orbital	Long. Maxilo alveolar	Anchura Maxilo alveolar	Long. del Paladar	Anchura del Paladar
12.5 7.	3	4.9	2.5	3.5 der 3.3 izq.	3.6 der 3.5 izq.	6.2 5.	7	4.9	4.3
Long. Max. Mandíbula		Altura de la Rama		Anchura Mín. de la Rama		Altura Sínfisis		Altura del Cuerpo	
10 6.		2 der		3.5 der.		3.4		3 der. 3.2 izq.	

Tabla 4.12. Osteometría del cráneo del Elemento 43.

Neurocráneo		Esplanocráneo					
Del Cráneo	Transverso Frontoparietal	Nasal Orbital		Maxilo-alveolar	Palatino	Rama ascendente	Altura mandibular
98.7	63.2	51.0	88.5	91.9	87.7	56.4 der.	88.2 der 94.1 izq.
Hiperbraquicráneo (Muy ancho)	Esfenometope (frontal estrecho)	Mesorrino (mediana)	Mesoconco (media)	Dolicouránico (estrecho)	Braquiestafilino (ancho)		

Tabla 4.13. Índices del cráneo del Elemento 43.

#### 4.1.7 Esqueleto del Elemento 83 (Las Palmas, unidad F2/3/6)

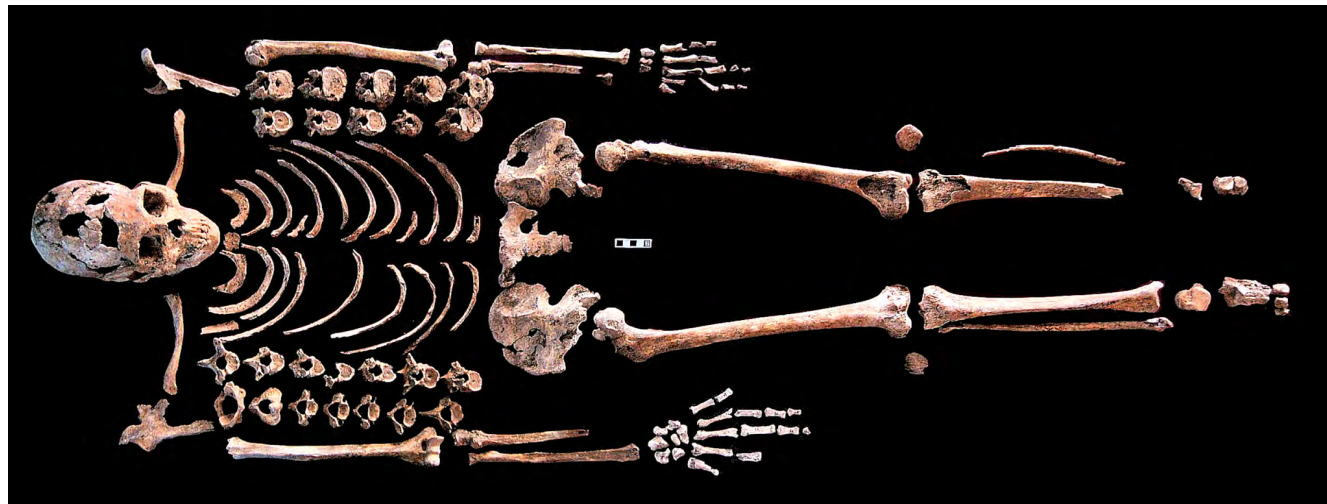
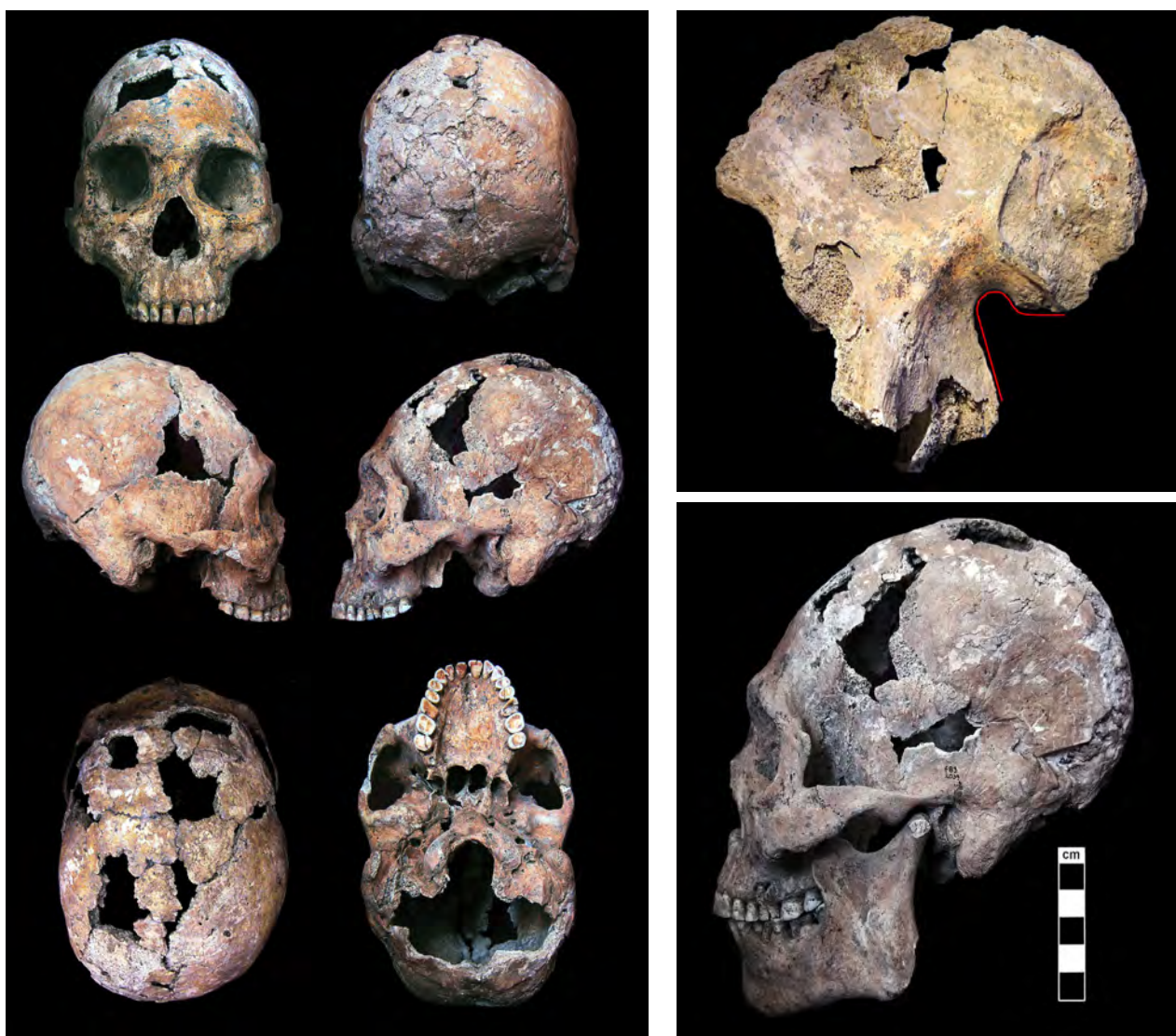


Figura 4.80. Esqueleto completo del Elemento 83.

El estado de preservación de los restos óseos es malo. En la superficie de los huesos se observan cambios de coloración por la impregnación de los elementos químicos que componen la matriz de suelo en la que estuvieron inmersos. Las alteraciones tafonómicas causadas por el crecimiento de raíces al interior de los huesos tuvieron como consecuencia la fragmentación de los mismos. La expansión de las raíces sobre el tejido esponjoso de las epífisis y el diploe produjo superficies

erosionadas que tienden a ser irregulares o redondeadas, sin que se pueda distinguir un plano sobre el que haya rozado el elemento abrasivo. La exfoliación del cráneo es significativa. Uno de los factores que influyó en la pérdida de la mayoría de las epífisis fue la deshidratación. Ésta produce al mismo tiempo la descamación de las diáfisis, es decir, el desprendimiento de laminillas y el cuarteamiento de la superficie ósea. En casos más severos tuvo lugar la fragmentación en esquirlas que son paralelas al eje. La mayoría de los huesos presentan pátinas, es decir, delgadas láminas térreas o concreciones calcáreas adheridas. El tejido óseo trabecular de cada pieza es frágil lo que promueve su fácil destrucción al tacto (Figura 4.80).



**Figuras 4.81, 4.82 y 4.83. Cráneo del Elemento 83 en seis posiciones (izquierda). Algunas características morfológicas que señalan el dimorfismo sexual masculino. En el ilíaco derecho, la línea roja indica el ángulo cerrado de la escotadura ciática (derecha arriba). En el cráneo se observan los males robustos, las protuberancias supraorbitarias, así como la frente huidiza (derecha abajo).**

El individuo es claramente masculino. Esto es evidente porque en los iliacos se observa un ángulo agudo en la escotadura ciática. Las fosas iliacas internas son menos anchas, más profundas y verticales. En el cráneo se observan inserciones musculares fuertes y un desarrollo importante del proceso mastoidal, así como de los arcos supraciliares. Los males son robustos y macizos al igual que el arco cigomático, el bloque facial y la mandíbula (Figuras 4.82-83). En el esqueleto poscraneal los huesos largos son robustos y de grandes dimensiones. Los resultados osteométricos que describen la morfología del individuo se presentan en las Tablas 4.14, 4.16 y 4.17. Para estimar su edad se utilizó la superficie auricular de la pelvis y se estima que el individuo tenía entre 40 y 44 años al momento de su fallecimiento. Por otro lado no se observó obliteración completa en las suturas craneales principales. En lo que respecta a las suturas del paladar se aprecia la obliteración de la incisiva, palatomaxilar e interpalatina; la sutura intermaxilar o palatina media anterior se encuentra abierta lo que indica que el individuo no pasaba de los 50 años de edad.

El cráneo presenta modelado cefálico tabular oblicuo con compresión fronto-occipital poco marcada (Figura 4.81).



**Figuras 4.84 y 4.85. Arcada dental superior. Se observa un desgaste dental severo principalmente en los primeros molares (izquierda). Mandíbula en vista oclusal. El desgaste dental en los molares dejó expuesta toda la dentina y la mala conservación provocó fracturas en las piezas frontales (derecha).**

En lo que se refiere al estado dentario, la mayoría de las piezas presentan fracturas por deshidratación *postmortem*. En todas las piezas se registra pérdida de los tejidos duros de la corona dentaria, en algunos casos la exposición de la dentina es parcial y en otros es total, hasta alcanzar incluso la cámara pulpar, como se puede observar en los primeros molares de la arcada superior. La arcada inferior presenta ligeramente menos desgaste que la superior (Figuras 4.84-85).



**Figura 4.86.** La pérdida de soporte óseo alveolar se observa en ambas arcadas producto de la enfermedad periodontal.

En vida el individuo padeció de enfermedad periodontal, evidente por la pérdida de soporte alveolar (Figura 4.86) y por la presencia de abscesos en los primeros molares de la arcada superior y en los segundos molares inferiores (Figuras 4.87-90).



**Figuras 4.87 y 4.88.** Lesión fistular en la pared alveolar del primer molar superior izquierdo (izquierda). Lesión en la pared alveolar del primer molar superior izquierdo causada por un quiste radicular (derecha).

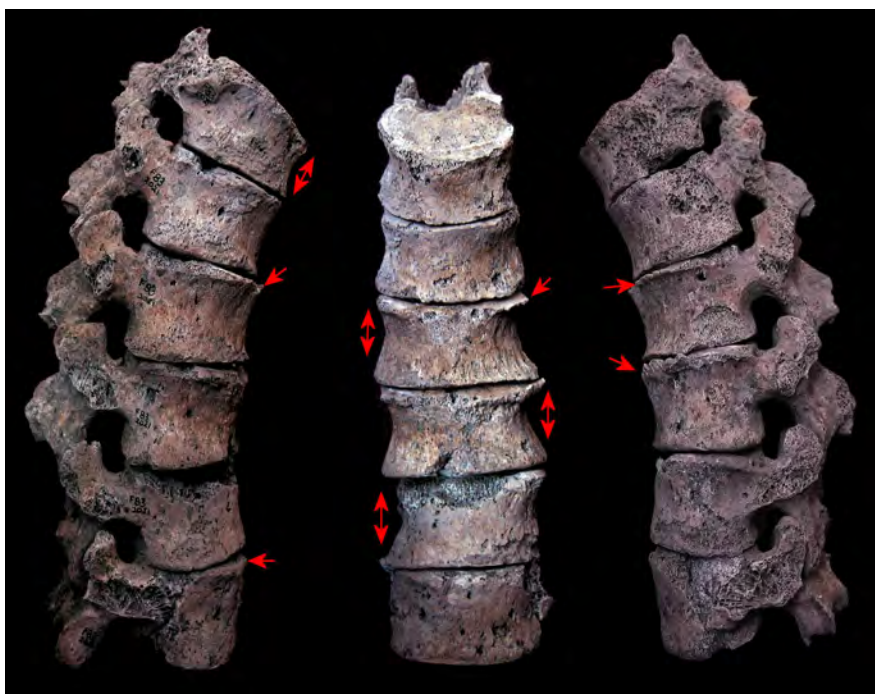


**Figuras 4.89 y 4.90.** En ambas imágenes se observa en los segundos molares inferiores pérdida de la tabla ósea provocada por abscesos periodontales.



**Figuras 4.91 y 4.92. Axis con alteración de la faceta articular por osteoartrosis y osteofitos alineados en forma de botón (izquierda). Vértebras con nódulos de Schmörl (derecha).**

En torno a las huellas por patología y marcas de actividad en la columna vertebral las lesiones que se registran se relacionan con problemas degenerativos y con la afectación del disco intervertebral. En la segunda vértebra cervical, axis, se presenta en la faceta articular superior izquierda una variación que pudiera ser resultado de una biomecánica alterada (osteoartrosis), colapso y fragmentación. En la faceta opuesta se denotan osteofitos en forma de botón (Figura 4.91).



**Figuras 4.93. Vértebras (doceava torácica y toda la región lumbar) en vista lateral derecha, vista anterior y vista lateral izquierda. Se observa aplastamiento vertebral y osteofitosis marginal.**

En el centro del cuerpo de la mayoría de las vértebras torácicas (de T5 a T12) y lumbares (de L2 a L5) se observan los llamados nódulos de Schmörl (Figura 4.92). Se trata de pequeños desplazamientos de tejido del disco intervertebral en el interior del cuerpo vertebral. La presencia



de estos nódulos se debe a distintos factores: alteraciones degenerativas del envoltorio, traumatismos discuales por caídas o por el esfuerzo invertido en levantar y acarrear objetos pesados. Este tipo de afectación no produce dolor y es asintomática (Capasso *et al.* 1999).

También se registra aplastamiento vertebral en la última vértebra torácica y en las lumbares (Figura 4.93). En estas últimas se observa osteofitosis anterolateral. Estas lesiones pudieron ser ocasionadas por la acción de cargar bultos pesados (Molleson 1994).

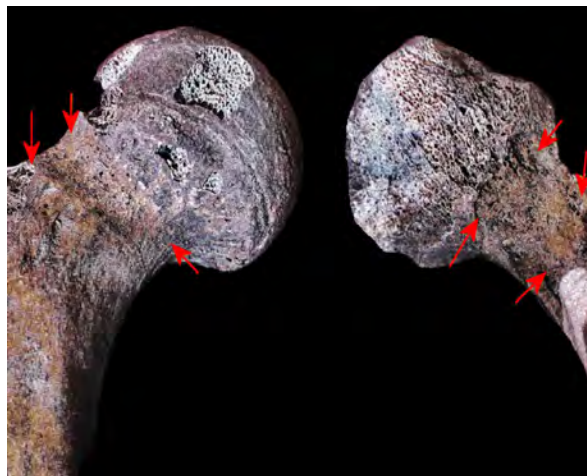


**Figuras 4.94. Entesopatía en clavícula derecha: sindesmosis costal.**

En el contorno de la faceta articular de la escápula derecha hay osteofitosis ligera, sin embargo, por el mal estado de conservación no se pueden hacer mejores apreciaciones. En la clavícula derecha se presenta una sindesmosis costal como resultado de una fuerte inserción del ligamento costoclavicular (Figura 4.94). La tuberosidad costal es el punto de inserción para el ligamento costo clavicular, el cual sirve para estabilizar la articulación esternoclavicular. Una tensión generalizada en la cintura pectoral resulta en esta lesión, particularmente cuando los hombros son echados hacia adelante mientras se inclinan y mueven con cargas pesadas. Esto pone de manifiesto la posibilidad de que el individuo realizara alguna tarea laboral relacionada con actividades continuadas de flexo-extensión de los brazos, al menos el izquierdo. Es posible que ejerciera trabajos agrícolas de recolección, ya que estos marcadores se han descrito en poblaciones medievales de campesinos (Capasso *et al.* 1999).



**Figura 4.95. Lesión focal osteolítica secundaria en el fémur izquierdo. Engrosamiento del periostio en la misma zona pero en el fémur derecho.**



**Figura 4.96.** Se indica la faceta en la región anterior media del cuello de los fémures.

En la diáfisis de la tibia derecha y en las metáfisis del peroné derecho hay periostitis. En la región distal posterior de la diáfisis del fémur izquierdo se registra una lesión focal osteolítica secundaria. En la misma zona, pero en el fémur derecho, se localiza un engrosamiento del periostio (Figura 4.95). En ambos fémures se presenta una faja en la parte anterior media del cuello del fémur, adyacente a la cabeza (Figura 4.96). Se considera que es una zona de reacción, el hueso cortical está más delgado que en cualquier otra área del cuello, debido a la irritación causada por la inserción de los ligamentos orbicular e iliofemoral. En algunos casos la faja está rodeada de un anillo de hueso reactivo. Los factores del estrés que influyen son: la extensión del fémur y la rotación de la cabeza en el acetábulo se oponen por la zona orbicular y se tensan alrededor de la zona del cuello. La forma de faja o placa donde la zona se bifurca es alrededor del ligamento iliofemoral. El contacto entretejido de los ligamentos y el cuello puede ocurrir durante la extensión y la hiperflexión. La faja o placa pueden formarse debido a la extensión cuando se camina o se corre, pero también cuando la cápsula articular se tensa durante la posición en cuclillas (hiperflexión). Lo anterior puede ser suficiente para contribuir al desarrollo de la faja (Capasso *et al.* 1999).

La estatura estimada del individuo es de 164.6-168.9cm de acuerdo con la fórmula de coeficientes de regresión a partir de la longitud máxima de los huesos largos (Del Angel y Cisneros 1991) (Tabla 4.15).

Es evidente que este individuo durante su vida ejerció un trabajo biomecánico intenso y constante. Todas las lesiones que presenta se asocian con un trabajo de carga y de desplazamiento locomotor, que es muy probable hayan tenido lugar dentro de las actividades agrícolas. En cuanto a su calidad de vida cabe decir que las lesiones de la columna pueden conllevar ciertos dolores, en especial en la espalda baja. En el aspecto de salud dental, se equipara con los otros individuos analizados:

problemas de higiene y una enfermedad periodontal agresiva con el potencial de repercutir en otros órganos del cuerpo.

	Long. Max.	Longitud Fisiológica	Diam. A.P. ½ diaf.	Diam. Transv. ½ diaf.	Diámetro Antero posterior	Diámetro Transversal	Perím. Mínimo	Índices
Húmero Derecho	X	X	1.9	1.8	X	X	6.1	Diáfisiario: (Euribraquia)
Húmero Izquierdo	32.5	X	1.9	1.8	X	X	6.1	Robustez: Diáfisiario: (Euribraquia)
Cúbito Derecho	X X		1.2	1	2.1 (Subsigmoideo)	1.7 (Subsigmoideo)	X	Platolenia: (Cúbito aplanado)
Cúbito Izquierdo	X	X	1.1	1.1	X (Subsigmoideo)	X (Subsigmoideo)	X	X
Fémur Derecho	45.8	45.3	2.4	2.3	2.5 (Subtrocantereo)	2.9 (Subtrocantereo)	8.3 ½ diaf.	Pilástrico: (Pilastra débil) Subtroc: (Platimería)
Fémur Izquierdo	X X		2.4	2.3	2.3	3.2	8.3 ½ diaf.	Pilástrico: (Pilastra débil) Subtroc: (Eurimería)
Tibia Derecha	38	37.5 (Sin espina)	2.9	1.7	3.3 (Ag.Nutricio)	2 (Ag.Nutricio)	7.7	Cnémico: Platincnemía (aplanamiento transversal) Crural:
Tibia Izquierda	X	X	2.8	1.9	3.3 (Ag.Nutricio)	2 (Ag.Nutricio)	X	Cnémico: Platincnemía (aplanamiento transversal)

Tabla 4.14. Osteometría del esqueleto poscranial del esqueleto del Elemento 83.

Hueso	Fórmula (Long. Max)	Estatura
Fémur der.	47.20+2.589 (45.8)	165.7
Tibia Der.	61.29+2.720 (38)	164.6
Húmero izq.	32.35+4.160 (32.5)	167.5
Radio der.	66.92+3.923 (25.8)	168.1
Radio izq.	66.92+3.923 (26)	168.9

Tabla 4.15. Aplicación de la fórmula de coeficientes de regresión para estimar la estatura.

Medidas del Neurocráneo													
Longitud Máxima		Anchura Máxima		Altura Cráneo		Longitud porion-bregma		Basion-porion		Altura porion-apex		Anchura Frontal min.	
18.5 15.		5		X		13.2		X		X		9.7	
Medidas del Esplancocráneo													
Altura facial Total	Altura facial Superior	Anchura Facial	Altura Nasal	Anchura Nasal	Altura Orbital	Anchura Orbital	Long. Maxilo alveolar	Anchura Maxilo alveolar	Long. del Paladar	Anchura del Paladar			
13 7.	6	15	5.1	2.7	3.5 der 3.4 izq.	3.7 der 3.7 izq.	6.4 6.	3	5.3	4.2			
Longitud max. mandíbula		Anchura Bicondilar	Anchura Bigonial		Altura de la Rama		Anchura Mín. de la Rama	Altura Sínfisis	Altura del Cuerpo				
10.8 12.		9	11.2		7 der. 7.1 izq.		3.7 der. 3.6 izq.	3.6 2.	8 der. 2.8 izq.				

Tabla 4.16. Osteometría del cráneo del esqueleto del Elemento 83.

Neurocráneo Esplanocráneo						
Del Cráneo	Vértico-Transversal	Facial Total	Orbitario Maxilo-	alveolar Palatino		Altura mandibular
74.5 Dolicocráneo (Largo)	X	86.6 Mesoprosopo (mediana)	88.5 der. 88.5 izq. Hipsiconcoconco (órbitas altas)	98.4 Dolicouránico (estrecho)	79.2 Leptoestafilino (estrecho)	86.6 der. 83.3 izq.
Vértico-Longitudinal	Transverso Fronto-parietal	Facial Superior	Nasal Mandibular		Rama ascendente	De las anchuras
X	70.2 Eurimetope (frontal ancho)	50.6 Meseno (mediana)	52.9 Mesorrino (abertura Nasal mediana)	83.7 Braquignata (mandíbula ancha)	52.8 der. 50.7 izq.	77.7 der. 77.7 izq.

Tabla 4.17. Índices del cráneo del esqueleto del Elemento 83.

#### 4.1.8 Cráneo del Elemento 117 (Las Palmas, unidad F)



Figura 4.97 Cráneo del Elemento 117 en cinco posiciones.

El estado de conservación de este elemento óseo es muy malo, sin embargo los fragmentos óseos reconstruidos permiten reconocer que corresponde a un individuo masculino. La robustez de las apófisis mastoides así lo apunta. La edad es difícil de estimar porque no se cuenta con los elementos indicados para ello. Sin embargo, por la falta de obliteración que se alcanza a observar es probable que se trate de un individuo adulto de no más de 30 años. La inclinación del occipital en vista lateral indica que estuvo sometido a un modelado cefálico de tipo tabular oblicuo. Un puntillero ligero, propio de la hiperostosis porótica, se presenta en los parietales cerca de la sutura occipital (Figura 4.97).

#### 4.1.9 Cráneo del Elemento 128 (Las Palmas, unidad F)

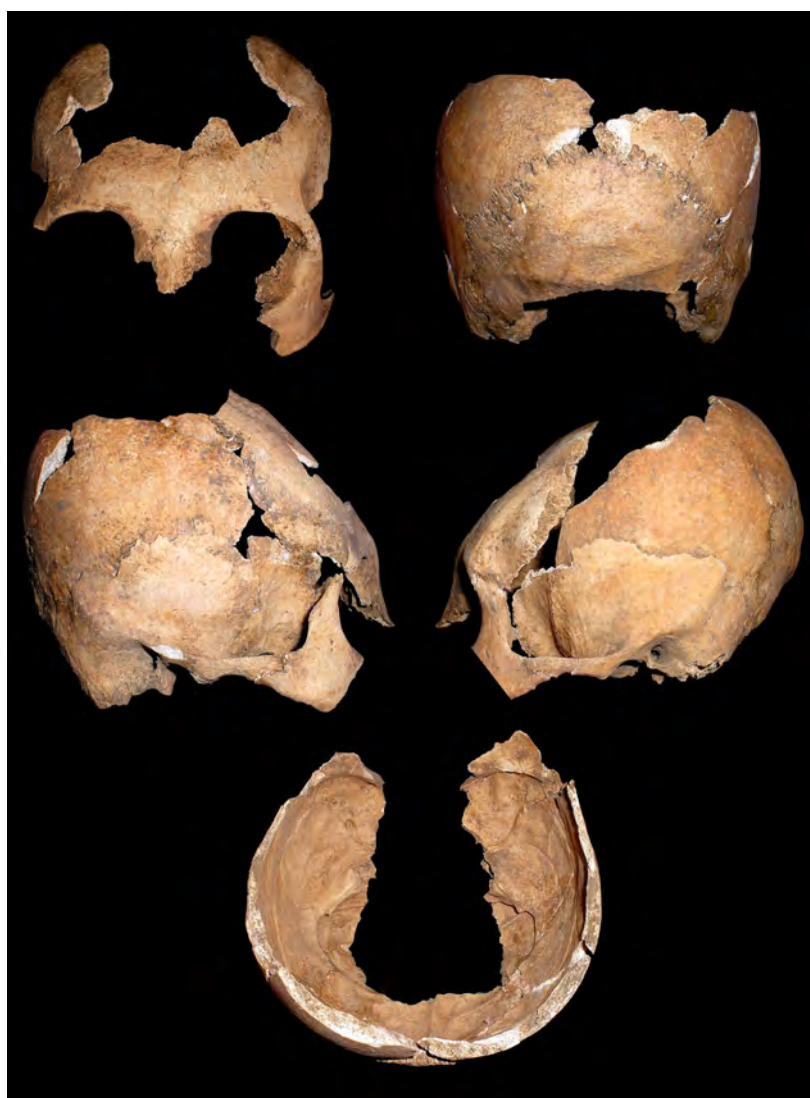


Figura 4.98. Cráneo del Elemento 128 en cinco normas cráneas

Debido al mal estado de conservación el cráneo se presenta incompleto, con fracturas y con una ligera deformación por causa del terreno. Por sus características morfológicas se determina como un individuo masculino. El sujeto debió estar alrededor de los 30 años de edad al momento de su muerte, porque no presenta obliteración en las suturas craneales, tiene los alvéolos de los cuatro terceros molares y presenta un mal estado de salud dental así como artrosis en los cóndilos mandibulares. En vista lateral del cráneo se alcanza a definir el modelado cefálico de tipo tabular oblicuo. En la sutura lambdaidea hay dos huesos wormianos (Figura 4.98).



**Figuras 4.99, 4.100 y 4.101. Mandíbula en vista oclusal (izquierda), Cóndilo mandibular derecho con osteocondrosis (centro) y Cóndilo mandibular izquierdo con desgaste (derecha).**

En cuanto a las piezas dentales todas se perdieron *post mortem* con excepción de la raíz del primer molar derecho. En el alveolo del primer molar izquierdo se registra una lesión provocada por un absceso periapical. El tejido alveolar de los molares derechos en vista oclusal indica que sufrió un proceso inflamatorio (Figura 4.99). Lo más probable es que el individuo sufriera de enfermedad periodontal.

En los cóndilos mandibulares se registra desgaste asimétrico: en el derecho hay osteocondrosis (Figura 4.100), mientras que en el izquierdo el desgaste se presenta en forma acanalada (Figura 4.101). Esto es consecuencia de un problema de maloclusión.

#### 4.1.10 Esqueleto del Elemento 119 (Las Palmas, unidad F)



Figuras 4.102 y 4.103. Esqueleto poscranial del Elemento 119 (izquierda) y su cráneo en seis posiciones (derecha).



Figura 4.104. Costilla afectada por el crecimiento de una raíz.

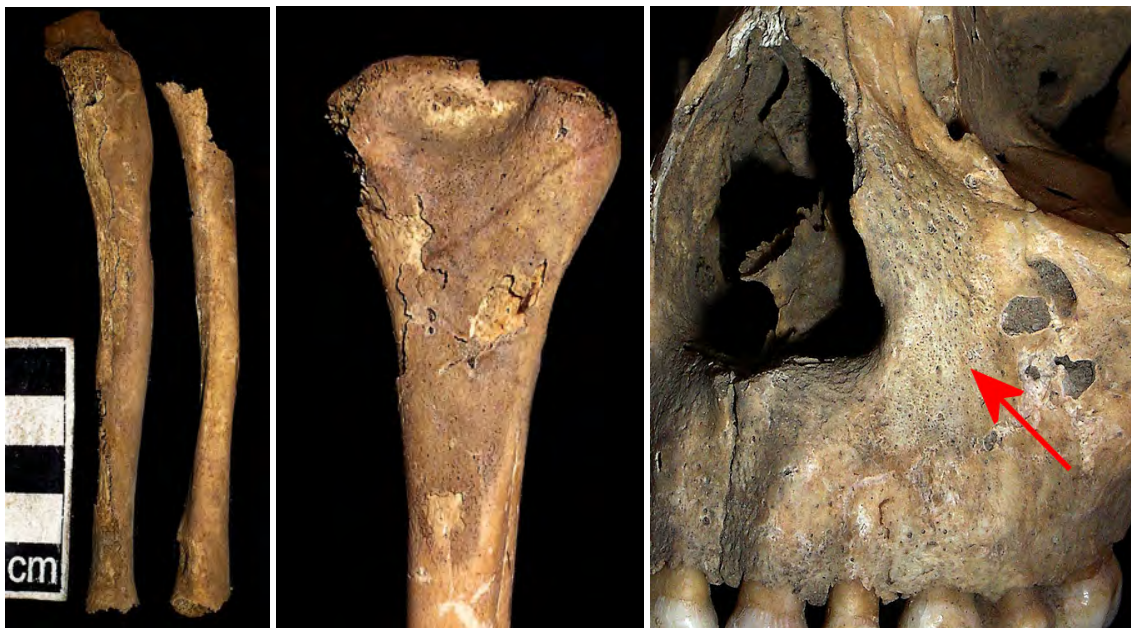


**Figuras 4.105 y 4.106. Arcada dental superior en vista oclusal (izquierda). Se observa el reducido espacio interdental y de deriva (derecha).**

Este esqueleto infantil presenta un estado de conservación regular. La mayoría de sus componentes se encontró en condiciones de ser analizada (Figura 4.102). Sin embargo, presenta alteraciones por tafonomía natural. Cuenta con fracturas ocasionadas por el terreno (Figura 4.103) y por el crecimiento de raíces a la interior de algunos huesos (Figura 4.104). También se observan concreciones de tierra en la superficie de algunos elementos óseos, así como marcas dendríticas.

El esqueleto corresponde a un individuo infantil sin sexo determinado; se le estima una edad de 5 años  $\pm$  12 meses de acuerdo con el método del brote dental (Ubelaker 1989). Presenta erupción de los incisivos, caninos y molares deciduales en ambas arcadas, así como el primer molar permanente dentro del alveolo (Figura 4.105). Hay que anotar que de acuerdo a la longitud de sus huesos largos (húmero 13.2 cm.; cúbito 12 cm.; fémur 17 cm.; tibia 15.3 cm.) dicho individuo tendría una edad no mayor a cuatro años. Sin embargo, hay que considerar que la oclusión presenta un proceso infeccioso que se manifestó de manera sistémica, lo que pudo haber intervenido principalmente en el crecimiento y desarrollo del niño. Cuando erupcionan los dientes temporales no se presentan diastemas, pero hacia los 5 ó 6 años el crecimiento de las arcadas dentarias provoca su aparición entre los incisivos. Con ello se asegura que habrá suficiente espacio para la erupción de las piezas permanentes. Sin embargo, en este caso tanto el espacio interdentario como el de deriva (espacio entre caninos y premolares calculado de 1.7 mm en cada hemi-arcada superior y 2.3 mm en cada hemi-arcada inferior) están muy reducidos. Esto conlleva a una falta de espacio para la dentición permanente y habla de un problema en el crecimiento del hueso maxilar como consecuencia del proceso infeccioso al que estuvo sometido el niño en vida (Figura 4.106).





**Figuras 4.107, 4.108 y 4.109. Cúbito y radio con osteomielitis aguda (izquierda). Epífisis distal del húmero con la cortical necrosada (centro). Maxilar izquierdo con proceso inflamatorio (derecha).**

Las lesiones patológicas que se observan se asocian con una osteomielitis aguda. En este espécimen dicha enfermedad pudo producirse como resultado de una infección bacteriana en la corriente sanguínea, denominada bacteremia o sepsis, ya que se encuentran indicios de que se propagó por todo el hueso. La afectación se dio tanto en huesos largos como en los maxilares y malares (Figuras 4.107-109), con mayor severidad en los primeros. Este padecimiento pudo ser la causa del deceso del infante. En los huesos parietales se presenta el puntillado característico de la hiperostosis porótica, que se relaciona con deficiencias nutricionales. En lo que se refiere a las modificaciones de orden cultural, en el cráneo es evidente el modelado cefálico de tipo tabular erecto con compresión fronto-occipital (Figura 4.103).

#### 4.1.11 Esqueleto del Elemento 133 (Las Palmas, unidad F)



Figura 4.110. Esqueleto poscranial del Elemento 133.



Figura 4.111. Mandíbula con algunas piezas dentales.

Hueso	Derecho (mm)	Izquierdo (mm)
Húmero 5.	7	5.7
Cúbito	5.1	---
Radio --	-	5.4
Fémur	5.6	5.6
Tibia 5.	3	5.1
Peroné	4.9	---
Clavícula 3.	5	3.8
Iliaco	2.5 long. 2.1 ancho	---

Tabla 4.18. Longitudes de los huesos largos.

La osamenta presenta un buen estado de conservación en cuanto al número de elementos óseos encontrados *in situ* (Figura 4.110). Sin embargo, los restos en sí están mal preservados debido al alto grado de fragilidad que se observa. Del cráneo sólo se encontraron fragmentos que no pudieron ser reconstruidos. La edad de este individuo corresponde a un neonato que tuvo siete meses de vida intrauterina. Esto se constata por el brote dental (Ubelaker 1989) (Figura 4.111) y por la longitud de los huesos largos, así como de la clavícula y el iliaco (Kósa 1989) (Tabla 4.18).

#### 4.1.12 Esqueleto del Elemento 129 (Las Palmas, unidad I)

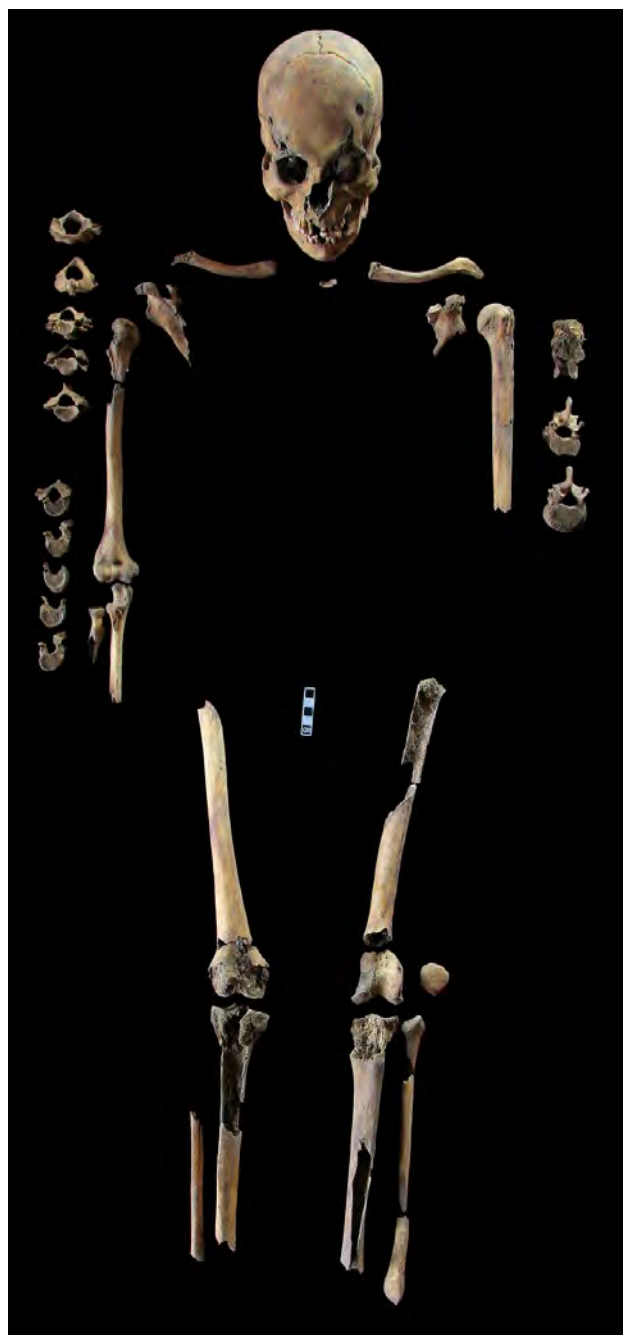


Figura 4.112. Esqueleto completo del Elemento 129.

En este esqueleto las condiciones tafonómicas no fueron favorables para su conservación. Esto se puede apreciar por la pérdida de elementos óseos, sobre todo de la región torácica y pélvica. En los huesos presentes hay destrucción de alguna de sus partes, principalmente del tejido esponjoso. Además hay marcas dendríticas en los huesos largos. No se conservó ningún elemento de las manos ni de los pies (Figura 4.112). La morfología craneal corresponde a la de un individuo masculino, la protuberancia occipital externa es fuerte y la apófisis mastoidea es robusta, la glabella es sobresaliente en forma lateral. La mandíbula es fuerte, robusta y de aspecto cuadrangular. El modelado cefálico que se observa es de tipo tabular erecto con compresión occipital-frontal. (Figura 4.113). Las medidas e índices tanto del cráneo como del esqueleto poscraneal se presentan en las Tablas 19-21. Al no encontrarse los principales elementos anatómicos para estimar la edad se recurrió al desgaste dental, que sugiere 35 años al momento de la muerte (Figura 4.115). Es importante señalar que no pudo contarse con un edad menor de 30 años debido a que la unión epifisiaria de la clavícula está concluida al igual que la sutura esfeno-basilar.

En lo tocante al estado dental, en la arcada superior el primer y segundo molar izquierdos, así como el incisivo lateral derecho se perdieron *postmortem*, contrario de la ausencia del tercer molar del mismo lado y del incisivo central derecho perdidos *ante mortem*.

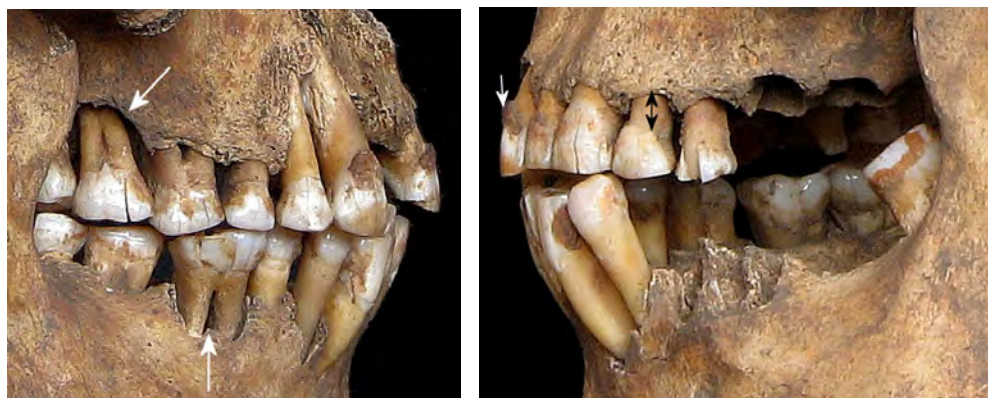


**Figuras 4.113, 4.114 y 4.115. Cráneo del elemento 129 en seis posiciones (izquierda). Se observa el sarro en las piezas frontales así como la reabsorción alveolar (arriba derecha). Arcada dental vista oclusal (abajo derecha).**

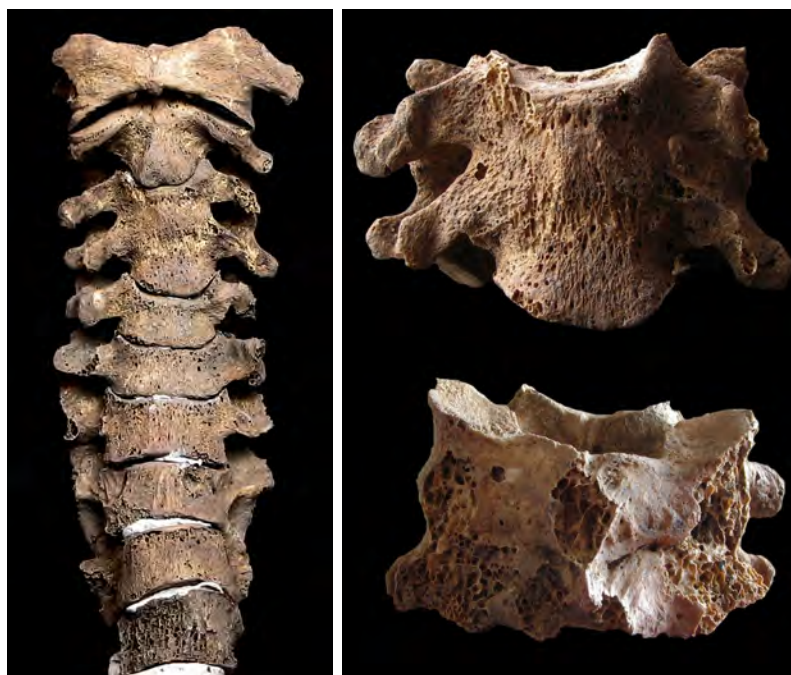
En la mandíbula los incisivos centrales se perdieron después del deceso del individuo y los alvéolos del segundo premolar, primer y segundo molares izquierdos están reabsorbidos. La pérdida de soporte óseo periodontal observable supera los 6 mm (Figuras 4.114, 4.116 y 4.118). Esto es resultado de la patología periodontal que el individuo sufrió en vida. Los depósitos de cálculo dentario presentes también se asocian con dicho padecimiento. El acúmulo de sarro fue subgingival y supragingival y es de aspecto oscuro. Es más notorio en las piezas dentales de la arcada superior. Aunado a lo anterior, se registran dos lesiones por abscesos periodontales crónicos en el segundo molar superior derecho y en el primer molar inferior del mismo lado (Figura 4.117).



Figura 4.116. Mandíbula en vista lingual. Se nota la reabsorción del hueso alveolar y las acumulaciones de sarro.



Figuras 4.117 y 4.118. Las flechas indican la lesión ósea por el absceso periodontal (izquierda). La flecha blanca indica el sarro y la negra la reabsorción alveolar por la enfermedad periodontal (derecha).



Figuras 4.119 y 4.120. Columna cervical con artrosis (izquierda). Tercera y cuarta vértebras cervicales anquilosadas. Arriba vista anterior y abajo vista posterior (derecha).

En todas las piezas del maxilar superior el desgaste dental dejó zonas de dentina a la vista. Sin embargo, aún se conserva una considerable superficie de esmalte. Las piezas que tienen mayor desgaste son el primer molar superior derecho, así como el primer y segundo molar inferiores del mismo lado.



**Figuras 4.121 y 4.122. Húmero con osteofitos marginales (arriba). Rótula con entesopatía (abajo).**

En otras huellas patológicas encontradas en el esqueleto se registra hiperostosis porótica en parietales y frontal. En la columna vertebral se diagnostica artrosis vertebral. Esto se refiere a una modificación estructural degenerativa del cartílago articular y las demás alteraciones derivadas. Se observa aplastamiento asimétrico de los cuerpos vertebrales y anquilosis de la tercera y cuarta vértebra cervical. Esto pudo ser consecuencia de una sobrecarga mecánica sobre la región cervical (Figuras 4.119 y 4.120).

Aunado a lo anterior, en la extremidad distal del húmero derecho hay osteofitos marginales en el cóndilo del húmero derecho (Figura 4.121). La misma exostosis se presenta en el borde externo de la apófisis coronoides del cúbito derecho y también se observa la marca de inserción de los músculos braquial anterior y pronador redondo. En el radio la tuberosidad radial presenta la marca del músculo bíceps braquial. La rótula izquierda tiene osteofitos marginales y una incisión en la superficie supero-lateral que se asocia con artrosis y con una flexión crónica de la rodilla (Figura 4.122).

Las marcas de actividad señalan de manera clara que en vida, este individuo trabajó en tareas físicas continuas que implicaron una severa presión en la región del cuello en conjunto con otros movimientos del cuerpo. Además se deduce que toda la microbiota bacteriana se mantuvo vigente en la boca hasta la muerte de este hombre, con posibles repercusiones en el resto del organismo. El déficit nutricional que se encontró mantiene una relación recíproca con esto.

	Long. Max.	Longitud Fisiológica	Diam. A.P. ½ diaf.	Diam. Transv. ½ diaf.	Diámetro Antero posterior	Diámetro Transversal	Perím. Mínimo	Índices
Húmero Izquierdo	28.4	X	2.1	2	X	X	6.4	Diafisiario:95.2 (Euribraquia)
Húmero Derecho	X	X	1.8	1.4	X	X	5.8	Diafisiario:77.7 (Euribraquia)
Cúbito Derecho	X	X	X	X	2.2 (Subsigmoideo)	1.6 (Subsigmoideo)	X	Platolenia:72.7 Cúbito aplanado (platolenia)
Fémur Derecho	X	X	2.3	2.1	X	X	7.7 ½ diaf.	Pilástrico:109.5 (Pilastra débil)
Tibia Derecha	X	X	3	2.2	X	X	X	X
Tibia Izquierda	X	X	X	X	3.4 (Ag.Nutricio)	2.4 (Ag.Nutricio)	X	Cnémico:70.5 Euricnemia (aplanamiento nulo)

Tabla 4.19. Osteometría del esqueleto poscranial del Elemento 129.

Medidas del Neurocráneo										
Longitud Máxima		Anchura Máxima		Longitud porion-bregma			Altura porion-apex		Anchura Frontal min.	
16.3 14.		4		13.2			14		8.8	
Medidas del Esplanocráneo										
Altura facial Total	Altura facial Superior	Anchura Facial	Altura Nasal	Anchura Nasal	Altura Orbital	Anchura Orbital	Long. Maxilo alveolar	Anchura Maxilo alveolar	Long. del Paladar	Anchura del Paladar
12.4 7		13.8	5.1	2.1	3.2 der 3.1 izq.	3.5 der 3.6 izq.	5.4 5.	9	4.2	3.8
Long. Max. Mandíbula		Anchura Bicondilar	Altura de la Rama		Anchura Mín. de la Rama		Altura Sínfisis		Altura del Cuerpo	
9.8 12.		6	6.4 izq.		3.6 der. 3.5 izq.		2.8 2.		8 der. 2.6 izq.	

Tabla 4.20. Osteometría del cráneo del Elemento 129.

Neurocráneo		Esplanocráneo					
Del Cráneo	Vértico-Transversal	Facial Total	Orbitario	Maxilo-	alveolar	Palatino	Altura mandibular
88.3 Hiperbraquicráneo (Muy ancho)	77.7 Tapinocráneo (Cráneo Bajo)	89.8 Mesoprosopo (mediana)	109.3 der. 116.1 izq. Hipsicóncos (órbitas estrechas)		109.2 Dolicouránico (estrecho)	90.4 Braquiestafilino (ancho)	100 der. 92.8 izq.
Vértico-Longitudinal	Transverso Fronto-parietal	Facial Superior	Nasal		Mandibular Ra	ma ascendente	
68.71 Cameocráneo (cráneo bajo)	61.1 Esfenometope (frontal estrecho)	50.7 Meseno (mediano)	41.1 Leptorrino (abertura Nasal estrecha)		77.7 Braquignato (mandíbula Ancha)	54.6 izq.	

Tabla 4.21. Índices del Elemento 129

#### 4.1.13 Esqueleto del Elemento 142 (Las Palmas, unidad H)



La conservación del esqueleto es regular. La mayor parte de los elementos óseos están presentes (Figura 4.123). Los daños ocasionados por tafonomía natural se dieron por el crecimiento de raíces al interior de algunos huesos, así como marcas endríticas y coloración discontinua por la matriz de suelo.

Las características morfológicas que se observan en el cráneo y en el esqueleto poscranial, en especial en el iliaco, indican que se trata de un individuo femenino (Figura 4.124 y 4.125). Su edad se estima entre los 25 y los 29 años, de acuerdo con la superficie auricular. Además se observa que las carillas articulares esternales de las clavículas no presentan osificación completa y en las suturas craneales no hay obliteración, con excepción de la sutura esfenobasilar. Presenta dos huesos wormianos debajo de la sutura lambdaoidea. Las medidas e índices tanto del cráneo como del esqueleto poscranial se presentan en las Tablas 4.22-25.

En lo que se refiere al estado dental, todas las piezas dentales se encontraron *in situ* en el alveolo correspondiente, con excepción del tercer molar superior izquierdo perdido *post mortem*. Los depósitos de sarro son significativos en la cara lingual y vestibular de las piezas frontales (Figura 4.126). El hueso alveolar está retraído como consecuencia de la enfermedad periodontal.

Figura 4.123. Esqueleto del Elemento 142.





**Figuras 4.124, 4.125 y 4.126. Cráneo del Elemento 142 en seis posiciones (izquierda). Cráneo con mandíbula en vista lateral izquierda, se observa la maloclusión por el maxilar adelantado (arriba derecha). Cara lingual de piezas dentales inferiores con sarro (abajo derecha).**

En los incisivos y caninos superiores se registra hipoplasia del esmalte, en dos tercios de las piezas hay líneas horizontales poco profundas. La maloclusión que se observa se debe a la posición adelantada del maxilar (Figura 4.125).

La lesión patológica que se encuentra es el puntilleo característico de la hiperostosis porótica en el frontal (cerca de la sutura coronal) en los parietales (más acentuado en su región posterior) y en el occipital (cerca de lambda). En el rubro de marcas de actividad, en la carilla articular superior izquierda de la primera vértebra cervical, en la región posterior hay un osteofito en forma de pico. En las clavículas hay una exostosis ósea que involucra las zonas de inserción de los músculos esternocleidomastoideo y pectoral mayor. En la zona del músculo deltoides se observan pequeñas excrescencias óseas (Figura 4.127).

La estatura estimada del individuo es de  $140 \pm 2$ cm, de acuerdo con la fórmula de coeficientes de regresión a partir de la longitud máxima de los huesos largos (Del Angel y Cisneros 1991) (Tabla 4.23).



Figura 4.127. Clavículas con exostosis ósea.

Este individuo no escapa de las características encontradas en el resto de la población analizada, un déficit nutricional desde la etapa de desarrollo y una mala salud dental que indica una carencia de hábitos de limpieza bucal. Al tratarse de un individuo femenino en edad reproductiva pudo ser más vulnerable a las bacterias de la enfermedad periodontal si tuvo algún embarazo. Además, por las huellas de actividad es probable que en su quehacer cotidiano cargara con la espalda alta, ya que es la zona que tiene afectación.

	Long. Max.	Longitud Fisiológica	Diam. A.P. ½ diaf.	Diam. Transv. ½ diaf.	Diámetro Antero posterior	Diámetro Transversal	Perím. Mínimo	Índices
Húmero Derecho	25.7	X	1.6	1.1	X	X	5.2	Robustez:20.2 Diafisiario:68.7 (Platibraquia)
Húmero Izquierdo	25.5	X	1.5	1.1	X	X	5	Robustez:19.6 Diafisiario:73 (Platibraquia)
Cúbito Derecho	X X		1.1	0.9	1.5 (Subsigmoideo)	1.1 (Subsigmoideo)	3.3	Platolenia:73.3 (Cúbito aplanado)
Cúbito Izquierdo	X	X	1.1	0.9	1.5 (Subsigmoideo)	0.9 (Subsigmoideo)	3.3	Platolenia:60 (Cúbito aplanado)
Fémur Derecho	36.5	35.8	1.8	1.7	2.5 (Subtrocantereo)	1.8 (Subtrocantereo)	6.4 ½ diaf.	Pilástrico:105.8 (Pilastra débil) Subtroc:138.8 (Estenomería)
Fémur Izquierdo	37.36	4	2	1.6	2.5	1.7	6.6 ½ diaf.	Pilástrico:125 (Pilastra fuerte)
Tibia Derecha	29.2	28.8 (Sin espina)	1.9	1.3	2.1 (Ag.Nutricio)	1.5 (Ag.Nutricio)	5.5	Cnémico:71.4 Euricnemia (aplanamiento nulo) Crural: 81.5
Tibia Izquierda	29.8	29.4 (Sin espina)	2	1.4	2.2 (Ag.Nutricio)	1.6 (Ag.Nutricio)	5.8	Cnémico:72.7 Euricnemia (aplanamiento nulo) Crural:81.8

Tabla 4.22. Osteometría del esqueleto poscranial del elemento 142.

Hueso	Fórmula (Long. Max)	Estatura
Fémur der.	47.20+2.589 (36.5)	141.6
Fémur izq.	47.20+2.589 (37)	142.9
Tibia Der.	61.29+2.720 (29.2)	140.7
Tibia Izq.	61.29+2.720 (29.4)	141.2
Peroné der.	54.55+2.988 (28.6)	140
Húmero der.	32.35+4.160 (25.7)	139.2
Húmero izq.	32.35+4.160 (25.5)	138.4
Radio der.	66.92+3.923 (19)	141.4

Tabla 4.23. Aplicación de la fórmula de coeficientes de regresión para estimar la estatura del elemento 142.

Medidas del Neurocráneo										
Longitud Máxima		Anchura Máxima		Altura Cráneo	Longitud porion-bregma		Basion-porion	Altura porion-apex		Anchura Frontal min.
17 13.		1		13.6	12.2		6.1	12.2		9
Medidas del Esplanocráneo										
Altura facial Total	Altura facial Superior	Anchura Facial	Altura Nasal	Anchura Nasal	Altura Orbital	Anchura Orbital	Long. Maxilo alveolar	Anchura Maxilo alveolar	Long. del Paladar	Anchura del Paladar
10 5.	8	12	3.6	2	3.1 der 3.1 izq.	3.5 der 3.5 izq.	5 8 5.	4	4.6	3.3
Anchura Bicondilar		Anchura Bigonial	Altura de la Rama		Anchura Mín. de la Rama		Altura Sínfisis		Altura del Cuerpo	
10.9 8.		4	5.7 der. 5.7 izq.		3.1 der. 3.3 izq.		2.5 2.		4 der. 2.5 izq.	

Tabla 4.24. Osteometría del cráneo del elemento 142.

Neurocráneo		Esplanocráneo				
Del Cráneo	Vértico-Transversal	Facial Total	Orbitario Maxilo-	alveolar	Palatino	Altura mandibular
77.05 Mesocráneo (Intermedio)	103.8 Acrocráneo (Cráneo alto)	83.3 Euriprosopo (baja)	88.5 der. 88.5 izq. Mesoconco (órbitas medias)	93.1 Dolicouránico (estrecho)	71.7 Leptoestafilino (estrecho)	86.6 der. 83.3 izq.
Vértico-Longitudinal	Transverso Fronto-parietal	Facial Superior	Nasal	Mandibular Ra	ma ascendente	De las anchuras
80 Hipsicráneo (cráneo alto)	68.7 Metriometope (intermedio)	48.3 Eurieno (baja)	55.5 Camerrino (abertura Nasal ancha)	X 54.	3 der. 57.8 izq.	77.06

Tabla 4.25. Índices del elemento 142.

#### 4.1.14 Esqueleto del Elemento 143 (Las Palmas, unidad H)

Se trata de un esqueleto infantil con un estado de conservación muy malo. Esto se debe a la presión que ejercieron las piedras dispuestas sobre él *in situ*. Todos los huesos están muy incompletos y presentan fragilidad por el proceso tafonómico de deshidratación. También presentan concreciones de tierra. Por ello, al no poder realizar su reconstrucción se identificó la correspondencia anatómica de cada fragmento. Entre estos sobresalen los de las extremidades inferiores y superiores, del cráneo se conservaron los parietales, y partes del occipital y frontal.

Por las piezas dentales que se recuperaron, con el método de brote dental, se le asignó la edad de 4 años  $\pm$  12 meses (Ubelaker 1989) (Figura 4.128). Los restos craneales indican que no hubo modelado cefálico.

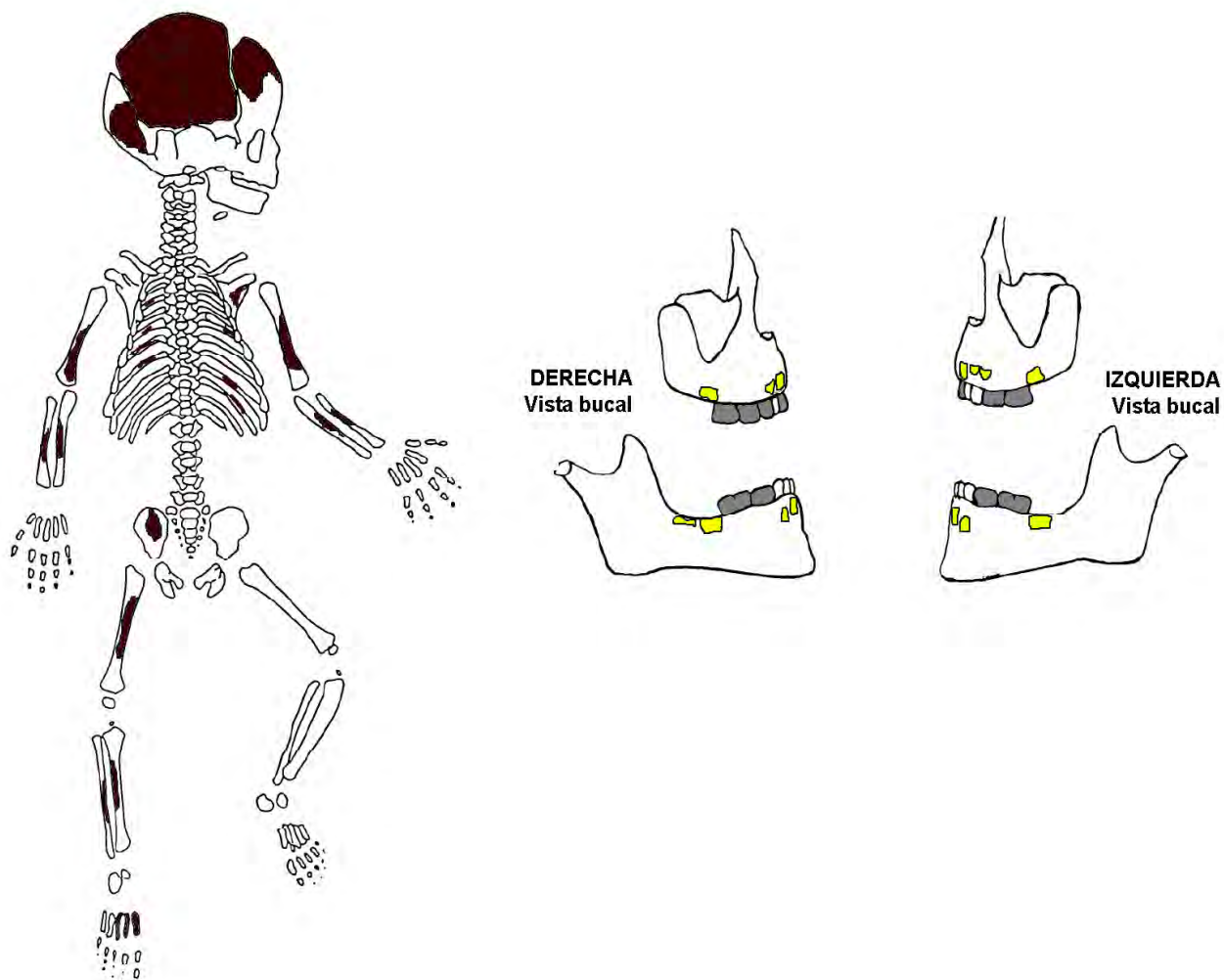


Figura 4.128. Registro gráfico de los restos óseos y dentales del esqueleto del elemento 143.

#### 4.1.15 Esqueleto del Elemento 49 (Las Palmas, unidad F2)

El estado de conservación es pésimo, sólo se encuentran algunos fragmentos de cráneo y de huesos largos, así como piezas dentales que hicieron posible la estimación de su edad. Se trata de un individuo infantil de 5 años  $\pm$  16 meses de edad (Ubelaker 1989) (Figura 4.129). Las dimensiones de los fragmentos de los huesos largos concuerdan con esta estimación. En el parietal se observa con claridad la lesión por hiperostosis porótica, relacionada con problemas nutricionales.

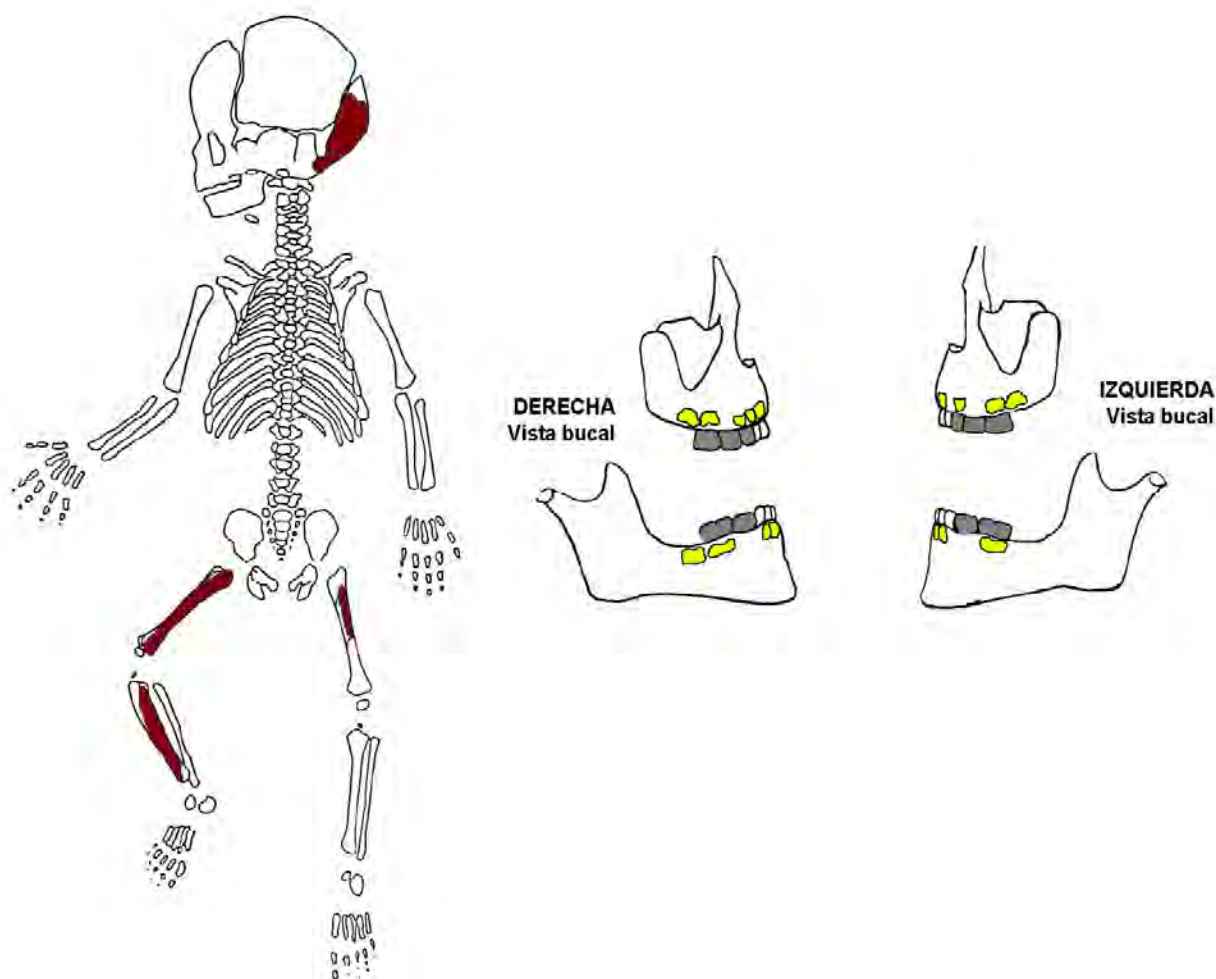
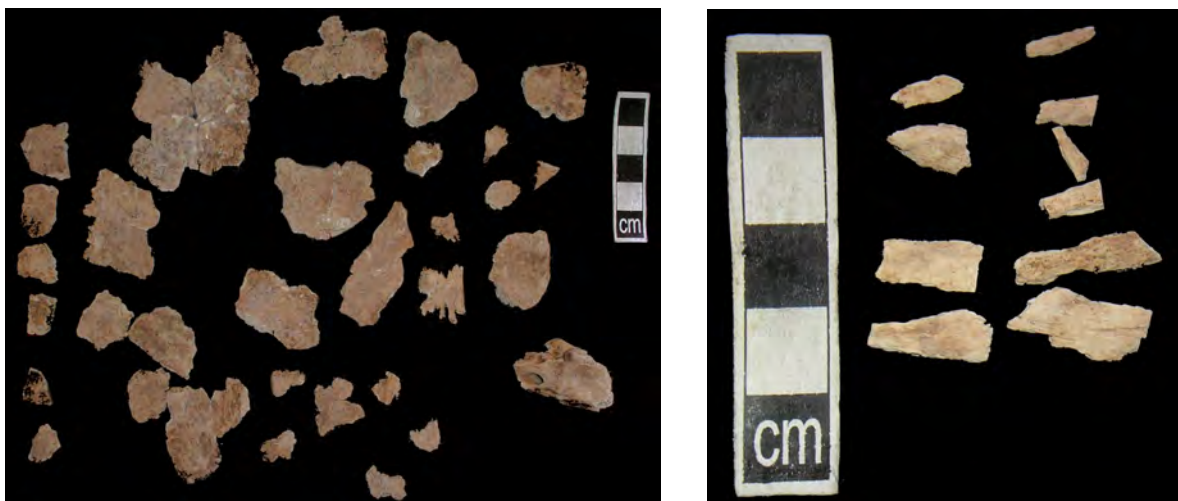


Figura 4.129. Registro gráfico de los restos óseos y dentales del esqueleto del elemento 49.

#### 4.1.16 Esqueleto del Elemento 51 (Las Palmas, unidad F2)

Debido a las condiciones del entierro el estado de conservación del material es muy malo. Está muy fragmentado y la mayoría de la osamenta no se preservó (Figuras 4.130-31). Las piezas dentales superiores se encontraron sueltas y la mandíbula se presentó casi completa, por lo que fue posible estimar la edad por el método del brote dental (Ubelaker 1989) y se tuvo como resultado 3 años  $\pm$  12 meses (Figuras 4.132-133). Además, las dimensiones del fragmento de la escama del occipital que se pudo reconstruir, así como de la clavícula corresponden con la edad estimada (Figuras 4.134 y 4.135).



Figuras 4.130 y 4.131. Fragmentos de cráneo (izquierda) y de huesos largos recuperados del entierro del elemento 51.

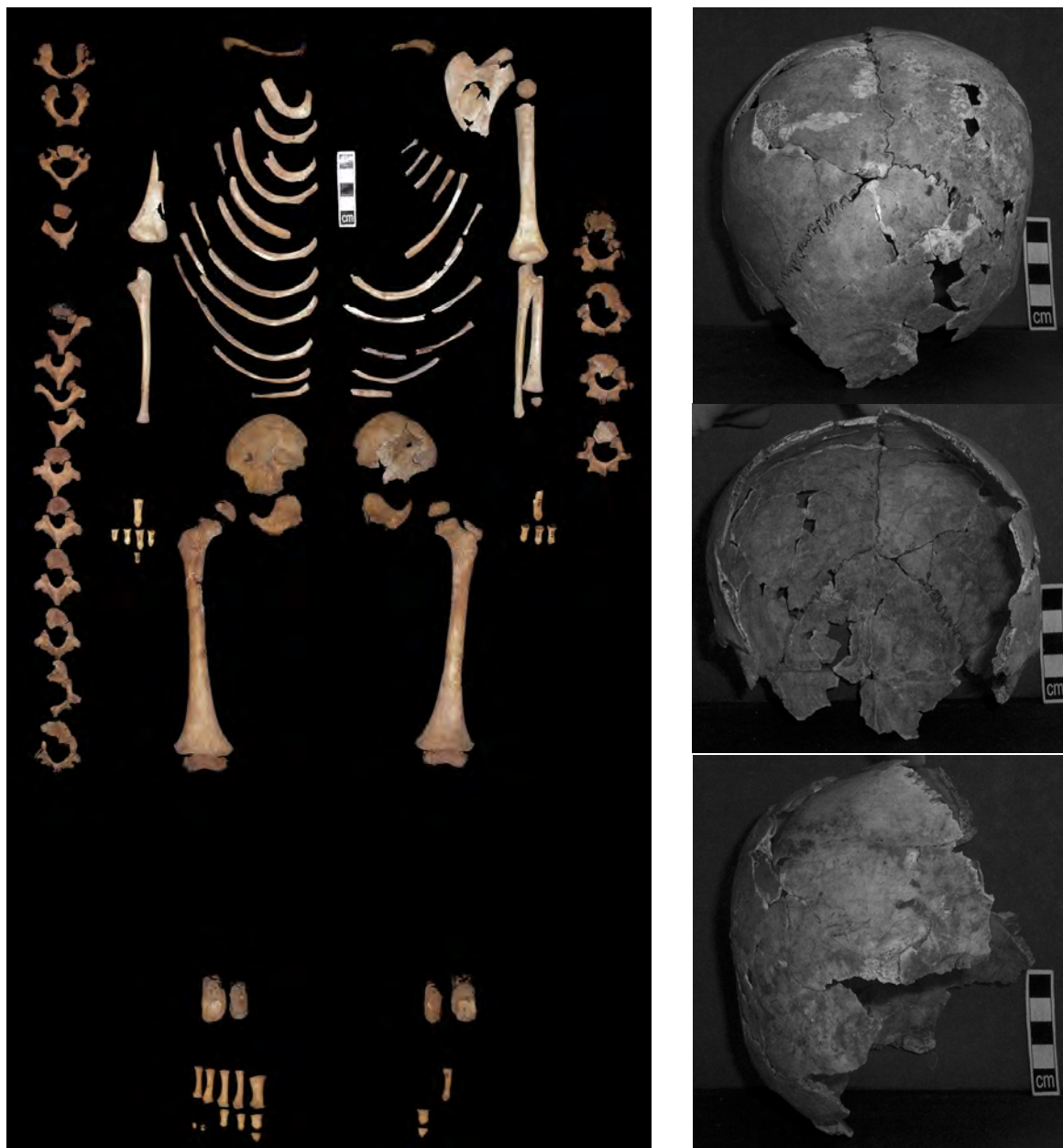


Figuras 4.132 y 4.133. Mandíbula del infante del Elemento 51 en vista lateral derecha (izquierda) y vista oclusal (derecha).



Figuras 4.134 y 4.135. Se compara el fragmento de la escama occipital con el cráneo del elemento 50/85 que cuenta con la misma edad (izquierda). El tamaño del fragmento de la clavícula corresponde a la de un individuo infantil de 3 años aproximadamente (izquierda).

#### 4.1.17 Esqueleto del Elemento 50/85 (Las Palmas, unidad F3)



**Figuras 4.136, 4.137, 4.138 y 4.139. Esqueleto poscranial del elemento 50/85 (izquierda). Cráneo reconstruido: en vista occipital (derecha arriba); vista frontal (derecha centro); vista lateral derecha en donde se aprecia el aplanamiento del occipital por la costumbre del modelado cefálico (derecha abajo).**

El esqueleto presenta un estado de conservación no uniforme. El cráneo es el elemento más deteriorado (Figuras 4.137-139). La mayor parte de los huesos se encontraron en buena condición, incluso algunas falanges, algunos completos y otros con fracturas debido al contexto del enterramiento (Figura 4.136). La edad estimada por brote dental es  $3 \text{ años} \pm 12 \text{ meses}$  y por la longitud de los huesos largos es de 2.5 años (Ubelaker 1989) (Figura 4.140 y Tabla 4.26).

En el cráneo se alcanza a observar el aplastamiento del occipital por el modelado cefálico que se le hizo al infante, de tipo tabular erecto (Figura 4.139).



Figura 4.140. Fragmento de la mandíbula del esqueleto del Elemento 85.

Hueso	Derecho (mm)	Izquierdo (mm)
Húmero --	-	---
Cúbito	107	108
Radio --	-	---
Fémur	163	163
Tibia 13	0	128
Peroné	---	128

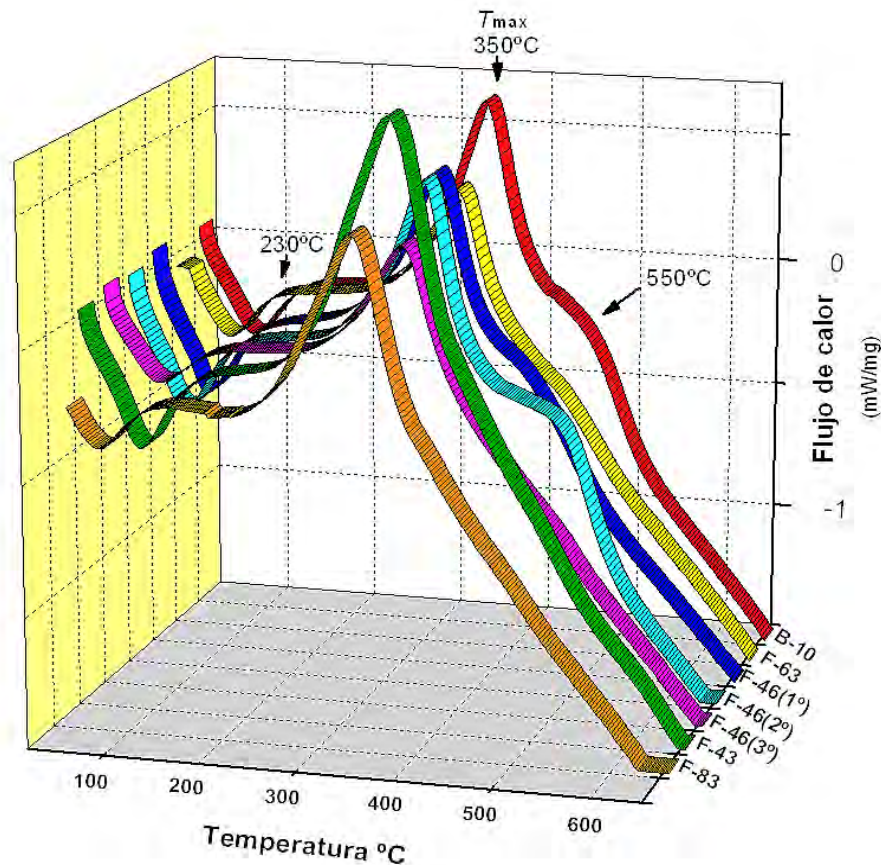
Tabla 4.26. Longitudes de los huesos largos del elemento 50/85.



## 4.2 Arqueométricos

### 4.2.1 Calorimetría Diferencial de Barrido (DSC)

Todos los termogramas que resultaron del experimento presentan un pico endotérmico entre 40 y 120°C que corresponde a la pérdida de agua fisiológicamente absorbida o agua superficial de la muestra. La degradación y combustión del colágeno comienza a los 230°C con un proceso exotérmico que tiene su pico máximo alrededor de los 350°C con término total a los 550°C (Figura 4.141).



**Figura 4.141.** Termogramas de todas las muestras donde se indica el inicio, el punto máximo y la terminación del proceso exotérmico correspondiente a la combustión del colágeno.

La diferencia que se observa entre todas las muestras respecto al de flujo de calor ( $mW$ ) de los picos se refleja en los valores de entalpía ( $\Delta H$ ) que se obtuvieron del área bajo la curva de la señal exotérmica, y a que esto tiene una relación directa con la cantidad de materia orgánica que se conserva en el hueso (Tabla 4.27).

La línea base se restablece al término de la degradación y combustión del colágeno con un valor de flujo de calor cercano al inicial, lo que facilita la obtención del área bajo la curva.

Muestra	Entalpía $\Delta H$ (J/g)
B-10 (APZ22)	-802.0
B-63 (APZ24)	-536.1
F-46(1°) (APZ11)	-652.2
F-46(2°) (APZ8)	-725.2
F-46(3°) (APZ1)	-486.7
F-43 (APZ15)	-1008
F-83 (APZ19)	-712.3

Tabla 4.27. Resultados de la entalpía de la combustión del colágeno en cada muestra analizada.

En las curvas termogravimétricas se registraron dos pendientes, la primera corresponde a la pérdida de agua y lípidos y tiene lugar entre 25 y 200°C. La segunda concierne a la descomposición del colágeno que comienza a los 200°C y termina en 600°C. La pérdida de masa es proporcional al valor de entalpía es decir al contenido de materia orgánica (Figura 4.142).

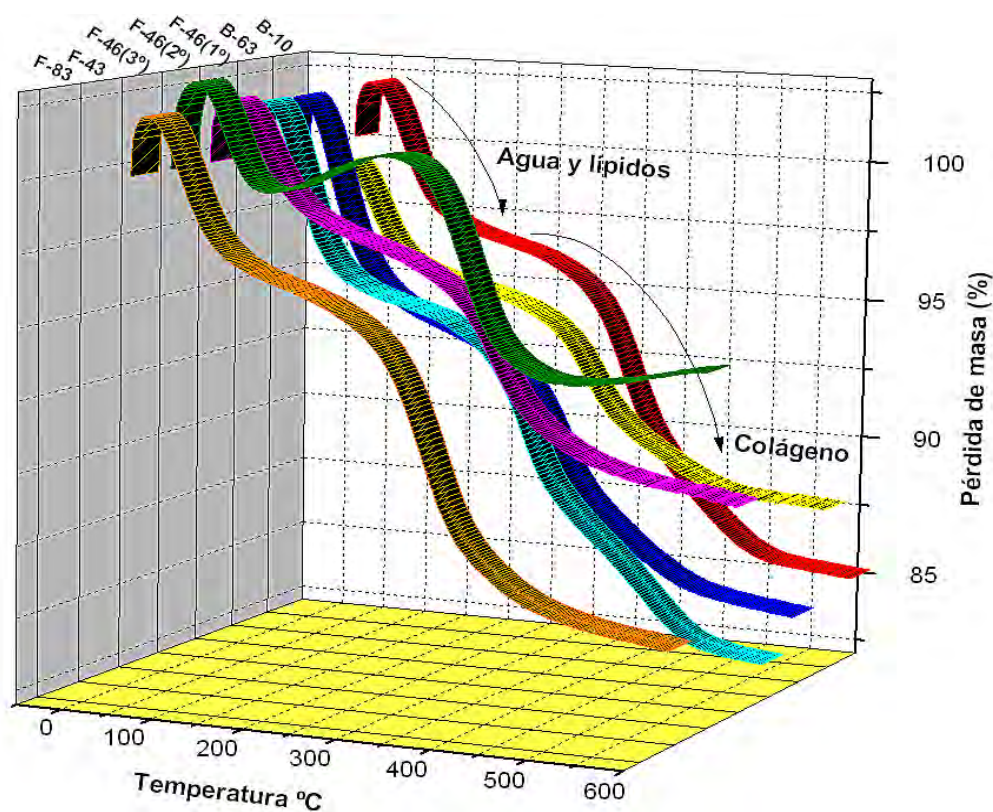


Figura 4.142. Curvas termogravimétricas en las que se observan las pendientes de pérdida de agua y lípidos, así como de materia orgánica.

Por cuestiones técnicas sólo siete de las diez muestras pudieron ser analizadas con este experimento, por lo cual la comprobación de la preservación proteica del resto se llevó a cabo con otras técnicas. Por otro lado la variación de la cantidad de materia orgánica que se encontró entre los especímenes analizados depende tanto del estado de conservación de la fase mineral como de su respectiva antigüedad.

#### 4.2.2 Espectroscopia Infrarroja (FT-IR)

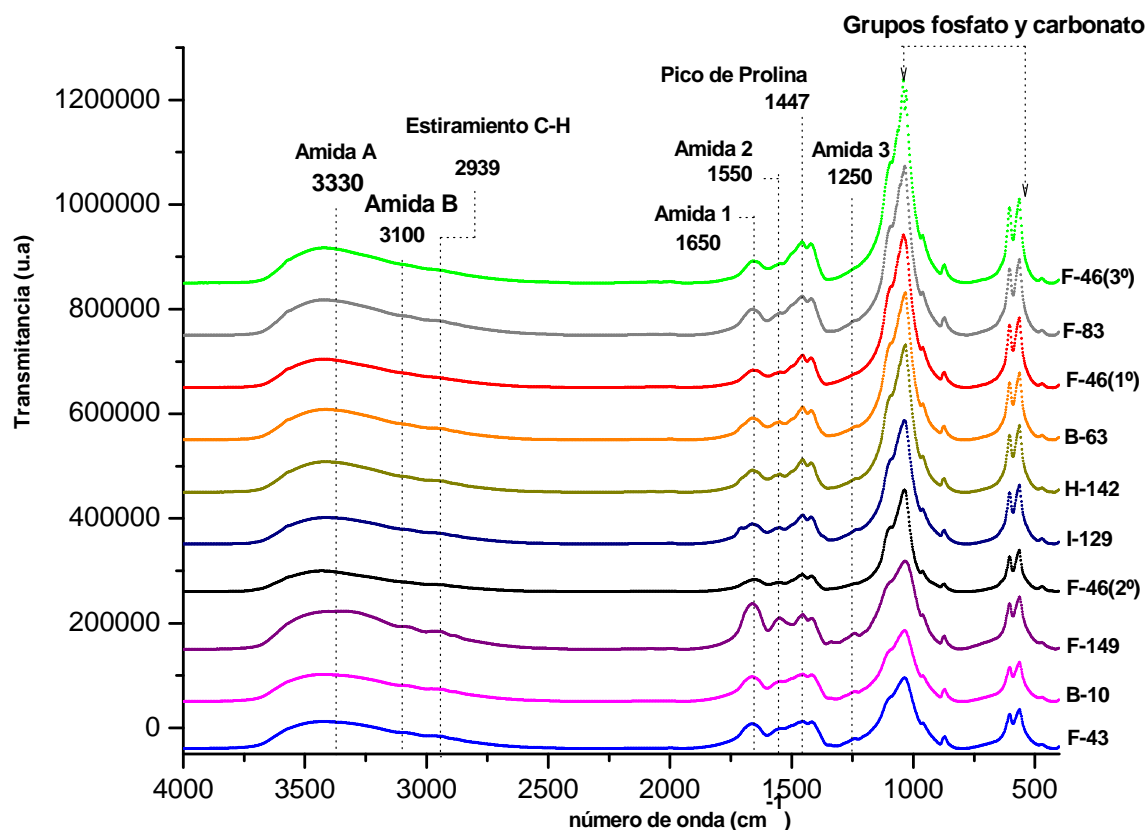
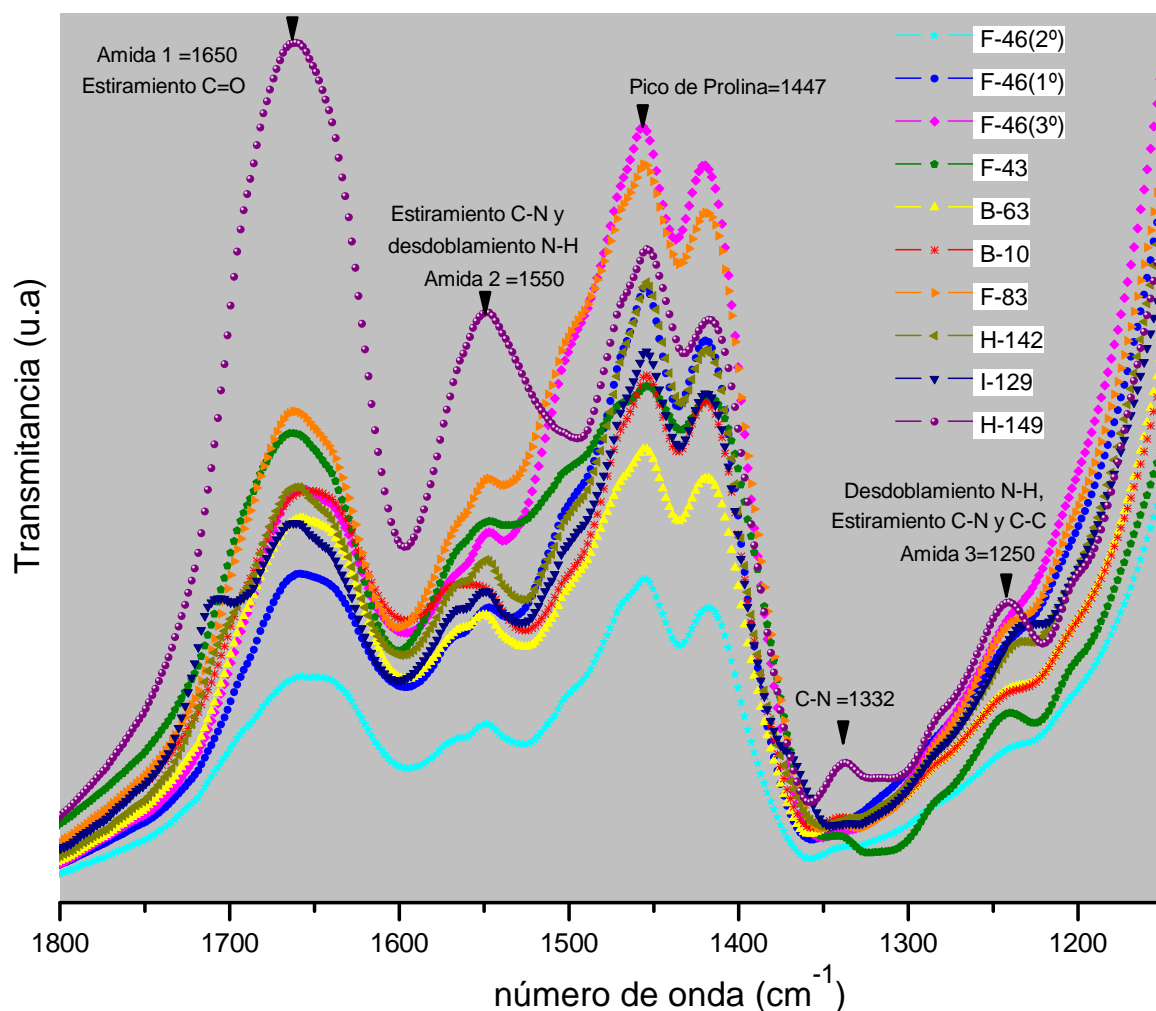


Figura 4.143. Espectros infrarrojos de todas las muestras. Se indican las principales bandas de absorción de la fase orgánica y mineral.

En la Figura 5.143 se presentan todos los espectros de las muestras con las respectivas asignaciones de las bandas de los grupos funcionales tanto del colágeno como de la fase mineral. En la Figura 5.144 se presentan con detalle las bandas del estiramiento del grupo C=O (Amida I), del estiramiento del enlace C-N (Amida III) y del desdoblamiento del enlace N-H (Amida II), que son características del enlace peptídico y por lo consiguiente su presencia o disminución será un reflejo de la degradación estructural de la proteína. De las tres amidas la que tiene una energía de enlace menor es la III con 292 kJ/mol, le sigue la II con 391 kJ/mol, y la más fuerte es la I y a que cuenta con 725 kJ/mol (Pauling 1970). Esto se ve de manera clara en los espectros obtenidos ya que la Amida III

es la señal con registro más débil. Por otro lado, el pico de Prolina resultó ser de los más estables en todos los espectros, lo que puede deberse a que este aminoácido, junto con la hidroxiprolina, representa un cuarto o más del total de las moléculas complejas que constituyen al colágeno y su presencia es lo que mantiene estable la disposición de la proteína en forma de cordel, además de hacerla más resistente al estiramiento.



**Figura 4.144. Detalle de las bandas de absorción de las Amidas y del pico de Prolina en las muestras analizadas.**

Para entender a nivel molecular el estado de conservación de los grupos funcionales en una misma muestra, se calcularon las alturas relativas de los picos de las Amidas y de la Prolina con respecto a la señal del estiramiento del grupo fosfato ( $\text{PO}_4^{-3}$ ) en  $1035\text{ cm}^{-1}$ . Los resultados revelan que la muestra F 142 (APZ31) es la que presenta los valores de transmitancia más altos, lo que se traduce en una mejor preservación de la materia orgánica, mientras que en las muestras F 46 1°, 2° y 3° (APZ13, 8 y

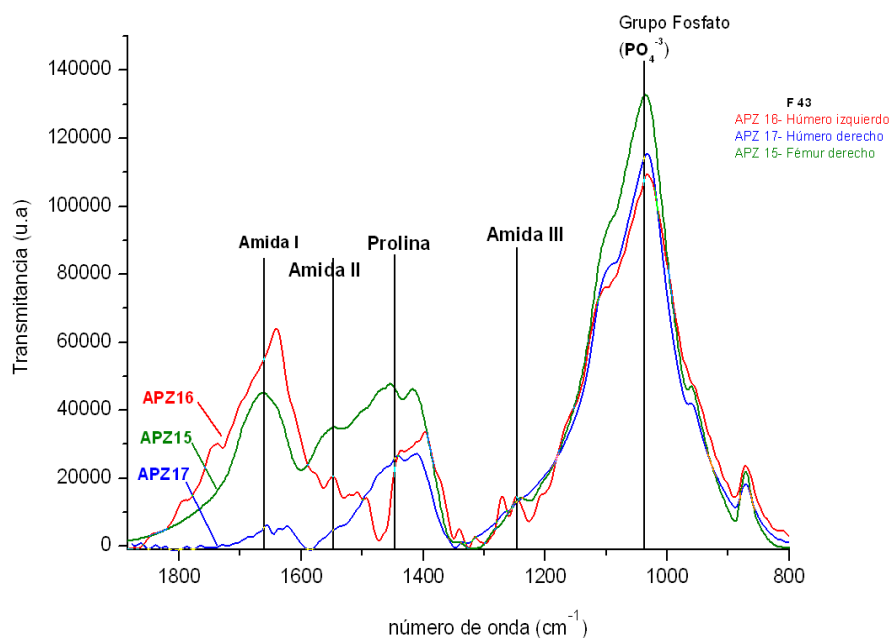
2) la Amida III ya no se registra y los niveles de los picos restantes son bajos, lo que indica una mala conservación de la estructura molecular proteica (Tabla 4.28).

Muestra	Amida I	Amida II	Amida III	Prolina
H 149 (APZ 32)	5	3.3	1.6	3.8
F 43 (APZ 15)	3.75	3.12	1.87	3.75
B2-10 (APZ 22)	3.33	2.6	1.33	3.3
F 83 (APZ 20)	1.42	1.14	0.57	2.28
H 142 (APZ 31)	1.6	1.3	1	2.3
I 129 (APZ 29)	1.6	1.2	1.2	2.4
B6-63 (APZ 24)	1.33	1	0.66	2
F 46-2° (APZ 8)	1.36	0.90	0	1.81
F 46-1° (APZ 13)	0.96	0.96	0	1.93
F 46 3° (APZ 2)	1	0.75	0	2

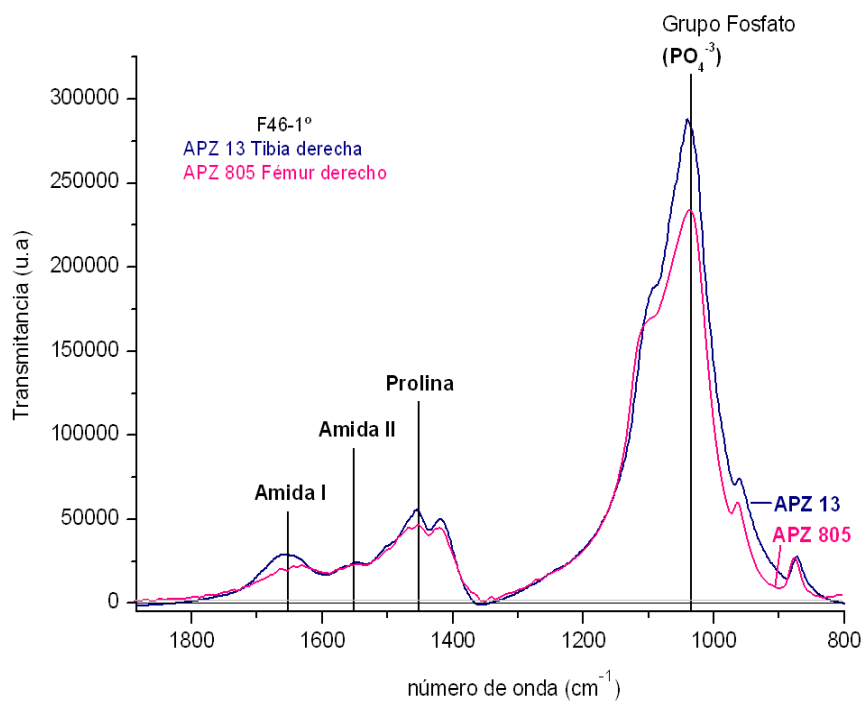
**Tabla 4.28. Alturas relativas de los picos de las Amidias y de la Prolina con respecto a la banda del estiramiento del grupo fosfato ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) en  $1035\text{cm}^{-1}$ .**

Como se presentó en el apartado anterior, la osamenta del individuo F 43 muestra de manera morfoscópica indicios de haber estado bajo una alteración térmica. Por esta razón se decidió analizar con esta técnica a los tres huesos que presentan el cambio estructural, a nivel macroscópico, más evidente. En la Figura 4.145 y en la Tabla 4.29 se observa el distinto comportamiento que tienen las curvas entre sí, lo que se refleja de manera clara en las alturas relativas de los picos de cada muestra. El arreglo estructural de los grupos funcionales del húmero derecho (APZ17) está muy degradado en comparación de la muestra de fémur de recho (APZ15). Por otra parte en el espectro del húmero izquierdo (APZ16) los picos están más definidos, lo que no se ve en el resto de todas las muestras, lo que se podría relacionar con el aspecto vítreo del hueso mismo. De esta manera se confirma que la alteración térmica sucedió con mayor intensidad en las extremidades superiores que en las inferiores, lo que demuestra que la conservación de la estructura proteica fue mejor en estas últimas.

También se analizó una muestra del fragmento de fémur derecho (APZ805) del individuo F 46-1° y otra de su tibia derecha (APZ 13) con el objetivo de ver las similitudes en el arreglo estructural proteico y a que, como se vio en el Capítulo III, el fémur derecho se encontró apartado de la osamenta. En la Figura 4.146 los resultados revelan una gran similitud en cuanto al registro de las bandas de absorción, ambas muestras perdieron el enlace de la Amida III y como se ve en la Tabla 4.30 las alturas relativas son muy parecidas, lo que indica un estado de conservación orgánico análogo.



**Figura 4.145.** Espectros de tres huesos pertenecientes al individuo F 43. Se señalan las bandas de absorción de las Amidas y del pico de Prolina.



**Figura 4.146.** Espectros de dos huesos pertenecientes al individuo F 46-1°. Se señalan las bandas de absorción de las Amidas y del pico de Prolina.

Hueso	Muestra	Amida I	Amida II	AmidaIII	Prolina
Fémur derecho	F 43 (APZ 15)	3.75	3.12	1.87	3.75
Húmero izquierdo	F 43 (APZ 16)	7.5	3.6	4.1	3.3
Húmero derecho	F 43 (APZ 17)	2.14	1.96	0	3.21

**Tabla 4.29. Alturas relativas de los picos de las Amidias y de la Prolina con respecto a la banda del estiramiento del grupo fosfato ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) en las tres muestras del individuo F 43.**

Hueso	Muestra	Amida I	Amida II	AmidaIII	Prolina
Tibia derecha	F 46-1° (APZ 13)	0.96	0.96	0	1.93
Fémur derecho	F 46-1° (APZ 805)	0.99	0.99	0	1.98

**Tabla 4.30. Alturas relativas de los picos de las Amidias y de la Prolina con respecto a la banda del estiramiento del grupo fosfato ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) en las dos muestras del individuo F 46-1°.**

### 4.2.3 Difracción de Rayos X (DRX)

Las reflexiones registradas en todos los difractogramas corresponden a las señales de la apatita (HAP), con ubicación en  $25.5^\circ$ ,  $31^\circ$  y  $34^\circ 2\theta$  (Theta), por lo cual se considera la fase mayoritaria de la fracción mineral en todas las muestras analizadas (Figuras 4.147-49).

Como ya se mencionó, uno de los principales cambios que ocurren durante la diagenesis del hueso, aparte de la pérdida del colágeno, es el cambio en la cristalinidad de la fase inorgánica. Cuando el hueso está enterrado, los cristales van a sufrir modificaciones, crecen o adquieren una morfología distinta. La asociación que existe entre la cristalinidad y la conservación del material proteínico radica en que cuando se remueve la matriz orgánica los cristales de apatita experimentan una disolución de manera simultánea y un crecimiento a expensas de los de menor tamaño. Además, los cambios en el cristal se aceleran durante y después de la descomposición de la fase orgánica, por lo cual quedan más expuestos a los iones del agua y del suelo. Sin embargo, se deben considerar otros factores que pueden propiciar la degradación colagénica sin que haya una alteración en la fase cristalina.

Un aspecto primordial que ayuda a entender el estado de conservación del hueso es el pH de la matriz de suelo en la que se encontraron depositados los restos óseos. Un ambiente alcalino o neutro favorece la conservación colagénica. Sin embargo, los componentes minerales quedan susceptibles a sufrir una recristalización. En este proceso, los cristales originales son reemplazados por formas más estables de apatita. Por otro lado si se tiene en el suelo un pH ácido, por debajo de 7.5, el hueso

mineral biogénico será disuelto de manera rápida, lo que acarreará un reemplazo total por apatita autógena (neoformada) (Berna *et al.* 2004).

Para el análisis de pH las muestras provinieron de la tierra recuperada en la etapa de limpieza del material óseo. En el caso de los esqueletos de los elementos 46 y 43 la muestra procedió del interior de su respectiva troncocónica.

Muestra	Índice de Cristalinidad	pH del Suelo
F 83 (APZ19)	5.3	7.35
F 46-1° (APZ11)	5.1	8.38
F 46-3° (APZ1)	5	8.38
B-10 (APZ22)	5	---
B-63 (APZ24)	5	7.07
F46-2° (APZ8)	3.5	8.38
I 129 (APZ29)	3.0	6.29
F 43 (APZ15)	2.6	6.64
H 142 (APZ31)	2.0	6.29
H 149 (APZ32)	1.2	6.38

**Tabla 4.31.** Se indica el Índice de Cristalinidad (IC) y el pH del suelo. Para la B2-10 no se pudo obtener muestra de suelo para su análisis. La flecha indica el decrecimiento del IC.

En la Tabla 4.31 se presenta el índice de cristalinidad (IC) de cada muestra, con su respectivo valor de pH del suelo (ver Anexo 1) y se observa que los valores fluctúan, en general, de 5 a 1 dentro de la escala de 10 a 0 (Bartsiokas y Middleton 1992) teniendo en cuenta que en un hueso fresco los valores de IC esperados son cercanos a 0.

En general se observa una mayor cristalinidad en las muestras de los individuos que estuvieron insertos en un medio ambiente alcalino que los depositados en un suelo con ligera acidez.



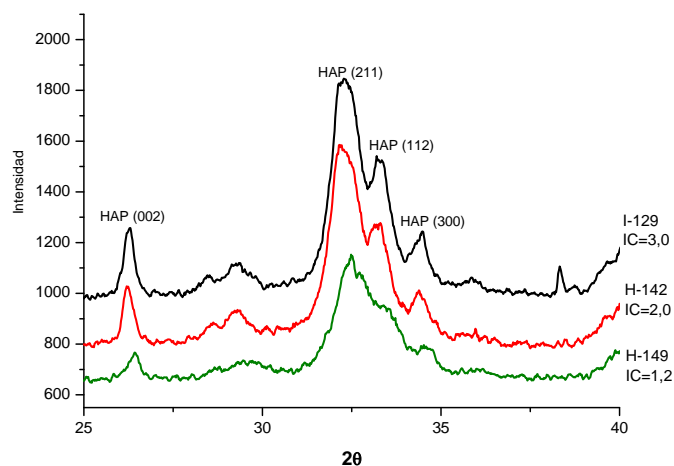


Figura 4.147. Difractogramas de las muestras I-129 (APZ 29), H-142 (APZ 31) y H-149 (APZ 32). Se señalan las reflexiones de apatita (HAP).

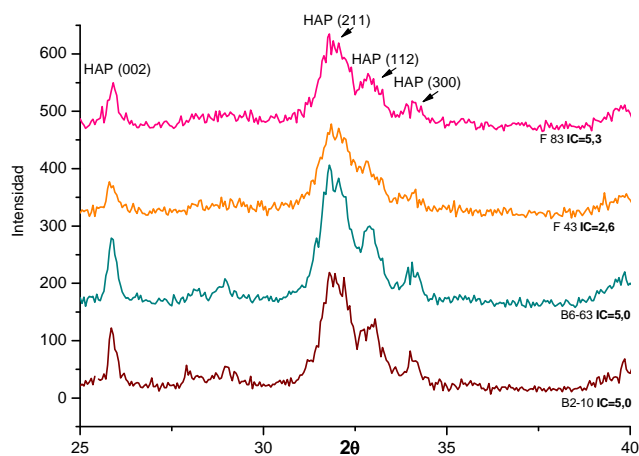


Figura 4.148. Difractogramas de las muestras F-83 (APZ 19), F-43 (APZ 15), B-63 (APZ 24) y B2-10 (APZ 22). Se señalan las reflexiones de apatita (HAP).

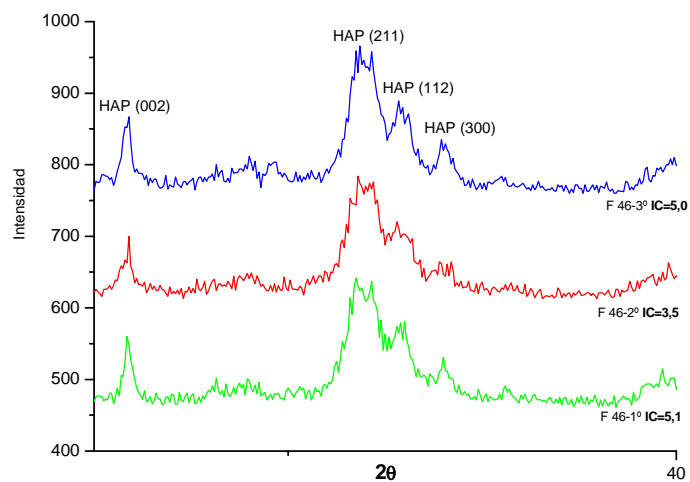


Figura 4.149. Difractogramas de las muestras F-46-3° (APZ 1), F-46-2° (APZ 8), F-46-1° (APZ 11). Se señalan las reflexiones de apatita (HAP).

#### 4.2.4 Análisis Elemental con PIXE

Los resultados demuestran la efectividad de la limpieza mecánica y química que se llevó a cabo sobre el conjunto de muestras óseas para conseguir una cuantificación global del contenido elemental biogénico de cada muestra. Para ello se lograron eliminar los contaminantes exógenos incorporados en la superficie mineral ósea por cuestiones diagenéticas. No obstante, se tomó en consideración que si las alteraciones tuvieron lugar al interior del entramado mineral no sería posible eliminarlas.

Al comparar el análisis elemental de las muestras de corte transversal y las que sufrieron tratamiento de limpieza con la referencia de ceniza ósea (srm 1400) se hizo evidente el cambio en las concentraciones de algunos elementos. Si se perdió o redujo el mineral por efecto de la limpieza química se deduce que la procedencia del mismo fue exógena. Si aumentó la concentración del mineral es porque su cuantificación mejoró al estar libre de contaminantes (Tablas 4.32-33 y Figuras 4.150-158).

Desafortunadamente no se pudo contar con el análisis elemental del suelo. Sin embargo, las concentraciones elementales que resultaron después de la limpieza química se asemejan a los resultados que reporta Mejía Appel (2008) sobre un conjunto de muestras óseas procedentes de una población del Clásico Teotihuacano. La autora (siguiendo los mismos parámetros experimentales que en esta investigación) comprobó, por medio del análisis elemental de la matriz de suelo, que no hubo alteración diagenética por la incorporación de elementos exógenos. Por lo tanto, se deduce que las muestras óseas de La Laguna tampoco sufrieron de dicha alteración dentro del entramado mineral óseo. Por otra parte el K, Si, Fe, Al y Mn suelen encontrarse en abundancia en el suelo y por esta razón se consideran como los principales contaminantes de la matriz ósea. Es interesante ver que en ninguna muestra analizada se registra K, Al ni Si. Además el Fe, al presentar concentraciones muy bajas con respecto a la referencia, no puede considerarse exógeno. El Mn por su parte se identifica en todas las muestras pero en niveles bajos y como se verá más adelante con los resultados de IOL su incorporación es identificada tanto a nivel de periostio como de endostio, lo que implica una integración dentro del entramado óseo. Empero esto no repercutió de manera significativa en la composición del material.

Una manifestación clara de alteración diagenética en la composición inorgánica es el aumento o disminución de las concentraciones de Ca y P, y a que al ser los constituyentes mayoritarios de la fracción mineral son más susceptibles a sufrir cambios. De esta manera cualquier alteración en la razón Ca/P indica que tuvieron cabida procesos de disolución o recristalización por acción de la

carbonatación en la estructura mineral. En un hueso fresco la proporción de Ca/P es 2.13 y en un hueso con diagénesis típica es de 2.5 (Hassan y Ortner 1977, citado por Rodríguez 2004). En las muestras de corte transversal esta proporción queda por encima del valor esperado (2.26), pero con el tratamiento químico aplicado la proporción Ca/P cae ligeramente por debajo del valor estandarizado (2.08) (Tablas 4.34-36). La proporción Ca/P al resultar con una alteración baja indica que los procesos diagenéticos no dañaron de manera sustancial la composición elemental de la fase mineral, lo que implica una mayor confiabilidad en torno a la señal biogénica de los elementos considerados como traza.

Elemento y muestra corte transversal	Al %	Si %	P %	Ca %	Mn µg/g	Fe µg/g	Ni µg/g	Cu µg/g	Zn µg/g	As µg/g	Br µg/g	Sr µg/g
Referencia de ceniza de hueso srm1400	6.53	30.44	17.91	38.18		660			181			249
B-10 (APZ 22)	0	0	19.4	44.1	81	74	57	339	108	0	228	683
B-63 (APZ 24)	0	0	20.8	45.1	28	22	48	335	120	0	151	766
46-1° (APZ 13)	0	0	20.5	46.7	18	34	25	255	110	0	186	972
46-2° (APZ 8)	0	0	20.6	45.2	0	68	33	332	144	0	123	666
46-3° (APZ 1)	0	0	18.2	44.2	0	58	36	281	127	0	106	1322
43 (APZ 15)	0	0	19.4	48.2	0	0	38	327	93	5	115	801
83 (APZ 19)	0	0	20	46	0	29	34	325	147	1	97	746
I-129 (APZ 29)	0	0	20	44.8	25	32	45	334	101	0	197	926
H-142 (APZ 31)	0	0	19.6	44.4	43	19	46	359	90	0	99	1037
H-149 (APZ 32)	0	0	22.2	48.6	13	116	39	317	80	0	0	219

**Tabla 4.32. Resultados del análisis elemental en las muestras de corte transversal. Por cuestiones técnicas no se pudieron incluir las muestras de hueso animal.**

Elemento y muestra con limpieza mecánica y química	Al %	Si %	P %	Ca %	Mn µg/g	Fe µg/g	Ni µg/g	Cu µg/g	Zn µg/g	As µg/g	Br µg/g	Sr µg/g
Ceniza de hueso srm1400 (Referencia)	6.53	30.44	17.91	38.18		660			181			249
B-10 (APZ 22)	0	0	20.9	44.4	86	103	35	287	126	0	0	696
B-63 (APZ 24)	0	0	19.5	41.5	47	72	24	216	356	0	0	677
46-1° (APZ 11)	0	0	20.2	42.3	26	175	15	269	192	0	0	802
46-2° (APZ 8)	0	0	22.2	46.3	26	53	23	257	159	0	0	655
46-3° (APZ 2)	0	0	20.5	45.1	21	136	19	233	142	0	0	884
43 (APZ 15)	0	0	22.1	45.2	22	46	30	267	214	0	0	539
83 (APZ 19)	0	0	21.6	44.5	24	51	22	264	258	0	0	499
I-129 (APZ 29)	0	0	19.8	43.3	34	157	22	221	208	0	0	816
H-142 (APZ 31)	0	0	22	45.4	34	101	22	296	125	0	0	633
H-149 (APZ 32)	0	0	23.2	47.1	14	79	31	302	137	0	0	292
Venado*	0	0	19.9	41.1	39	63	33	324	161	0	77	1188

**Tabla 4.33. Resultados del análisis elemental en las muestras con tratamiento químico. (\*) Es la muestra que se utilizará como referencia de herbívoro para el análisis de paleodieta.**

Elemento	Tipo de Muestra	Media	Mínimo	Máximo	Desviación estándar
<b>P</b>	CT	20.07	18.2	22.2	1.06
	L	21.2	19.5	23.2	1.20
<b>Ca</b>	CT	45.7	44.1	48.6	1.62
	L	44.51	41.5	47.1	1.73
<b>Mn</b>	CT	20.8	0	81	25.7
	L	33.4	14	86	20.57
<b>Fe</b>	CT	45.2	0	116	3.92
	L	97.3	46	175	45.77
<b>Ni</b>	CT	40.1	25	57	9.09
	L	24.3	15	35	6.0
<b>Cu</b>	CT	320.4	255	359	30.32
	L	261.2	216	302	30
<b>Zn</b>	CT	112	80	147	22.47
	L	191.7	125	356	72.61
<b>As</b>	CT	0.6	0	5	1.57
	L	0	0	0	0
<b>Br</b>	CT	130.2	0	228	64.52
	L	0	0	0	0
<b>Sr</b>	CT	813.8	219	1322	287.8
	L	649.3	292	884	173.79

Tabla 4.34. Estadística descriptiva de las concentraciones elementales de las muestras de Corte Transversal (CT) y de las que tuvieron Limpieza mecánica y química (L).

Elemento y Muestra con limpieza química	Ca/P	Elemento y Muestra con corte transversal	Ca/P
Hueso fresco	2.13	Hueso fresco	2.13
B-10 (APZ 22)	2.12	B2-10 (APZ 22)	2,27
B-63 (APZ 24)	2.12	B6-63 (APZ 24)	2,16
F-46 1°(APZ 13)	2.09	F-46 1° (APZ 13)	2,27
F-46 2° (APZ 8)	2.08	F-46 2° (APZ 8)	2,19
F-43 (APZ 15)	2.04	F-43 (APZ 15)	2,48
F-83 (APZ 19)	2.06	F-83 (APZ 19)	2.3
I-129 (APZ 29)	2.18	I-129 (APZ 29)	2,24
H-142 (APZ 31)	2.06	H-142 (APZ 31)	2,26
H-149 (APZ 32)	2.03	H-149 (APZ 32)	2,18
Media	2.08	Media	2.26
Desviación Estándar	0.04	Desviación Estándar	0.09
Mínima	2.18	Mínima	2.16
Máxima	2.23	Máxima	2.48

Tablas 4.35 y 4.36. Resultados de la razón Ca/P. Se observa como en todas las muestras con limpieza química la proporción es más baja.

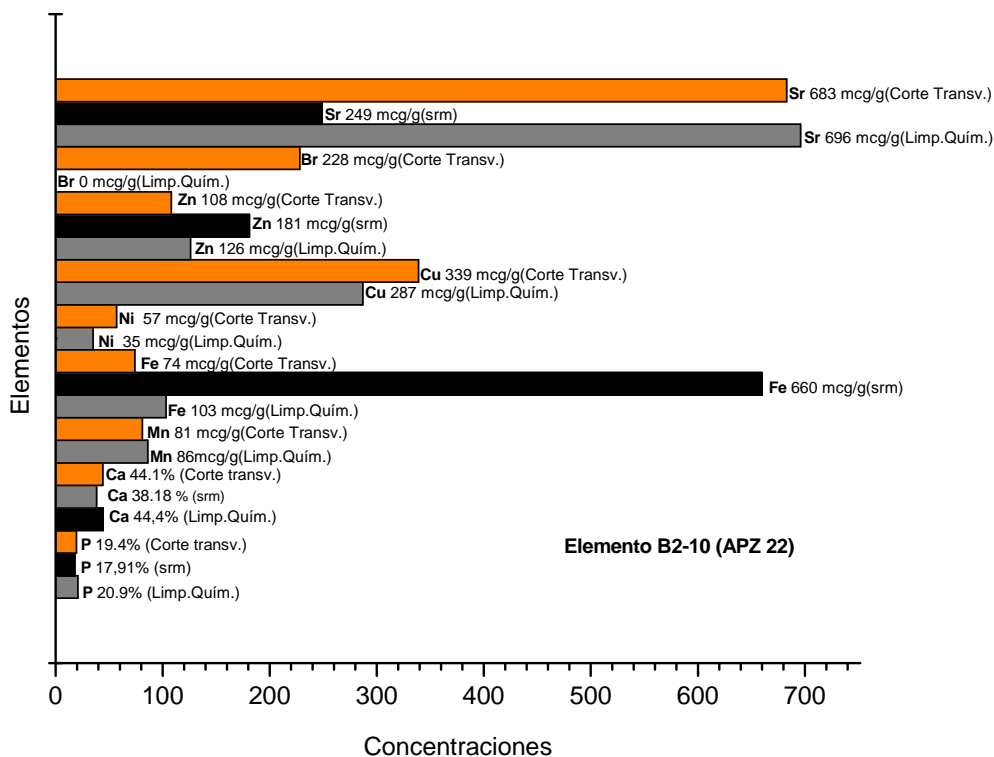


Figura 4.150. Resultados comparativos entre las muestras B2-10 (APZ 22) con limpieza química y corte transversal con respecto a la referencia de ceniza ósea (smr) cuando es el caso.

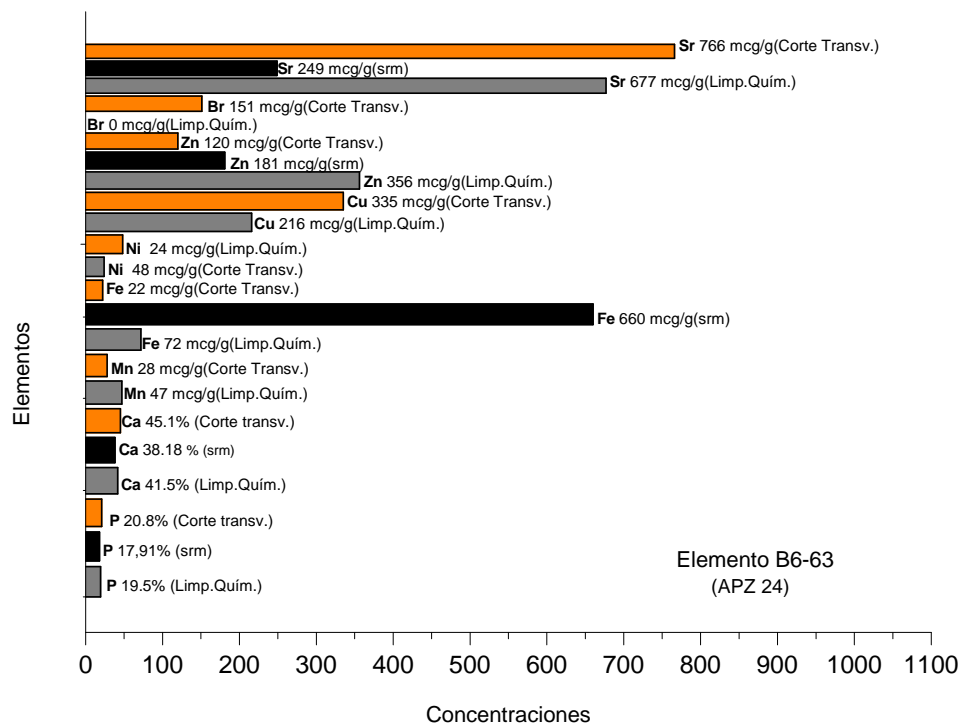


Figura 4.151. Resultados comparativos entre las muestras B6-63 (APZ 24) con limpieza química y corte transversal con respecto a la referencia de ceniza ósea (smr) cuando es el caso.

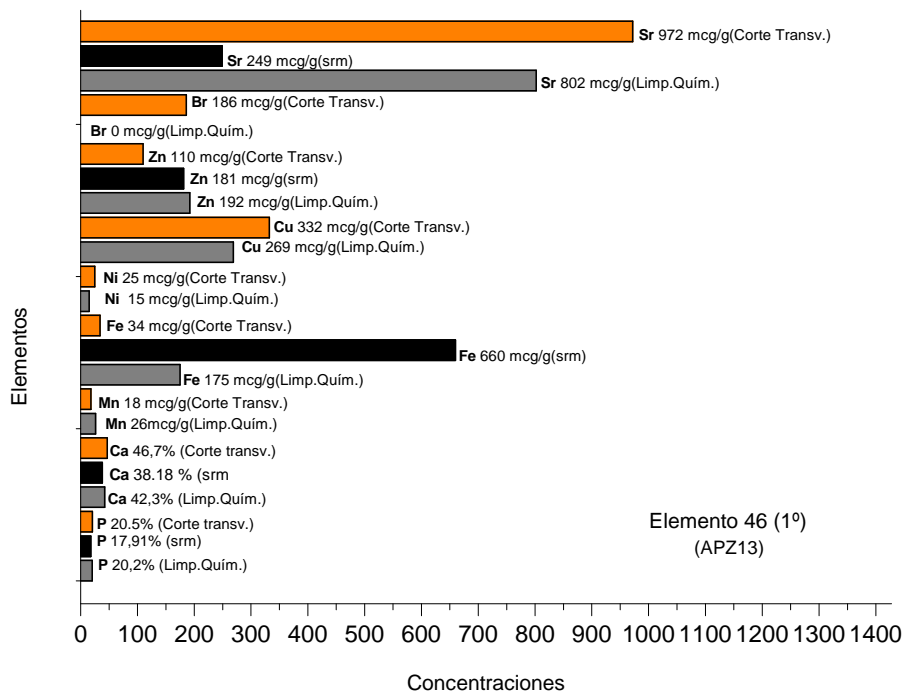


Figura 4.152. Resultados comparativos entre las muestras F 46-1° (APZ13) con limpieza química y corte transversal con respecto a la referencia de ceniza ósea (srm) cuando es el caso.

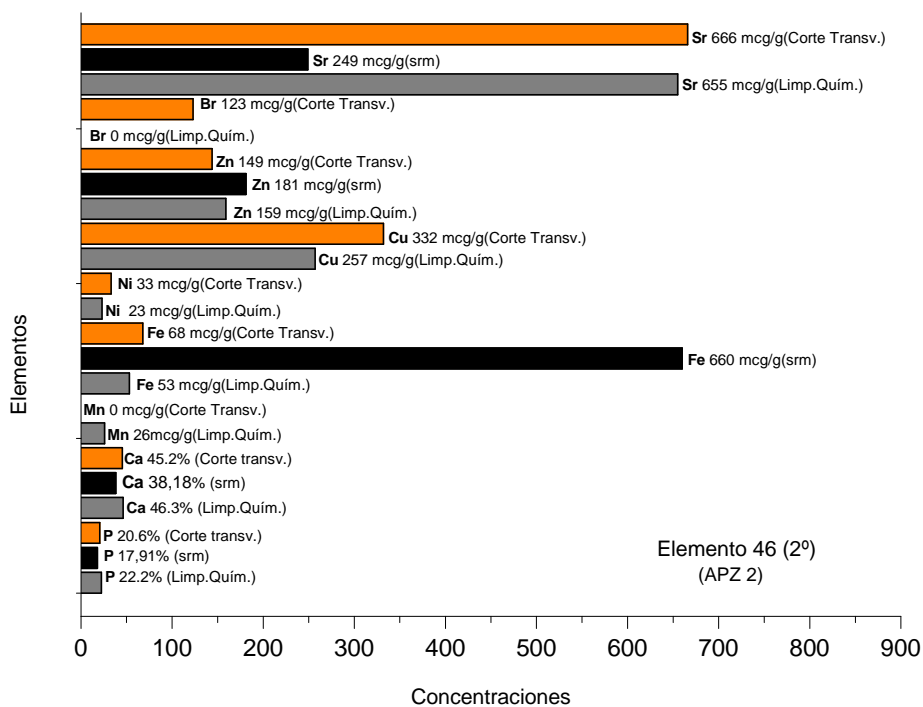


Figura 4.153. Resultados comparativos entre las muestras F 46-2° (APZ 2) con limpieza química y corte transversal con respecto a la referencia de ceniza ósea (srm) cuando es el caso.

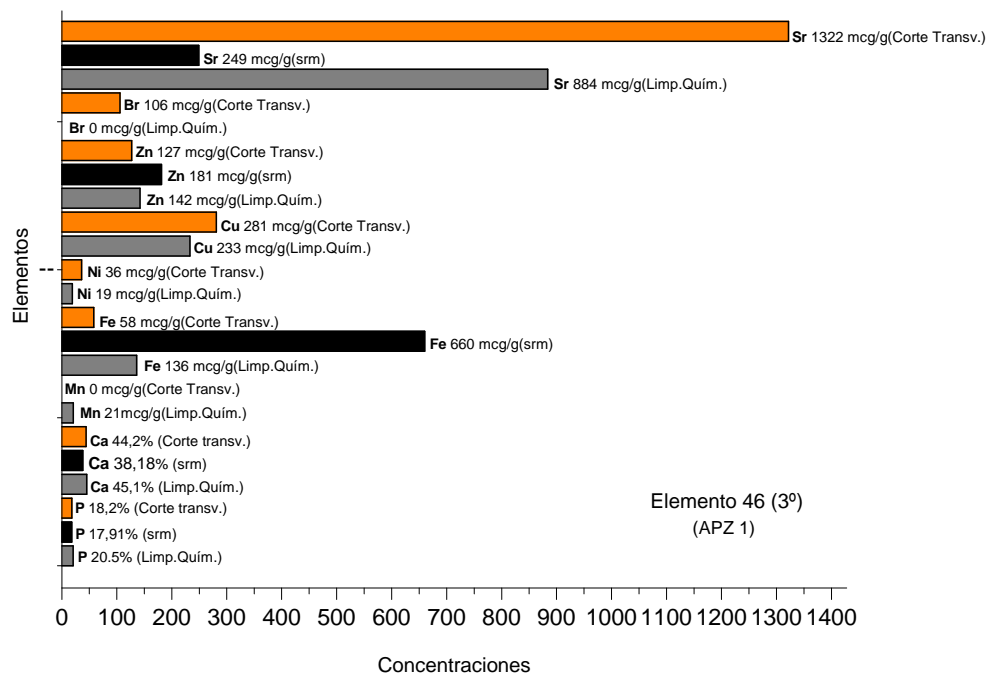


Figura 4.154. Resultados comparativos entre las muestras F 46-3° (APZ1) con limpieza química y corte transversal con respecto a la referencia de ceniza ósea (smr) cuando es el caso.

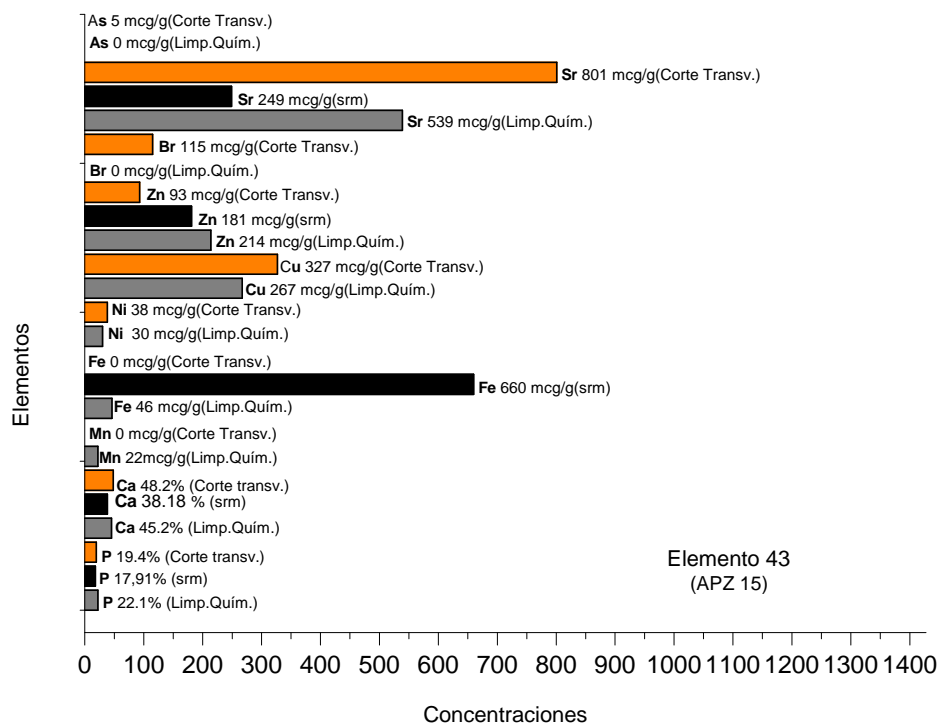


Figura 4.155. Resultados comparativos entre las muestras F 43 (APZ15) con limpieza química y corte transversal con respecto a la referencia de ceniza ósea (smr) cuando es el caso.

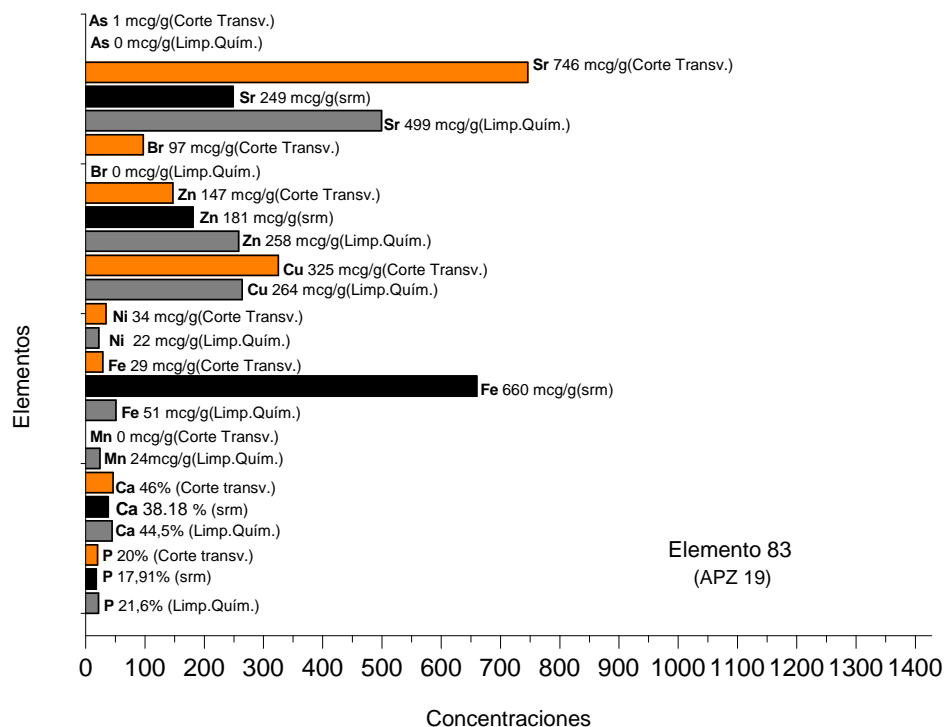


Figura 4.156. Resultados comparativos entre las muestras F 83 (APZ19) con limpieza química y corte transversal con respecto a la referencia de ceniza ósea (smr) cuando es el caso.

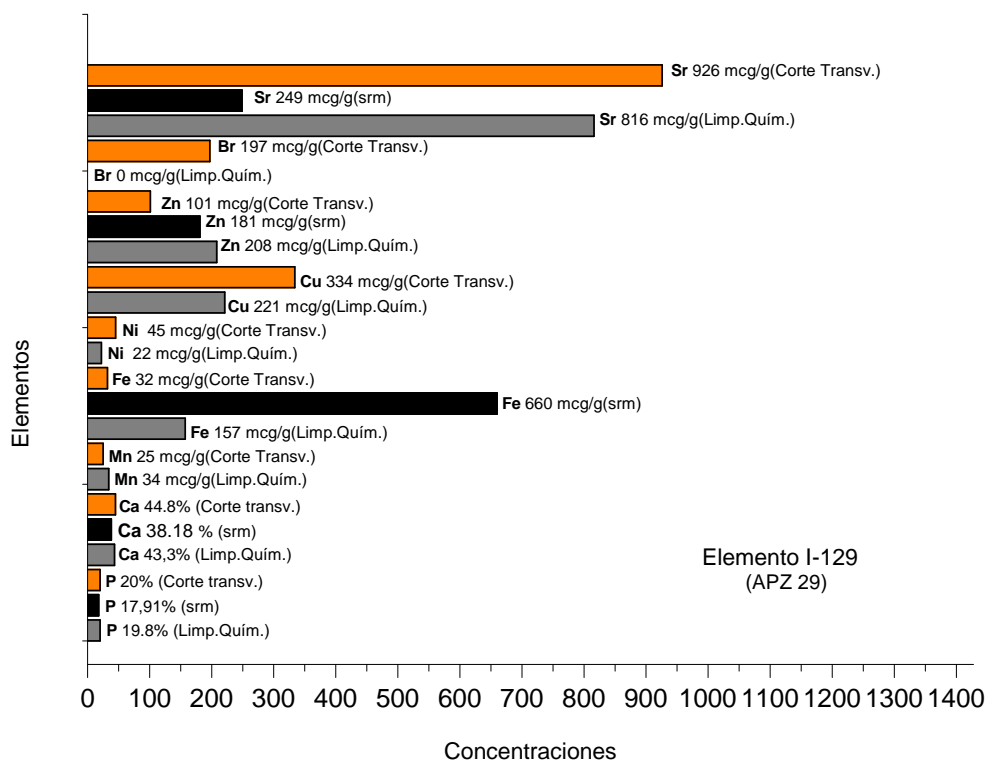


Figura 4.157. Resultados comparativos entre las muestras I-129 (APZ29) con limpieza química y corte transversal con respecto a la referencia de ceniza ósea (smr) cuando es el caso.



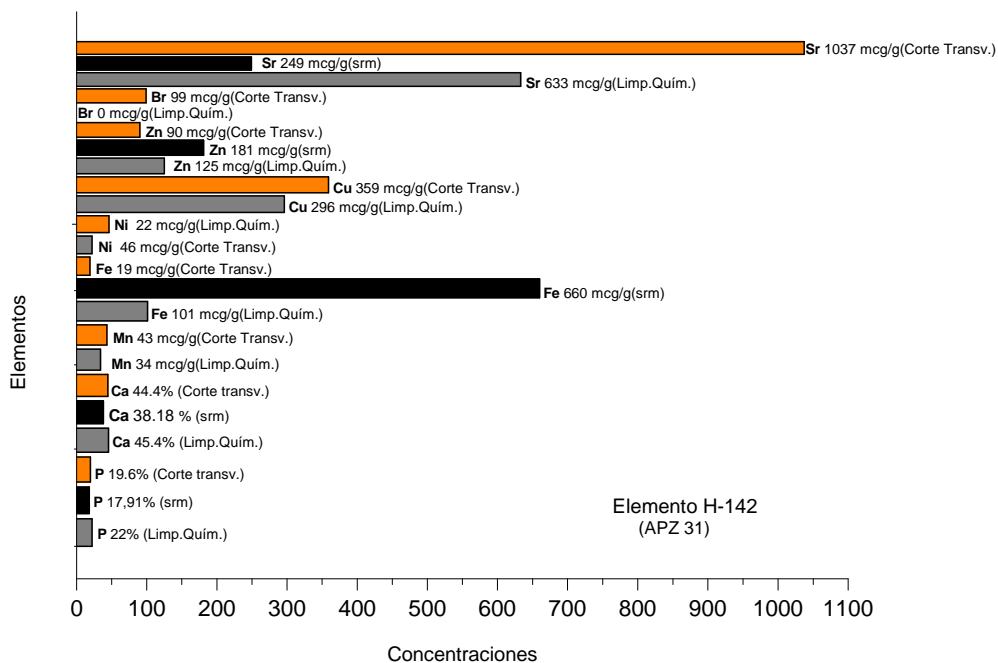


Figura 4.158. Resultados comparativos entre las muestras H-142 (APZ31) con limpieza química y corte transversal con respecto a la referencia de ceniza ósea (smr) cuando es el caso.

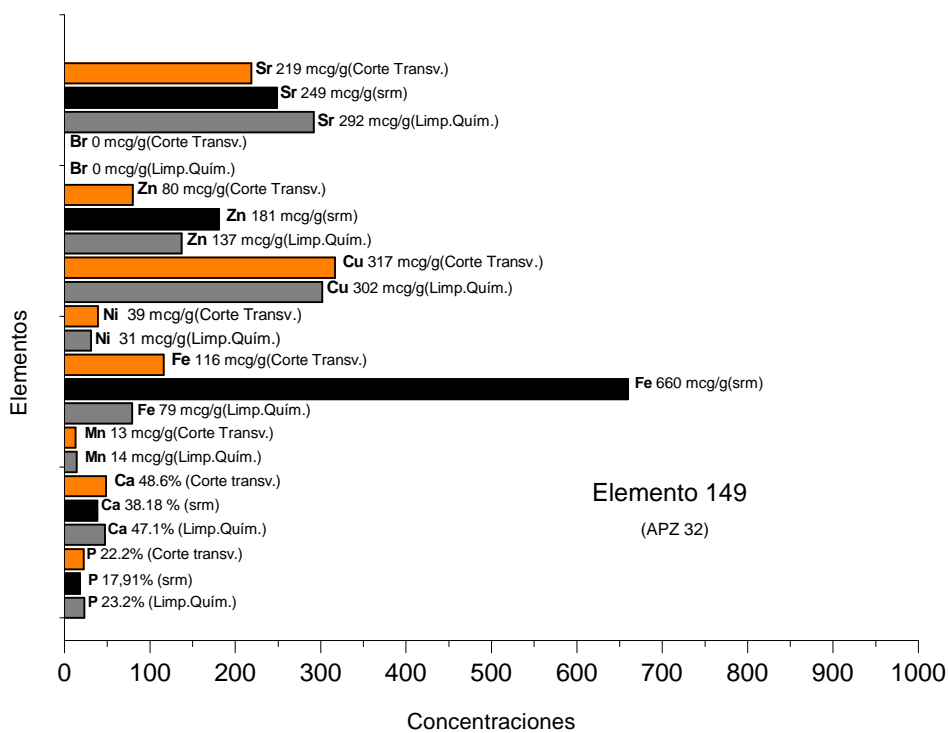
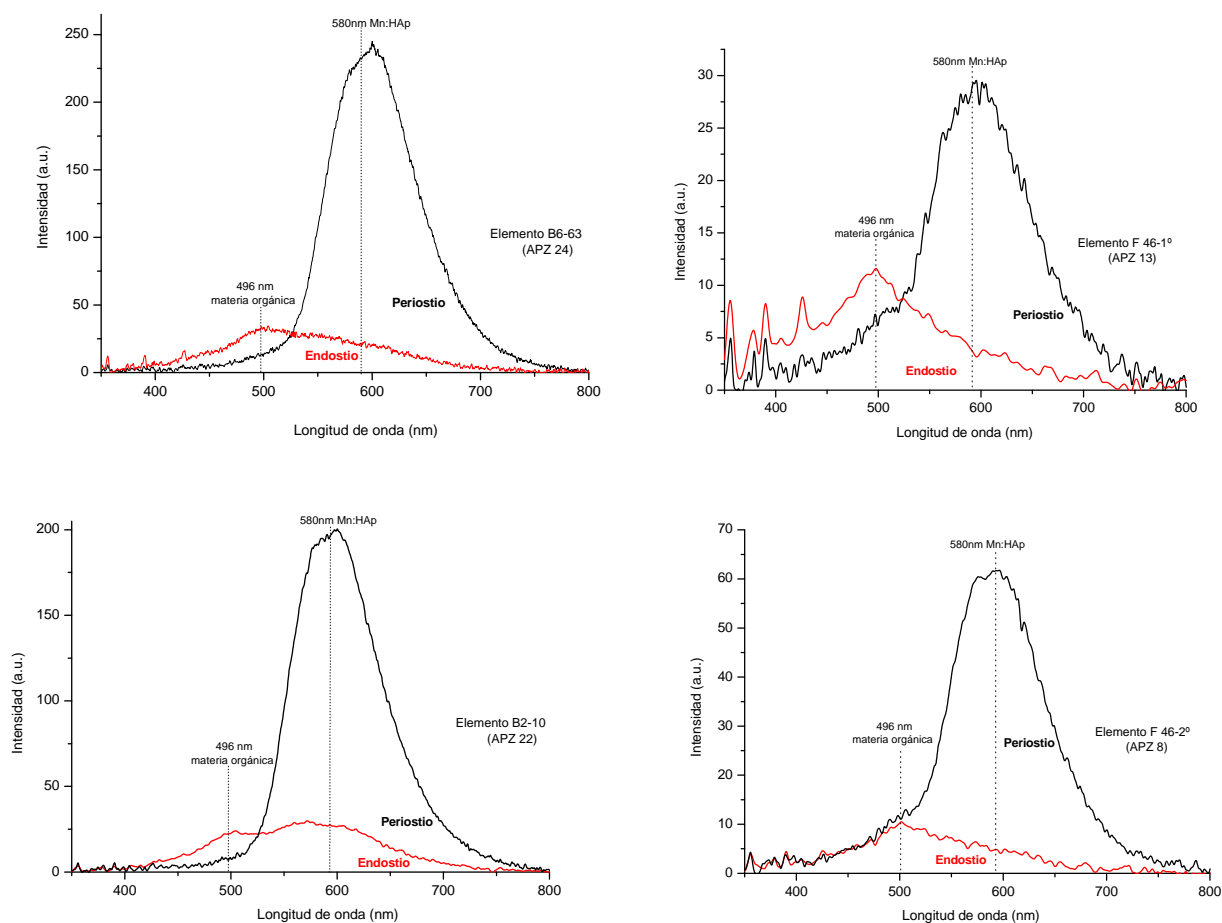
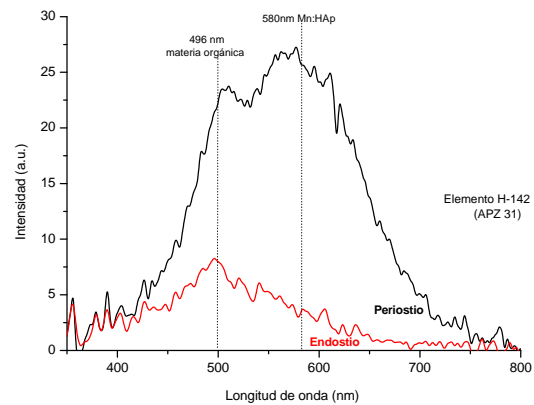
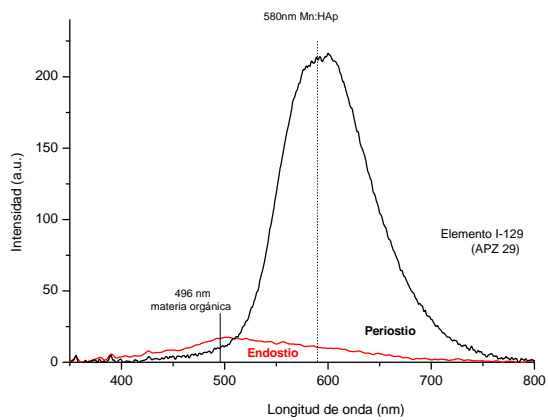
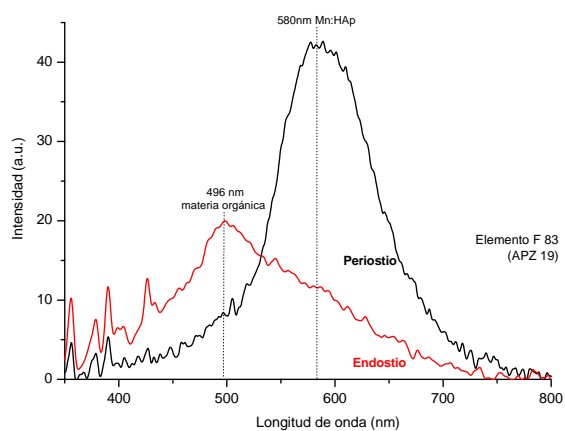
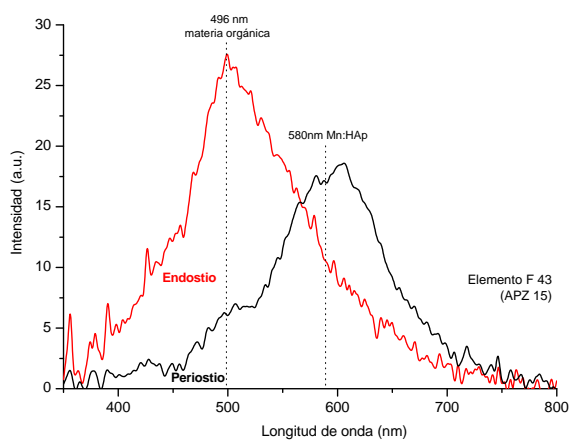
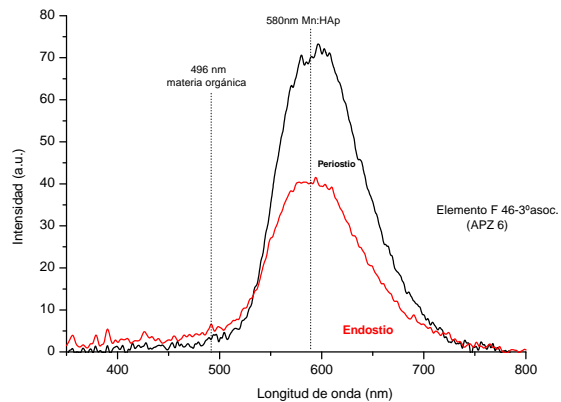
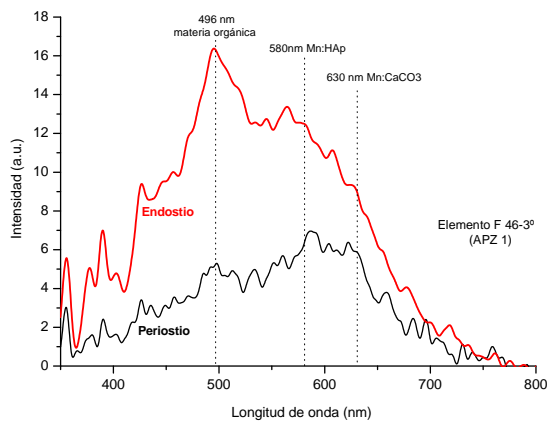


Figura 4.159 Resultados comparativos entre las muestras H-149 (APZ32) con limpieza química y corte transversal con respecto a la referencia de ceniza ósea (smr) cuando es el caso.

## 4.2.5 IOL

Todas las muestras manifiestan luminiscencia en dos bandas específicas, la 496nm que corresponde a la activación de la materia orgánica y la 580nm que resulta de la activación luminiscente de los iones  $Mn^{2+}$  en HAp (Calvo *et al.* 2007; Spermann *et al.* 2000; Bettioli *et al.* 1999). Con este análisis puntual se reconoció que en el la región del periostio, en general, se observa una mayor alteración diagenética. El registro de la intensidad luminiscente del  $Mn^{2+}$  en el periostio fue mayor en APZ 24, 29 y 22 y en el endostio se presentó en APZ 22, 24 y 29. Por su parte, la activación de la materia orgánica fue mayor en el endostio en los especímenes APZ 24, 15 y 32 y sólo en algunos casos se encontró en el periostio (Figura 4.160). En la Tabla 4.37 se presentan las intensidades luminiscentes de ambas regiones y en las Figuras 4.161 y 4.162 se comparan de manera gráfica.





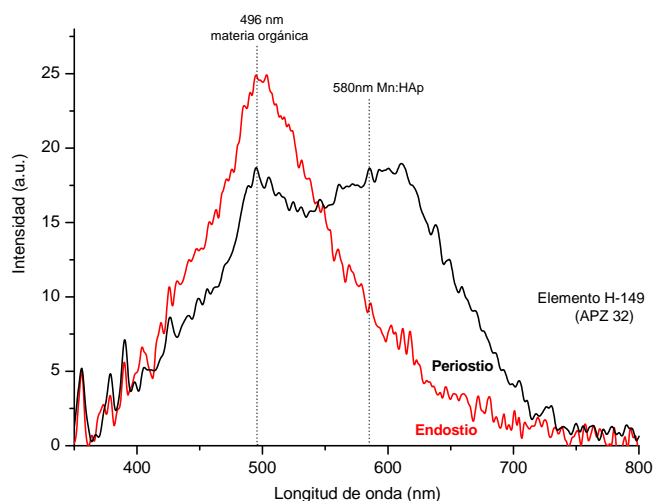
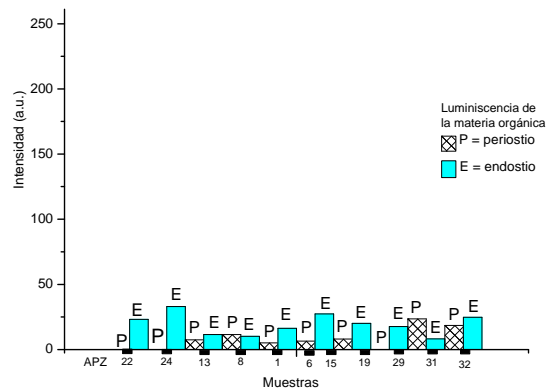
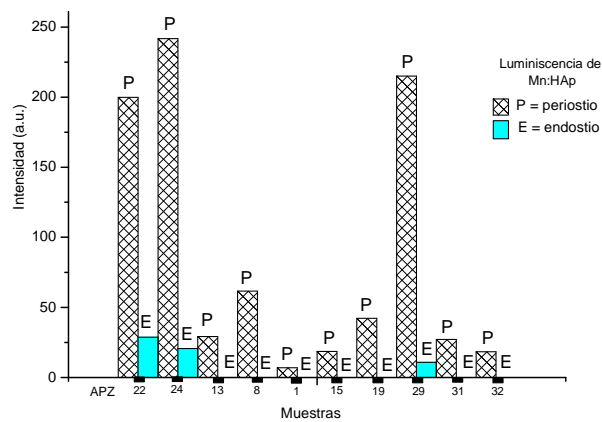


Figura 4.160. Espectros luminiscentes de todas las muestras.

Muestra	Región del hueso PERIOSTIO (P) ENDOSTIO (E)	Intensidad (au)	
		banda 496 nm luminiscencia de materia orgánica	banda 580 nm luminiscencia de Mn:HAp
B2-10 (APZ 22)	P	0	199.79
	E	23.15	28.84
B6-63 (APZ 24)	P	0	241.71
	E	33.10	20.72
F-46 1°(APZ 13)	P	7.50	29.29
	E	11.56	0
F-46 2° (APZ 8)	P	11.50	61.62
	E	10.21	0
F-46 3° (APZ 1)	P	5.2	7.0
	E	16.3	0
F-43 (APZ 15)	P	6.61	18.6
	E	27.45	0
F-83 (APZ 19)	P	8.11	42.13
	E	20.03	0
I-129 (APZ 29)	P	0	215.06
	E	17.65	10.85
H-142 (APZ 31)	P	23.63	27.11
	E	8.26	0
H-149 (APZ 32)	P	18.51	18.47
	E	24.81	0

Tabla 4.37. Resultados de las intensidades luminiscentes en el periostio y endostio en todas las muestras.



**Figuras 4.161 y 4.162. Gráficas comparativas de la luminiscencia del Mn:HAp y de la materia orgánica en el peristio y endostio.**

#### **4.2.6 Microscopía electrónica de barrido (SEM)**

En las muestras del individuo B-63 (APZ 24 y APZ 25) se identifican con claridad los sistemas de Havers. En el fémur derecho hay microfracturas radiales y ensanchamiento de algunos canales haversianos por fusión con otro canal o por destrucción (Figura 4.163), mientras que en el izquierdo las osteonas presentan perforaciones dispersas con un diámetro que va de 20 a 40 $\mu$ m. Es frecuente que este tipo de destrucción sea causada por hongos de aparición temprana en la historia diagenética del hueso (Figura 4.164).

Las muestras procedentes del individuo F 46 1° muestran una disparidad en lo que respecta al estado de conservación. Esto encuentra su explicación en que el fémur derecho (APZ 805) se ubicó separado del resto de la osamenta y por lo tanto la trayectoria diagenética fue diferente. En la Figura 4.165 se observa la muestra del fémur derecho con una estructura haversiana con muy buena definición, contrario al aspecto estructural que presenta el izquierdo como consecuencia del ataque bacteriano (APZ 11). En este último se distinguen someramente los sistemas de Havers debido a que las colonias de bacterias tienden a seguir la alineación de las fibras de colágenos ya que de esta manera encuentran menos resistencia a su paso. También hay porosidad y espacios vacíos de trazo irregular y variable (Figura 4.166).

En las Figuras 4.167-169 se presentan dos muestras de los fémures del individuo F 46 2° en los que se identifica un similar estado de conservación microestructural. Se distinguen pequeñas perforaciones de tejido desmineralizado con una apariencia esponjiforme que indica la presencia de colonias bacterianas propiciatorias de la desmineralización del hueso; en los recuadros de la Figura

4.167 se señalan las zonas de hueso alterado. Asimismo se denota la destrucción de algunos sistemas haversianos por microfracturas radiales y por la macroporosidad provocada por microorganismos.

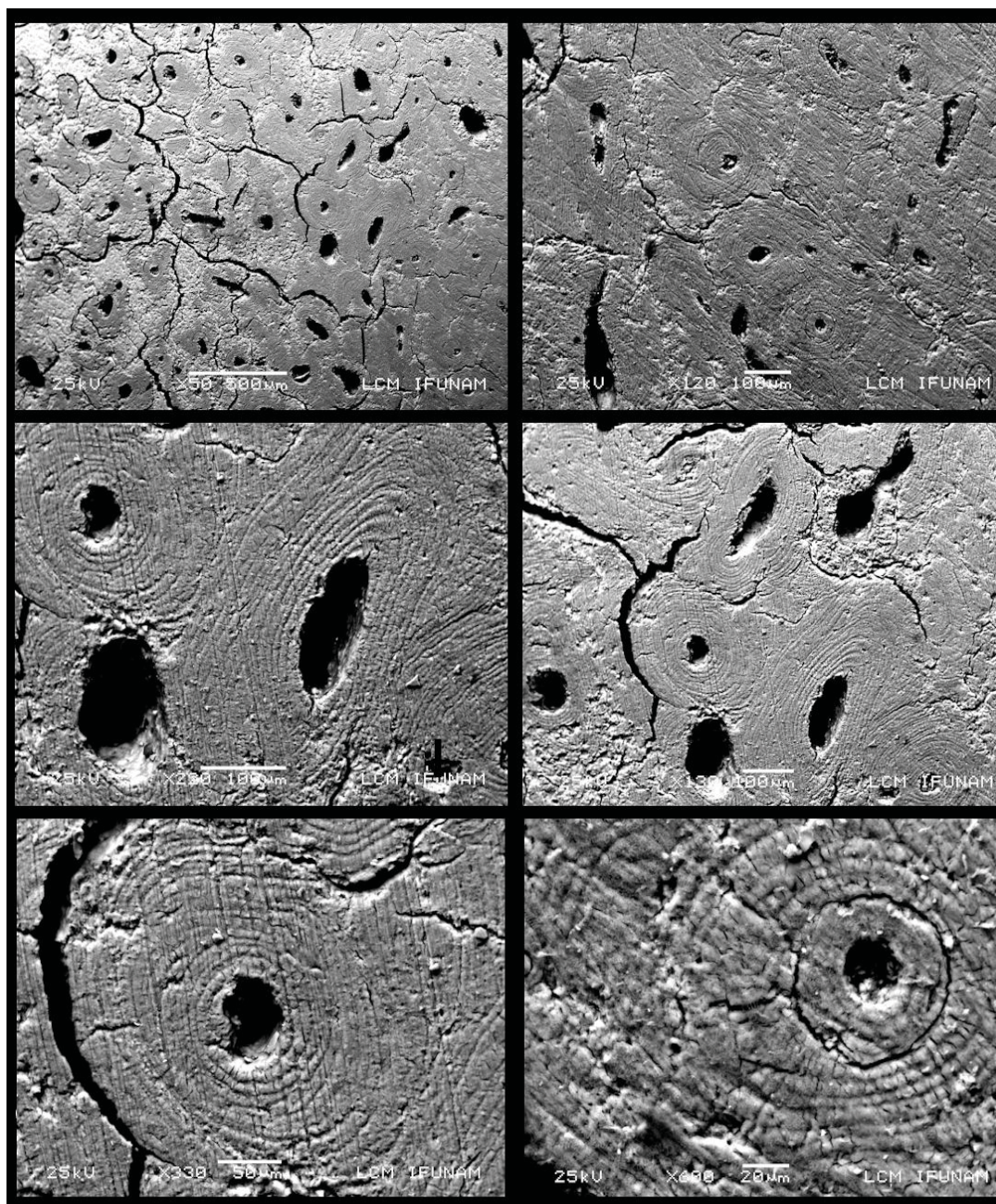
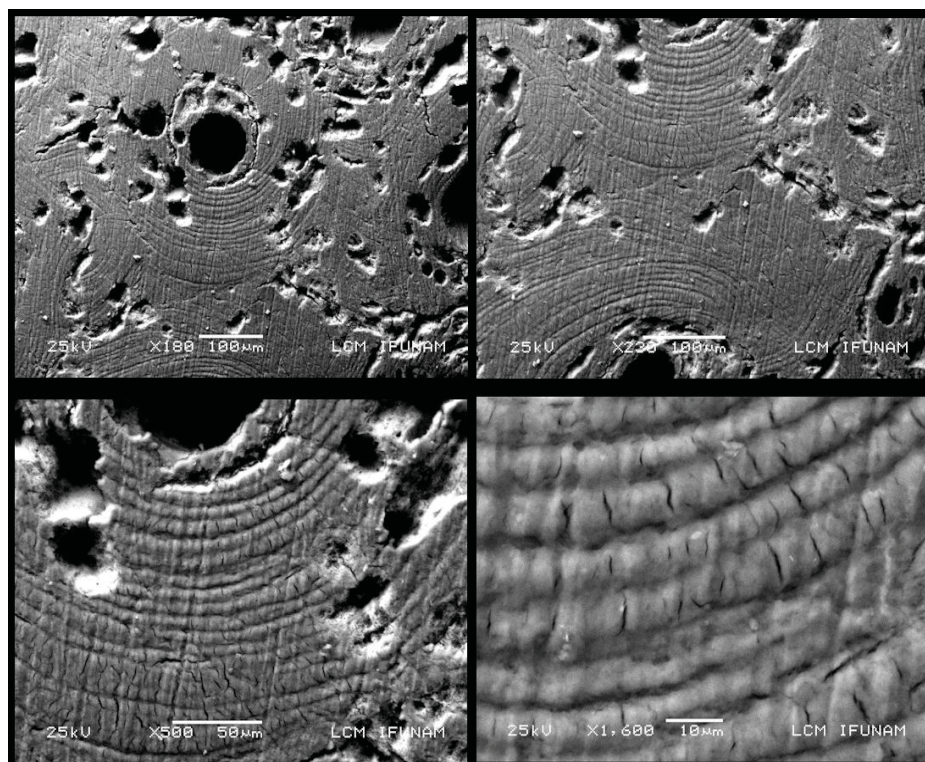
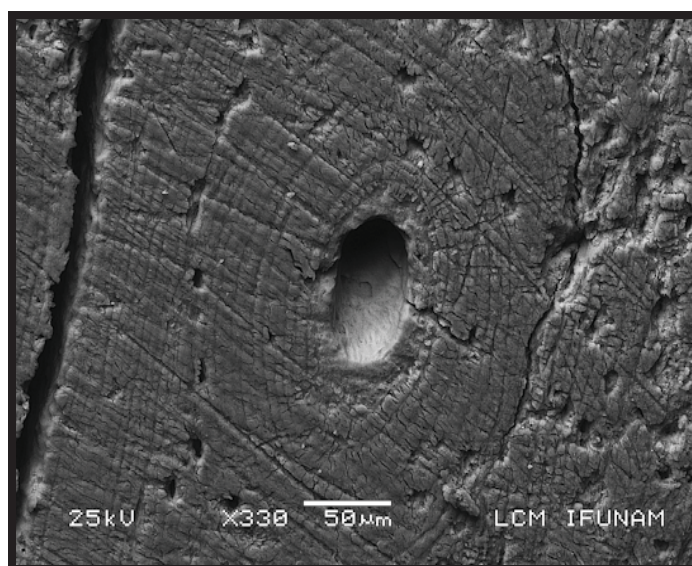


Figura 4.163. Micrografías de la muestra B6-63 (APZ25) de fémur derecho.



**Figura 4.164.** Micrografías de la muestra B6-63 (APZ24) de fémur izquierdo.

En la muestra del individuo F 46 3° (APZ1) el hueso se presenta con avanzado deterioro ocasionado por bacterias, además ya no se alcanzan a reconocer las formas anulares de los sistemas haversianos y también se aprecian túneles dispersos (Figura 4.170).



**Figura 4.165.** Micrografías de la muestra F-46 1° (APZ805) de fémur derecho.



En las muestras de los fémures del individuo F 83 (APZ 19 y APZ 20) se observa un estado de deterioro muy avanzado. Se pueden distinguir en ambos formaciones de túneles con trayectorias irregulares, mismos que se adjudican a la acción temprana de los hongos. El ataque bacteriano se hace patente por la destrucción no uniforme, desmineralización y apariencia esponjiforme. En algunos poros se localizan piritas framboidales (Figuras 4.171 y 4.172) lo que indica que el ambiente anóxico que las propició a su vez detuvo la acción destructiva bacteriana.

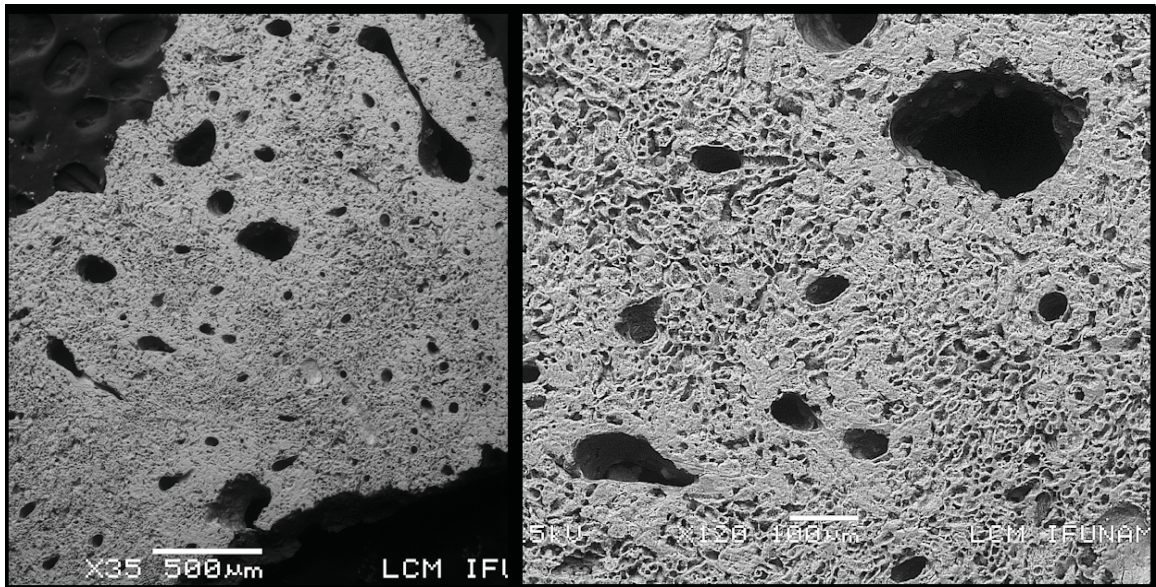


Figura 4.166. Micrografías de la muestra F-46 1° (APZ 11) de fémur izquierdo.

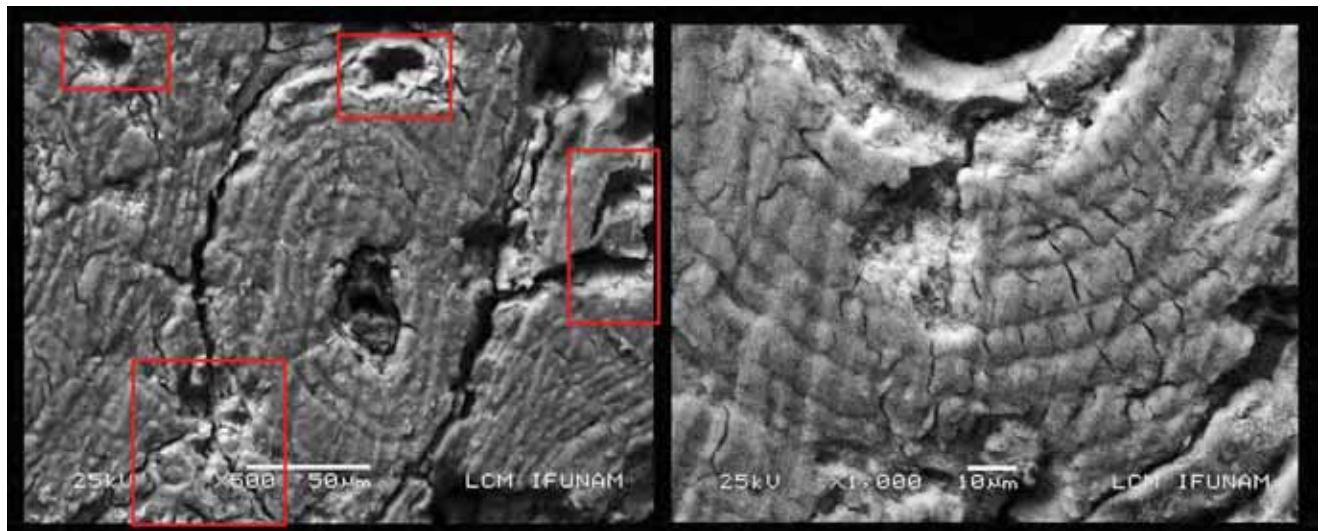


Figura 4.167. Micrografías de la muestra F-46 2° (APZ 8) de fémur derecho.

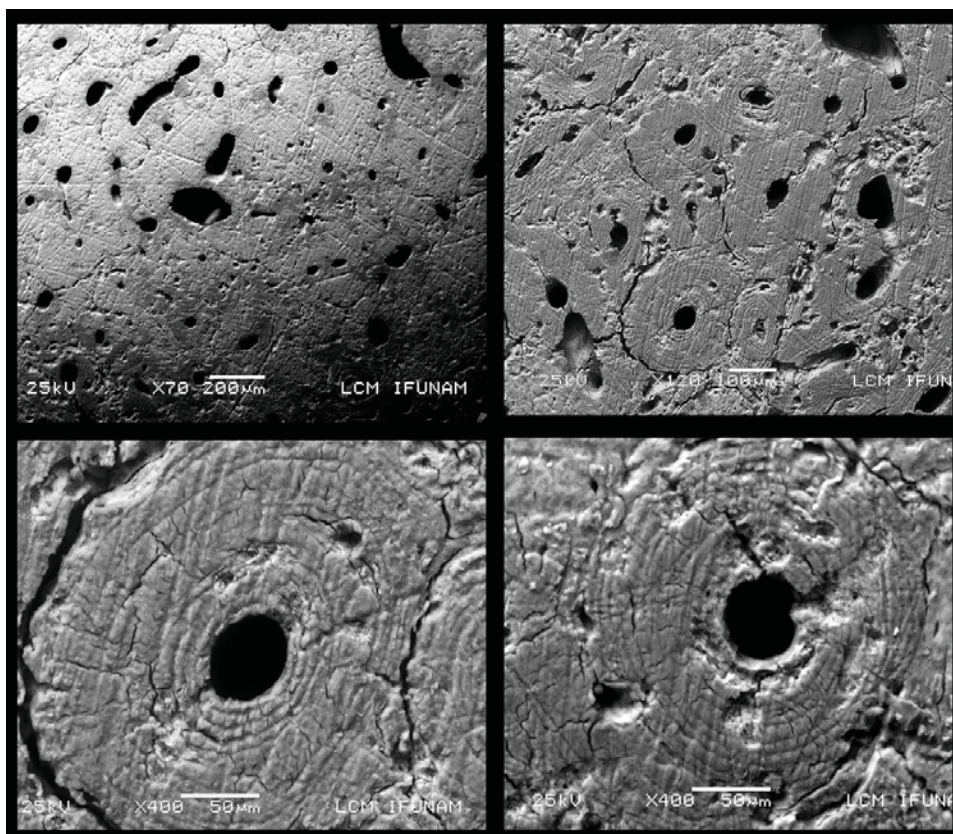


Figura 4.168. Micrografías de la muestra F-46 2° (APZ 8) de fémur derecho.

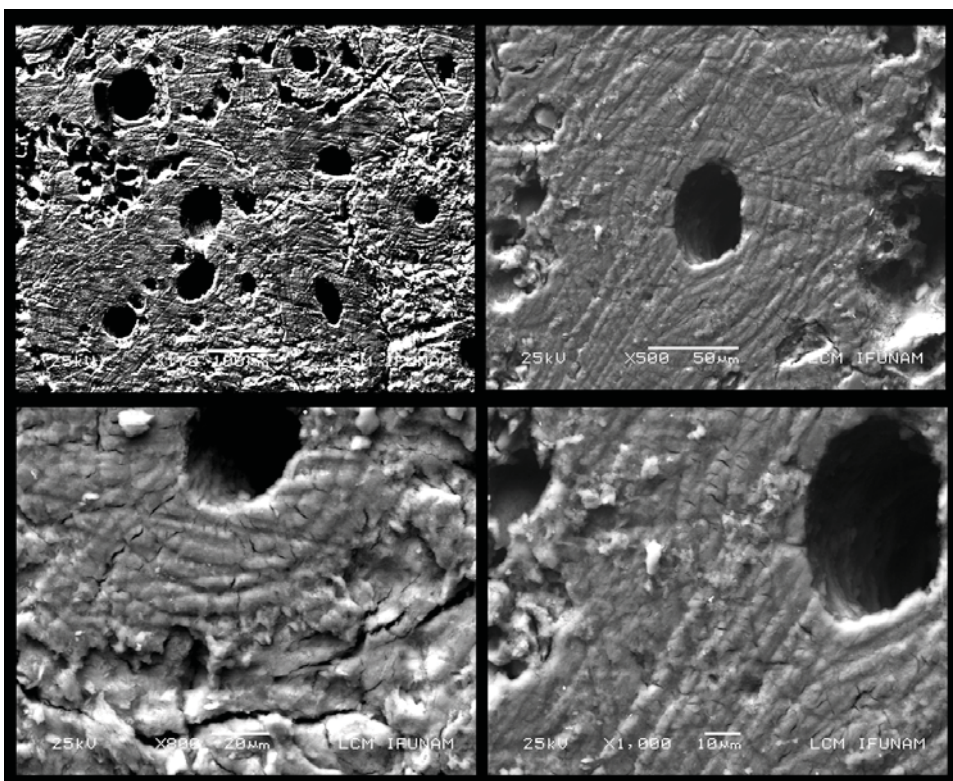


Figura 4.169. Micrografías de la muestra F-46 2° (APZ 7) de fémur izquierdo.

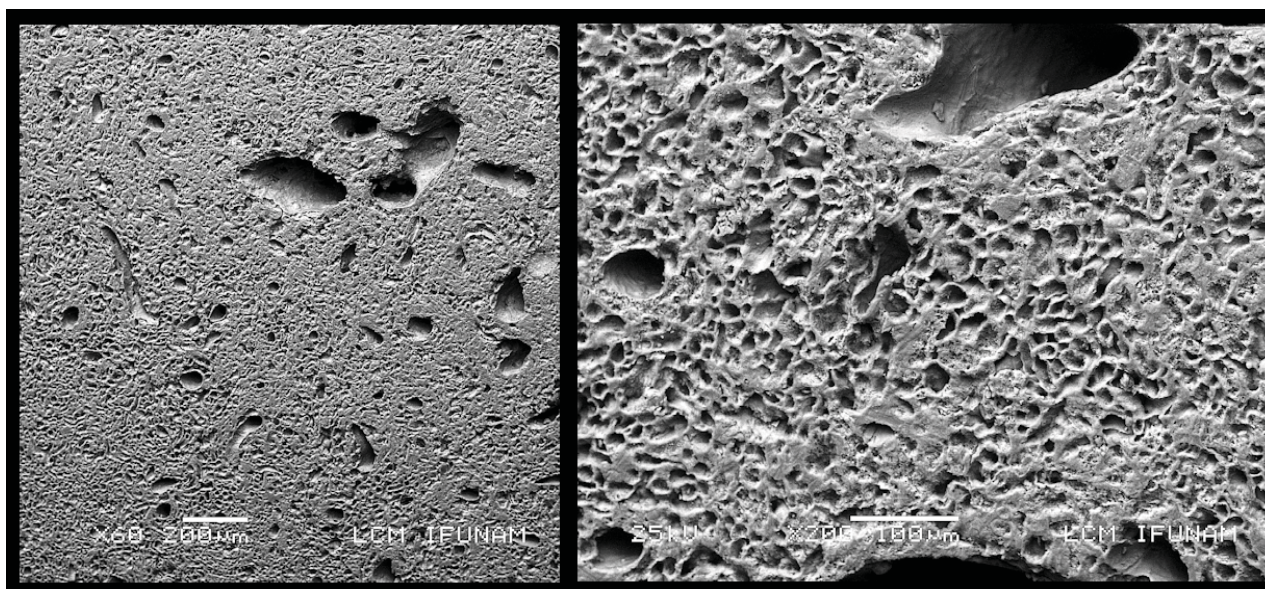


Figura 4.170. Micrografías de la muestra F-46 3° (APZ 1) de fémur izquierdo.

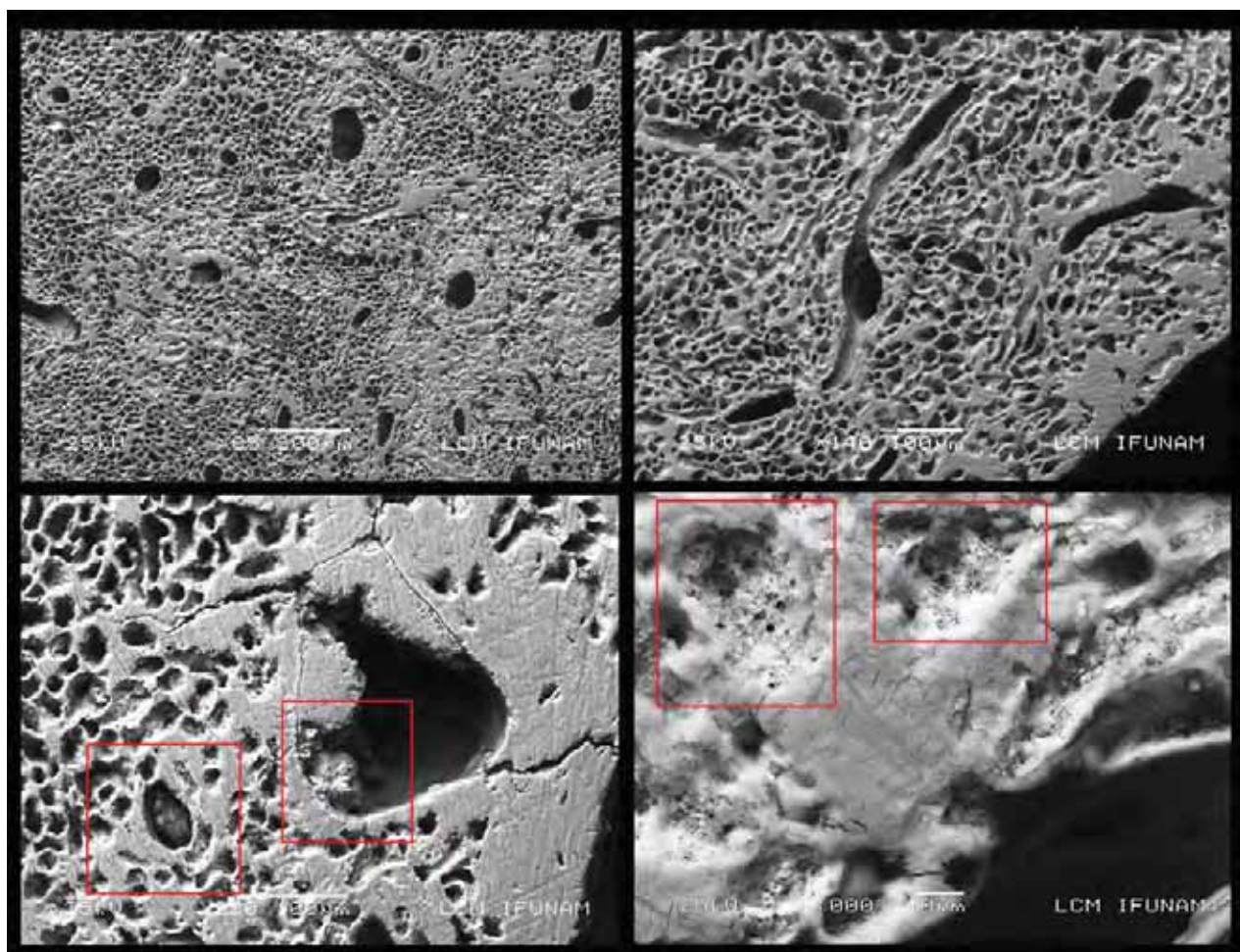
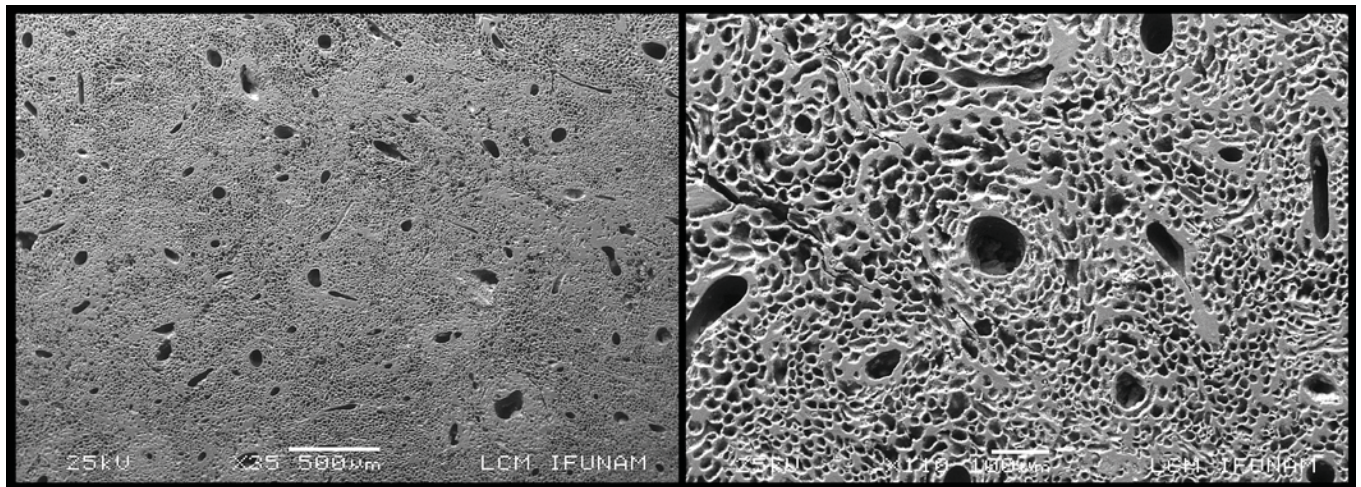
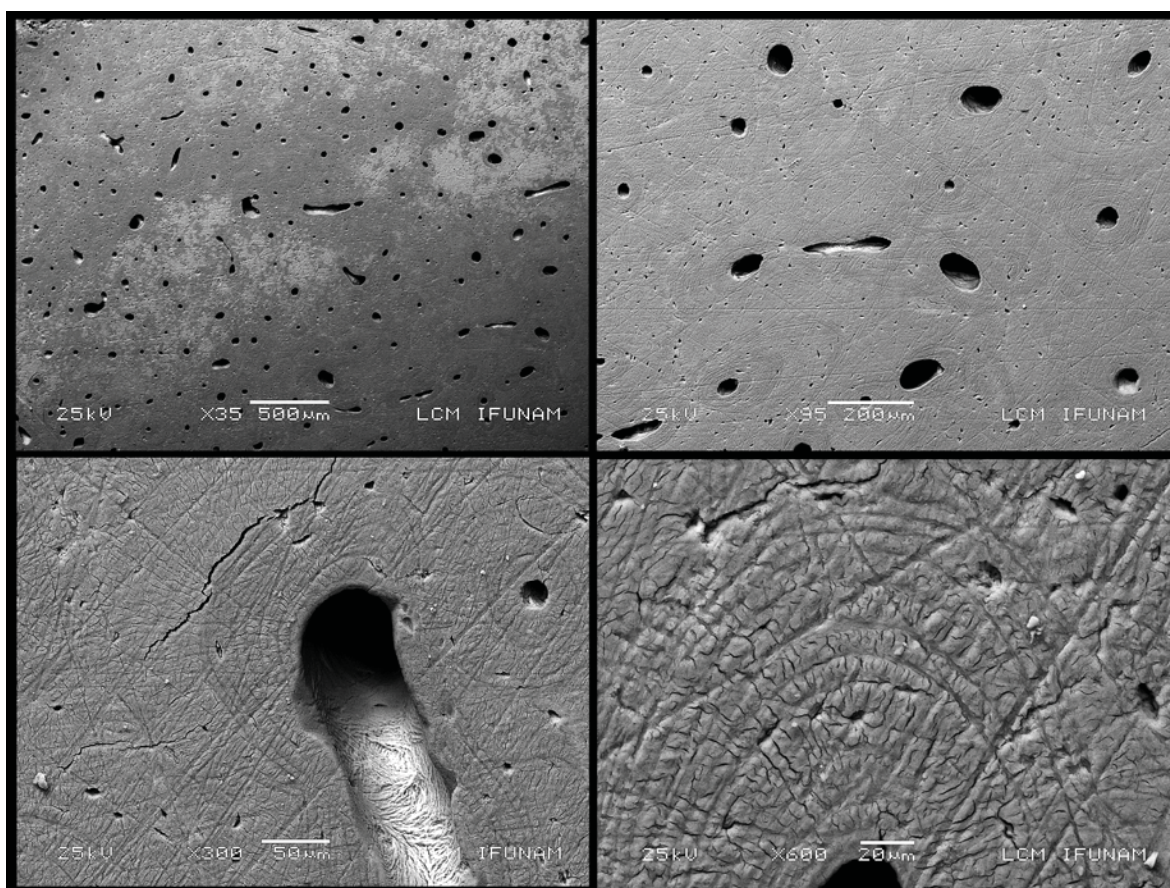


Figura 4.171. Micrografías de la muestra F-83 (APZ 19) de fémur derecho.



**Figura 4.172. Micrografías de la muestra F-83 (APZ 20) de fémur izquierdo.**

En el caso del individuo F 43 se analizaron los fémures y los húmeros para co tejar con el aspecto macroscópico la afectación estructural por la alteración térmica. En ambos fémures se observa un tejido de apariencia muy compacta y una muy buena conservación de los sistemas haversianos, sin embargo algunos están incompletos y lucen como si hubiera ocurrido una ‘fundición’ al interior de sus canales, lo que ocasionó la pérdida de una considerable parte de la osteona (Figuras 4.173 y 4.174). En otros casos algunas osteonas lucen agrandadas por haberse fusionado con otras. En cuanto al húmero izquierdo, la mayoría de los canales de Havers están ensanchados o alargados. De igual manera, el aspecto del tejido estructural es muy compacto y se detectan algunos depósitos minerales en el interior de los canales, que pudieran ser piritas framboidales (Figura 4.175) lo que a su vez habla de un ambiente anóxico que evitó la presencia de bacterias. Por el contrario, en el húmero derecho la apariencia cambia, hay fracturas radiales severas que delimitan las osteonas unas de otras, lo que provoca una apariencia de engrosamiento. Los canales haversianos también se ven muy anchos (Figura 4.176). Por lo tanto las cuatro muestras analizadas coinciden con el diagnóstico macroscópico, y los cambios estructurales se deben a una exposición térmica que si bien no fue severa ni uniforme sí provocó ciertos cambios en el tejido. Lo interesante es que no tuvo lugar otro tipo de alteración que dejara secuelas relevantes. De acuerdo con Brown *et al.* (1995) el hecho de cremar un cuerpo, en realidad, incrementa la oportunidad de supervivencia del ADN y colágeno, porque las sustancias orgánicas que suelen alimentar a las bacterias no se encuentran disponibles.



**Figura 4.173. Micrografías de la muestra F-43 (APZ 15) de fémur derecho.**

En el ejemplar del individuo I-129 (APZ 29) se observa un hueso muy afectado, desmineralizado y con regiones destruidas que van desde 500 hasta 200µm, esto pudo ser, en parte, consecuencia del pH bajo de la tierra. La microporosidad incide dentro de los sistemas haversianos con diámetros de 15 a 6µm. En las zonas sin desmineralización aún se distinguen bien las formas anulares de las osteonas (Figura 4.177).

En la Figura 4.178 se presenta el espécimen del individuo H-142 (APZ 31) con una destrucción parcial de los sistemas Haversianos por la incidencia de microporosidad (20 a 40 µm de diámetro) ocurrida por la presencia temprana de microorganismos no bacterianos y por la desmineralización relacionada, quizá, con el medio ambiente ácido en el que se encontró el sujeto. También se observa el acanalamiento producido por el crecimiento alatorio de un microorganismo probablemente vegetal. No obstante, pese a la desmineralización aún se distinguen los anillos de las osteonas.

La muestra del individuo H-149 (APZ 32) es un ejemplo de un buen estado de conservación microestructural. Se observan algunas microfracturas radiales y una formación en túnel pero no hay

porosidad en el tejido, lo que permite apreciar con toda claridad el conjunto de sistemas haversianos (Figura 4.179).

Para valorar la cantidad de destrucción en cada sección de hueso transversal se utilizó el Índice Histológico de Oxford (Hedges *et al.* 1995; Millard 2001), en el cual 5 se considera una buena preservación histológica y 0 implica que el hueso no conservó ninguna característica de la microestructura (sistemas de Havers). Los resultados se presentan en la Tabla 4.39.

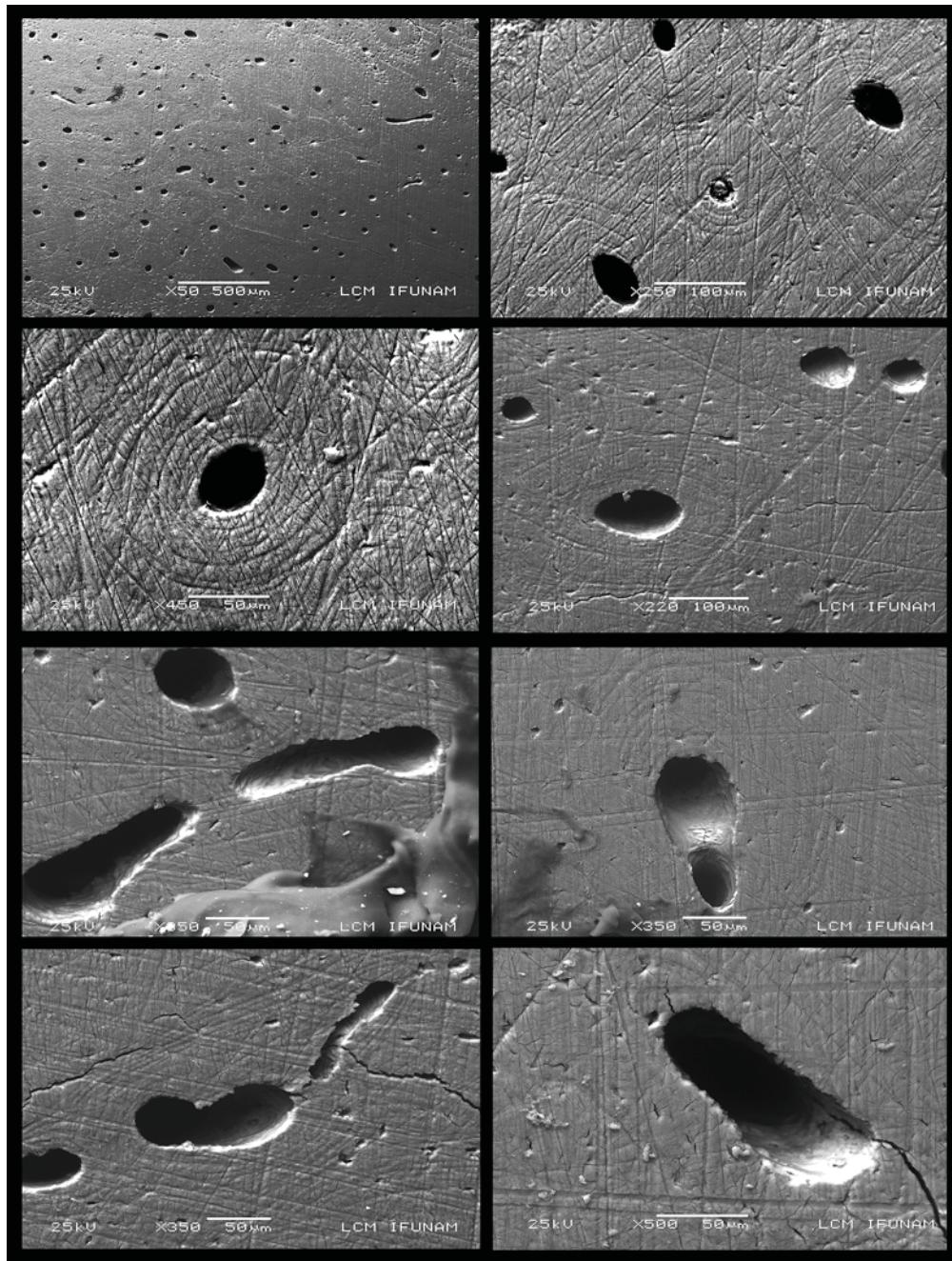


Figura 4.174. Micrografías de la muestra F-43 (APZ 14) de fémur izquierdo.

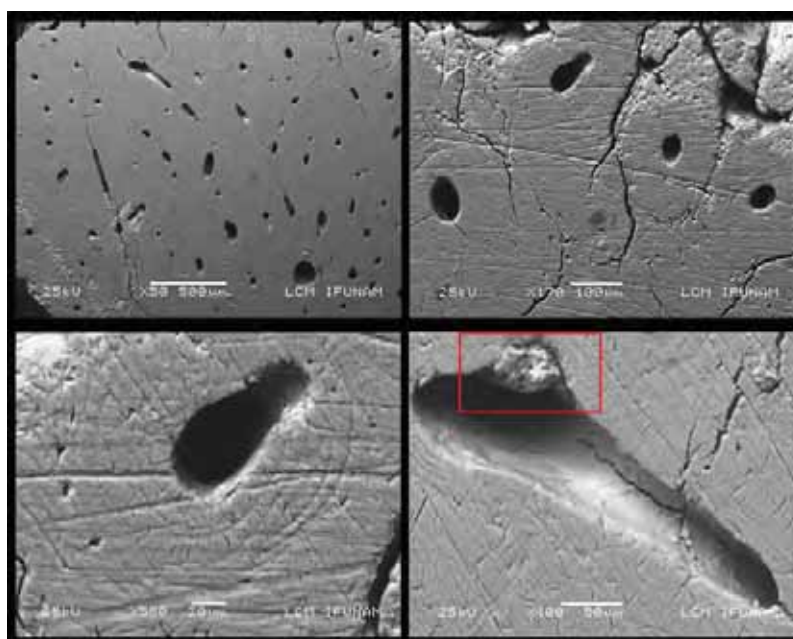


Figura 4.175. Micrografías de la muestra F-43 (APZ16) de húmero izquierdo.

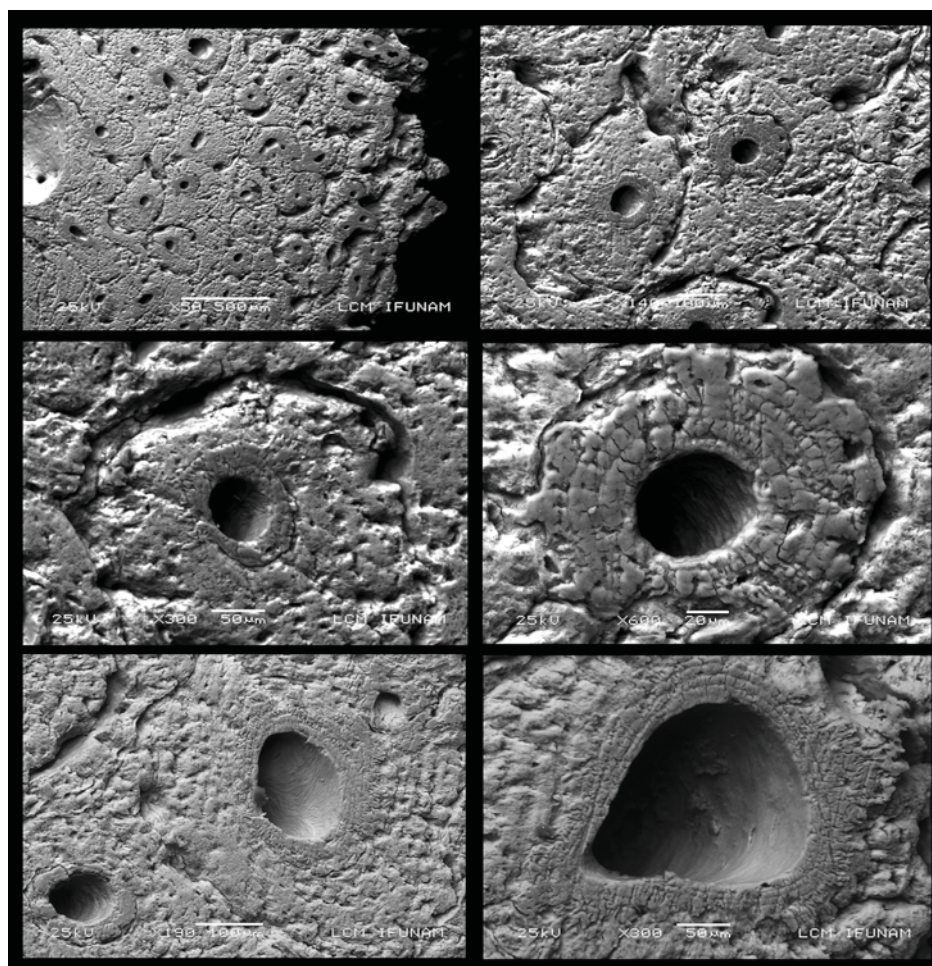


Figura 4.176. Micrografías de la muestra F-43 (APZ 17) de húmero derecho.

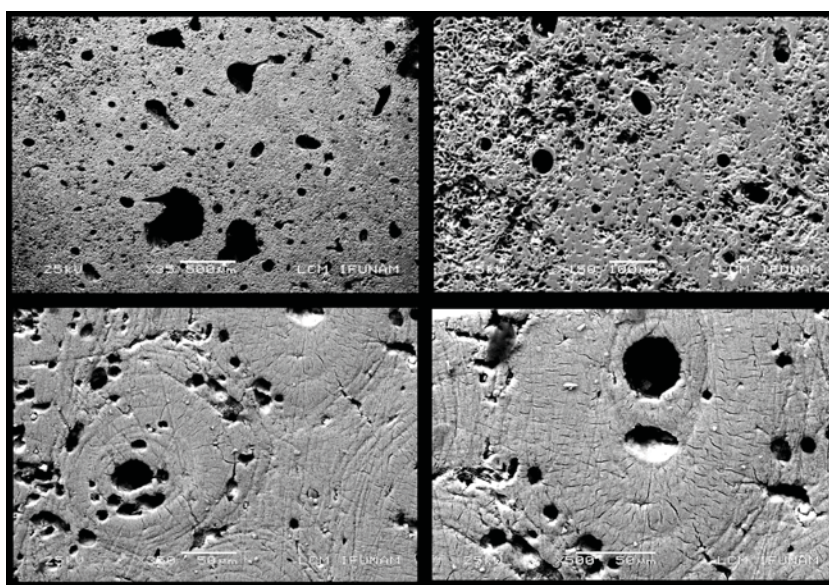


Figura 4.177. Micrografías de la muestra I-129 (APZ29) de fémur izquierdo.

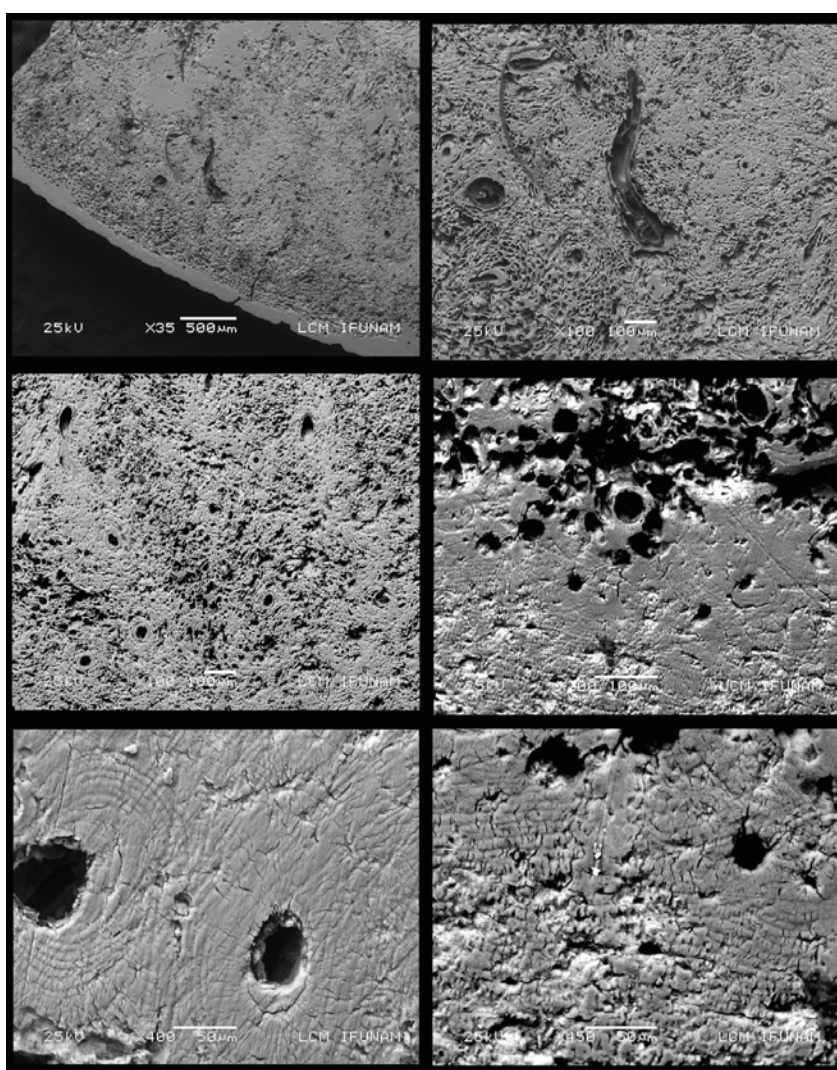


Figura 4.178. Micrografías de la muestra H-142 (APZ31) de fémur izquierdo.



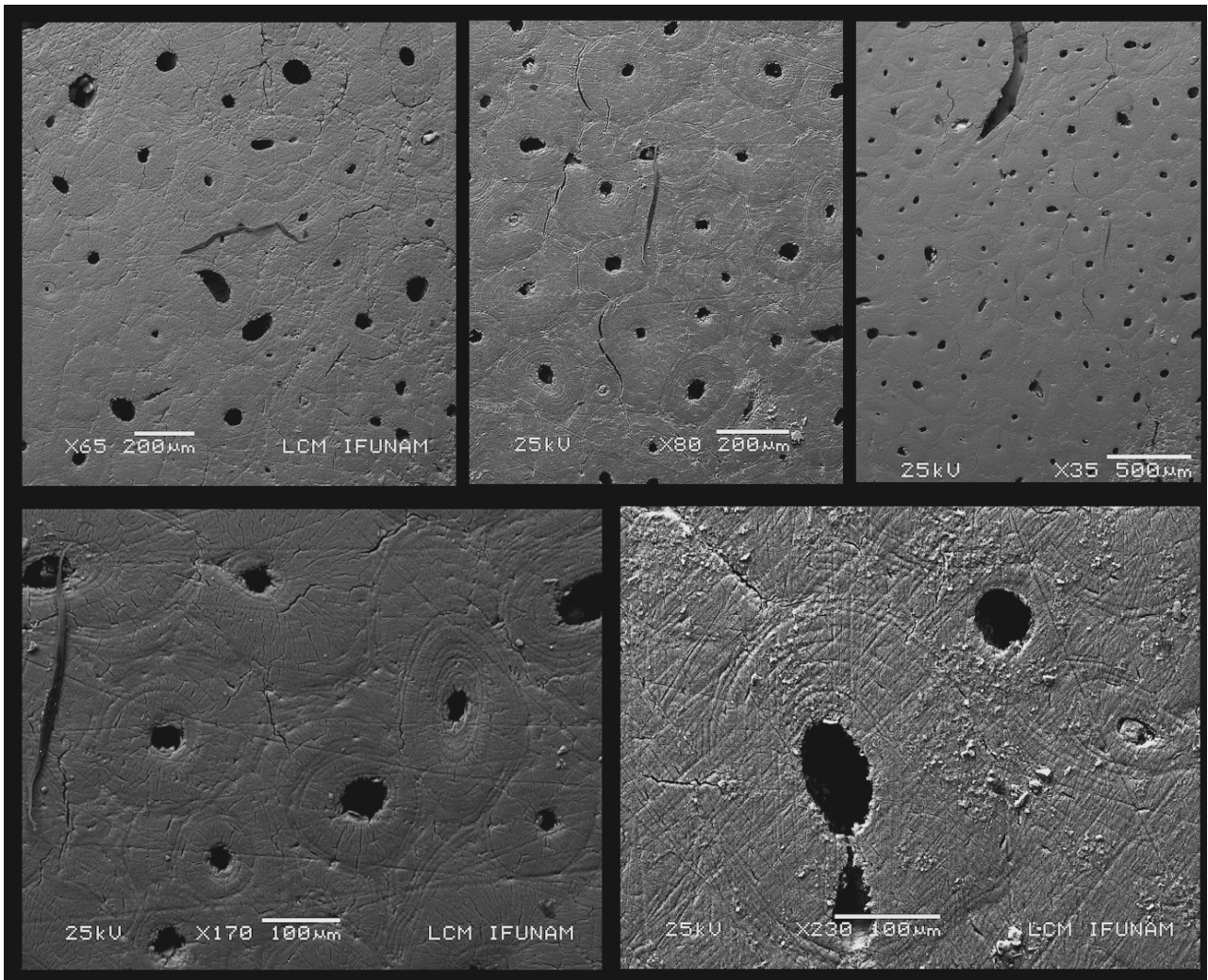


Figura 4.179. Micrografías de la muestra H-149 (APZ32) de tibia derecha.

#### **4.2.7 Microscopía de Transmisión Electrónica (TEM)**

Por cuestiones técnicas en este experimentos sólo se pudieron analizar tres muestras y los resultados revelan el mismo tipo morfológico en sus cristales: el Tipo II. De acuerdo con la clasificación de Reiche *et al.* (2002) los cristales se encuentran alargados en forma de agujas con una disposición paralela entre unos y otros debido a la disolución o desmineralización de algunos cristales y a la cristalización total de otros. En la Tabla 4.38 se presentan las dimensiones de los cristales analizados junto con los valores de IC y de pH de cada muestra. Lo que se observa a grandes rasgos es que el ejemplar APZ 19, con el IC mayor, tiene cristales muy bien definidos, lo que indica una cristalización efectiva que bien pudo estar favorecida por la basicidad del suelo (Figura 4.180). En un grado menor se encuentra el mismo comportamiento en APZ 8 (Figura 4.181). Por su parte los

cristales de APZ 29 dan una impresión de menor cristalinidad, ya que sus lados parecen estar romos, lo que encuentra concordancia con su IC bajo y con el suelo ácido de su matriz (Figura 4.182).

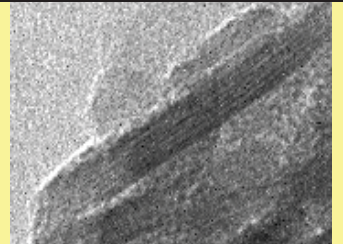
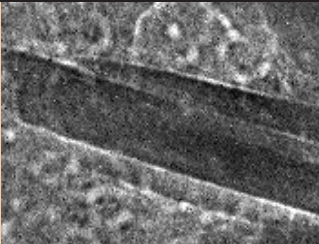
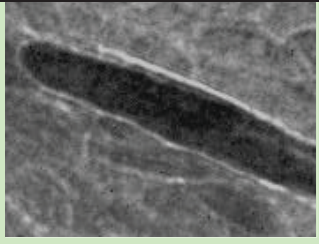
Muestra	APZ8	APZ19	APZ29
Morfología			
Ancho	5-10nm	10-15nm	9-15nm
Largo	40-66nm	52-66 y 109-164nm	112-150nm
IC	5.1	5.3	3
pH	8.38	7.35	6.29

Tabla 4.38. Dimensiones de los cristales de apatita analizados por TEM junto con el IC y el pH de la matriz de suelo.

#### 4.2.8 Diagnóstico del Estado de Conservación

El parámetro rector que se utilizó para hacer un diagnóstico del estado de conservación del tejido óseo de cada individuo fue la presencia de materia orgánica. De todas las técnicas empleadas se partió de los resultados de DSC para entablar un orden de degradación colagénica entre todos los miembros del grupo. Se ha demostrado que esta técnica resulta muy sensible para cuantificar los remanentes proteicos (Lozano 2002; Couoh y Ruvalcaba 2007) y la información sobre este rubro que se obtiene por otras técnicas sirve para complementar el conocimiento acerca de los efectos causados por los procesos diagenéticos.

En la Tabla 39 se presentan a los individuos, cuyas muestras fueron analizadas en este estudio, en un orden progresivo de degradación. Como se mencionó en otro capítulo, el individuo H-149 fue encontrado en un contexto arqueológico perteneciente al Formativo Tardío, sin embargo por asociación cerámica se le asignó una procedencia del Epiclásico. La razón por la que se incluyó en este trabajo fue la de comparar los cambios diagenéticos que sufre un espécimen de menor antigüedad con el resto. Su distancia cronológica de los demás es significativa y el tiempo es uno de los principales factores que coadyuvan en la remodelación y degradación del tejido óseo.

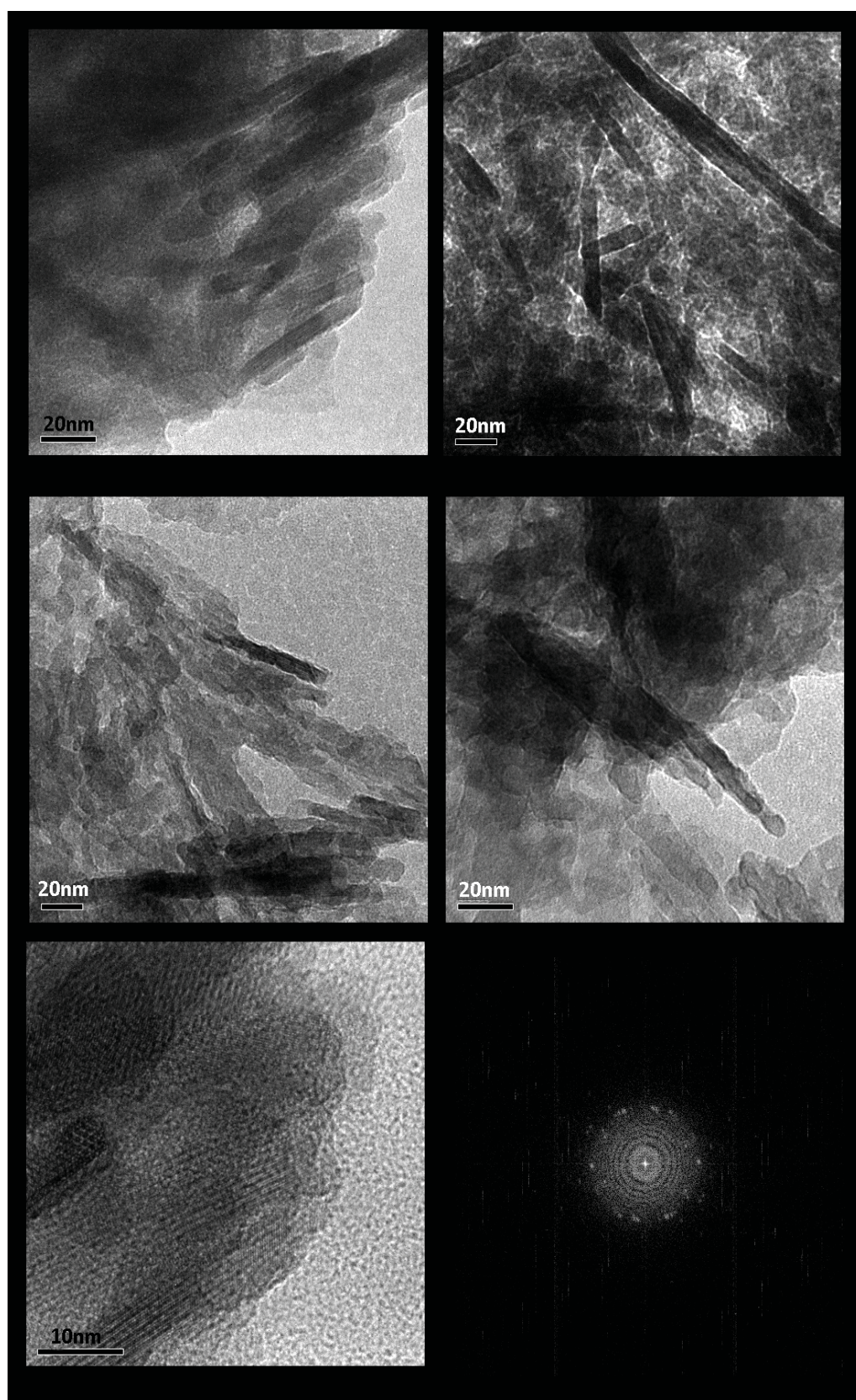


Figura 4.180. Micrografía de TEM de la muestra F-46 2° (APZ 8)

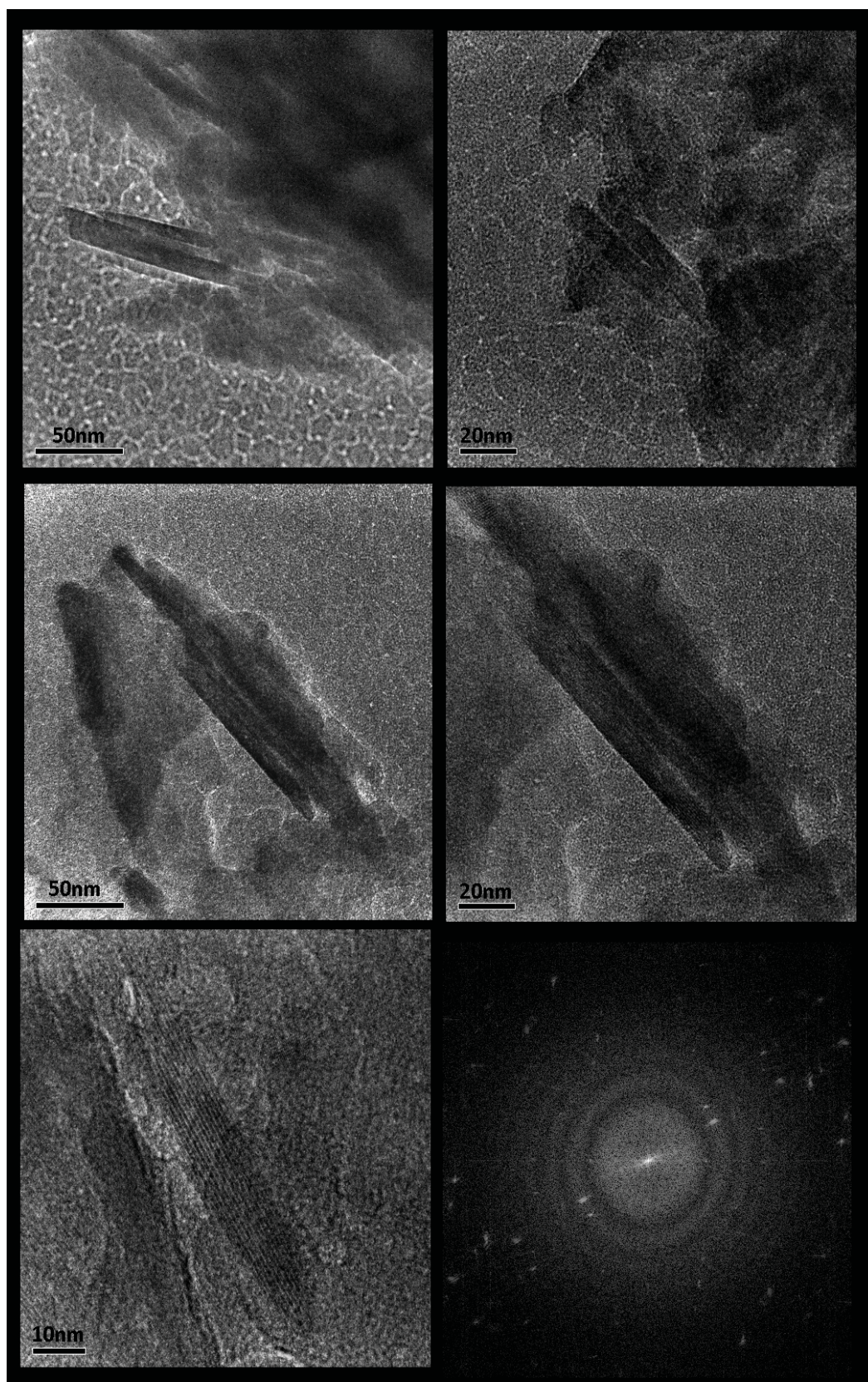


Figura 4.181. Micrografía de TEM la muestra F-83 (APZ 19).

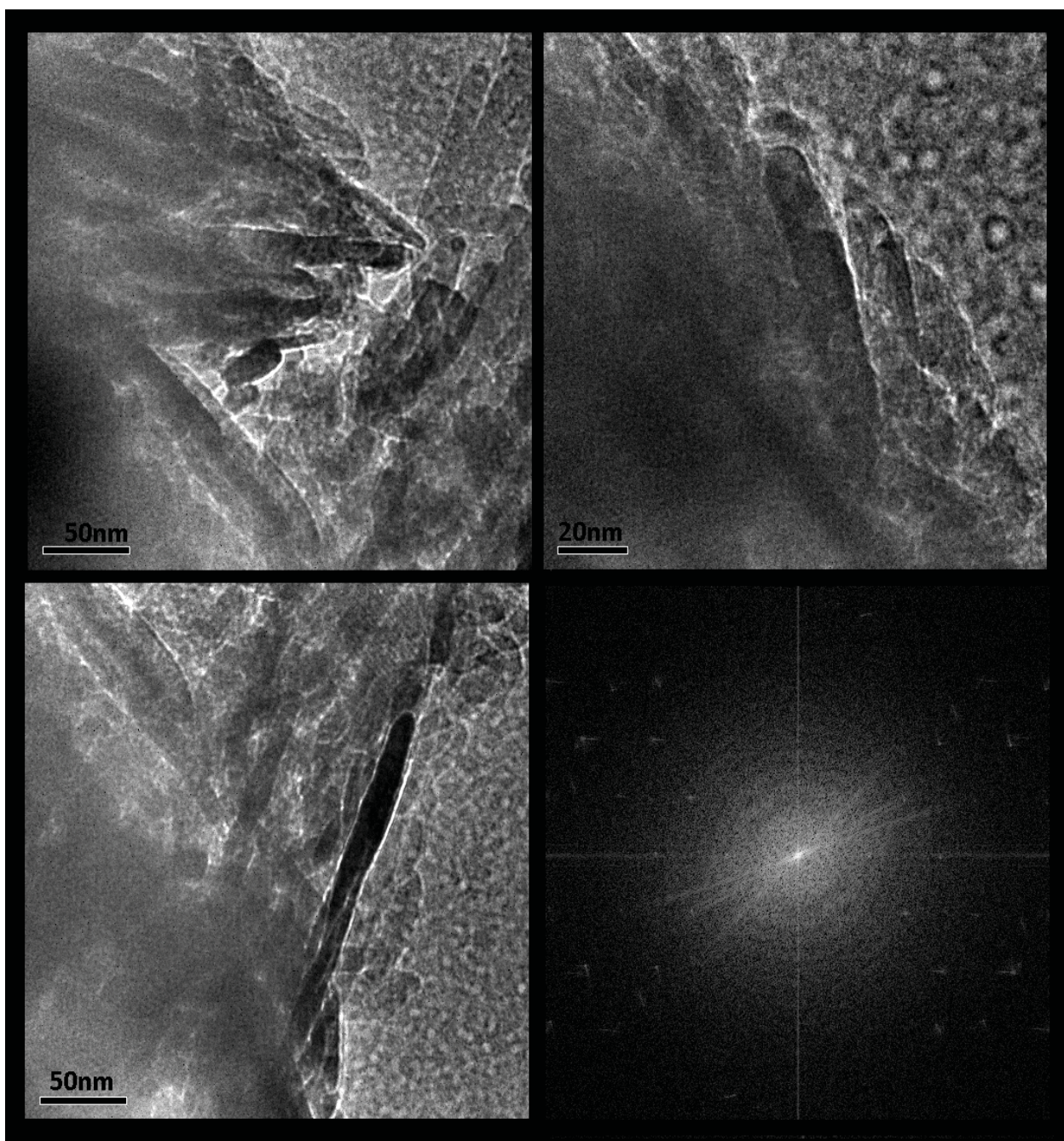


Figura 4.182. Micrografía de la muestra I-129 (APZ 29).

Individuos en orden de degradación de menor a mayor	DSC	FT-IR				IOL (mat. orgánica)		SEM		DRX	PIXE	pH
	Entalpía $\Delta H$ (J/g)	Amida I	Amida II	Amida III	Prolina	Endostio	Periostio.	Índice Histológico	Porosidad	IC	Ca/P	suelo
H – 149	X	5	3.3	1.6	3.8	24.8	18.5	5	No se observa	1.2	2.03	6.3
F – 43	-1008	3.7	3.1	1.8	3.7	27.4	6.61	4	No se observa	2.6	2.04	6.6
B2 – 10	-802	3.3	2.6	1.3	3.3	23.1	---	X	X	5	2.12	X
H – 142	X	1.6	1.3	1	2.3	8.2	23.6	3	micro-hongos	2	2.06	6.2
I – 129	X	1.6	1.2	1.2	2.4	17.6	---	3	micro-hongos	3	2.18	6.2
F – 46 2°	-725.2	1.3	0.9	---	1.8	10.2	11.5	3	micro-hongos y bacterias	3.5	2.08	8.3
F – 83	-712.3	1.4	1.1	0.5	2.2	20.0	8.1	2	micro-bacterias	5.3	2.06	7.3
F – 46 1°	-652.2	0.9	0.9	---	1.9	11.5	7.5	2	micro-bacterias	5.1	2.09	8.3
B6 – 63	-536.1	1.3	1	0.6	2	33.1	---	3	micro-hongos	5	2.12	7
F – 46 3°	-486.7	1	0.7	---	2	16.3	5.2	1	micro-bacterias	5	2.04	8.3

**Tabla 4.39. Resultados de las muestras de los individuos en orden de menor a mayor degradación. La X significa que no se sometió la muestra al experimento por cuestiones técnicas.**

Resulta claro que el H-149 tiene el mejor estado de conservación. Aunque no se pudo someter al experimento con DSC, la señal de las bandas de los grupos funcionales de la proteína colagénica es la más fuerte registrada dentro del grupo de análisis. Además, su localización en el periostio indica que los elementos exógenos o contaminantes no dañaron de manera significativa al tejido. El periostio suele degradarse en primer lugar, por ser la zona inmediata de contacto del hueso con el exterior. Además, la microestructura, comprendida por los sistemas de Havers, se presenta íntegra. La disolución mineral que pudo provocar el suelo con pH bajo puede relacionarse con la proporción Ca/P que se encuentra un poco por debajo del valor normal. De igual manera la baja cristalinidad manifiesta por su IC de 1.2 puede ser parte de este proceso. El criterio de IC debe considerarse en función de otros factores ya que la relación directa entre un bajo IC y una buena conservación no siempre resulta cierta, tal como lo demostró Pucéat *et al.* (2004). En este caso todos los valores encuentran una correlación positiva dirigida a demostrar el buen estado de conservación y un aspecto fundamental que cabe señalar es la ausencia de rastros de ataque por hongos y bacterias.

El segundo individuo mejor conservado es el F 43 cuyo valor de  $\Delta H$  corresponde con lo obtenido por FT-IR. Gracias a las observaciones microestructurales con SEM se demostró que los miembros

superiores sufrieron una mayor modificación estructural que los inferiores por la alteración térmica a la que fueron sometidos y de acuerdo con la señal de los grupos funcionales del colágeno, los cambios ocurridos se dieron sólo a nivel de arreglo estructural. En lo que se refiere a su localización, en el periostio y endostio se registró la presencia de materia orgánica, pero con mayor intensidad en esta última zona. En cuanto a la fase mineral, la cristalización de la apatita que se infiere por el IC no es muy alta. Esto se podría relacionar con una disolución de la apatita causada por la acidez que presentó el suelo. No obstante, las concentraciones de los minerales mayoritarios, Ca y P, no tuvieron un cambio significativo por lo que la proporción Ca/P no dista mucho del valor estandarizado para un hueso sin alteración diagenética. Sin embargo esta buena conservación se debe en gran parte al ambiente anóxico que fue provocado por la alteración térmica.

En tercer lugar está el B-10 con un contenido colagénico considerable de acuerdo con  $\Delta H$  y con las Amidas, así como con el pico de Prolina. En este caso sólo se conservó en el endostio, lo que implica una mayor degradación en la zona del periostio. El IC resulta un valor intermedio dentro de la escala de 0 a 10 y la razón Ca/P casi se iguala a la de un hueso fresco. Por lo tanto no se espera que el aumento de la cristalinidad haya sido a expensas de cualquiera de estos dos elementos.

El H-142 presenta una señal infrarroja que indica la presencia colagénica que se preservó tanto en el periostio como en el endostio. La afectación principal que sufrió el tejido fue por causa de daño micótico, que incrementó la porosidad y a su vez fomentó la disolución mineral en conjunto con la acidez del suelo. La proporción Ca/P no manifiesta una importante alteración diagenética.

El siguiente en el orden es el I-129, cuyo contenido colagénico se infiere por la presencia de las tres Amidas y el pico de Prolina, que hacen patente la presencia proteica. La señal luminiscente de materia orgánica sólo se ve en el endostio y su intensidad resultó proporcional con lo observado por FT-IR. La microestructura resultó dañada por la presencia temprana de microorganismos que ocasionaron la pérdida de tejido por los poros que crearon a su paso. El IC en este ejemplar es relativamente bajo pero resulta interesante ver que existe una correlación de éste con la morfología Tipo II de los cristales de apatita, cuya apariencia confirma una cristalinidad no muy bien definida, ya que se observan los bordes del cristal un tanto romos. Por otro lado es importante señalar que la interacción con el suelo pudo haber sido hasta cierto punto relevante. Sin embargo, la proporción Ca/P se encuentra ligeramente por encima del valor esperado.

En cuanto a los individuos que yacieron en la troncocónica F 46 es interesante ver lo que sucedió para la conservación de su tejido. El F 46-1°, localizado en la parte superior de la fosa, sufrió más



afectación diagenética que el F 46-2°, depositado en un nivel inferior. El principal agente de degradación fue el bacteriano, ya que provocó la pérdida y la desmineralización del tejido, lo que a su vez propició la remodelación mineral que se refleja en su IC. Sin embargo, las secuelas del daño bacteriano se dieron de manera uniforme ya que tanto en el endostio como en el periostio se registra la presencia de materia orgánica. Por otro lado, el hecho de que el fémur derecho tuviera distinta trayectoria diagenética se debió no sólo a la diferente posición espacial que mantuvo al interior de la fosa sino por el tratamiento post mortem que recibió, debido a que la huella de fractura por impacto que se observa en el resto óseo tuvo que ser realizada cuando el hueso aún estaba fresco. Esto implica una descarnación del hueso para poder ser trabajado, por lo que si un hueso es desprovisto de su tejido blando de manera intencional será menos propenso a ser presa del ataque bacteriano (Turner-Walker y Jans 2008). Por lo tanto esta es una posible explicación de la diferencia que se encuentra a nivel microestructural, ya que la señal infrarroja apunta a un contenido colagénico similar entre los fémures de ambos lados. Lo que confirma la pertenencia del fémur derecho al esqueleto F46-1°.

El F46-2° por su parte muestra mejor conservación que el F46-1°. Sin embargo, no escapó al ataque bacteriano que aunque se dio en menor grado sí dejó secuelas en el tejido. Esto también se ve reflejado en su IC que indica una recristalización menor que F46-1°, lo que se confirma con la micrografía de TEM, donde el cristal presenta una morfología de Tipo II al igual que I-129 pero con mejor consolidación. Es decir, el cristal tiene una forma más geométrica.

El F46-3°, ubicado al fondo de la troncocónica, presenta el estado de conservación más degradado. El ataque bacteriano dejó huellas similares al F46-1°. Sin embargo, pese a la cantidad de colágeno cuantificado, que es el más bajo de todas las muestras, la proteína se logró preservar en la zona del periostio, lo que indica que la degradación principal fue por los microorganismos y no por una incorporación mineral exógena. Igual que en el caso de F46-1° el IC se relaciona con la recristalización de la fase mineral que pudo estar favorecida por la basicidad del suelo de toda la fosa.

Otro individuo cuyo tejido fue alterado por las bacterias fue el F-83, donde la desmineralización y destrucción dio lugar a la recristalización de la apatita. Pero, a pesar de tal ataque, las cadenas polipeptídicas lograron conservarse tanto en el endostio como en el periostio. El IC calculado para este sujeto es el más alto registrado en el estudio, lo que encuentra razón en la morfología de los cristales Tipo II que muestran una cristalinidad muy bien definida, lo que no se observa en I-129 y F46-2°. Por otro lado, el pH neutro de su suelo es el más favorable para la preservación de un hueso,

por lo que no se puede considerar a este factor como propiciatorio de la remineralización. No obstante, el Ca y el P no sufrieron alteraciones significativas.

Por último, el B-63 muestra una degradación estructural del colágeno con la pérdida de la Amida III, al igual que los tres individuos de la F46. En este caso la afectación que tuvo lugar en la microestructura fue provocada por hongos, los cuales al crear túneles fomentaron la desmineralización y la destrucción del tejido. Estos microorganismos tienden a entrar al hueso desde el periostio. Por ello, es en esta zona donde se encuentra una mayor afectación, la que se manifiesta por la pérdida de materia orgánica. Su IC es de 5, por lo cual se infiere una recristalización en proceso, como en el caso de F46-2°. La proporción Ca/P es casi similar a la que se tendría en un hueso fresco, esto conlleva a inferir que los procesos diagenéticos que tuvieron lugar no alteraron a la fracción inorgánica en forma relevante.

De esta manera se determina que las alteraciones diagenéticas que afectaron de alguna u otra manera el tejido óseo de todos los individuos analizados no interfirieron de modo significativo en la conservación de la apatita biogénica. Esto implica que la degradación del colágeno respondió de manera principal al factor tiempo. El ataque por bacterias modifica el arreglo estructural de las fibras colagénicas pero al parecer no las destruye. Por lo tanto existe un alto grado de confiabilidad en cuanto a las señales biogénicas de los elementos traza que serán analizados y a su vez se confirma el uso potencial del colágeno para ser utilizado como herramienta de fechamiento relativo como se verá a continuación.

#### **4.2.9 La degradación del colágeno como un potencial indicador de la antigüedad del hueso arqueológico**

Como ya se mencionó, los valores de entalpía ( $\Delta H$ ) mantienen una relación directa con la cantidad de materia orgánica que hay en el hueso, por lo que se sigue el principio de que mientras este valor sea alto el contenido proteico en el hueso también lo será y por lo consiguiente su antigüedad será menor, siempre y cuando la degradación se pueda atribuir al factor tiempo.

El uso del colágeno residual para calcular la antigüedad del material óseo ha sido estudiado con antelación por diversos autores entre los que destaca Lozano (2002), quien toma como parámetro de referencia el valor de entalpía ( $\Delta H$ ) del colágeno en hueso fresco ( $-8420 \pm 100$  J/g) para analizar muestras de procedencia arqueológica. Éstas proceden de la Cuenca de México y tienen temporalidad conocida, por lo que a partir de los resultados que obtiene propone una curva de decaimiento exponencial en la que correlaciona el valor de  $\Delta H$  con la antigüedad de la muestra. A pesar de que se

observa una clara tendencia a que disminuyan estos niveles, conforme avanza la antigüedad, la curva se presenta con bastante dispersión. Esto último se podría adjudicar al mal estado de conservación de algunas muestras, en las que el proceso de degradación se aceleró por factores independientes del tiempo de enterramiento. Sin embargo, como no se contó con información suficiente acerca del contexto y de los procesos diagenéticos acaecidos sobre los restos óseos no se puede tener certeza de esto. Empero, las muestras procedentes del Formativo que incluyó Lozano en su estudio tienen una  $\Delta H$  que cae dentro del intervalo que se ha encontrado para la población de Tixtla Guerrero perteneciente al Formativo Medio y de la cual se tiene la seguridad de que no influyeron otros factores para la degradación del colágeno (Cough y Hernández 2008). De igual manera los resultados de  $\Delta H$  para los individuos de La Laguna tienen un comportamiento similar (Tabla 4.40). No obstante para poder demarcar periodos de tiempo con relación al contenido colagénico con mayor especificidad de se debe contar con más muestras controladas.

Cuenca de Méx. Muestras (Lozano 2002)	Entalpía $\Delta H$ (J/g)	Tixtla Gro. Muestras (Hernández y Cough 2006)	Entalpía $\Delta H$ (J/g)	Apizaco “La Laguna”	Entalpía $\Delta H$ (J/g)
Cuicuilco I	-313.3	I-B	-460.5	F 46-3° (APZ1)	-486.7
		I-F	-575.6	B6-63 (APZ24)	-536.1
		I-3	-599.1	F 46-1° (APZ11)	-652.2
Cuicuilco A	-422	I-E	-641.9	F 83 (APZ19)	-712.3
		I-I	-712.0	F 46-2° (APZ8)	-725.2
Tlatilco Ent. 27	-688.1	I-H	-725.1		
		I-C	-860.5	B2-10 (APZ22)	-802.0
		I-G	-907.2		
Tlatilco Ent. 197	-1202	I-A	-910.1	F 43 (APZ15)	-1008
		I-D	-1228.1		

**Tabla 4.40. Valores de entalpía ( $\Delta H$ ) de poblaciones del Formativo analizadas en tres diferentes trabajos.**

Por otra parte, es más fácil establecer una diferenciación cronológica entre individuos dentro de un mismo sitio arqueológico bajo el entendido de que fueron sujetos a presiones diagenéticas y condiciones físico-químicas similares (Tabla 4.41). De esta manera, el H-149 se ubica como el individuo con mayor materia orgánica que, pese a que no se pudo analizar con DSC, FT-IR e IOL, indica un alto contenido colagénico que concuerda con su procedencia temporal. El siguiente en alto

contenido es el F 43, pero las causas que provocaron su buena conservación fueron extraordinarias y no puede compararse su ritmo de degradación con el del resto de las muestras. El orden cronológico del resto de las muestras parece coincidir con su respectiva procedencia temporal. Sólo en los individuos de la troncocónica 46 se encuentra una discordancia. El F-46 1° presenta mayor degradación que el F-46-2° cuando se esperaría lo contrario por su posición estratigráfica. Aunque la diferencia podría no ser significativa sí existe y una posible explicación sería la mayor compactación del sedimento en el que estuvo depositado el F-46 2°. Lo que sí concuerda muy bien es que el F-46 3°, depositado en el fondo de la troncocónica, resultó ser el espécimen con más bajo contenido proteico, lo que se traduciría en la mayor antigüedad de entre todos los individuos del sitio.

Fecha arqueológica	Individuos en orden de degradación de menor a mayor	DSC	FT-IR				IOL	
		Entalpía $\Delta H$ (J/g)	Amida I	Amida II	Amida III	Prolina	Endostio	Periostio.
Epiclásico (750-900 d.C.)	H – 149 *	X	5	3.3	1.6	3.8	24.8	18.5
Formativo Tardío (600-350 a.C.)	F – 43	-1008	3.7	3.1	1.8	3.7	27.4	6.61
Formativo Terminal (100a.C.-100d.C.)	B2 – 10	-802	3.3	2.6	1.3	3.3	23.1	---
Formativo Terminal (100a.C.-100 d.C.)	H – 142 *	X	1.6	1.3	1	2.3	8.2	23.6
Formativo Terminal (100a.C.-100 d.C.)	I – 129 *	X	1.6	1.2	1.2	2.4	17.6	---
Formativo Tardío (760-540 a.C.)	F – 46 2°	-725.2	1.3	0.9	---	1.8	10.2	11.5
Formativo Tardío (600-350a.C.)	F – 83	-712.3	1.4	1.1	0.5	2.2	20.0	8.1
Formativo Tardío (760-540 a.C.)	F – 46 1°	-652.2	0.9	0.9	---	1.9	11.5	7.5
Formativo Tardío (600-350 a.C.)	B6 – 63	-536.1	1.3	1	0.6	2	33.1	---
Formativo Tardío (760-540 a.C.)	F – 46 3°	-486.7	1	0.7	---	2	16.3	5.2

**Tabla 4.41. Procedencia cronológica de las muestras. (\*) Su ubicación dentro de la Tabla se hizo con base a los resultados de FT-IR e IOL, con los cuales se infiere el contenido colagénico.**

#### 4.2.10 Análisis de la dieta a partir de la cuantificación de elementos traza

Para conocer la tendencia predominante en la dieta, carnívora o herbívora, de los antiguos pobladores de La Laguna se considera al Sr como el elemento que representa, de forma preferente, la ingesta vegetal y al Zn como la manifestación del consumo de proteína animal. Todas las muestras del Formativo tienen los niveles de Sr elevados y orientados hacia el extremo de la cadena trófica marcado por el herbívoro que se utiliza como referencia (Tabla 4.33). No cabe duda que el incremento del Sr sobre el valor estándar en hueso se debe a la absorción y a su depósito en la matriz mineral por la ingesta alimenticia, de igual manera se corrobora el carácter omnívoro del hombre, ya

que todas las concentraciones de Sr no rebasan a la del herbívoro. También se ve cierta variabilidad entre las muestras pero se considera normal debido a que la tendencia general indica las mismas características dietarias (Rodríguez 2004).

Por una cuestión fisiológica las mujeres absorben más Sr durante la lactancia y la preñez porque la placenta discrimina contra el Sr a favor del Ca en la transferencia de los metales alcalinos hacia el feto (Comar *et al.* 1957 citado por Rodríguez 2004). Es por esto que los recién nacidos en una población tienen los niveles más bajos de Sr mientras que las madres mantienen los más altos. Sin embargo, los sujetos femeninos que integran la población en cuestión no presentan esta característica.

En los dos grupos del Formativo, se presentan niveles altos en las concentraciones de Sr y una disminución considerable del Zn. En algunas muestras está incluso por debajo del valor que requiere un hueso para su fisiología normal. Sólo en dos ejemplares del Formativo Tardío el Zn se observa un poco más elevado. En cuanto a la muestra procedente del Epiclásico la diferencia es significativa, la concentración de Sr no se aleja mucho del valor estándar y el Zn está por debajo de este último.

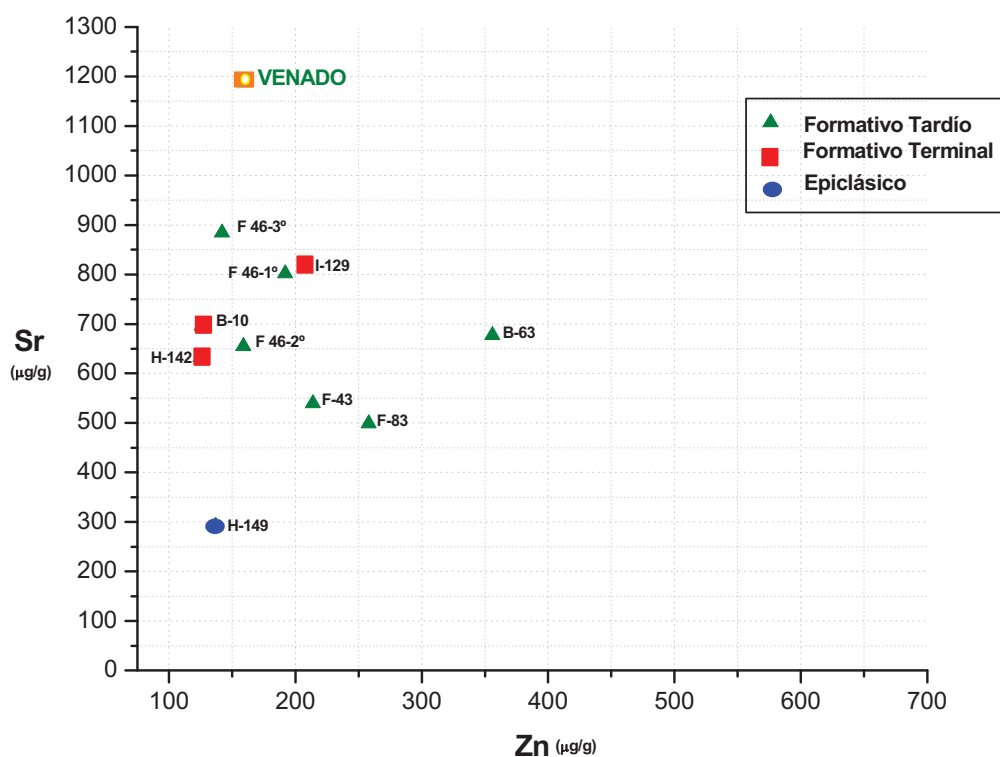


Figura 4.183. Comportamiento del Sr respecto al Zn en las muestras analizadas. Se observa la tendencia de la mayoría del grupo hacia el extremo de la cadena trófica marcada por el herbívoro (venado).

---

Todos estos resultados concuerdan con la relación Sr/Zn que se utiliza como “índice de herbivorismo” bajo la concepción de que el herbívoro típico cuenta con el mayor contenido de Sr y el menor de Zn. Con esto se puede ubicar a las poblaciones humanas en los niveles tróficos correspondientes a partir de la comparación con animales herbívoros y carnívoros (Rodríguez 2004). A pesar de que en este trabajo no se cuenta con la referencia de carnívoro para marcar el otro extremo de la cadena trófica, el patrón de concentración en las muestras analizadas guarda plena similitud con el del herbívoro, por lo que se sugiere que la base de la subsistencia alimenticia fue de origen vegetal (Figura 4.176).

El caso del Zn resulta interesante porque, como ya se indicó, en algunas muestras su concentración no supera a la del herbívoro ni a la de la referencia de hueso fresco. Esto se contrapone a lo esperado, ya que el hombre en su calidad de omnívoro cuenta con diferentes fuentes para tener reservas de este mineral, proteína animal y alimentos como granos y cereales. Del Zn consumido el 20% se acumula en la matriz mineral de los huesos (Buikstra et al. 1989:186) y una parte de esta cantidad se asocia al colágeno. De acuerdo con los resultados obtenidos la dieta de proteínas consumida resulta insuficiente para garantizar un aporte adecuado de Zn en la fisiología normal del organismo.

En este mismo sentido, se sabe que el Fe, al no contar con un mecanismo de fijación en los huesos, se vuelve uno de los elementos más vulnerables a ser alterados por procesos diagenéticos. Sin embargo, en este estudio se tiene la certeza de que la presencia de dicho elemento no funge como contaminante, por lo que la señal cuantificada procede de la biogénica del entramado mineral óseo. Ante esto, los reducidos valores de Fe que se observan en las muestras indican un bajo consumo proteico dentro de la ingesta dietaria de la población, lo que concuerda con los niveles de Zn arriba mencionados (Tabla 4.33). Por lo tanto, queda manifiesto un déficit en el consumo de proteína de origen animal y al mismo tiempo una posible descompensación homeostática mineral con posibles repercusiones en las condiciones de salud y nutrición de la población, como se verá con mayor detalle en el siguiente apartado.

---

# 5

---

## DISCUSIÓN DE RESULTADOS

---

El formato social que enmarcó a los antiguos habitantes de La Laguna responde al curso que, de alguna u otra manera, siguieron otros grupos humanos asentados en diferentes sitios durante el mismo periodo de tiempo. Es por ello que los aspectos fundamentales de su tradición cultural fueron, si no los mismos, un derivado del acontecer cultural mesoamericano en el Formativo. En este sentido, la información que se logró recabar a partir del material óseo de los antiguos habitantes de La Laguna permitió adentrarse en la dimensión humana del pasado.

### **5.1 Paleodieta**

Como ya se demostró, la base de la subsistencia alimenticia fue de origen vegetal, por lo que es muy probable que los consumibles hayan sido de la misma naturaleza que los de algunos asentamientos vecinos, como es el caso de Amomoloc y Tetel. En estos sitios se cuenta con evidencia arqueológica de maíz (*Zea mays*) como el principal alimento seguido por el frijol, la calabaza (*Cucurbita* sp.), el quelite (*Chenopodium* sp.), tunas y nopal (*Opuntia* sp.), así como la chía silvestre (*Salvia* sp.) (Lesure *et al.* 2006).

La combinación de maíz, frijol y chile formó el núcleo básico de la dieta en las sociedades prehispánicas debido a que la unión sinérgica de tales componentes proporciona los aminoácidos esenciales para la nutrición humana. Los resultados de muchos estudios han mostrado que el maíz y

---

el frijol se complementan entre sí en un sentido nutricional. Las legumbres aportan la lisina y el triptófano (aminoácido esencial en la nutrición humana) que es deficiente en el maíz y éste proporciona considerables cantidades de aminoácidos con azufre (metionina y cistina) que el frijol no puede proporcionar (Bressani y Elias 1974). Por otra parte la calabaza resulta ser una buena fuente de carbohidratos debido a que proporciona cantidades sustanciales de vitaminas A y B, niacina, ácido pantoténico, Ca y K (Lentz 1999). Los quelites tienen altos valores de proteínas y minerales, así como elevados contenidos de fibra. En una dieta basada en el consumo de maíz, frijol y chile, los quelites brindan diversidad tanto en sabores como en nutrimentos (Mera *et al.* 2005).

En cuanto a las fuentes de proteína animal, también en Amomoloc y Tetel (Lesure *et al.* 2006) se han encontrado restos de venado, liebre y perro. De estos el primero ocupa la primera posición de consumo, además la mayoría de sus huesos tienen evidencia de haber sido quemados, lo que indica su consumo cocinado. En lo que se refiere al perro (*canis familiaris*) su empleo como recurso de carne se dio de manera continua desde el inicio del Formativo en toda Mesoamérica, además de su papel predominante dentro de la religión. En Teotihuacán pudo llegar a constituir hasta el 10% de toda la proteína animal consumida (Valadez y Arrellín 2000:329).

## **5.2 Características generales de los individuos de La Laguna**

En la muestra sólo se registraron dos individuos femeninos, uno por cada periodo de ocupación en el sitio. Además, en los sujetos masculinos la estatura promedio calculada a partir de la longitud de los huesos largos es de 158.22, lo que marca un claro contraste con el único espécimen del sexo opuesto al que se le pudo hacer la medición, 140cm.

En las Tablas 5.1 y 5.2 se presenta un resumen del análisis antropofísico donde se observa cómo en todos los individuos analizados, a pesar de las diferencias cronológicas en sus depósitos funerarios, prevalecen ciertas características comunes y patológicas que indican que el tipo y la calidad de vida de la población no cambió de manera significativa a lo largo de las dos ocupaciones formativas del sitio. Es decir, las agresiones ambientales a las que se enfrentaron en el Formativo Tardío y Terminal debieron ser muy similares porque la respuesta manifiesta de todos fue análoga. En algunos casos se presentó de manera inmediata y en otros a largo plazo.



Elemento	Edad	Sexo	Estado dental	Lesiones Patológicas	Marcas de Actividad	Osteología cultural	Otras Observaciones
F-50/85	3 años ±12 meses (1a. infancia)	I	No se puede observar	No se pueden observar	No se pueden observar	Modelado cefálico (Tabular erecto)	No se presentan
H-143	4 años ±12 meses (2a. infancia)	I	No se puede observar	No se puede observar	No se puede observar	No se puede observar	No se puede observar
F-46 1°	20-23 años (adulto joven)	♂	Normal	-Hiperostosis porótica. -Cribra femoral -Periostitis	-Asimetría poscráneas acentuada -Exostosis en el pie derecho	Modelado cefálico (Tabular erecto)	162 cm estatura
F-43	25 años (adulto joven)	♂	Normal	-Hiperostosis porótica -Periostitis en tibias	-Osteoartritis en hombro, escápula y rótula	Modelado cefálico (Tabular erecto, bilobulado intermedio)	154.89cm estatura
F-46 3° asociado	30 años (adulto joven)	♂	Enfermedad Periodontal	No se puede observar	No se pueden observar	-Modelado cefálico (Tabular oblicuo) -Corte en la bóveda craneal	No se presentan
B6-63	35-39 años (adulto medio)	♀	Enfermedad Periodontal	-Hiperostosis porótica -Hipoplasia Periostitis Osteomielitis	Entesopatía en Clavícula	No se presentan	El desgaste dental en el incisivo lateral y canino superior derecho parece deberse a otro tipo de actividad
F-46 2°	40 años (adulto medio)	♂	Enfermedad Periodontal	No se presentan	Entesopatías en los miembros superiores Osteoartritis vertebral y en la rótula	No se presentan	156 cm estatura
F-83	40-44 años (adulto medio)	♂	Enfermedad Periodontal	Periostitis	-Osteoartritis vertebral -Nódulos de Schmörl	Modelado cefálico (Tabular oblicuo)	164.6-168.9cm estatura
F-46 3°	45 años (adulto medio)	♂	Enfermedad Periodontal Maloclusión	-Hiperostosis porótica -Periostitis	-Entesopatías en los miembros superiores -Osteoartritis en rodillas	No se puede observar	-Malformaciones congénitas en sacro y última vértebra lumbar -151.48cm estatura

**Tabla 5.1. Resumen del análisis antropofísico de los individuos de La Laguna del Formativo Tardío.**

Elemento	Edad	Sexo	Estado dental	Lesiones Patológicas	Marcas de Actividad	Osteología cultural	Otras observaciones
F-133	neonato 7 meses de vida intrauterina (1a. infancia)	I	Normal	No se presentan	No se presentan	No se presentan	No se presentan
F-51	3 años ±12 meses (1a. infancia)	I	No se puede observar	No se puede observar	No se puede observar	No se puede observar	No se puede observar
F-119	5 años ±12 meses (2a. infancia)	I	Espacio interdentario reducido	-Hiperostosis porótica -Osteomielitis	No se presentan	Modelado cefálico (Tabular erecto)	No se presentan
F-49	5 años ±12 meses (2a. infancia)	I	No se puede observar	Hiperostosis porótica	No se presentan	No se presentan	No se presentan
H-142	25-30 años (adulto joven)	♀	-Enfermedad Periodontal -Hipoplasia Maloclusión	No se presentan	-Osteoartrosis vertebral -Entesopatía en clavícula	No se presentan	140±2cm estatura
F-117	30 años (adulto joven)	♂	No se puede observar	Hiperostosis porótica	No se puede observar	Modelado cefálico (Tabular oblicuo)	No se presentan
F-128	30 años (adulto joven)	♂	-Enfermedad Periodontal -Osteocondrosis mandibular por maloclusión	No se puede observar	Osteoartrosis en los cóndilos mandibulares	Modelado cefálico (Tabular oblicuo)	No se presentan
I-129	35 años (adulto joven)	♂	-Enfermedad Periodontal	Hiperostosis porótica	Osteoartrosis vertebral, en húmero y rodilla	Modelado cefálico (Tabular erecto)	No se presentan

**Tabla 5.2. Resumen del análisis antropológico de los individuos de La Laguna del Formativo Terminal.**

Otra cuestión que se alcanza a observar es la práctica del modelado cefálico que responde a concepciones ideológicas, así como a un pensamiento cosmogónico. Es sabido que en algunos grupos humanos esta práctica sirve para hacer una diferenciación dentro del grupo, para distinguirse de otras poblaciones o para atribuirle ciertas cualidades a la persona a quien se le aplica el modelado. Sin embargo, la muestra analizada no es suficiente para determinar si esta práctica funcionó como diferenciador social. Se tiene, por ejemplo, que el individuo F46 1° sí presenta modelado cefálico mientras que en el F46 2° no se encuentra, cuando ambos se hallaron en el mismo espacio mortuario, pero esto no es suficiente para hacer una aseveración sobre el tema. Por otro lado, los tipos tabular erecto y oblicuo se presentaron en ambas ocupaciones formativas de manera indistinta. Es probable que para el Formativo Terminal esta práctica fuera menos frecuente.

### **5.3 Desgaste dental**

Otro aspecto interesante que se observa de manera uniforme en la población es el desgaste dental que hasta cierto punto resulta normal. Sin embargo, su intensidad depende en gran medida del tipo de dieta y de las costumbres culturales. El desgaste se da por una reducción paulatina del esmalte de la superficie oclusal que de manera gradual puede continuar hasta la dentina e incluso llegar a la destrucción total de la corona. En este proceso hay dos componentes, la atrición y la abrasión. En el primero el desgaste es consecuencia del contacto directo de diente contra diente de acuerdo con la intensidad y duración que tenga esta acción y con el grado de robustez del aparato masticatorio. El segundo se produce por el contacto con alimentos abrasivos y otros materiales de diversa índole.

En el caso de las poblaciones prehispánicas se sabe que el método para moler el maíz por medio del metate fue una de las principales causas del desgaste dental. Se debe a que las pequeñas partículas con alto contenido de sílice que se desprenden de este utensilio durante la molienda se incorporan de forma inevitable al producto alimenticio final y favorecen la destrucción paulatina de las cúspides dentales.

También hay que considerar los factores genéticos que condicionan el grado de dureza del esmalte, así como ciertas prácticas culturales: la masticación de plantas específicas o la utilización de los dientes como tercera mano para preparar materiales o sostener objetos.

El principal factor de desgaste en este grupo humano fue consecuencia del proceso masticatorio de los alimentos. Por lo tanto, debido a que los individuos analizados pertenecen a la misma población, se observa un patrón de desgaste regular, en cuanto a forma y gradiente, y en función a éste se ve reflejado de manera clara el incremento cronológico de la edad de cada sujeto (Tabla 5.3).

### **5.4 Paleopatología**

Como lo indican los resultados de paleodieta, el consumo de proteína de origen animal al parecer no fue suficiente en la población de La Laguna. Esta situación, hasta cierto punto, junto con otros factores pudo determinar la presencia de los indicadores de respuesta al estrés que quedaron marcados en los esqueletos analizados. Estos por lo general son ocasionados por carencias nutricionales (hiperostosis porótica, procesos infecciosos, hipoplasia del esmalte y enfermedad

periodontal) y apuntan a un crónico déficit nutricional relacionado a su vez con una baja esperanza de vida.









Individuo	Desgaste Molar			Edad estimada por desgaste dental	Edad estimada por otro método
	3 <sup>er</sup> M	2 <sup>o</sup> M	1 <sup>er</sup> M		
H- 142				21 años Etapa I fase 2	25-30 superficie auricular
F 46 1°				21 años Etapa I fase 2	20-23 años sífnfis púbnca y superficie auricular
F 43				25 años Etapa I fase 3	no hay
F 46 3° asociado				35 años Etapa II fase 3	no hay
I-129				35 años Etapa II fase 2	no hay
F 63				35 años Etapa II fase 3	35-39 superficie auricular
F 46 2°				40 años Etapa III fase 2	no hay
F 83				40 años Etapa III fase 2	40-44 superficie auricular

Tabla 5.3. Estimación de edad por el método de desgaste dental propuesto por Brothwell (1987).

---

Por otro lado el deceso de los infantes y en especial el del Elemento 119, que presenta un caso de osteomielitis aguda, infección que puede ser oportunista si el sujeto no tiene un buen estado inmunológico o si hay otro padecimiento de manera concomitante, invita a pensar en el estado de salud y en las prácticas de higiene que tuvo la comunidad, así como en la medicina tradicional paliativa que desarrollaron para sobrellevar este tipo de enfermedades. Lo mismo sucede con el padecimiento periodontal y con los acúmulos de sarro que hablan de una falta de hábitos de antisepsia.

Para el desarrollo de la vida humana la participación del sistema bucodental resulta fundamental. Los dientes, además de la masticación, están implicados de forma directa en la articulación del lenguaje, así como en la dimensión y expresión de la cara, cuya apariencia puede ser modificada por la pérdida de una pieza dentaria o por cualquier irregularidad en su crecimiento y coloración. En este estudio se registran pérdidas dentales por traumatismo, pero de manera principal como consecuencia de la enfermedad periodontal.

La función de la mucosa que recubre a la cavidad oral es la de brindar protección contra las infecciones. La mucosa se adhiere al cuello anatómico de los dientes para formar lo que se conoce como línea amelocementaria. Cuando los gérmenes traspasan esta línea comienza el padecimiento periodontal. Al principio tiene lugar una gingivitis que si persiste y progresa rebasa el epitelio de inserción, afecta al hueso alveolar y al soporte dentario dando origen a una periodontitis. De forma lenta el hueso afectado se reabsorbe desde el borde alveolar, ante lo cual el diente aumenta en movilidad e incluso llega a desprenderse, aún sin que se haya alterado de forma intrínseca. De esta manera la periodontitis favorece la retracción de la encía, lo que a su vez deja desprotegido al cuello del diente.

Esto da paso a otras patologías infecciosas locales como son los abscesos dentarios, así como las osteítis maxilares y mandibulares. Los abscesos son procesos inflamatorios supurativos que pueden ocasionar quistes radiculares que son los responsable de la destrucción de la pared alveolar al permitir la evacuación del pus al exterior, con lo que desaparece el dolor. En otros casos pueden originar fistulas, a través del hueso, que se abren paso en la cara lingual o en la vestibular.

El agente causal de mayor inmediatez de dichas patologías, es quizá la falta de higiene dental. Como resultado de un inadecuado aseo bucal las sales calcáreas mezcladas con la saliva suelen depositarse en las piezas dentales dando lugar a acúmulos de sarro. No obstante, también pueden incidir los

factores genéticos, así como las cuestiones hormonales en el caso de las mujeres embarazadas, ya que en esta etapa el aumento de la producción de prolactina y estrógenos condiciona cambios en las estructuras de todo el organismo. La placa bacteriana actúa con más agresividad en una encía cuyo estado se encuentra influido por las hormonas, alimentación incompleta o una higiene deficiente. Si la mujer padecía gingivitis o enfermedad periodontal previo al embarazo, el padecimiento empeora de manera considerable durante la gestación, lo que resulta un factor de riesgo para tener partos prematuros o hijos de bajo peso al nacer (Díaz y Castellanos 2004). Es por ello que en la tradición oral se atribuye la pérdida de un diente por cada hijo. Lo interesante es que el individuo B-63, femenino adulto de 35-39 años, presenta un estado dental deplorable como resultado de la enfermedad periodontal. Sin embargo, considerando que este padecimiento fue una constante en toda la población, esta mujer en vida sufrió con mayor severidad sus efectos por los periodos de gestación por los que pudo pasar. Además, en este sujeto se registró un efecto de mayor consecuencia -una posible osteomielitis en el cúbito causada por la *Porphyromona gingivalis*, bacteria de la microbiota periodontal. Esto es sólo un indicador de las agravantes consecuencias que puede llegar a tener un individuo con esta condición en estado severo, lo que no sería difícil de creer para una población como la de La Laguna.

## 5.5 Marcas de actividad

A partir de las marcas de actividad registradas en los esqueletos se infiere que las labores cotidianas de los individuos estuvieron inmiscuidas en los trabajos de cultivo, de supervivencia y de soporte para la estructura social de la que formaron parte. La actividad de cargar bultos o la cosecha tuvo como principal soporte a la cabeza con la ayuda del mecapal en conjunto con la espalda. Este modo de cargar fue adoptado para realizar distintas labores. En los nahuas el sostén del mecapal producía comezón y heridas, así como una pérdida de pelo en la parte frontal de la cabeza (Escalante 2004). Esta acción física, por lo tanto, puede guardar una relación muy probable con los daños registrados en la columna vertebral, en el cinturón escapular y en las articulaciones que soportan peso, como la rodilla, en la población esquelética de La Laguna.

En el caso de las mujeres la molienda del maíz en el metate involucraba las cuatro extremidades, en la postura que debían adoptar las piernas estaban plegadas pero sin sentarse por completo, ya que los empeines contribuían a dar impulso al cuerpo para que efectuara el movimiento hacia adelante y hacia atrás (Escalante 2004). Para llevar a cabo la labor de tejer el hilado de las fibras vegetales se logró a través de enroscar una vara que se hace girar con la ayuda del peso de un malacate de barro.

---

En La Laguna hay registro de este artefacto sólo en el la ocupación del Formativo Terminal. En el esqueleto B-63 se registra desgaste dental por una actividad diferente a la masticación, que bien pudo ser como el caso de las mujeres seris que desde la antigüedad tejen canastos con sus dedos y con los dientes van ablandando las varas tiesas del arbusto llamado *torote*, de donde proviene la fibra que usan. En La Laguna la fuente de fibra textil probablemente fue el maguey.

Por otro lado, en ocasiones las marcas de actividad permiten hacer una diferenciación en cuanto al estatus social de los individuos. Ciertas tareas se pueden relacionar a un grupo social en particular. En este estudio no hay diferencias patentes en ese sentido, ya que todos los individuos con esqueleto poscraneal presentan marcas que corresponden a una intensa actividad física que tuvo que estar relacionada con las labores de la vida cotidiana.

## **5.6 Prácticas mortuorias**

Para poder realizar una interpretación de los entierros es preciso tratar de dilucidar el motor mental propiciatorio de ciertas prácticas y costumbres sociales. El ser humano responde a un colectivo mental y no sólo a una voluntad individual destinada a un designio azaroso. La creación de símbolos y la reordenación del universo en la psique humana dentro de un marco referencial cosmogónico, otorgan una validez a la existencia y una categoría a cada fase de la vida. Así, nacer y morir resultan dos puntos contiguos en una línea continua, infinita y cíclica, una secuencia de actos perennes e inevitables. Bajo este orden, el saber religioso mesoamericano encontró en su origen un sentido explicatorio de los fenómenos que despertaron preocupación y aprensión, como las fuerzas naturales inmanejables, los sueños o la muerte. Por lo que, de manera concomitante, el hombre mesoamericano estableció su posición ontológica en relación a su marco de naturaleza, la ubicación del sol, las montañas, la luna o las estrellas y al mismo tiempo, a esa inmensidad incontrolable de los elementos básicos (tierra, agua, aire y fuego) les concedió poderes divinos y vitales.

En La Laguna se encuentran evidencias de prácticas rituales en contextos domésticos relacionadas con el Dios Viejo y el Dios de la Tormenta (Huehuetéotl y Tláloc en el Posclásico), lo que hace patente la integración y compatibilidad de sus creencias con otras comunidades del Altiplano Central. El uso de la primera deidad estuvo limitado a la esfera doméstica mientras que el de la segunda se abrió tanto a contextos públicos como privados. Esta diferencia importante continúa en Teotihuacan, donde el Dios de la Tormenta fue prominente en los rituales políticos realizados por los líderes del

---

estado, mientras que los braseros del Dios Viejo continuaron su asociación con el hogar y la vivienda (Carballo 2007b).

En la época del Formativo uno de los ejes rectores y generadores de la concepción dual del cosmos fue la cultura agrícola, en la cual la vida se relaciona con la época de sequía y la muerte con la lluvia. Al igual que el maíz el ciclo de una persona comienza por un estadio tierno, luego se vuelve fértil, da frutos, se marchita y se transforma en semilla. Es por eso que la muerte como las semillas en estado latente, es la etapa precedente, indispensable e inevitable para dar origen a la vida. De esta forma, la preservación de los restos óseos es el grado que precede la generación de nueva vida y fuerza anímica, lo que otorga cohesión y pertenencia al grupo, una condición imprescindible para la permanencia de los seres vivientes (López Austin 1997; 2002).

La gente desde el Preclásico ha necesitado crear vínculos ideológicos para mantener la cohesión entre los grupos diseminados pero unidos por el parentesco. Es por eso que se cree en una especie de alma colectiva, donde la unidad grupal se refuerza en la creencia de un patrono, en el cual se conjunta el dios protector con el antepasado común. Éste comparte su alma con cada uno de los individuos del grupo protegido y desde una montaña próxima al asentamiento envía las lluvias, la riqueza, la salud y al mismo tiempo vigila la conducta de estos (López Austin 2002). Así, la preservación de un esqueleto es un indicador que confirma la devoción a un alma en particular y a un colectivo ancestral en general. Este culto beneficia a las almas de la comunidad y garantiza la continuidad del ciclo doméstico vital. De esta manera la regeneración de los muertos en una reciprocidad ritual es el acontecimiento que sella la eternidad del ciclo de los ancestros (Galinier 1990).

Los entierros en La Laguna durante el Formativo Tardío proceden de los asentamientos en las laderas de los cerros Las Palmas y Las Ardillas. De los ocho entierros de este periodo cinco tuvieron como contenedor funerario una formación troncocónica y tres fueron depositados en fosas *ex profeso*. La posición de los cuerpos al momento del depósito en su mayoría fue flexionada en decúbito con todas sus variantes y sólo dos individuos tuvieron la posición en decúbito dorsal. Estos dos últimos tuvieron el contexto mortuario más complejo. En cuanto a su dirección no se encontró un patrón determinado: tres estuvieron E-W, cinco en W-E, cuatro en N-S, tres en S-N y uno en NE-S (Tabla 5.4). Por su parte, para el Formativo Terminal hay diez entierros, de los cuales dos están debajo del piso de una casa, dos al interior de una vasija, tres en un pozo o fosa y tres fueron depositados sobre el suelo formativo, sin una formación o contenedor que los delimitara. En cuanto a la posición sólo



---

se tiene el registro de tres entierros flexionados en decúbito y dos extendidos en decúbito. Del resto no se pudo hacer esta observación. La dirección que predominó fue la W-E (Tabla 5.5).

De lo anterior resalta la reutilización de algunas fosas troncocónicas como recintos funerarios, que al haber sido construidas con la intención de proteger y almacenar al maíz, aún cuando caen en desuso es probable que mantuvieran la carga anímica de preservación de la semilla de la vida: los huesos (Galinier 1990). Bajo este tenor el contexto más complejo y peculiar es el encontrado en el elemento 46, en donde se pueden distinguir diferentes cuestiones interesantes. Una de ellas es el depósito diacrónico de por lo menos tres sujetos en una misma tumba. Lo que podría indicar una relación de parentesco y una continuidad genealógica que adquirió un carácter de legitimación de la existencia del grupo, así como de su perpetuidad (*Idem.*).

Otro punto importante sobre la troncocónica 46 versa sobre su contenido, que ha sido descrito de manera detallada en el Capítulo 3. Para la explicación de los hechos acontecidos en ella se abren dos hipótesis. La primera sostiene que la troncocónica sirvió de depósito temporal para los restos humanos, es decir, como un recinto preparatorio para segundas exequias y que el cráneo asociado representa los restos de un depósito funerario anterior (Borejsza en comunicación personal, 2009). Esto conlleva a pensar que la disposición espacial de dicho cráneo (debajo del hombro izquierdo del F-46 3º) no tuvo ninguna relación intencional con el individuo F-46 3º y por lo tanto esto fue circunstancial. Además, esto implica que el cráneo asociado fue separado de su esqueleto poscraneal para que se le realizara el corte de su bóveda craneal. Si esto se realizó sobre el hueso seco (como lo argumenta el antropólogo físico Mauro de los Ángeles) al momento de levantar el cráneo se desarticularía de su mandíbula y de toda su columna vertebral, la cual debió quedar en perfecta relación anatómica. Entonces, como el resto del esqueleto poscraneal del cráneo asociado se removió de la fosa en su totalidad de manera deliberada no debió haber razón alguna para dejar *in situ* sólo la primera vértebra cervical. Por otro lado, siguiendo el razonamiento de esta hipótesis, si este lugar fue un contenedor temporal se abre la interrogante del por qué el cráneo asociado (el cual requirió del gasto de energía de un ‘especialista’ para dejarlo como contenedor de los huesos de una mano) quedó en el fondo de la fosa sin la posibilidad de ser reutilizado en otro contexto, fuera de la troncocónica, ya que el individuo F 46-3 fue depositado exactamente encima de él.

Elemento	Contexto del Entierro	Posición del Entierro	Ofrenda o elementos asociados
F-50/85 infantil	Muy cerca de la boca de una troncocónica.	Flexionada en decúbito lateral derecho. Dirección: E-W	No
H-143 infantil	Depositado en un pozo.	Extendido en decúbito dorsal. Dirección: E-W	Olla miniatura a la altura de la mandíbula. Encima de la osamenta yacían piedras con restos de fibras blancas y un fragmento del cuerpo de una olla depositado en su lado convexo hacia arriba conteniendo carbón. El contorno del entierro estuvo demarcado por fibras blancas que es posible hayan sido del textil en que estuvo envuelto.
B-63	Fosa ovalada con un cúmulo de piedras	Flexionada en decúbito semi-lateral. Dirección: W-E Amortajado	No
F-83	Pozo de forma ovalada de dimensiones reducidas. La parte inferior del sujeto se depositó sobre una especie de rampa con inclinación hacia el S. Excavado sólo con fin mortuario.	Flexionado en decúbito ventral. Dirección: S-N. Amortajado	Sobre la espalda alta y región baja de la cabeza se depositó un cajete.
F-46 1°	Depositado casi a la mitad de la formación troncocónica.	Flexionado en decúbito dorsal. Dirección: N-S Remoción deliberada.	Florero con serpientes
F- 46 2°	Depositado en la región inferior de la formación troncocónica, junto a la pared E.	Flexionado en decúbito ventral con el brazo izquierdo extendido hacia adelante y el derecho yació por debajo del tórax. Dirección: N-S. La mitad superior del cuerpo estuvo depositada sobre un cúmulo de piedras de tamaño considerable.	En la pared N se encontró un pie derecho articulado perteneciente a un adulto.
F-46 3°	Depositado en el fondo de la troncocónica.	Extendido en decúbito ventral. Dirección: N-S Bajo el hombro derecho descansó una piedra dispuesta de manera vertical y el izquierdo yació sobre un cráneo. Bajo el tórax había una laja de piedra.	Cráneo con corte intencional en la bóveda. En su interior se depositaron los huesos de una mano derecha sin posición anatómica.
F-43	Al fondo de una troncocónica. En la pared E.	Flexionado en decúbito semi-lateral izquierdo. Dirección: S-N	No

**Tabla 5.4. Entierros de La Laguna pertenecientes al Formativo Tardío.**

Elemento	Contexto del Entierro	Posición del Entierro	Ofrenda o elementos asociados
B-33A neonato	Debajo del piso de una casa.	Flexionado en decúbito dorsal. Dirección: E-W	Navaja de Obsidiana
F-133 neonato	Depositado en una vasija. Ésta se colocó en el piso de la Estructura 1.	No hay registro	No
B -36 infantil	Dentro de una cavidad ovalada. El depósito se hizo sobre un lecho de tepalcates seleccionados provenientes de una misma vasija de engobe rojo. Fue el segundo uso que se le dio a la fosa.	Decúbito dorsal. Dirección: S-N	Metlapil (cilindro con el que se muele el maíz en el metate). Nódulos de una sustancia roja no identificada.
F-119 Infantil	Sobre el relleno de un pozo de forma ovalada.	Flexionada en decúbito dorsal con las extremidades superiores extendidas a los costados del cuerpo. Dirección: NE-S	No
F-49 Infantil	Depositado en una cazuela que descansó sobre un pequeño cúmulo de cantos rodados.	Sólo se puede definir la dirección: W-E	No
F-51 Infantil	Fosa muy somera	Sólo se puede definir el cráneo sobre su costado izquierdo W-E	No
F 117 y 128	Depositados sobre la superficie, afuera de una casa.	Alineados de manera diagonal con una copa negra entre ellos. Dirección: hacia el S	Copa negra
B-10	Entierro sobre la superficie. No hubo rastro de fosa.	Flexionada en decúbito semi-lateral. Dirección: W-E	Pequeña olla globular de engobe rojo.
I-129	Sin fosa, sobre la superficie. Enfrente de las alineaciones de piedra que delimitan un espacio exterior.	Entierro secundario. Acomodo de huesos largos en forma de entramado, el cráneo en posición ventral y la mandíbula en dorsal. Dirección: W-E	Fragmento de mandíbula canina entre los huesos.
H-142	Dentro del piso cortado de la plataforma residencial.	Extendido en decúbito dorsal. Dirección: N-S	Fragmento de una figurilla junto a la parte distal del húmero izquierdo.

**Tabla 5.5. Entierros de La Laguna pertenecientes al Formativo Terminal.**

La segunda hipótesis, que es la que sustenta quien suscribe, sugiere que el uso de la troncocónica 46 fue para depositar restos humanos de manera permanente. Así, el cráneo asociado habría sido depositado con la intención de permanecer asociado, quizá en calidad de ofrenda, al individuo F-46 3°. Para este propósito se utilizaría la cabeza desarticulada de un sujeto adulto fallecido para ser desollada y descarnada, dándose paso al corte de su bóveda craneal en el interior de la fosa. La presencia de la primera vértebra cervical es lógica en el entendido de que los ligamentos de la nuca, que unen el atlas

(la primera vértebra cervical) con el occipital son muy fuertes (Duday *et al.* 1990). Además, en otros sitios arqueológicos se ha reportado la presencia de conjuntos de cráneos trofeo con fragmentos de vértebras cervicales asociadas sin huellas de corte, lo que se ha atribuido a la desarticulación de la cabeza. Este acto es considerado como una práctica posterior al deceso del individuo (Ramírez y Acosta 1997).

La intención de utilizar el cráneo como contenedor de una mano guarda un simbolismo, que si bien no puede ser certero por falta de evidencias inmediatas, sí encuentra referentes en culturas mesoamericanas posteriores. En Teotihuacan, por ejemplo, se encuentran cráneos con horadaciones que manifiestan la posibilidad de haber sido objetos de sacrificio. Este último en palabras de López Luján (1993:56) se entiende como “...la transformación drástica de la ofrenda por medio de la violencia. El sacrificio constituye una ofrenda a los dioses... [cuya] esencia invisible (objetos, vegetales, animales u hombre) transita al igual que el alma de un hombre muerto...”. Además de la carga mágico religiosa del cráneo y de la mandíbula también tenían la función de instrumentos para la manufactura de implementos “ornamentales”. De acuerdo con la iconografía teotihuacana después de sacrificar a una persona proseguía el ritual de desmembramiento que consistía en la obtención de los diferentes segmentos corporales para ser ofrendados a la deidad de la fertilidad agrícola (González y Salas 2001) (Figuras 5.1 y 5.2). Por otro lado esta misma idea se encuentra representada en un cráneo de Cacaxtla, el cual tuvo una horadación en los parietales para fungir como contenedor dentro de alguna ceremonia de orden ritual (Talavera *et al.* 1998) (Figura 5.3).

De esta manera no podemos afirmar que el cráneo asociado a la troncocónica 46 haya sido objeto de sacrificio pero la posibilidad queda abierta a futuras evidencias. Sin embargo, no se puede negar el peso simbólico que tiene el cráneo al ser contenedor de los restos de una mano quizá como una reliquia de enorme valor, ya que en Mesoamérica las manos eran símbolos de poder, de género, de temporalidad, de ritos y dioses, de vida y muerte (Escalante 2005). Además el cráneo funge como soporte del individuo, el de mayor edad biológica en el sitio, que va de cara a las entrañas de la tierra como alimento que perpetúa el ciclo de vida de su descendencia (Figura 5.4).

Por otra parte, como se demostró en el Capítulo 3, el individuo F 46-2° no sufrió una desarticulación *postmortem* intencional, pero sí pudo ser removido poco después de su depósito o durante el proceso de descomposición de su cuerpo, antes de que perdiera el tejido blando que mantuvo unida sus principales articulaciones, ya que la posición final que se reconstruyó (gracias al dibujo de planta y a las

---

fotografías de la excavación) resulta poco ordinaria. No obstante, a este sujeto no se le extrajo ningún componente de su cuerpo como fue el caso del F-46 1°.

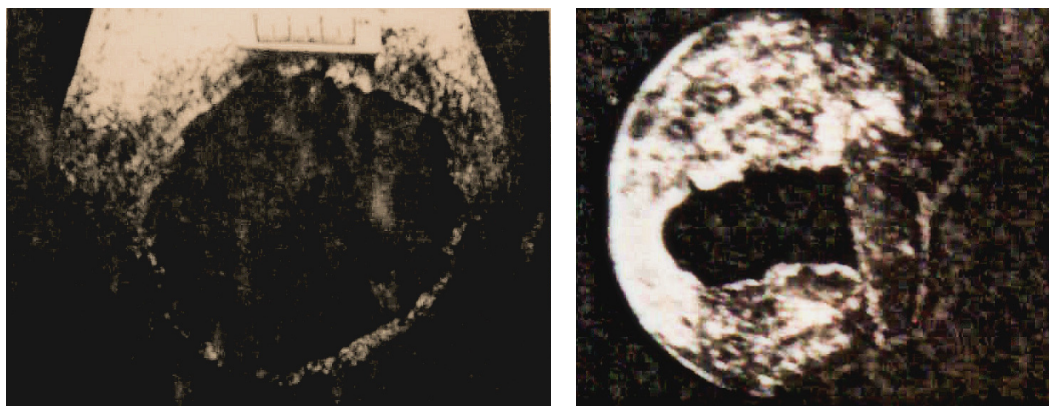
Otro aspecto relevante del F-46 2° es que su extremidad superior izquierda quedó dispuesta de tal manera que su mano quedó próxima al pie derecho que se encontró aislado. La presencia de este segmento óseo pudo ser por dos razones. La primera es que el esqueleto al que perteneció fuera removido por completo y por algún motivo, accidental o intencional, se hubiera dejado el pie enterrado. La segunda es que el pie se haya depositado con carne, es decir, como un segmento desmembrado. Estos razonamientos obedecen al perfecto estado de articulación que tuvo el pie *in situ*.

En otras partes y periodos de Mesoamérica el símbolo del pie hace alusión al arribo o desplazamiento de los dioses (Escalante 2005). Sin embargo, en Teotihuacan hay varios indicios de una práctica sacrificial relacionada con el corte de las manos, si bien en este entierro de La Laguna no se trata del mismo elemento anatómico sí se podría establecer alguna relación. Entre los nahuas del Posclásico las mujeres muertas en parto no se enterraban en sus casas, sino en las encrucijadas de los caminos para inhumarlas allí. Se pensaba que las manos y antebrazos de la mujer que así había fallecido tenían una fuerza especial, de manera que había quienes mutilaban los cadáveres de las muertas de parto para obtener la fuerza de sus manos (Escalante 2004). Este ejemplo se cita porque es posible que la persona a quien perteneció el pie tuviera cierta fuerza anímica o una carga especial otorgada por la sociedad, para acompañar o guiar al difunto en el camino de los muertos (Figura 5.5).

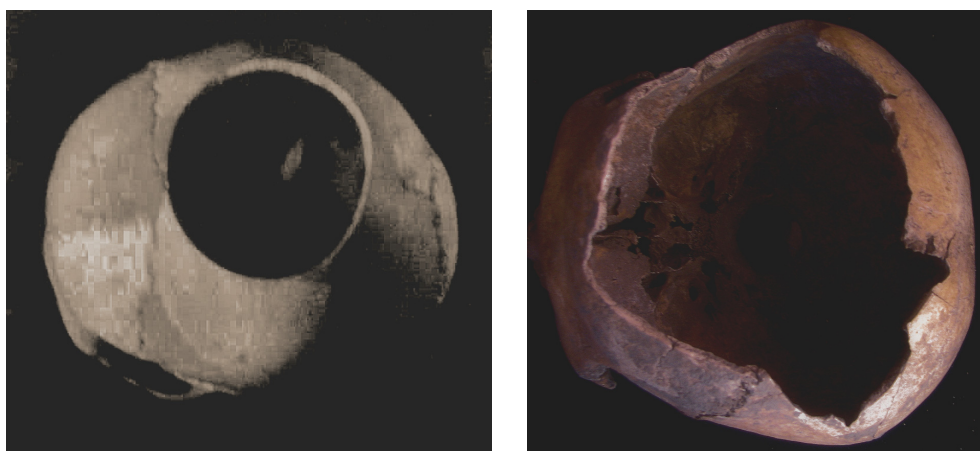
En lo que se refiere al último depósito de la troncocónica 46, se presentan varias interrogantes. Como se detalló en el capítulo 3, los indicios de desmembramiento de la pierna derecha, así como la marca de fractura intencional en el fragmento de fémur son claros. El *modus operandi* de este hecho pudo ser que antes de que se esqueletizara el sujeto la formación troncocónica se volvió a abrir con la intención de tener acceso al individuo en cuestión. Gracias al estado de descomposición del cuerpo se pudo desarticular la extremidad inferior derecha. El objetivo fue extraer el fémur para cortar su diáfisis por percusión, ya que así lo demuestra el fragmento remanente producto de esta acción. El resto de los elementos óseos, es decir la tibia, el peroné y los huesos del pie, quedaron concentrados cerca de la parte superior de la troncocónica. Además, en este procedimiento también se extrajo la mandíbula. De lo que se ha reportado en la literatura, los motivos para fragmentar un hueso largo son dos, para consumo o fabricación de herramientas (Talavera *et al.* 2001). Si se tratara de cualquiera de los dos casos, el gasto de energía que se invirtió en esta tarea no corresponde con dichos motivos, ya

que se pudo aprovechar la tibia como materia prima o como recurso proteico por su médula. El afán de obtener ese hueso en específico muestra una carga simbólica, ritual o de fuerza que la persona viva quería obtener. Quizá sea un caso semejante al de los nahuas que cortaban las manos de las mujeres en el ejemplo arriba mencionado. Con esto se confirma la distinción o relevancia social que el difunto tenía.

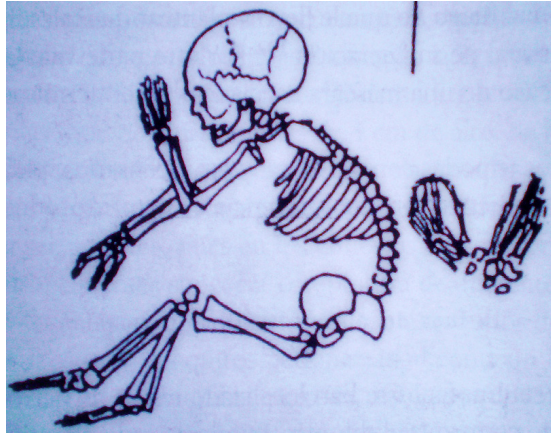
Los elementos cerámicos que también se depositaron al interior de la troncocónica afirman su uso ritual dentro de un espacio doméstico.



**Figuras 5.1 y 5.2. Estos cráneos teotihuacanos sugieren ser producto de sacrificio humano y los cortes que presentan evidencian que fueron trabajados aún en estado fresco. Las horadaciones en ambos fueron hechas por percusión indirecta y es probable que se haya utilizado un cincel o punzón de punta aguda (González y Salas 2001).**



**Figuras 5.3 y 5.4. Cráneo contenedor procedente de Cacaxtla y perteneciente a un sujeto adulto femenino. Presenta evidencia de haber sido hervido y su perforación se llevo a cabo por percusión y los rebordes óseos se eliminaron por abrasión (Talavera et al. 1998) (Izquierda). Cráneo asociado al elemento 46 (Derecha).**



**Figura 5.5. Entierro de un individuo de edad perinatal, con un par de manos a su espalda (Tomado de Serrano y Lagunas 1999).**

El otro entierro que se realizó en una troncocónica fue el F-43. Como ya se demostró el individuo fue expuesto a una fuente de calor que provocó alteraciones térmicas en su estructura, sin embargo no proporcionó la energía suficiente para desintegrarla, ya que no rebasó los 230° C. Con base en esto suponemos dos posibilidades, la primera es que se haya dispuesto el cuerpo en una hoguera pequeña antes de ser depositado en la fosa como en el caso que se describe en *Las Relaciones Geográficas de Tlaxcala* de Muñoz Camargo (Acuña 1999:271-73) en donde un padre mata a su hijo y lo manda quemar en la hoguera de su casa, pero al no ser suficiente la lumbre lo envía a enterrar bajo el piso de su casa. Por supuesto el contexto es diferente pero la dinámica de quemar el cuerpo puede ser parecida. La segunda es que se haya quemado dentro de la fosa. Sin embargo en el piso de la troncocónica no queda una clara evidencia sobre los restos de carbón que debieran estar en caso de haberse consumado ahí la combustión. No obstante, queda claro que la sociedad no tuvo la intención de incinerar al sujeto, ya que esto era un procedimiento dedicado sólo a los individuos de más alto rango, debido a que la energía y los recursos del enterramiento eran mucho mayores, tal es el caso de los nahuas del Preclásico (Johansson 2002:131-134). Además, en el entierro en cuestión no se encontró ninguna ofrenda asociada.

El único individuo femenino, el B-63, es enterrado en una fosa ovalada *ex profeso*. El cuerpo antes de que fuera depositado fue amortajado. Para los nahuas el cadáver en posición fetal envuelto en mantas, alusivas a las divinidades, y sujetado por una cuerda constituía el bulto mortuorio, es decir, una verdadera envoltura matricial dentro de la cual lo que moría tenía que renacer de algún modo (Johansson 2002:114). Esto mismo se observa en el individuo F-83.

---

En lo que respecta a los entierros infantiles se observa una clara diferencia social. Mientras que el F-85 fue depositado en una fosa sin atavío mortuorio el H-143 presenta un entierro más complejo, una olla miniatura a la altura de su mandíbula, fibras blancas que son evidencia del textil en que estuvo envuelto e indicios de ofrendas perecederas. El área H se encuentra a la mitad de la ladera del cerro y para el Formativo Terminal se asentaría una unidad doméstica de alto rango social, por lo que es probable que para el Formativo Tardío esta zona haya sido ocupada por personas de mayor estatus.

Para el Formativo Terminal se encuentran dos enterramientos bajo pisos. El primero, es el caso del H-142, en el cual la intención fue la búsqueda de la conservación de una fuerza que debía resguardarse como patrimonio del grupo familiar. Bajo este supuesto los restos depositados bajo el piso del hogar eran centros irradiadores de la fuerza familiar y doméstica. Por ella los miembros de la familia quedaban enlazados con sus antepasados muertos y con los seres que habitaban en el radio de su dominio. Creían en una comunión vital entre el grupo familiar y los seres que se reproducían por su intervención (López Austin 2001:240). El segundo, es el neonato del elemento 33-A, el cual parece haber sido insertado en la preparación del piso en el momento de la construcción. Por lo cual es probable que el infante haya sido una ofrenda dedicatoria, quizá incluso un sacrificio. En la fase constructiva que le continuó, esta área se convirtió en una gran plataforma adosada a un montículo. Posiblemente desde la etapa a la que pertenece el entierro este espacio no se trataba de un espacio doméstico común (Borejsza 2009, comunicación personal).

La diferenciación social en los infantes se hace patente con el entierro B-36, que presenta, quizá, el atavío mortuorio más elaborado. Todo el gasto de energía de la comunidad responde a la posición social y familiar que este infante debió tener en vida. Por su parte, el F-119, un niño que seguramente muere muy enfermo, por la osteomielitis infecciosa, sólo se deposita sobre el relleno de una fosa ovalada, sin ofrenda ni atavío. Lo mismo podría suceder con el F-51 pero no se ha excavado lo suficiente alrededor de este elemento para entender su contexto. Pero en el caso del ritual mortuorio para disponer a los infantes dentro de vasijas, obedece a la idea de regeneración, de volver a la tierra generadora de vida en una vasija que abriga como la matriz de la madre (Carrasco 1950; Galinier 1990).

Por último el caso de los entierros sobre superficies, la disposición de los cráneos 117 y 128 responden a un orden y acto ritual que mantienen como punto de referencia el antiguo volcán de La Malinche, ya que como lo apunta Johana Broda (1982) “las orientaciones de las construcciones y los sitios expresaban la coordinación del tiempo y del espacio de acuerdo con los conceptos de la



---

cosmovisión”. Esto también encuentra explicación para el entierro secundario del Elemento 129, el cual además sirvió para demarcar un espacio familiar en un lugar de actividad pública (Carballo 2007a).

El mundo natural y la acción ritual se convierten en referentes históricos para la memoria colectiva, por lo que permiten la reproducción social y cultural. La actualización permanente de una tradición cultural pasa necesariamente por la transmisión de conocimientos y prácticas específicas de una generación a otra. Las nociones de cómo opera el mundo natural y sobrenatural, y de cómo la comunidad humana incide en ellos, forman un corpus de conocimientos colectivos. Dentro de este corpus figura una memoria colectiva que se encuentra plasmada en la organización social, en el espacio-tiempo de las comunidades y en la vida ritual (Good y Barrientos 2005).

Las diferencias que se encuentran en las prácticas funerarias de los individuos en cuestión, unas más sencillas que otras, obedecen y se traducen al lugar social que el individuo mantuvo en vida y al momento cultural que marcó la pauta del comportamiento, así como del pensamiento complejo de su comunidad.

---

# 6

---

## DE LA HIDROXIAPATITA AL ENTIERRO: CONCLUSIONES

---

La exploración de los diferentes estratos internos del material óseo ha dejado al descubierto un potencial de conocimiento que apenas comienza a abrirse para el campo de la Antropología Física. Con esta investigación se comprobó que el diagnóstico sobre el estado de conservación del material óseo, en su micro- y nanoestructura, permite validar las señales útiles tanto en el análisis de paleodieta como en el de colágeno residual. De esta manera, estos resultados complementaron de manera satisfactoria la información que se obtuvo de los niveles externos del hueso, por lo que se logró una interpretación integral desde la antropología.

A continuación se presentan las conclusiones de acuerdo con los resultados obtenidos:

1. Se confirma que para entender los procesos diagenéticos que se dan lugar en el hueso es imprescindible conocer el grado de deterioro tanto de la materia orgánica como de la fracción mineral, debido a que las alteraciones que sufren no se presentan de manera aislada ni independiente. Toda afectación que sufra el colágeno tendrá una repercusión directa sobre la fase mineral y viceversa. Es por ello que la relación recíproca entre la fase mineral y la orgánica, a través de cientos de años, desemboca en distintas vertientes en dependencia del medio ambiente y de la acción explícita de los seres vivientes.
2. El parámetro rector que se utilizó para diagnosticar el estado de conservación del material óseo fue la presencia de materia orgánica, debido a que, en relación con el componente mineral, su tiempo de vida es menor y su vulnerabilidad a sufrir ataques de índole diagenética mayor. Asimismo, se logró establecer un orden de degradación colagénica entre todos los

---

miembros del grupo y se encontró una correspondencia positiva con los resultados analíticos de la fase mineral. Por lo tanto se reafirmó la relación intrínseca que hay entre el colágeno y la hidroxiapatita.

3. Los resultados demostraron la efectividad de la limpieza mecánica y química para conseguir una cuantificación global del contenido elemental biogénico de cada muestra. De esta manera, los contaminantes exógenos que se incorporaron a la fase mineral quedaron eliminados. Al realizarse un análisis comparativo entre las muestras de corte transversal y las que tuvieron tratamiento de limpieza se hizo evidente el cambio en las concentraciones de algunos elementos, por lo que se dedujo que su disminución o desaparición total se debe a que provinieron de la matriz de suelo.
4. Una de las claras manifestaciones de la alteración diagenética en la composición inorgánica es el aumento o disminución de las concentraciones de Ca y P. En todas las muestras analizadas no se registró una alteración significativa en la proporción Ca/P, lo que indica que los procesos diagenéticos no dañaron de manera sustancial la composición elemental de la fase mineral.
5. Con el análisis puntual de Ionoluminiscencia se reconoció que en la región del periostio, en general, se presenta una mayor alteración diagenética. También con este estudio se demostró que en la mayoría de las muestras hay una mayor concentración de materia orgánica en la región del endostio.
6. El criterio del índice de cristalinidad (IC) debe considerarse en función de otros factores ya que la relación directa entre un bajo IC y una buena conservación no siempre resulta cierta. No obstante, en este estudio todos los valores obtenidos se traducen en un buen estado de conservación de la fase mineral. Esto a su vez se pudo asociar con la morfología de los cristales de hidroxiapatita por medio de Microscopía Electrónica de Transmisión. Sin embargo, es preciso hacer más estudios que ayuden a entender los cambios cristalográficos que sufre el mineral para entender a cabalidad la trayectoria diagenética que aconteció en el hueso.
7. Se corrobora la sensibilidad de la Calorimetría Diferencial de Barrido para medir la materia orgánica remanente en los huesos antiguos y de manera complementaria el uso de la espectroscopía infrarroja resultó positivo para identificar la presencia o disminución de los

---

grupos funcionales del colágeno, ya que resultaron ser un reflejo del estado de degradación estructural de la proteína. Además por medio de esta última técnica se comprobó la alteración térmica que sufrió el individuo F-43.

8. Dentro del contexto arqueológico de La Laguna se pudo observar que el tiempo fue un factor determinante para el reemplazo y degradación del tejido óseo. Por ello resultó claro que el individuo procedente del Epiclásico, el H-149, tuviera mejor estado de conservación que todas las muestras del Formativo. En este sentido los especímenes del Formativo Terminal tuvieron mejor estado de conservación, en general, que los del periodo anterior.
9. A partir de la identificación de algunas de las alteraciones que ocurrieron, de manera paulatina, durante la historia diagenética de cada hueso, se demostró que el daño acaecido no alteró de manera significativa la conservación de la apatita biogénica, así como tampoco la del colágeno. Por ejemplo, el ataque bacterial registrado por los análisis de microscopía, modificó el arreglo estructural de las fibras colagénicas pero al parecer no las destruyó por completo. Por lo tanto se sustenta la confiabilidad de las señales biogénicas de los elementos traza analizados y se confirma el uso potencial del colágeno para ser utilizado como una herramienta de fechamiento relativo.
10. En lo que respecta al análisis de paleodieta por medio de los elementos traza se encontró que en todas las muestras del Formativo los niveles de estroncio (Sr) están elevados y orientados hacia el extremo de la cadena trófica marcado por el herbívoro que se utilizó como referencia. Por otro lado se observa una disminución considerable del Zn, incluso en algunas muestras está por debajo del valor que requiere un hueso para su fisiología normal. En cuanto a la muestra procedente del Epiclásico la diferencia es significativa, la concentración de Sr no se aleja mucho del valor estándar y el Zn está por debajo de este último, lo que implica un cambio radical en el tipo de dieta, sin embargo habrá que realizar más estudios para esclarecer este tema.
11. De acuerdo con el “índice de herbivorismo” los dos grupos del Formativo presentan un patrón de concentración similar con el del herbívoro, por lo que se sugiere que la base de la subsistencia alimenticia fue de origen vegetal.
12. Los reducidos valores de Zn y Fe que se observan en las muestras indican un bajo consumo proteico dentro de la ingesta dietaria de la población. Por lo tanto queda manifiesto un déficit

---

en el consumo de proteína de origen animal y al mismo tiempo una posible descompensación homeostática mineral con repercusiones en las condiciones de salud y nutrición de la población. Lo que se confirma por los indicadores de respuesta al estrés, ocasionado por carencias nutricionales, que quedaron marcados en los esqueletos analizados (hiperostosis porótica, procesos infecciosos, hipoplasia del esmalte y enfermedad periodontal) y que apuntan a una crónica carencia nutricional relacionada a su vez con una baja esperanza de vida.

13. La caracterización antropofísica muestra una similitud entre los dos grupos del Formativo en lo que se refiere a la mortalidad, lesiones patológicas y marcas de actividad física. Lo que indica que el tipo y la calidad de vida no cambió de manera significativa a lo largo de estos dos periodos de tiempo. Es decir, las agresiones ambientales a las que se enfrentaron en el Formativo Tardío y Terminal debieron ser muy similares porque la respuesta manifiesta de todos fue análoga. Esto parece indicar que después del primer abandono del sitio fue el mismo grupo humano, con la misma carga genética y cultural, el que regresó a La Laguna en el Formativo Terminal. Sin embargo, esto sólo podrá ser comprobado con estudios de antropología molecular, lo que podrá ser posible en un futuro ya que se ha demostrado que en todos los esqueletos hay materia orgánica factible a ser analizada con esta intención.
14. Por otro lado se comprueba la efectividad del método de estimación de edad por desgaste dental dentro de una misma población. El principal factor que ocasionó esta condición en el sistema bucodental en los dos grupos del Formativo fue consecuencia del proceso masticatorio de los alimentos, es decir el tipo de dieta y los métodos para procesar los alimentos. El patrón de desgaste que se observa refleja de manera clara el incremento cronológico de la edad de cada sujeto. Por fortuna, en cuatro de los ocho individuos se pudo estimar la edad con métodos más precisos, superficie auricular y sínfisis púbica, lo que permitió cotejar los resultados por desgaste dental.
15. La constante que se encuentra en todos los sujetos analizados son las lesiones ocasionadas por la enfermedad periodontal, que es consecuencia de la deficiencia en los hábitos de profilaxis, así como de problemas en la nutrición. Es probable que las repercusiones de este padecimiento traspasaran a otras partes del organismo y ocasionaran problemas de salud más severos. Tal fue el caso del esqueleto F-63, en el cual las lesiones de la enfermedad periodontal pudieron tener una relación con la osteomielitis observada en su cúbito y húmero izquierdos.

- 
16. Las marcas de actividad registradas en la mayoría de los esqueletos corresponden con las labores cotidianas de supervivencia y de soporte para la estructura social de la que formaron parte.
  17. La cosmovisión que tuvieron los antiguos pobladores de La Laguna fue parte del sistema ideológico que compartieron con otros sitios mesoamericanos durante ese periodo de tiempo. Esto se confirma por las costumbres funerarias que encuentran similitud con las practicadas en el Altiplano Central. Las diferencias que se encuentran en las prácticas funerarias obedecen y se traducen al lugar social que el individuo mantuvo en vida así como del pensamiento complejo de su comunidad. Esto último queda bien ejemplificado en el ritual funerario encontrado en la troncocónica 46.

Con este trabajo se hace patente la necesidad de abordar problemas antropológicos con un enfoque interdisciplinario para que la interpretación de los eventos del pasado se haga de manera más integral, por lo que se recomienda hacer uso del modelo bioantropológico.

Por otro lado se propone un desarrollo metodológico para el análisis de hueso con la aplicación de las diferentes técnicas analíticas empleadas en esta investigación (Figura 6.1). Por lo cual se espera que estos procedimientos se reproduzcan en muestras de distintos sitios, para que en el futuro se puedan hacer comparaciones entre diferentes sitios mesoamericanos, con lo que la discusión sobre los procesos diagenéticos que afectan el hueso se verá enriquecida.

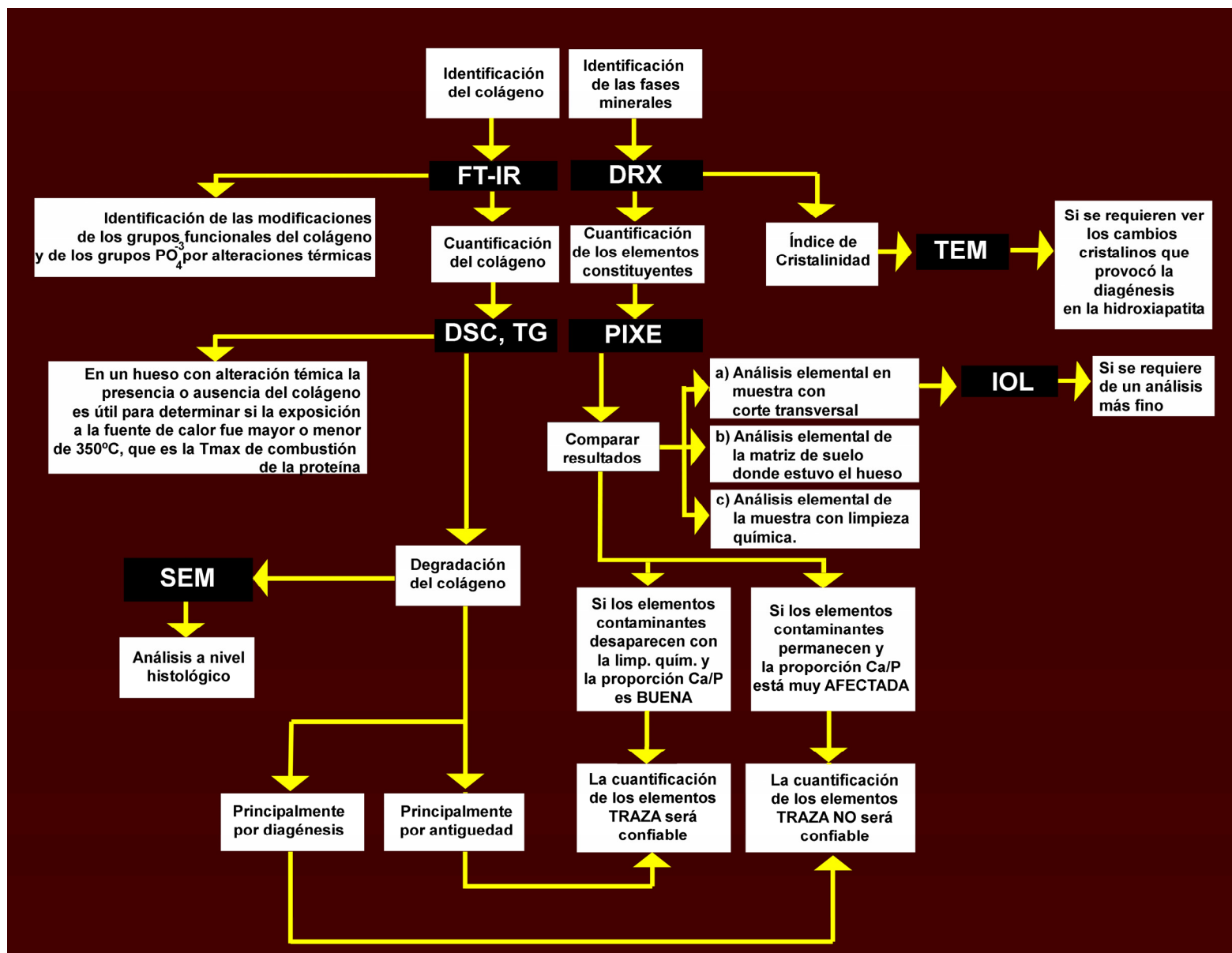


Figura 6.1. Propuesta metodológica para el análisis del hueso con técnicas arqueométricas.

---

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

Acuña, R. (ed.)

1999 *Relaciones Geográficas de Tlaxcala*, El Colegio de San Luis / Gobierno del Estado de Tlaxcala.

Acsádi, G. y J. Nemeskéri

1970 *History of human life span and mortality*, Akadémiai Kiadó, Budapest.

Adriaens, L. M., R. Alessandri, S. Sporri, N. P. Lang y G. Rutger Persson

2009 Does pregnancy have an impact on the subgingival microbiota?, *J. Periodontol.*, 80 (1): 72-81.

Arenas J., S. Sánchez Pérez, A. del Ángel, O. Sterpone, C. Zorrilla y A. Gómez.

2007 Diagénesis en huesos humanos de la época colonial del Estado de Hidalgo. En: Civera M., y Herrera M. (ed.), *Estudios de Antropología Biológica*, UNAM, INAH y AMAB. vol. 13, México.

Argáez C., E. Batta, J. Mansilla, C. Pijoan y P. Bosch

2007 Black Pigments of Tlapacoya and Tlatelolco Bones. Poster presentado en el *Symposium of Archaeological and Arts Issues in Materials Science dentro del XVI International Materials Research Congress*, Cancún, Quintana Roo.

Ariès, P.

1999 *El hombre ante la muerte*, Taurus, Madrid.

Armelagos, G. J., B. Brenton, M. Alcom, D. Martin y D.P. Vangerven

1989 Factors affecting elemental and isotopic variation in prehistoric human skeletons. En: T. D. Price (ed.), *The chemistry of prehistoric human bone*, Cambridge University Press.



---

Aufderheide, A. C.

1989 Chemical analysis of skeletal remains. En: Iscan, M. y K. Kennedy (eds.), *Reconstruction of Life from the skeleton*, Alan R. Liss, Nueva York:237-260.

Aufderheide, A. C. Rodríguez-Martín C.

1998 *The Cambridge Encyclopedia of Human Paleopathology*, Cambridge University Press, Cambridge.

Bartsiokas A. y Middleton A. P.

1992 Characterizations and dating of recent and fossil bone by X-ray diffraction. *J. Archaeolog. Sci.*, 19:63-72.

Bass, W. M.

1986 *Human Osteology: A laboratory and field manual of the human skeleton*, Missouri Archaeological Society, University of Missouri, Columbia.

Batta E., A. Argáez, J. Mansilla, C. Pijoan y P. Bosch

2007 Yellow Pigmented bones from Jaina. Poster presentado en el *Symposium of Archaeological and Arts Issues in Materials Science dentro del XVI International Materials Research Congress*, Cancún, Quintana Roo.

Bell, L.S., Skinner, M.F., Jones, S.J.

1996 The speed of post mortem change to the human skeleton and its taphonomic significance. *For. Sci. Int.*, 82, 129-140.

Berna, F., A. Matthews, S. Weiner

2004 Solubilities of bone mineral from archaeological sites: the recrystallization window. *Journal of Archaeological Science*, 31:867-882.

Berry, A.C.

1975 Factors affecting the incidence of non-metrical skeletal variants. *J. Anato.*, 120: 519-535.

Bettiol A. A., C. Yang, G. P. Hawkes, D. N. Jamieson, K. G. Malmqvist and R. W. Day,

1999 The identification of growth lines in abalone shell using a nuclear microprobe. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B*, 158: 299-305.

---

Binford, L. R.

1971 *An Archaeological perspective*, Seminar Press, Nueva York.

Borejsza, A., I. Rodríguez López y C. Frederick

2004. Investigaciones geoarqueológicas en La Laguna. En: Lesure, R. (ed.), *Tercer Informe técnico parcial del proyecto "Investigaciones del Formativo en Apizaco, Tlaxcala*, Archivo Técnico INAH, México.

Borejsza, A., I. Rodríguez López, C. Frederick y M. de Ángeles Guzmán

2005 Observaciones preliminares acerca de las investigaciones geoarqueológicas en La Laguna. En: Lesure R. (ed.), *Cuarto Informe técnico parcial del proyecto "Investigaciones del Formativo en Apizaco, Tlaxcala*, Archivo Técnico INAH, México.

Borejsza A.

2006 Agricultural Slope Management and Soil Erosion in Tlaxcala, México. Tesis doctoral. Universidad de California, Los Ángeles.

Bressani, R. y L. G. Elías

1974 *Legume foods*, Academic Press, Nueva York.

Brito E. L.

1992 *El deterioro de material óseo humano en su contexto de enterramiento*, Escuela Nacional de Conservación, Restauración y Museografía "Manuel del Castillo Negrete", Tesis de licenciatura, México.

2000 *Análisis social de la población prehispánica de Monte Alban a través del estudio de la dieta*, Facultad de Filosofía y Letras de la Universidad Nacional Autónoma de México, Tesis doctoral en Estudios Mesoamericanos, México

Broda, J.

1982 Astronomy, Cosmology and Ideology in Pre-Hispanic Mesoamerica. En: Aveni, Anthony F. Y G. Urton (eds.), *Ethnoastronomy and Archaeoastronomy in America Tropics*, Annals of the New York Academy of Sciences, Nueva York, núm 385: 85-110.

---

Brooks S.T., y Suchey J.M.

1990 Skeletal age determination based on the Os Pubis: a comparison of the Acsádi-Nemeskéri and Suchey-Brooks method. *Hum Evol*, 5:227-238.

Brothwell D. R.

1987 *Digging up bones. The excavation, treatment and study of human skeletal remains*, Cornell University Press, Ithaca, New York.

1989 The relationships of tooth wear to aging. En: Iscar, M. (ed). *Age markers in the human skeleton*, Charles C. Thomas, Springfield:303-316.

1994 Ancient trephining: multi-focal evolution or trans-world diffusion. *Journal of Paleopathology*, 6(3):129-138.

Brown, J. A.

1981 The Search for rank in prehistoric burials. En: R. Chapman, I. Kinnes y K. Randsborg (eds.), *Archaeology of Death*, Cambridge University Press, Cambridge:25-37

Brown, K.A., K. O'Donoghue, T.A. Brown

1995 DNA in cremated bone from an Early Bronze Age cemetery cairn. *International Journal of Osteology*, 5:181-187

Buikstra, J. E. y D. Ubelaker

1994 *Standards for data collection from human skeletal remains*, Arkansas Archaeological Survey research Series 44, Fayetteville, Arkansas.

Burton, J.H. y Wright, L.E.

1995 Nonlinearity in the relationship between Bone Sr/Ca and diet: Paleodietary Implications. *American Journal of Physical Anthropology*, 96: 273-282

Burton, J. Y T.D. Price

1999 Evaluation of bone strontium as a measure of seafood consumption. *International Journal of Osteoarchaeology*, 9:233-236.

Calvo del Castillo, H., J.L. Ruvalcaba y T. Calderon

2007 Some new trends in the ionoluminescence of minerals. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 387:869-878

---

Camacho, N.P., Rinnerthaler, S., Paschalis, E.P., Mendelsohn, R., Boskey, A. L., y Fratzl, P.  
1999 Complementary information of bone ultrastructure from scanning small angle X-ray scattering and Fourier-transform infrared microspectroscopy. *Bone*, 25(3), 287-93.

Campillo, D.

2001 *Introducción a la paleopatología*, Bellaterra, Barcelona.

Canto, A. Bertha

2004 Estudio por Difracción de Rayos X y Espectroscopía infrarroja de huesos humanos de la época prehispánica y colonial. En: Demetrio Mendoza, Eva L. Brito y Jesús A. Arenas (ed.), *La Ciencia de Materiales y su impacto en la Arqueología*, Academia Mexicana de Ciencias de Materiales, Legares, México:67-85.

Capasso, L., K. A. R. Kennedy y C. Wilczak

1999 *Atlas of Occupational Markers on human remains*, Edigrafital, Teramo, Italia.

Carballo, D., J. De León y P. Diez de Sollano Guggenbuehl

2005 El levantamiento topográfico y las excavaciones en áreas D y H en La Laguna (TXL-097). En: R. Lesure (ed.), *Cuarto informe técnico parcial del proyecto "Investigaciones del Formativo en Apizaco, Tlaxcala"*, Archivo Técnico, INAH, México.

Carballo, D, N. Xiuhcutli, T. Loya y J. De León

2006 Excavaciones en Área F. En: Carballo, D. (ed.), *Primer informe técnico parcial del Proyecto Arqueológico La Laguna*. Archivo Técnico, INAH, México.

Carballo, D.

2007a *Segundo informe técnico: Las excavaciones de 2006 y los análisis de Material de 2005-2006*, Archivo Técnico, INAH, México.

Carballo, D.

2007b Effigy vessels, religious integration, and the origin of the Central Mexican Pantheon. *Ancient Mesoamerica*, 18:53-67.

---

Carrasco P.

1950 *Los otomíes: cultura e historia prehispánicas de los pueblos mesoamericanos de habla otomíama*, México, UNAM-Instituto de Investigaciones Históricas.

Child, A.M.

1995 Towards an understanding of the microbial decomposition of archaeological bone in the burial environment. *Journal of Archaeological Science*, 22, 165-174.

Chimenos, E.

2003 Perspectiva odontoestomatológica en paleopatología. En: A. Malgosa y A. I. Llorens (ed.), *Paleopatología. La enfermedad no escrita*, Masson, Barcelona:151-162

Collins, M. J., C. Nielsen-Marsh, J. Hiller, C. Smith, J. Robertes, R. Prigodich, T. Wess, J. Csapó, A. Millard, G. Turner-Walker.

2002 The survival of organic matter in bone: a review. *Archaeometry* 44, 383-394.

Comar, C.L., R.H. Wasserman, S. Ulberg y G.A. Andrews

1957 Strontium metabolism and strontium/calcium discrimination in man. *Proceedings Society Experimental Biological Medicine*, 95:386-391.

Comas, J.

1957 *Manual de Antropología Física*, IIA, UNAM, México.

Couoh, L. y J.L. Ruvalcaba

2007 Characterization of bone remains for deterioration and dating studies. Ponencia presentada en el *Symposium of Archaeological and Arts Issues in Materials Science dentro del XVI International Materials Research Congress*, Cancún, Quintana Roo.

Couoh, L. Y M. G. Hernández

2008 *Una cista funeraria del Formativo Medio en Tixtla, Guerrero*, México, Colección científica INAH.

Cox, M.

2000 Ageing adults from the skeleton. En: M. Cox y S. Mays (eds.), *Human Osteology in archaeological and forensic science*. Greenwich Medical Media Ltd. London:61-82

---

Cruzézy, É., H. Duday, P. Sellier y A. M. Tillier

1990 *Anthropologie et archéologie dialogue sur les ensembles funéraires*, Actes de la réunion organisé par la Société d'Anthropologie de Paris au Musée d'Aquitaine, 15-16 junio

Dar, G. y I. HersHKovitz

2006 Sacroiliac Joint Bridging: Simple and Reliable Criteria for Sexing the Skeleton. *J. Forensic Sci.*, 51(2): 480-483

De la Cruz Baltazar, V.

2001 *Studies on the state of preservation of archaeological bone*. Tesis de doctorado, Universidad de Bradford.

Denhardt, D. y Guo, X.

1993 Osteopontin: a protein with diverse functions. *FASEB J.*, 7: 1475-1482.

Del Angel, A. y H. Cisneros

1991 *Corrección de las ecuaciones de regresión para estimar estatura elaboradas por S. Genovés (1966)*, Manuscrito en archivo, Instituto de Investigaciones Antropológicas, UNAM, México.

Dembo, A. y J. Imbelloni

1938 *Deformaciones intencionales del cuerpo humano de carácter étnico*, Biblioteca Humanior, Buenos Aires.

Díaz-Guzmán L.M, Castellanos-Suárez J.L.

2004 Lesiones de la mucosa bucal y comportamiento de la enfermedad periodontal en embarazadas. *Medicina Oral, Patología Oral y Cirugía Bucal*, 9:430-7.

Duday, H., P. Courtaud, E. Crubézy, P- Sellier y A. M. Tillier

1990 L'anthropologie "de terrain": reconnaissance et interprétation de gestes funéraires. *Bulletin et mémoires de la société d'Anthropologie de Paris*, n.s., t.2, n°3-4, pp 29-50.

Dutour, O.

1986 Enthesopathies (Lesions of Muscular Insertions) as Indicators of Neolithic Saharan populations. *American Journal of Physical Anthropology*, 71:221-224.

---

Efremov, I.A.

1940 Taphonomy: A new branch of paleontology. *Pan-American Geologist*, 74:81-93

Escalante Gonzalbo, P.

2004 La ciudad, la gente y las costumbres y La casa, el cuerpo y las emociones. En: Escalante Gonzalbo, P. (Coord.), *Historia de la Vida Cotidiana en México. Vol. I. Mesoamérica y los ámbitos indígenas de la Nueva España*. Fondo de Cultura Económica y El Colegio de México, México, D.F.:199-260.

Escalante Gonzalbo, P.

2005 Manos y Pies en Mesoamérica. Segmentos y Contextos. *Arqueología Mexicana*. Vol. XII Núm 71.

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.

Ezzo J.A., Larsen C.S. y Burton J. H.

1995 Elemental signatures of human diets from Georgia Bight. *Am. J. Phys. Anthrop.*, 98:471-481.

Facchini, F., E. Rastelli y M.G. Belcastro

2008 Peri Mortem Cranial Injuries from a Medieval Grave in Saint Peter's Cathedral, Bologna, Italy. *International Journal of Osteoarchaeology*, 18:421-430.

Fornaciari G, Mallegni F, Bertini D, Nuti V.

1982 Cribra orbitalia and elemental bone iron in the Punic of Carthage. *Ossa*, 8:63-77

Franz-Odenaal, T., Cole, A.G., Fedak, T. J., Vickaryous, M. y Hall, B. K.

2003 Inside and outside skeletons. *Palaeont. Assoc. Newsletter*, 54: 17-21.

Galinier, J.

1990 *La mitad del mundo. Cuerpo y cosmos en los rituales otomíes*, IIA, UNAM, México.

---

Gamio, M.

1920 Las Excavaciones del Pedregal de San Ángel y la Cultura Arcaica del Valle de México. *American Anthropologist*, vol. 22, Núm 2.

García Cook, A.

1997 The historical importance of Tlaxcala in the cultural development of the Central Highlands. En: García Cook A. y B. L. Merino (comp.), *Antología de Tlaxcala*, Instituto Nacional de Antropología e Historia, Vol. III, México: 327-381

García Cook, A. y B. L. Merino

1988 Notas sobre la cerámica prehispánica en Tlaxcala. En: M. C. Serra Puche y C. Navarrete (eds.), *Ensayos sobre alfarería prehispánica e histórica: homenaje a Eduardo Noguera*, México, Instituto de Investigaciones Antropológicas-UNAM. [Reinpreso en García y Merino 1996-7 vol. 4, pp. 161-230]

1989 El Formativo en la región Tlaxcala-Puebla. En: M. Carmona Macías (coord.) *El Preclásico o Formativo: avances y perspectivas*. México, MNA-INAH, pp.161-193. [Reinpreso en García y Merino 1996-7 vol. 4, pp. 304-339].

1997 *Antología de Tlaxcala*, 4 vols. México, INAH y GET.

Giachelli, C.M., Steitz, S.

2000 Osteopontin: a versatile regulator of inflammation and biomineralization. *Matrix Biol.*, 19: 615-622.

Gifford, D. P.

1982 Taphonomy and Paleoecology: A critical reviews of archaeology's sister disciplines. En: Schiffer, M. B. (ed.), *Advances in Archaeological Method and Theory. Selections for Students from Volumes 1 through 4*, Academic Press, Nueva York:465-538.

Gilbert , C., Sealy, J., y Sillen, A.

1994 An investigation of barium, calvium and Strontium as palaeodietary indicators in the southwestern Cape, South Africa. *Journal of Archaeological Science*, 21: 173-184.

Giraud-Guille, M.

1988 Twisted plywood architecture of collagen fibrils in human compact bone osteons. *Calcified Tissue International*, 42:167-180.



---

Gómez Serrano, A.

2000 *Evaluación del estado de conservación de restos óseos a partir del análisis osteológico y su relación con el medio físico químico del entorno*, Escuela Nacional de Antropología e Historia, Tesis de Licenciatura en Antropología Física, México.

González Miranda, L. A., y Salas Cuesta M. E.

2001 Evidencias de Sacrificio Humano en Teotihuacan. *Arqueología*. Segunda Época. Jul-Dic., México: 35-48.

Good Eshelman C. Y G. Barrientos

2005 Cerros, cuervas y la circulación de Fuerza: Expresiones rituales de un modelo mesoamericano. En: Fournier P. y Wiesheu W. (Coord.). *Arqueología y Antropología de las Religiones*. Conaculta-Inah, Escuela Nacional de Antropología e Historia. México.

Hall. B.

2005 *Bones and Cartilage: Developmental and Evolutionary Skeletal Biology*, Elsevier Academic Press, San Diego, California.

Hedges, R. E. y A. R. Millard

1995 Bones and groundwater: towards the modeling of diagenetic processes. *Journal of Archaeological Science*, 22: 155-164.

Hedges, R.E.M., A.R. Millard, A.W.G. Pike

1995 Measurements and relationships of diagenetic alteration of bone from three archaeological sites. *Journal of Archaeological Sciences*, 22:201-209

Hedges, R. E.M.

2002. Bone diagenesis: an overview of processes. *Archaeometry*, 44, 319-328.

Heglar, R.

1986 Burned remains. En: Rathbun T.A. y J. E. Buikstra (eds), *Human Identification. Case Studies in Forensic Anthropology*, Springfield, Charles C. Thomas, Pub.

---

Heredia, Alejandro

2000 *Estudio de huesos antiguos y modernos: Morfología, Estructura y Aportaciones al estudio de Biomateriales*, Facultad de Ciencias de la UNAM, Tesis de Licenciatura en Biología, México.

Hooton, E.

1947 *Up from the Ape*, MacMillan Company, Nueva York.

Isçan M. Y.

1989 Assessment of age at death in the human skeleton, en: Isçan M. Y. (ed) *Age Markers in the Human Skeleton*, Charles C. Thomas Publisher, Springfield.

Jang, Heju.

2000 *Colágeno Residual aplicado en 7 sitios arqueológicos de la Cuenca de México (Establecimiento de la curva de calibración para el fechamiento por colágeno residual en la Cuenca de México)*, Facultad de Filosofía y Letras, División de Estudios de Posgrado, UNAM, México.

Jans, M.M.E., Nielsen-Marsh, C.M., Smith, C.I., Collins, M.J., Kars, H.

2004 Characterisation of microbial attack on archaeological bone. *J. Archaeol. Sci.*, 31, 87-95.

Jones, A.M., O'Connell, T.C., Young, E.D., Scott, K., Buckingham, C.M., Iacumin, Brasier, M.D.

2001 Biogeochemical data from well preserved 200 ka collagen and skeletal remains. *Earth Planet. Sci. Lett.* 193, 143-149.

Johansson, P.

2002 *Ritos mortuorios nahuas precolombinos*. Secretaria de Cultura /Gobierno del Estado de Puebla, Puebla.

Johnson, E.

1985 Current Developments in Bone Technology. En: Schiffer, M. (ed.), *Advances in Archaeological Method and Theory*, vol. 8, Academic Press, Orlando:157-235.

Junquera y Carneiro

2001 *Histología básica*, Masson, España.

Kennedy, K.

1989 Skeletal markers of Occupational Stress. En: Isçan M. Y. y K. A. R. Kennedy, *Reconstruction of life from the skeleton*, Alan R. Liss, Inc. Nueva York:129-160.

Kósa, F.

1989 Age estimation from the fetal skeleton. En: Isçan M. Y. (ed) *Age Markers in the Human Skeleton*, Charles C. Thomas Publisher, Springfield.

Lacombe J. P., J. P. Daugas, F. Z. Sbihi-Alaoui

1990 La nécropole néolithique de Rouazi-Skhirat (Maroc) Présentation de l'étude des sépultures. *Bulletin et mémoires de la société d'Anthropologie de Paris*, n.s., t.2, n°3-4, pp 55-60.

Lagunas, Z.

1996 Aportaciones de los investigadores mexicanos al conocimiento de la osteología cultural de los pueblos mesoamericanos. En: S.López, C. Serrano y L. Márquez (eds.), *La Antropología Física en México. Estudios sobre la población antigua y contemporánea*, Instituto de Investigaciones Antropológicas, UNAM, México,

Lagunas, Z. y P. Hernández

2000 *Manual de Osteología*, CONACULTA- INAH, México.

Leboreiro, I., Pijoan C., y J. Mansilla

2005 La calota de San Rafael de los Milagros. *Materiales Avanzados*, 4:31-38

Leboreiro I.

2006 *Estudio interdisciplinario del fenómeno de fluorescencia ósea*, INAH, México.

Lesure, R., A. Borejsza, J. Carballo, C. Freferick, V. Popper y T. A. Wake

2006 Chronology, subsistence and the earliest Formative of Central Tlaxcala, México, *Latin American Antiquity*, 17(4):474-492

Lesure, R., A. Borejsza, D. Carballo y J. Carballo

2009 The Formative sequence of central Tlaxcala. Ponencia presentada en el simposio *Archaeology of Puebla-Tlaxcala*, 74a Reunión Anual de la Society for American Archaeology, Atlanta, Georgia, 22-26 de abril.

---

Lian, J.B. y Gundberg, C.M.

1988 Osteocalcin: Biochemical considerations and clinical applications. *Chin Orthop. Rel. Res.*, 226: 267-291.

Linder, M. C.

1988 *Nutrición. Aspectos bioquímicos metabólicos y clínicos*, Ediciones Universidad de Navarra, SA (EUNSA), Pamplona.

López Austin, A.

1997 De la racionalidad, de la vida y de la muerte. En: E. Malvido, G. Pereyra y V. Tiesler (eds.), *El cuerpo humano y su tratamiento mortuario*, INAH, México:13-16.

2001 La religión, la magia y la cosmovisión. En: Manzanilla L. y L. López (coords.) *Historia Antigua de México*, Instituto Nacional de Antropología e Historia, Instituto de Investigaciones Antropológicas, Coordinación de Humanidades de la Universidad Nacional Autónoma de México, Miguel Ángel Porrúa, Vol. IV, México: 227-272.

2002 *Breve Historia de la Tradición Religiosa Mesoamericana*, UNAM, IIA, México.

López Luján, L.

1993 *Las ofrendas del Templo Mayor de Tenochtitlan*, INAH, México.

Lovejoy, C. O., R. S. Meindl, T. R. Pryzbeck y R. P. Mensforth,

1985a Chronological metamorphosis of the auricular surface of the illium: a new method for the determination of adult skeletal age at death. *American Journal of Physical Anthropology*, 68:15-28.

Lovejoy, Meindl, Pryzbeck, Mensforth

1985b Chronological metamorphosis of the auricular surface of the illium: a new method for the determination of adult skeletal age at death. *Am J Phys Anthropol*, 68:15-28.

Lowentam, H. A., y Weiner, S.

1989 *On biomineralisation*, Oxford University Press, Nueva York.

Lozano, L.

2002 *Estudio calorimétrico de colágena tipo I presente en hueso y su aplicación como técnica de análisis de restos óseos de interés arqueológico y paleontológico*, Facultad de Ciencias de la UNAM, Tesis de Licenciatura en Biología, México.

---

Lozano LF, Peña-Rico MA, Heredia A, Ocotlán-Flores J, Gómez-Cortés A, Velázquez R, Belío IA and Bucio L.

2003 Thermal analysis study of human bone. *Journal of Materials Science*, 38: 4777-4782.

McClung de Tapia, E. y Zurita J.

2000 Las primeras sociedades sedentarias: En: Manzanilla L. y L. López (coords.) *Historia Antigua de México*, Instituto Nacional de Antropología e Historia, Instituto de Investigaciones Antropológicas, Coordinación de Humanidades de la Universidad Nacional Autónoma de México, Miguel Ángel Porrúa, Vol. I, México: 255-298.

Mathews, M.B. (ed.)

1975 *Connective Tissue Macromolecular Structure and Evolution, Molecular Biology, Biochemistry and Biophysics*, Springer-Varlag, Vol.19, Berlin.

Mays, S.

1998 *The archaeology of human bones*, Routledge, Nueva York.

Medina C., Quintana P., Tiesler V., Oliva A.I, Azamar J.A., Carrasco R.

2006 Experimentación con huesos porcinos quemados: una comparación con el material arqueológico con afectación térmica. *Actualidades Arqueológicas. Pasado en Presente*. Diciembre-marzo

Dirección web:

<http://swadesh.iaa.unam.mx/actualidadesArqueologicas/actualidadesArqueologicas/pag.%20actual/arti%20medina.htm>

Meindl, R. y C. Lovejoy

1985 Ectocranial suture closure: a revised method for the determination of skeletal age at death based on the lateral-anterior sutures. *American Journal of Physical Anthropology*, 68:57-66

Meindl, R.S. y C.O. Lovejoy

1989 Age changes in the pelvis: Implications for paleodemography. En: Iscan, M. (ed.), *Age Markers in the Human Skeleton*, C.C. Thomas, Springfield, Illinois:137-168.

---

Mejía Appel, G. I.

2008 *Análisis de Paleodieta en Tepancazco. Un acercamiento a las diferencias alimenticias del clásico teotihuacano*. Escuela Nacional de Antropología e Historia, Tesis Licenciatura en Arqueología, México.

Mera O., L. M. Alvarado, R., Basurto, B. Boettler, R. Castro, D. Evangelista, V. Mapes, C. Martínez Alfaro, M. Molina, N. Saldívar, J.

2005 De quelites me como un taco. *Ciencias* [en línea], (enero-marzo): [fecha de consulta: 13 de marzo de 2009] Disponible en:

<http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=64407706> ISSN 0187-6376

Merino Carrión, L.

1989 *La Cultura Tlaxco*, Colección Científica del INAH, México.

Millard, A.R.

2001 Deterioration of bone. En: Brothwell, D. Y M. Pollard (eds.), *Handbook of archaeological Sciences*, Wiley, 633-643.

Molleson, T.

1994 The eloquent bones of Abu Hureya. *Scientific American*, 2712:70-75.

Murray, R., D. K. Granner, P. A. Mayes y V. W. Rodwell

2001 *Bioquímica de Harper*, Manual Moderno, México.

Nori, M., Descalzi-Cancedda, F., y Cancedda, R.

1992 Heat-shock response in cultured chick embryo chondrocytes. Osteonectin is a secreted heat-shock protein. *Eur. J. Biochem.*, 205: 569-574.

Niederberger, C.

1987 *Paléopaysages et archéologie pre-urbaine du Bassin de México*, 2 vols. México, Centre d'Etudes Mexicaines et Centraméricaines.

Nielsen-Marsh, C. M. y R. E. Hedges

1999 Bone porosity and the use of mercury intrusion porosimetry in bone diagenesis studies, *Archaeometry*, 41 (1): 165-174.

---

2000a Patterns of diagenesis in bone. I: the effects of site environments. *Journal of Archaeological Science*, 27: 1139-1150.

2000b Patterns of diagenesis in bone. II: effects of acetic acid treatment and the removal of diagenesis  $\text{CO}_2^{-3}$ . *Journal of Archaeological Science*, 27: 1151- 1159.

Nielsen-Marsh, C., A. Gernaey, G. Turner-Walker, R. Hedges, A. Pike y M. Collins.

2000a The Chemical degradation of bone. En: Cox y S. Mays (ed.), *Human Osteology in Archaeology and Forensic Science*, Margaret Greenwich Medical Media Ltd, London:440-446.

Nielsen-Marsh, C. M., R. E. Hedges, T. Mann y M.J. Collins

2000b A preliminary investigation of the application of differential scanning calorimetry to the study of collagen degradation in archaeological bone. *Thermochimica Acta*, 365:129-139

Nielsen-Marsh, C. M., M.P. Richards, P.V. Hauschka, J.E. Thomas-Oates, E. Trinkaus, P.B Pettitt, I. Karavanic, H. Poinar, M.J. Collins

2005 Osteocalcin protein sequences of Neanderthals and modern primates. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America.*, 102:4409-4413.

Ochoa, M. A.

2002 *Dieta y estatus. Estudio comparativo de paleonutrición en La Ventilla Teotihuacan*, UNAM, Tesis de doctorado (inédita), México.

Odum, H. T.

1951 Notes of the strontium content of sea water, caestite, radiolaria and strontianite snail shells. *Science*, 114:211-213

O'Shea, J.

1981 Social configurations and the archaeological study of mortuary practices: a case study. En: R. Chapman, I. Kinnes y Randsborg (eds), *Archaeology of death*. Cambridge University Press, Cambridge:39-52.

1984 *Mortuary Variability. An Archaeological Investigation*. Academic Press Inc.

---

Painter, T. J.

1995 Chemical and microbiological aspects of the preservation process in sphagnum peat. En: Turner, R.C. y R.G. Scaife (eds.), *Bog bodies: New discoveries and Perspectives*, British Museum Press, 88-99.

Parsons, J., E. Brumfield, M.H. Parsons y D.J. Wilson

1982 *Prehispanic Settlement Patterns in the Southern Valley of Mexico: The Chalco-Xochimilco Region*, Museum of Anthropology, Universidad de Michigan, Ann Arbor.

Peña Gómez, R. Ma.

1982 Restos óseos humanos en una tumba de la fase Tenanyecac en Tlaxcala. En: Estudios de Antropología Biológica, UNAM, pp. 337-362. [Reinpresos en García y Merino 1996-7 vol. 4, pp. 9-38]

Peña Rico, M.A.

2002 *Estudio de colágena amorfa en huesos con interés médico por difracción de Rayos X (método de polvo)*, Facultad de Química de la UNAM, Tesis Licenciatura en Químico Farmacéutico Biólogo, México.

Person, A., Bocherens, H., Mariottu, A., y Renard, M.

1996 Diagenetic evolution and experimental heating of bone phosphate. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 126:135-49.

Pijoan, C. Ma. y A. Pastrana

1987 Método para el registro de marcas de corte en huesos humanos, el caso de Tlatelcomila, Tetelpan, D.F. En: Sáenz, M.E. y X. Lizarraga (eds.), *Estudios de Antropología Biológica III*, UNAM/INAH, México: 419-435.

Pijoan C. Ma. y J. Mansilla

1997 Evidencia de sacrificio humano, modificación ósea y canibalismo en el México prehispánico. En: Malvido E., G. Pereira y V. Tiesler (Cood.), *El Cuerpo humano y su tratamiento mortuario*, Colección Científica del INAH, México:193-212



---

Pijoan, C. Ma. y X. Lizarraga

2004 Tafonomía: una mirada minuciosa a los restos mortuorios. En: Pijoan, C. MA. y Lizarraga X. (eds.) *Perspectiva tafonómica*. Colección Científica, INAH, México: 13-34

Pijoan C. Ma., J. Mansilla, I. Leboreiro y P. Bosch

2004a Color negro en dientes de Tlatelolco, D.F.: su caracterización. *Arqueología*, Segunda Época, 34:89-100

Pijoan, C. Ma., M. Schultz S. Y J. Mansilla.

2004b Estudio histológico de las alteraciones térmicas en el material óseo procedente de Tlatelcomila, Tetelpan, D. F. En: Pijoan, C. MA. y Lizarraga X. (eds.), *Perspectiva tafonómica*. Colección Científica, INAH, México: 109-128

Pijoan, C. Ma., J. Mansilla, I. Leboreiro, V.H. Lara y P. Bosch.

2007 Thermal Alterations in Archaeological bones. *Archaeometry*, 49 (4): 713-727.

Pike, A.W.G., C.M. Nielsen-Marsh, R.E.M. Hedges

2001 Modelling bone dissolution under different hydrological regimes. *Archaeological Science*, 27:1139-1150.

Pucéat, E., Reynard, B, Lécuyer, C.

2004 Can cristallinity be used to determine the degree of chemical alteration of biogenic apatites?, *Chemical Geology*, 205: 83-97.

Ramírez Urrea S. y R. Acosta N.

1997 Inhumación de cráneos humanos: Un hallazgo en el Occidente de México. *Société des Américanistes*, 83:251-265

Reiche, I., C. Vignaud y M. Menu

2000 Heat induced transformation of fossil mastodon ivory into turquoise 'odontolite'. Structural and elemental characterization. *Solid State Sciences*, 2:625-636.

2002 The cristallinity of Ancient bone and dentine: New insights by transmission electron microscopy. *Archaeometry*, 44, 3:447-459.

---

Reyna, R.

s/f *Tetelpan: un sitio preclásico de las estribaciones del Ajusco*, Manuscrito inédito, Museo Nacional de Antropología e Historia (1982).

Rodríguez, R.

2004 *Paleonutrición de poblaciones extinguidas en Mesoamérica y las Antillas: Xcaret y el Occidente de Cuba*, Escuela Nacional de Antropología e Historia, Tesis de doctorado en Antropología, México.

Romano, A.

1974 Sistemas de Enterramientos. En: Romero (Ed), *Antropología Física. Época Prehispánica*, Serie México: Panorama Histórico Cultural III. INAH. México.

Romano Pacheco, Arturo.

1974 Sistemas de Enterramientos. En: Romero (Ed.), *Antropología Física. Época Prehispánica*, Serie México: Panorama Histórico Cultural III. INAH. México.

Ruvalcaba-Sil, J.L.

2002 PIXE, RBS y PIGE: Técnicas de origen nuclear aplicadas a la arqueozoología. En: Cabrales, J. y E. Corona (coord.), *Relaciones hombre-fauna: una zona interdisciplinaria de estudio*, Plaza y Valdés, CONACULTA-INAH, México:129-140.

Ruvalcaba, J.L. y Güereca G.

2005 Improvements on Calcium Rich Materials Analysis by External Beam PIXE using Selective Absorbers. *X-Ray Spect.*, 34:366-371.

Safont, M. S.

2003 Métodos antropológicos usados en paleopatología. En: A. Malgosa y A. I. Llorens (ed.), *Paleopatología. La enfermedad no escrita*, Masson, Barcelona:33-43.

Salas Cuesta, Ma. Elena, *La Población de México-Tenochtitlán, Estudio de Osteología Antropológica*, México, INAH, Colección Científica 126, Antropología Física, 1982

---

Sandford, M. K.

1993 Understanding the biogenic-diagenetic continuum: interpreting elemental concentrations of archaeological bone. En: Sandford M. K. (ed.), *Investigations of ancient human tissue. Chemical analyses in anthropology*, Vol. 10, pp. 3- 57, Gordon and Breach Science Publishers, USA.

Schoeninger, M. J.

1979 Diet and status at Chalcatzingo: some empirical and technical aspects of strontium analysis. *American Journal Physical Anthropology*, 51 (3): 295-310.

Schoeninger, M.J. y C.S. Peebles

1981 Effect of mollusk eating on human bone strontium levels. *Journal of Archaeological Science*, 8:400-403

Schroeder, H., I. Tipton y A. Nason

1972 Trace metals in man: strontium and barium. *Journal of Chronic Disease* 25:491-517

Serrano, C. y Z. Lagunas

1999 Prácticas mortuorias prehispánicas en un barrio de artesanos (La Ventilla B), Teotihuacan. En: L. Manzanilla y C. Serrano (Eds.), *Prácticas funerarias en la Ciudad de los Dioses. Los enterramientos humanos de la antigua Teotihuacan*, México, IIA/DGAPA, UNAM, pp. 35-79.

Sillen, A., J. Sealy.

1995 Diagenesis of strontium in fossil bone: A reconsideration of Nelson et al. (1986). *Journal of Archaeological Science*, 22:313-320.

Sillen, A., y M.. Kavanagh

1982 Strontium and paleodietary research: a review. *Yearbook of Physical Anthropology*, 25:67-90

Smith, C.I., C.M. Nielsen-Marsh, M.M.E. Jans, O. Arthur, A.G. Nord, M.J. Collins

2002 The Strange case of Apigliano:early 'fossilisation' of medieval bone in Southern Italy. *Archaeometry*, 44:405-415.

---

Smith, C.I., Nielsen-Marsh, C.M., Jans, Collins, M.J.

2007 Bone Diagenesis in the European Holocene I: patterns and mechanism. *Journal of Archaeological Science*, 34(9):1485-1493.

Smith, C.I., M. Faraldos y Y. Fernández-Jalvo

2008 The precision of porosity measurements: Effects of sample pre-treatment on porosity measurements of modern and archaeological bone. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 266:175-182.

Spermann, D., St. Jankuhn, J. Vogt and T. Butz

2000 Ionoluminescence investigations of ancient human bone with an external ion beam. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B*, 161-163: 867-871.

Su, X. W., y Cui, F. Z.

1999 Hierarchical structure of ivory: from nanometer to centimeter. *Material Science and Engineering*, C7, 19-29.

Susini, A., Baud, Ch. A., y Lacotte, D.

1988 Bone apatite crystal alteration in Neolithic skeletons and their relation to burial practice and soil weathering, *Supplemento della Rivista di Antropologia*, LXVI, 35-8.

Symes, S. A., Rainwater, C.W., Chapman, E.N., Gipson D.R., y Piper A.L.

2008 Patterned Thermal Destruction of Human Remains in a Forensic Setting. En: Schmidt, C.W., y Symes, S. A. (ed.), *The Analysis of burned Human Remains*. Elsevier, Londres:15-54.

Talavera. J., Rojas, J.M. y E. García

1998 *Informe del análisis del material osteológico con modificaciones culturales depositado en la bodega de materiales arqueológicos de la zona arqueológica de Cacaxtla*, Tlaxcala, Archivo Técnico del INAH.

Talavera. J., Rojas, J.M. y E. García

2001 *Modificaciones culturales en los restos óseos de Cantona, Puebla. Un análisis bioarqueológico*. Colección Científica, INAH, México.

---

Talavera. J. A.

2008 Los usos del cuerpo humano en el México Prehispánico: El caso de Cantona, Puebla (Cosmovisión y Religión). Escuela Nacional de Antropología e Historia, Tesis doctoral de Historia-Etnohistoria (en preparación), México.

Termine, J. D., y Posner, A. S.

1966 Infrared determination of the percentage of crystallinity in apatite calcium phosphates. *Nature*, 211, 268-70.

Thomas, L. V.

1983 *Antropología de la Muerte*, Fondo de Cultura Económica, México.

Tolstoy, P., S.K. Fish, M.W. Boksenbaum y K. Blair Vaughn

1977 Early sedentary communities of the Basin of Mexico. *Journal of Field Archaeology*, 4:91-106.

Tolstoy, P. y S.K. Fish

1975 Surface and subsurface evidence for community size at Mexico. *Journal of Field Archaeology*, 2:97-104

Tolstoy, P.

1989 Coapexco and Tlatilco: Sites with Olmec Materials in the Basin of Mexico. En: Sharer, R. y D. Grove (eds.), *Regional Perspectives on the Olmec*, Cambridge University Press, Cambridge: 85-121.

Trinkaus E., Churchill SE. Ruff CB.

1994 Postcranial robusticity in Homo. II. Humeral bilateral asymmetry and bone plasticity. *Am. J. Phys Anthropology*, 93:1-34.

Trueman, C.N. y D.M. Martill

2002 The long term preservation of bone: the role of bioerosion. *Archaeometry*, 44:371-382.

Turner-Walker, G.

1993. *The characterisation of Fossil Bone*. Tesis doctoral, Universidad de Durham, Reino Unido.

1998 Pyrite and the bone diagenesis in terrestrial sediments: Evidence from the West Runton Freshwater Bed. *Bulletin of the Geological Society of Norfolk* (for 1998) 48, 3-26 (publicado 1999).

---

Turner-Walker, G. y U. Syversen

2002 Quantifying histological changes in archaeological bones using BSE-SEM image analysis. *Archaeometry*, 44, 3:461-468.

Turner-Walker, G., Nielsen-Marsh, C.M., Syversen, U., Kars, H., Collins, M.J.

2002 Submicron spongiform porosity is the major ultra-structural alteration occurring in archaeological bone. *International Journal of Osteoarchaeology*, 12 (6), 407-414.

Turner-Walker, G., Jans, M.

2008 Reconstructing taphonomic histories using histological analysis. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 266, 227-235.

Ubelaker, D.H.

1978 *Human skeletal remains: Excavation, analysis, interpretation*, Chicago, Aldine.

1989 *Human skeletal remains: Excavation, analysis, interpretation*, Taraxacum, Washington.

Uslu T., G. Seydaoglu, S. Kurklu, E. Guzeldemir y N. Arpak.

2007 Periodontal health and adverse pregnancy outcome in 3,576 Turkish women. *Journal of Periodontology*, 78 (11): 2081-2094.

Van Gennep, A.

1977 *The Rites of Passage*, Routledge, Londres (orig.1909).

Valadéz R. y Arrellín R.

2000 La domesticación de animales: En: Manzanilla L. y L. López (coords.) *Historia Antigua de México*, Instituto Nacional de Antropología e Historia, Instituto de Investigaciones Antropológicas, Coordinación de Humanidades de la Universidad Nacional Autónoma de México, Miguel Ángel Porrúa, Vol. I, México: 297-334.

Weiner, S., Bar-Yosef, O.

1990 States of preservation of bones from prehistoric sites in the Near East: a survey. *J. Archaeol. Sci.*, 17, 187-196.

Weiner, S., y Traub, W.

1992 Bone structure: from angstroms to microns. *The FASEB Journal*, 6, 879-85.

---

Welkerling, H., Geißdorfer, T. Aigner y R. Forst

2006 Osteomyelitis of the ulna caused by *Porphyromonas gingivalis*. *Journal of Clinical Microbiology*, 44 (10): 3835-3837.

Wess, T. J., Drakopoulos, M., Snigirev, A., Wouters, J. Paris, O., Fratzl, P., Collins, M., Hiller, J., y Nielsen, K. 2001 The use of small-angle X-ray diffraction studies for the analysis of structural features in archaeological samples. *Archaeometry*, 43(1), 117-29.

White, T. D.

2000 *Human osteology*, Academic Press, San Diego.

Wright, L. y H.Schwarcz

1996 Infrared and isotopic evidence for diagenesis of bone apatite at Dos Pilas, Guatemala: palaeodietary implications. *J. Archaeo. Sci.*, 23: 933-944.

Yépez, V. Z.

2001 *El modelado cefálico intencional en los pobladores prehispánicos del barrio teotihuacano de la Ventilla-Exploración 1992-1994*, Tesis Maestría, UNAM, México.

---

## ANEXO

---



México, D.F., a 10 de noviembre de 2008.  
OF.1011081R069  
Asunto: Reporte

Lourdes Rocío Couoh Hernández

PRESENTE

Le remito a su consideración los resultados de las muestras de suelo traídas a las instalaciones del Laboratorio. El análisis que se realizó fue la determinación de pH por el método normado en la NOM-021-SEMERNAT-2000 Que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos, estudio, muestreo y análisis.

Tabla 1. Resultados de la determinación de pH en las muestras de suelo.

Muestra de tierra	pH
F43	6.64
F46	8.38
F83	7.35
F149	6.38
I129	6.29
F142	6.29
B-63	7.07

Sin más por el momento quedo de usted para cualquier aclaración.

Atentamente  
"Casa Abierta al Tiempo"

Dra. Mabel Vaca Mier