

POSGRADO EN ANTROPOLOGÍA  
FACULTAD DE FILOSOFÍA Y LETRAS  
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES ANTROPOLÓGICAS

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

**“ ESTANDARIZACIÓN EN EL ANÁLISIS DE LAS FRACTURAS DE  
LA CINTURA PÉLVICA EN RESTOS ÓSEOS: APLICACIÓN EN LA  
PRÁCTICA FORENSE”**

T E S I S

QUE PARA OPTAR AL GRADO DE  
DOCTORA EN ANTROPOLOGÍA

P R E S E N T A:  
**SOCORRO BAEZ MOLGADO**

DIRECTORA DE TESIS  
DRA. ABIGAIL MEZA PEÑALOZA

COMITÉ TUTORIAL  
DR. CARLOS SERRANO SÁNCHEZ  
DRA. MARÍA VILLANUEVA SAGRADO

MÉXICO, D.F. 2012



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**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.

## Índice

Índice de Tablas.....	iii
Índice de Figuras.....	iv
Introducción General.....	1
Capítulo 1	
Biomecánica del hueso y trauma óseo.....	3
1.-Biomecánica del hueso.....	3
1.1.- Diferencias entre hueso cortical y trabecular.....	5
1.2.- Trauma y Fractura.....	10
1.3.- La biomecánica del hueso en relación al tipo de carga.....	12
1.3.1.- Fracturas por tensión.....	12
1.3.2.- Fracturas por compresión.....	12
1.3.3.- Fracturas por desplazamiento.....	13
1.3.4.- Fracturas por flexión.....	13
1.3.5.- Fracturas por torsión.....	13
Capítulo 2	
Anatomía y biomecánica de la pelvis.....	16
2.- Biomecánica de la pelvis.....	16
2.1.- Ligamentos del complejo pélvico.....	19
2.2.- Músculos que se insertan en el complejo pélvico.....	21
Capítulo 3	30
Clasificación de las fracturas de la cintura pélvica.....	
3.- Primeras clasificaciones de la pelvis.....	30
3.1.- Clasificación de las fracturas por Marvin Tile 1988.....	32
3.1.1.-Fracturas tipos A, B, y C.....	33
3.1.2.- Tipo A.- Fracturas estables.....	33
3.1.3.- Tipo B.- Fracturas rotacionalmente inestables y verticalmente estables.....	33
3.1.4.- Tipo C.- Fracturas inestables.....	34
3.2.- Biomecánica de las fracturas del anillo pélvico.....	36
3.2.1.- Fuerza anteroposterior.....	36
3.2.2.-Fuerza de compresión lateral.....	37
3.2.3.- Fuerza de desplazamiento vertical.....	37
3.2.4.- Mecanismos combinados.....	37
3.3.- Vectores de movimiento.....	38
Capítulo 4	
El concepto de <i>perimortem</i> dentro del análisis del trauma.....	40
4.- Análisis del trauma en contextos forenses.....	40
4.1.- Lo <i>perimortem</i> en bioarqueología.....	44
4.2.- La antropología forense y el concepto de <i>perimortem</i> .....	49
4.3.- La influencia de la tafonomía y la bioarqueología en la antropología forense.....	59
Capítulo 5	64
Objetivos, hipótesis y descripción de las series esqueléticas.....	
5.- Planteamiento del problema.....	64
5.1.- Objetivos.....	65
5.2.- Hipótesis.....	66

5.3.- Las series osteológicas CMNH-UNAM.....	66
5.3.1.- <i>Hamman-Todd Human Osteological Collection</i> en el <i>Cleveland Museum of Natural History</i> (CMNH-HTH).....	67
5.3.2.- Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Medicina, Laboratorio de Antropología Física (UNAM-FAC.MED).....	68
5.4.- Metodología empleada para la clasificación de las fracturas en restos óseos tomando como referente la clasificación propuesta por Marvin Tile.....	69
5.5.- Registro de las lesiones hechas sobre hueso fresco.....	72
Capítulo 6	
Resultados.....	80
Casos estudiados en la Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Medicina, Laboratorio de Antropología Física.....	80
Casos estudiados en la <i>Hamman-Todd Human Osteological Collection</i> en el <i>Cleveland Museum of Natural History</i> .....	110
Capítulo 7	131
Discusión	
Discusión acerca de las fracturas de la cintura pélvica en restos óseos.....	131
Apéndice 1.....	145
Apéndice 2.....	146
Bibliografía.....	148

## Índice de Tablas

Tabla 1.- Diferencias estructurales entre el hueso cortical y trabecular.....	7
Tabla 2.- Resumen de la clasificación de las fracturas en el anillo pélvico..... propuesta por Marvin Tile	35
Tabla 3.- Otros huesos afectados por el mismo accidente.....	135

## Índice de figuras

Figura 1.- Representación gráfica del hueso ante la carga y la tensión.....	11
Figura 2.- Muestra los únicos dos movimientos que tiene el sacro.....	18
Figura 3.- Se muestran los ligamentos del complejo pélvico.....	21
Figura 4.- Visión anterior del hueso coxal.....	22
Figura 5.- Visión interna del hueso coxal.....	27
Figura 6.- Se puede entender que tipo de movimiento se afecta cuando existe una fractura en determinada región del hueso iliaco.....	38
Figura 7. Se observan los tres tipos de fracturas considerados en este análisis: Tile A, con estabilidad del anillo pélvico; Tile B se observó una fractura incompleta en la parte posterior de complejo sacro-iliaco (estabilidad vertical) y una fractura completa ambas ramas isquion e ileón púbica (inestabilidad rotacional). En la fractura clasificada como de Tile C, se observa completa disrupción del anillo pélvico que ocasionó una inminente inestabilidad vertical y rotacional.....	71
Figura 8. Cráneo de individuo HTH-1501 que muestra parte de una fractura circular y radial, característica de una lesión ocasionada cuando el hueso aun estaba fresco.....	73
Figura 9. Individuo UNAM-FAC.MED-138 que en la rama ileo-púbica derecha se observa una coloración café marrón, asociada con la exposición de sangre o fluidos del cuerpo en presencia de una lesión.....	74
Figura 10. Ambas fibulas fracturadas del individuo de CMNH-HTH-251 muestran las fracturas en forma de “V” y un contorno uniforme de la superficie fracturada.....	75
Figura 11. Ambas tibias fracturadas del individuo CMNH-HTH-251 muestran bordes angulares y obtusos mismos que se relacionan con fracturas ocasionadas en hueso fresco.....	75
Figura 13. UNAM-FAC.MED-110 puede ser un claro ejemplo de una fractura en bisagra que exhibe astillas, fisuras y grietas así como la plasticidad del tejido esponjoso.....	76
Figura 14. Individuo CMNH-HTH-542, el iliaco presenta una serie de fisuras que corren paralelas y con dirección a la fractura, este tipo de fractura se le denomina la “marca de pluma” (hackle mark).....	77

Figura 15. Individuo CMNH-HTH-0251 quien sufrió múltiples traumatismos, de acuerdo a la serie de fracturas observadas, es posible que haya sido arrollado y arrastrado, descarnando la articulación del codo izquierdo.....	78
Figura 16. La fractura sobre la cresta ilíaca izquierda afectó a la región del ala...	81
Figura 17. Traumatismo directo sobre las regiones inguinales que produjo fractura en la rama isquiopúbica.....	83
Figura 18. Fractura ipsilateral izquierda por compresión lateral que afectó al sacro verticalmente, ambas ramas ileopúbicas e isquiopúbica izquierda.....	85
Figura 19. Fractura ipsilateral derecha por compresión lateral. Donde se observan las fracturas en el sacro y la rama ileopúbica e isquiopúbica derecha...	87
Figura 20. Se observa fractura transversal de sacro, generalmente es el resultado de un golpe directo (caída de sentón).....	90
Figura 21. Fractura sanada en la rama isquio-púbica derecha.....	91
Figura 22. En la imagen se observa la zona fracturada completamente sanada....	92
Figura 23. Obsérvese los fragmentos de hueso fracturado, característicos de un trauma hecho cuando el hueso aun conserva sus características de tejido vivo, en el cual los fragmentos de hueso continúan unidos al sitio de la fractura.....	93
Figura 24. Ejemplo de fractura en bisagra: doblez interno con separación hacia ambos lados.....	94
Figura 25. Fractura sanada en la rama inferior isquiopúbica derecha.....	95
Figura 26. Se observa una fractura Tile C, el anillo pélvico muestra una total disrupción tanto anterior como posterior. En este caso debido al descarne en el laboratorio muchas de las características del hueso pueden confundirse con lesiones posteriores a la muerte, sin embargo las lesiones del borde fracturado de ambos iliacos, el sacro y la fractura observada en el acetábulo, así como el patrón general de la lesión observado hacen posible pensar que la fractura se realizó sobre el hueso fresco.....	97
Figura 27. Fractura transversal del acetábulo ocasionada por un mecanismo de alta energía debido a una compresión lateral.....	98

Figura 28. La fractura incompleta de sacro, supone la estabilidad vertical, la fractura anterior de la sínfisis púbica izquierda, indican una estabilidad rotacional.....	100
Figura 29. En el borde anterior de la sínfisis se observa un fragmento de hueso agrietado, características de lesiones hechas sobre hueso fresco.....	102
Figura 30. Obsérvese la lesión en el borde de la sínfisis, es casi como si el hueso tuviese un “dobles”, lo que supone una lesión hecha sobre hueso fresco. ....	103
Figura 31. Se observan varias fracturas incompletas en la pelvis de este individuo (sacro, cresta, y ambas ramas isquio púbicas.....	104
Figura 32. Detalle posterior de ambos sínfisis e isquion, donde se puede observar que aún no se completaba la osificación de la triada.....	105
Figura 33. Se observa una fractura de tipo Tile B sanada, en la cual se lesionó el complejo sacro-iliaco izquierdo y la rama ileo-púbica del mismo lado.....	107
Figura 34. Lesión sanada de la rama ileo-púbica muestra como se bifurcó el hueso, dando cuenta de una deformación plástica.....	108
Figura 35. Esta lesión supone una fuerza posterior-anterior, que separó posteriormente (flecha blanca) la cesta iliaca izquierda.....	108
Figura 36. Se observa una fractura lineal incompleta en la articulación sacro-iliaca del lado derecho, y una fractura completa en la parte anterior del anillo pélvico.....	110
Figura 37. Las flechas indican los tres puntos de fractura observados y descritos, la blanca una fractura lineal, la flecha roja indica una fractura completa en la porción posterior superior de la espina iliaca y la flecha amarilla la fractura en el techo del acetábulo.....	111
Figura 38. El sacro exhibe una serie de fracturas en grietas o astillas que suponen que se realizó sobre hueso fresco.....	113
Figura 39. Lesión que sugiere inestabilidad vertical y rotacional. La flecha roja apunta el sitio de fractura que por razones de “conservación” fue unida posteriormente con alambre.....	115
Figura 40. La flecha blanca señala en la ulna una lesión por descarnes o peladura. El patrón distintivo son los surcos paralelos cuando se separa el ligamento del hueso.....	116
Figura 41. Posterior y lateral se observa una fractura completa el ileon y anterior en la sínfisis, la cual implica inestabilidad rotacional y vertical. Ejemplo de fractura de Malgaigne.....	118

Figura 42. Se observan varias fracturas, en la sínfisis del lado izquierdo, dos en el sacro una lineal que corre lateralmente del orificio de la segunda vertebra sacra izquierda, la otra (con reserva, pues pudo haber sido posterior a la muerte) en el cuerpo de la 5 vértebra sacra, que pudo haber provocado la disrupción del piso y una última en la tuberosidad iliaca derecha que pudo provocar la inestabilidad vertical.....	120
Figura 43. Diferentes rangos de fracturas que van desde pequeñas marcas hasta la fractura completa del pubis. Se observan pequeñas muescas a ambos lados del sacro, la fractura incompleta posterior a la carilla articular izquierda y una fisura en escotadura ciática.....	122
Figura 44. Esta fractura presenta distintos puntos en los que se evidencia las cargas anteroposteriores, en esta caso también se observa la fractura vertical incompleta del sacro del lado derecho por una fuerza de compresión lateral.....	124
Figura 45. Obsérvese los diferentes puntos de fracturas por compresión: dos en la base de la rama ilio-púbica y tres en las ramas isquio-púbica ejercidos en la parte anterior del anillo pelviano.....	125
Figura 46. Posteriormente también se observan fuerzas de compresión en ambos bordes acetabulares, lo que hacen suponer que se ejerció una carga antero – posterior. Obsérvese una posible fractura de la espina isquial la cual se puede relacionar con la disrupción del piso pelviano.....	125
Figura 47. Fractura que sugiere inestabilidad vertical y una posible disrupción del piso pelviano.....	127
Figura 48. Fractura altamente inestable que pudo haber sido ocasionada por las llantas de un vehículo de motor que pasaron sobre la cavidad pélvica.....	130
Figura 49. En el caso CMNH-HTH-0251 se observan que 8 segmentos óseos (cráneo, escápula, 5ta lumbar, cintura pélvica, costillas, cúbito y radio izquierdo, tibia y peroné de ambos lados) fueron afectados por el accidente con vehículo de motor.....	138
Figura 50. En la foto se observan cuatro diferentes fracturas Tile B, con un tipo de patrón similar que sugiere fuerza de compresión lateral, que deriva en la inestabilidad rotacional. (Casos: UNAM_FAC_MED (025, 026, 110) y CMNH_HTH_1501).....	142
Figura 51. En la foto se observan fracturas de tipo Tile C, que debido a la inestabilidad de esta lesiones se puede predecir la mortalidad de los sujetos que la padecieron.....	142

## **Introducción General**

La fractura del anillo pélvico se encuentra asociada a sus complicaciones y a las altas tasas de mortalidad reportadas (Young y Resnik 1990; Galloway 1999; Hammel y Legome 2006), en especial se puede predecir la muerte cuando la severidad de la disrupción del anillo pélvico, hacen poco probable la recuperación (Tachibana *et al.* 2009)

La pelvis normal es una estructura muy estable que puede soportar una considerable carga fisiológica (García-Porrero *et al.* 2005), pero cuando existe un impacto de alta energía sobreviene la interrupción del anillo pélvico óseo (Van Vugt y Van Kampen 2006).

Debido a que las fracturas de la pelvis abarcan un amplio espectro de lesiones, desde fracturas de baja energía hasta las de alta energía, (que son las que causan la disrupción de anillo pélvico) (Guthrie *et al.* 2010) se puede decir que no solo las fracturas de la pelvis pueden provocar la muerte sino alguna otra lesión asociada (Giannoudis *et al.* 2007; Schulman *et al.* 2010; Balogh *et al.* 2007) como lo son las lesiones en cabeza, el tronco o las hemorragias.

Los sistemas de clasificación utilizados en la clínica de acuerdo a criterios tales como estabilidad/inestabilidad (Tile 1988) o de acuerdo al mecanismo de la lesión (Young y Burgess 1987) ayudaron en la estandarización e interpretación de las lesiones óseas observadas en este trabajo.

Tradicionalmente las fracturas de la pelvis se diagnostican mediante un examen físico y radiografías de la pelvis, técnicas que confirman la sospecha de fractura y el posible mecanismo de la lesión (Frakes y Evans 2004). Hoy en día las fracturas también

se analizan periódicamente con la tomografía computarizada (TC), este método ayuda a definir con mayor precisión la morfología de fractura de la pelvis (Koo *et al.* 2008). Sin embargo, en contextos forenses ciertos patrones de fractura de la pelvis pueden ser la única fuente de información sobre la forma y causa de la muerte. Por ello, con el fin de determinar el mecanismo y gravedad de las lesiones pélvicas en la ausencia de tejidos blandos u otra evidencia, es que se necesita de una buena comprensión de la biomecánica de la cintura pélvica y las respuestas al trauma óseo temas tratados en el capítulo 1 y 2.

En este trabajo se observó en cada caso dos aspectos principales, por un lado, el patrón característico de una fractura en la cintura pélvica y por el otro, que las fracturas observadas tuvieran características de lesiones ocasionadas sobre hueso fresco. Sobre esta base me permití desarrollar dos temas, por una lado las fracturas de la cintura pélvica y su biomecánica explicando los mecanismos que pueden generar una fractura en esta área (Capítulo 3); y por el otro las lesiones hechas sobre hueso fresco, con lo que justifico la invalidez del término “*perimortem*” cuando a causas fisiológicas se refiere y propongo que sea utilizado por el de “lesiones hechas sobre hueso fresco” refiriéndose a que cuando la lesión se origina el hueso aun conservaba sus características de tejido fresco, tratado en el capítulo 4. En el capítulo 5 se explican las hipótesis y objetivos de este trabajo así como la descripción de las series esqueléticas utilizadas. Por último, expongo los resultados de mi investigación en el capítulo 6, y en el capítulo 7 expongo las nuevas líneas de investigación que pueden derivar del estudio de los accidentes carro-peatón con un enfoque antropológico.

## **1.- Biomecánica del hueso.**

En general se acepta que el término de biomecánica se refiere a la aplicación de las leyes mecánicas a los sistemas biológicos (Turner 2002).

Los conceptos mecánicos y los fenómenos físicos han sido usados para explicar las propiedades biológicas de los organismos. En el hueso se consideran tres aspectos: es una estructura que soporta, un material con propiedades físicas y un sistema biológico que responde como un tejido vivo. El hueso como material tiene ciertas propiedades similares a las propiedades físicas observadas en diferentes materiales, al que más se asemeja es al acero (Roesler 1987).

Estudiar la biomecánica del hueso a partir de sus propiedades físicas, facilita su entendimiento. Una de las principales funciones del hueso es soportar cargas. Las fracturas ocurren cuando las cargas exceden la resistencia del hueso, por este motivo cuando se revisan las fracturas es importante considerar el posible estado de fragilidad de los huesos (Turner 2002).

Las cargas se aplican sobre el hueso de diversas formas, éstas se combinan con las fuerzas las cuales no son estáticas sino dinámicas y ejercen diferentes acciones sobre los huesos dependiendo de la aplicación de la aceleración o desaceleración (Galloway 1999).

Las propiedades estructurales varían dependiendo de la región anatómica, la densidad del hueso y la orientación micro estructural relacionada con la distribución de colágeno o la mineralización de hueso que pueden afectar a las propiedades elásticas del

hueso (Turner y Burr 1993; Zysset *et al.* 1999) así como de la edad y el sexo pueden ser variables que deban ser consideradas.

Para poder establecer la biomecánica de una lesión en el hueso, se debe conocer como actúa y como responde el hueso ante factores internos, en general causados por disfunciones a nivel metabólico o externos que generalmente provienen de fuerzas externas.

Por ejemplo, cuando una articulación presenta un problema metabólico como la osteopenia es posible que la fractura sobrevenga cuando una articulación con huesos débiles se expone a una carga que le es difícil soportar. Estudios recientes han demostrado que los niños obesos tienen más riesgo de sufrir una fractura, los datos sugieren que la grasa inhibe la acumulación de hueso, así como la formación de una correcta densidad ósea por tanto estos niños pueden requerir de tratamientos de calcio durante la adolescencia para incrementar la masa ósea y reducir el riesgo de osteoporosis más adelante (Dimitri *et al.* 2010).

Asimismo, una articulación normal que está afectada por el sobrepeso ocasionado por obesidad puede verse afectada por el desgaste. Se ha demostrado que la repetición de la carga sobre el hueso produce una gradual y progresiva pérdida de rigidez y fuerza, que resulta en una disminución de la integridad mecánica que se traduce en la acumulación de daños microscópicos. Esto demuestra el daño ocasionado al hueso por efectos del uso (Galloway 1999; Turner 2002; Turner y Burr 1993).

Sin embargo, el hueso tiene una constante remodelación ósea, lo permite su alta vascularización, en la forma de actividad osteoblástica y osteoclástica; ello se traduce en

---

su excelente capacidad de reparación que puede configurar una respuesta a los cambios mecánicos (Nordin y Frankel 2001), por ende existen cambios en la distribución espacial de estructuras óseas. Por ejemplo, hay que aclarar que la remodelación se encuentra condicionada por la edad y el estado de salud del individuo; Wakamatsu y Sissons (1969) al estudiar la composición y distribución del hueso esponjoso en la cresta ilíaca, encontraron que de acuerdo a la edad, existe una mayor separación entre las trabéculas, pero esto no derivó de un adelgazamiento en la estructura ósea, sino en la remodelación del hueso de acuerdo con la edad, donde la reducción de la cantidad de hueso en las personas de la tercera edad es el resultado de un mayor espaciamiento entre las trabéculas y no un decrecimiento del grosor de estas estructuras. Sin embargo, el espaciamiento genera diferencias estructurales en el hueso y por ende las cargas responden de diferente manera.

### **1.1 Diferencias entre hueso cortical y trabecular.**

El hueso es un material viscoelástico, es decir, sus propiedades elásticas y su fuerza son dependientes de la duración de la carga aplicada. También es un material anisótropo, por que sus mismas propiedades elásticas y su fuerza dependen de la orientación de la microestructura del hueso con respecto a la dirección de la carga (Carter y Spengler 1978; Turner y Burr 1993).

Aunque la relación entre los patrones de las cargas y las propiedades mecánicas del hueso es muy compleja en el esqueleto, generalmente se puede decir que la fuerza del hueso y su rigidez son mayores en la dirección en la cual diariamente las cargas son comúnmente aplicadas (Nordin y Frankel 2001). Esto lo puede dictar la misma

arquitectura del esqueleto por medio de la distribución del hueso trabecular que se concentra en la columna vertebral y en las superficies articulares que son las áreas donde se pueden transferir las cargas mas pesadas (Huiskes *et al.* 2000).

La susceptibilidad del hueso a fracturarse depende de factores extrínsecos e intrínsecos. Los factores extrínsecos incluyen la dirección de la fuerza, su magnitud, su duración y el rango en el cual la fuerza se aplica. Los factores intrínsecos incluyen la capacidad del hueso de absorber energía, su rigidez ósea, la densidad y la fatiga. Estos dos factores son los que determinan la extensión y el patrón de la fractura (Berryman y Symes 1998).

La respuesta del hueso a una carga aplicada, varía de acuerdo a su composición interna, las propiedades físicas se comportaran de manera diferente si se trata de hueso cortical o trabecular (Roesler 1987).

Nordin y Frankel (2001) mencionan tres parámetros que determinan la fuerza que una estructura puede soportar antes de que sobrevenga la fractura: la carga, la deformación y la energía. La deformación o los cambios en la estructura, varían de acuerdo a la diferente composición entre los dos tipos de huesos: en cortical y canceloso, (Rho *et al.* 1993) (ver tabla 1.1).

El hueso cortical es mas rígido que el hueso trabecular o esponjoso, soporta de mejor manera el estrés repetitivo pero tiene más dificultad para soportar la tensión antes de la fractura, es decir soporta más carga pero no la deformación. Por otro lado el hueso trabecular puede soportar más la carga antes de que la fractura sobrevenga. Debido a su estructura porosa este tipo de hueso tiene una mayor capacidad para absorber la energía

(Keaveny y Hayes 1993).

Por ejemplo cuando el hueso esponjoso se somete a una deformación, al inicio presenta un comportamiento elástico, si la carga se mantiene, comienza entonces la rotura de algunas trabéculas, iniciando un reforzamiento estructural transitorio, previo a la fractura, determinado por el llenado de los poros del hueso aún intactos con los fragmentos de las trabéculas rotas. La estructura porosa que también contiene líquido y colágeno compone una estructura mejor equipada para absorber la energía procedente de los impactos.

<b>Hueso Cortical</b>	<b>Hueso trabecular</b>
Más denso	Más poroso
Más rígido	Más dúctil
No soporta la deformación	Soporta más la deformación
No absorbe mucha energía	Absorbe más energía.

Tabla 1. *Diferencias estructurales entre el hueso cortical y trabecular*

La conformación de los huesos del cráneo y los huesos largos difiere básicamente en la relación de su composición entre el hueso cortical y trabecular. Se distinguen principalmente por la proporción de volumen ocupado por tejido no mineralizado, es decir, se basa en la porosidad ósea y la cantidad de tejido trabecular (Carter 1984; Carter 1987; Carter y Spengler 1978; Currey 2009).

Recordemos que en general los huesos planos tienen como primera función la protección, por ello contienen más tejido esponjoso que soporta más la compresión y los impactos, experimenta menos estrés repetitivo durante las actividades normales diarias. Mientras que los huesos largos, especialmente los de las extremidades inferiores, experimentan

diversos ciclos de cargas y descargas todos los días, que con la repetición o la frecuencia puede hasta llegarse a remodelar el hueso (Carter 1984) debido a la acumulación cíclica de la tensión y puede incluso sobrevenir la fatiga.

El hueso cortical se encuentra en la diáfisis de los huesos largos, es denso, sólido, más fuerte y rígido. En su axis longitudinal puede soportar mayor compresión, que en su axis transversal, debido a la disposición de la fibras de colágeno, hueso laminar, osteones y canales haversianos que se alinean a lo largo del hueso. El hueso es más dúctil en la dirección longitudinal y más quebradizo en el sentido transversal (Carter y Spengler 1978; Galloway 1999; Hsieh *et al.* 2001). La distribución de la porosidad a lo largo de la corteza del hueso muestra diferencias micro estructurales entre la parte endosteal (interna) y periosteal (externa) (Nordin y Frankel 2001).

En la parte endosteal el hueso tiene más remodelación y más osteones, junto a éstos hay numerosas líneas de cemento que han demostrado ser los sitios de mayor debilidad en el hueso cortical. El hueso que está cerca de la superficie, el periostio, por el contrario, ha sufrido menos remodelación y está rodeado de una capa de hueso lamelar, pero no se observan líneas de cemento. Estas variaciones a nivel microestructural son las que influyen en la distribución de la porosidad y por tanto de las propiedades mecánicas del hueso cortical (Carter y Spengler 1978).

El hueso cortical no es homogéneo en su estructura, se compone de laminillas, osteones, y se intercala con lagunas, canales Haversianos o los de Volkmann y ello hace que el estrés se concentre diferencialmente. Asimismo, tiene propiedades anisotrópicas, es decir, las propiedades de su estructura varían con respecto a la dirección de la carga aplicada (Ashman

1988; Carter y Spengler 1978; Currey 2009; Robling *et al.* 2006).

Por el contrario el hueso trabecular se compone de retículas interconectadas de hueso que forman láminas intersticiales de forma irregular que dejan huecos, de ahí su porosidad que se llena de médula ósea, no contiene osteones, es poroso, menos denso que el hueso cortical y pueden absorber más energía (Ashman 1988; Currey 1984).

Al interior de las trabéculas están los osteocitos y los vasos sanguíneos que penetran directamente en el hueso esponjoso y permiten el intercambio de nutrientes (Ashman 1988; Fyhrie y Kimura 1999). Se ha demostrado que dentro de la arquitectura del hueso canceloso, incluyendo la forma, tamaño y conectividad de cada una de las trabéculas, varía de acuerdo a su ubicación anatómica (Keaveny y Hayes 1993; Turner *et al.* 1994; Turner *et al.* 1999; Zysset *et al.* 1999).

No se pueden describir las propiedades mecánicas del hueso trabecular, sin considerar factores específicos como la especie, la posición anatómica, la edad y la dirección de la carga. Además, se deben incluir algunas enfermedades óseas como la artrosis, osteoporosis, o metástasis óseas que reflejan diferentes propiedades mecánicas de las que tiene el hueso sano. También podemos incluir dentro de la composición interna los puntos en los que el hueso es más frágil y esto va en relación a su forma y estructura. Por ejemplo, la clavícula tiene una propensión mayor de romperse en su parte media debido a su forma, y el fémur en el cuello, debido a su estructura.

La compactación de trabéculas incrementa el módulo de elasticidad de la curva, pero la fractura ocurre cuando las trabéculas comienzan a llenar los espacios disponibles de médula (Ashman 1988; Fyhrie y Kimura 1999; Keaveny *et al.* 1994). En las porciones metafisiarias de los

huesos largos hay mayor cantidad de tejido trabecular, donde se ejercen las propiedades isotrópicas. Lo que significa que las propiedades mecánicas son equivalentes en cualquier parte de la estructura (Turner *et al.* 1999). Es decir, es más fácil que ocurra una deformación plástica cuando las fuerzas se aplican en el hueso trabecular.

Bajo tensión, el hueso trabecular es capaz de absorber menos energía pero es un buen transmisor de carga, tiene un gran potencial de remodelación, por ello el hueso trabecular está localizado principalmente en las articulaciones, sitios donde el cuerpo soporta más la carga, como la columna vertebral, el sacro, y las epífisis del fémur, tibia, en rodilla y la zona del tobillo (Kuhn *et al.* 1989).

El hueso es un tejido con propiedades viscoelásticas, que responde a la elongación cuando es sometido a una fuerza de tensión, el resultado de la elongación no solo depende de la tensión que se aplica sino también de tiempo y la dirección de la fuerza. La propiedad elástica del hueso hace que sea un material con el doble de fuerza bajo compresión que cuando está en tensión (Berryman y Haun 1996; Berryman y Symes 1998; Carter y Spengler 1978; Galloway 1999; Keaveny y Hayes 1993).

## **1.2.-Trauma y fractura.**

Se denomina trauma cuando la intensidad de la fuerza aplicada excede la capacidad de los tejidos para absorber o resistir una fuerza (Nordin y Fankel, 2001). Cuando el trauma provoca una ruptura en la continuidad de un hueso se le denomina fractura (Merbs 1989; Lovell 1997; Galloway 1999; Ortner 2003).

En términos generales las fracturas de los huesos largos actúan de la siguiente manera: si el hueso está flexionado la primera de las fracturas se realizara sobre el lado

que existe la tensión. El lado convexo está bajo tensión y el lado cóncavo bajo compresión. La fractura entonces iniciará sobre el lado donde está la tensión y progresará hacia el lado de compresión. Ambas fuerzas se encontrarán y causarán la fractura que cambiará la dirección de la fuerza. Dependiendo de la velocidad de la carga el hueso responde en diferentes direcciones. Debido a su propiedad elástica el hueso puede deformarse cuando se le aplica una carga, si ésta es poca y se retira, el componente elástico regresa a su forma original. Cuando la carga excede los límites elásticos, el hueso entra en la fase de deformación plástica y queda permanentemente deformado. Si la carga continúa el hueso se romperá (Figura 1). Los huesos de los niños son más dúctiles que quebradizos, pueden absorber mayor cantidad de energía y por ello es frecuente que una deformación plástica sea observada en la infancia. Por el contrario, los huesos de las personas mayores se caracterizan por ser más quebradizos que dúctiles, por tanto absorben menos energía y son más propensos a fracturarse (Berryman y Haun 1996; Berryman y Symes 1998; Dimitri *et al.* 2010; Galloway 1999; Nordin y Frankel 2001; Robling *et al.* 2006; Robling *et al.* 2002; Turner 2002; Turner y Burr 1993).

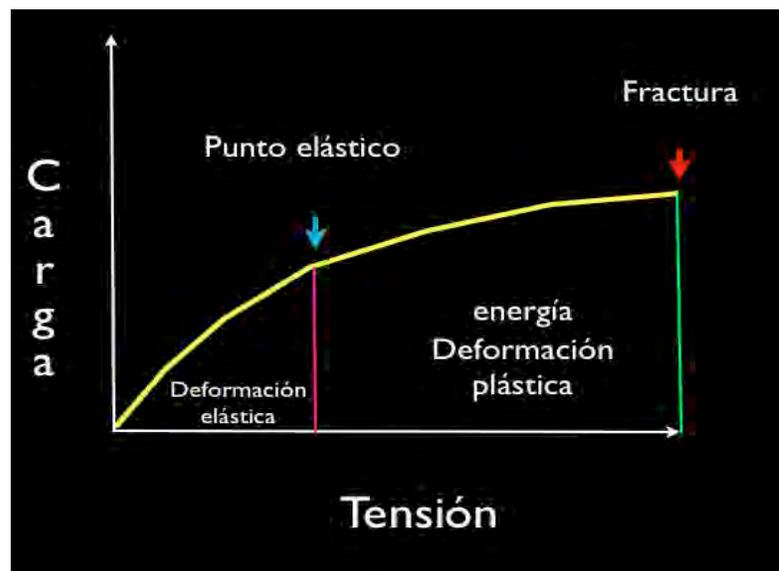


Figura 1. Representación gráfica del hueso ante la carga y la tensión.

Cuando una carga se aplica lentamente hay tiempo suficiente para que el hueso pase por su fase plástica y elástica, antes de que la fractura ocurra, por el contrario en cargas rápidas, como la velocidad de una bala, el hueso actúa como un material quebradizo (Berryman y Symes, 1998).

### **1.3.- La biomecánica del hueso en relación al tipo de carga.**

El hueso visto como una estructura puede recibir distintos tipos de cargas: tensión, compresión, doblamiento, desplazamiento torsión o la combinación de varias (Ortner, 2002; Galloway 1999) las que a continuación se describen basado en Nordin y Frankel (2001).

#### **1.3.1.-Fracturas por tensión.**

Cuando se aplica tensión a un hueso, en la cual cargas opuestas pero iguales jalan hacia fuera la superficie de la estructura, se ejerce tensión y estiramiento sobre el hueso. Durante la tensión la estructura crece y se estrecha. Este tipo de fracturas son frecuentes cuando el tendón y músculo adyacente al hueso ejercen cargas opuestas. Un ejemplo de este tipo de fracturas son las fracturas del calcáneo cerca del tendón de Aquiles.

#### **1.3.2.-Fracturas por compresión.**

La compresión aplica fuerzas iguales y opuestas en la superficie de la estructura, hacia donde la carga se dirige. Esto ocurre en un plano perpendicular al punto donde la fuerza se aplica, con ello la estructura se acorta y expande. Es común observar fracturas

de compresión en las vértebras, las cuales están expuestas a soportar cargas de compresión.

### **1.3.3.- Fracturas por desplazamiento.**

Las cargas de desplazamiento se aplican paralelas a la superficie del hueso, donde se ejerce paralelamente al interior de la misma. Una estructura sujeta a cargas de desplazamiento se deforma internamente en ángulos obtusos y agudos. Las fracturas de desplazamiento es más común encontrarlas en el hueso trabecular o esponjoso.

### **1.3.4.- Fracturas por flexión.**

Las cargas se aplican al hueso de tal forma que causa flexión en el eje axial, donde se ejerce la combinación de fuerzas de tensión y compresión. La tensión actúa en un lado del eje y la fuerza de compresión actúa en el otro lado. En el hueso adulto debido a que es más frágil, la fractura ocurre primero en el lado donde se ejerce la fuerza de tensión generalmente representada por fracturas transversas, por el contrario cuando el hueso es más dúctil como en el hueso inmaduro, la fractura puede ocurrir primero en el lado donde se ejerce la compresión.

### **1.3.5.-Fracturas por torsión.**

En las torsiones la posición de la carga provoca que el hueso gire sobre el axis y literalmente se tuerce. Si el hueso esta bajo torsión, la fuerza actúa en diagonal sobre los planos paralelos y perpendiculares al eje axial, distribuyendo el estrés sobre toda la superficie. Entre más lejos se encuentra el estrés del eje axial mayor es la magnitud de la

fuerza. La fractura se producirá primero un desplazamiento paralelo al eje axial y correrá a lo largo de donde opera la tensión.

Las diferencias en la fuerza sobre el hueso resultan en diferencias que vale la pena mencionar. Una fractura por compresión generalmente es el resultado de fracturas estables, mientras que las fracturas que inician en tensión y desplazamiento tienden a tener consecuencias más severas.

Si bien éstos son los principios biomecánicos generales bajo los cuales actúan las cargas sobre el hueso, en la realidad debemos de considerar que existen otros factores que afectan, debemos entender que el mecanismo que genera una fractura y la respuesta del hueso vivo son fenómenos complejos que están intrínsecamente relacionados con la geometría del hueso y los movimientos del cuerpo. Por ejemplo, una carga de flexión aplicada mientras el sujeto camina o corre, o por el contrario, mientras permanece sentado, tendrá diferentes resultados. Esto responderá en gran medida, a que la contracción de los músculos o la tensión de los tendones altera o redirecciona la carga que recibe el hueso.

Por último, no debemos olvidar que en el hueso existe una adaptación funcional conocida como la ley de Wolf, que explica la capacidad del hueso para adaptarse por medio de las células óseas a las nuevas condiciones impuestas por las tensiones mecánicas (Ashman 1988; Ruff 2005; Turner 2002; Zysset *et al.* 1999) Así, el estímulo de la modelación/remodelación del hueso se basa, en principio, en la tensión, no en el estrés. El aumento de la tensión a través de un aumento en la actividad conduce a la formación de más tejido óseo, con la finalidad de reducir la tensión. Por el contrario

cuando se ejerce menor presión sobre los huesos debido a la inactividad, inicia una reabsorción del tejido óseo para restaurar los niveles osteoblásticos y osteoclasticos (Ruff 2008), por ello se puede decir que el nivel al que se adapta el tejido óseo no es constante y varía entre otras cosas a la ubicación del hueso respecto al resto del esqueleto (Burr *et al.* 1997; Carter *et al.* 1988; Ruff *et al.* 2006; Ruff 2005).

## 2.- Biomecánica de la pelvis.

En este capítulo se aborda la anatomía de la cintura pélvica y la biomecánica de las fracturas en esta región. La pelvis es el centro de inserciones musculares donde las cargas mecánicas se transmiten y se conectan miembros superiores e inferiores (García-Porrero *et al.* 2005). Estando de pie, el peso del tronco descansa sobre la base del sacro, y se distribuye de manera equitativa la carga a los miembros inferiores por medio de los huesos coxales, dirigiéndose hacia el acetábulo y de ahí a la cabeza y al cuello femoral. Para hacer esa transferencia de cargas el sacro utiliza su escasa movilidad y los fuertes ligamentos que unen a ambos coxales (Testut y Latarjet 1954).

Desde el punto de vista óseo la pelvis está formada por los huesos iliacos y el sacro, los cuales configuran el anillo pélvico. Éste se delimita anteriormente por la región púbica de ambos huesos coxales por medio de la sínfisis. Unidos en la línea media y posteriormente, cada hueso coxal se une con la porción lateral correspondiente a la articulación sacro iliaca, que conecta con la columna vertebral. En ambas partes laterales externas se localiza la articulación coxo-femoral, lugar donde se une esta región con los miembros inferiores (García-Porrero *et al.* 2005; Moore *et al.* 2002; Testut y Latarjet 1954)

Esta estructura forma la cavidad pélvica y en su interior se aloja la parte inferior del aparato digestivo, la vejiga y el aparato reproductor (García-Porrero *et al.* 2005; Moore *et al.* 2002). Inferiormente en la pelvis se conectan planos fibrosos y musculares que cierran la estructura.

La articulación sacro iliaca, de acuerdo a las posibilidades de movimiento, se considera como semimóvil, debido principalmente a las capas de fibrocartílago que se encuentran entre sus dos superficies articulares. De acuerdo a sus características morfológicas, presenta características de articulación tipo anfiartrosis, por su escasa movilidad, debido a la capa de fibrocartílago que se encuentra entre sus superficies articulares se considera como del subtipo articulaciones diartoanfiartrosis; sin embargo, por la cavidad que se encuentra en su centro, y porque cuenta con ligamentos se le considera sinovial. (Testut y Latarjet 1954).

La escasa movilidad de la articulación sacro-iliaca es una consecuencia del papel que tiene en la estática corporal y la amortiguación de impactos (Egund *et al.* 1978; Frigerio *et al.* 1974; Vleeming *et al.* 1990a; Vleeming *et al.* 1990b) que se transmiten en cargas generadas por la gravedad, el peso del cuerpo y su movimiento (Hoek *et al.* 1999; Snijders *et al.* 1993).

La disposición de los ligamentos sacrotuberoso, sacroespinoso e iliolumbar junto con la forma de cuña del sacro impiden su desplazamiento con los huesos coxales, así como el movimiento de nutación (Figura 2) del sacro, que neutraliza el balanceo del sacro según su eje transversal en donde el vértice del sacro se desplaza hacia atrás y la base hacia delante (Brooke 1924; Pool-Goudzwaard *et al.* 2003). Cuando existe un incremento de los diámetros pélvicos se origina el movimiento de contranutación, debido una relajación ligamentosa que se da durante el parto (Brooke 1924).

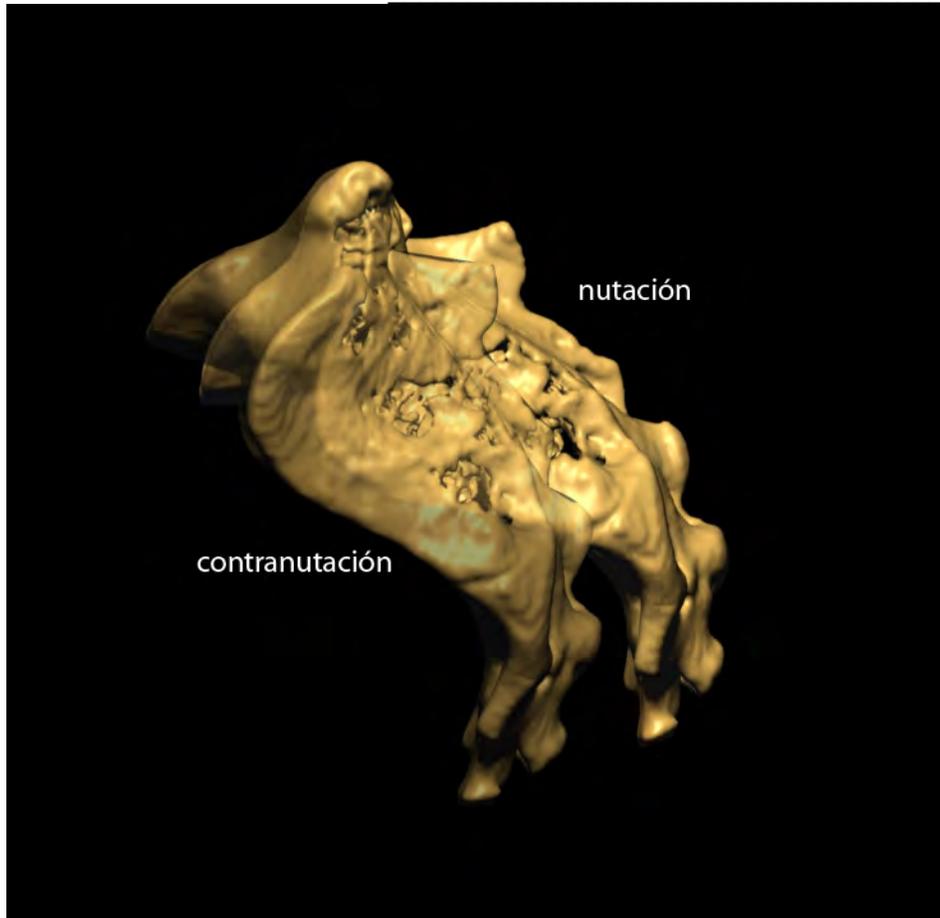


Figura 2.- Muestra los únicos dos movimientos que tiene el sacro.

La unión ligamentosa posterior del sacro con los iliacos y la anterior conformada por la sínfisis púbica, así como el reforzamiento de los tendones y músculos que se articulan en estas zonas hacen una fuerte conexión que forma el anillo pélvico. Por este motivo, cuando se fractura es común encontrar que dos o más elementos óseos se afectan, por la íntima relación que guardan para responder ante fuerzas y tensiones. Por ello es fácil sugerir que cuando sólo se encuentra fracturado un solo hueso, por lo general es resultado de un golpe directo (Galloway 1999; Spanjersberg *et al.* 2009; Teresinski y Madro 2001; Tile 1984; Van Vugt y Van Kampen 2006).

Esto puede ser comprendido cuando se analizan las superficies articulares de esta región. En el caso del sacro, la carilla articular se localiza en las dos primeras vértebras y la parte superior de la tercera; por parte del hueso coxal existe una carilla análoga, la carilla auricular del hueso coxal que ocupa la parte más posterior de la cara interna del hueso que corresponde en su forma y dimensión a la carilla del sacro. La carilla auricular del coxal es convexa, mientras que la carilla auricular del sacro es cóncava, haciendo que las dos superficies encajen. No existe simpleza en el contacto que se establece entre la superficies coxal y las de sacro, pues los dos huesos se yuxtaponen recíprocamente en varios puntos (Brooke 1924; Testut y Latarjet 1954).

### **2.1.- Ligamentos del complejo pélvico.**

Para entender la biomecánica de las fracturas de la pelvis ocasionadas por mecanismos de alta energía y proponer sus consecuencias así como su relación con la causa y forma de muerte es importante conocer los ligamentos (Figura 3) y músculos que se insertan en esta región (Figuras 4 y 5).

Los tres ligamentos que unen al sacro con ambos iliacos forman la articulación sacro-iliaca (Brooke 1924; Drake *et al.* 2005; Garcia-Porrero *et al.* 2005; Moore *et al.* 2002; Pool-Goudzwaard *et al.* 2003; Testut y Latarjet 1954)

1) **El ligamento anterior sacro-iliaco.-** Corre anterior e inferiormente la articulación y cubre la cápsula fibrosa que se forma en las facetas auriculares entre el sacro y el iliaco; está representado por un conjunto de haces fibrosos radiados que se extienden ya sea transversal u oblicuamente del hueso sacro al hueso coxal. Este ligamento ayuda a resistir la rotación externa y las fuerzas de cizallamiento.

2) **Ligamento interóseo sacro-iliaco.-** Es el más corto, fuerte, resistente y profundo de los tres, se encuentra entre las tuberosidades sacras e ilíacas situadas por detrás y encima de las facetas auriculares.

3) **Ligamento sacro-iliaco posterior.-** Cubre y al mismo tiempo refuerza el ligamento interóseo, comprende una multitud de haces fibrosos en diversas direcciones que se escalonan en la parte dorsal de la articulación y que se insertan en la parte más posterior de la cresta iliaca, en la espina ilíaca posterior - superior, y en las apófisis transversas de las vértebras sacras por medio del ligamento iliotransverso. Esta disposición tiene el efecto de una barra de suspensión entre el sacro y las espinas ilíacas.

El piso pélvico se encuentra formado por dos ligamentos: sacrotuberoso y sacro espinoso; ambos se insertan al borde lateral del sacro y extremo superior del cóccix, cada uno termina en diferentes puntos del ilíaco. El ligamento sacrotuberoso se inserta con la tuberosidad isquiática, el cual ofrece resistencia a fuerzas rotatorias de desplazamiento. Mientras que el ligamento sacroespinoso se inserta en la espina isquiática y ofrece resistencias a fuerzas rotatorias externas.

Finalmente la articulación de la sínfisis púbica, que cierra el anillo en la línea media y anterior de los dos iliacos por un tejido fibrocartilaginoso localizado entre los dos pubis, se refuerza anterior y posteriormente con dos ligamentos asociados: el ligamento púbico superior, localizado por encima de la articulación, y el ligamento púbico inferior que se encuentra por debajo de la misma.

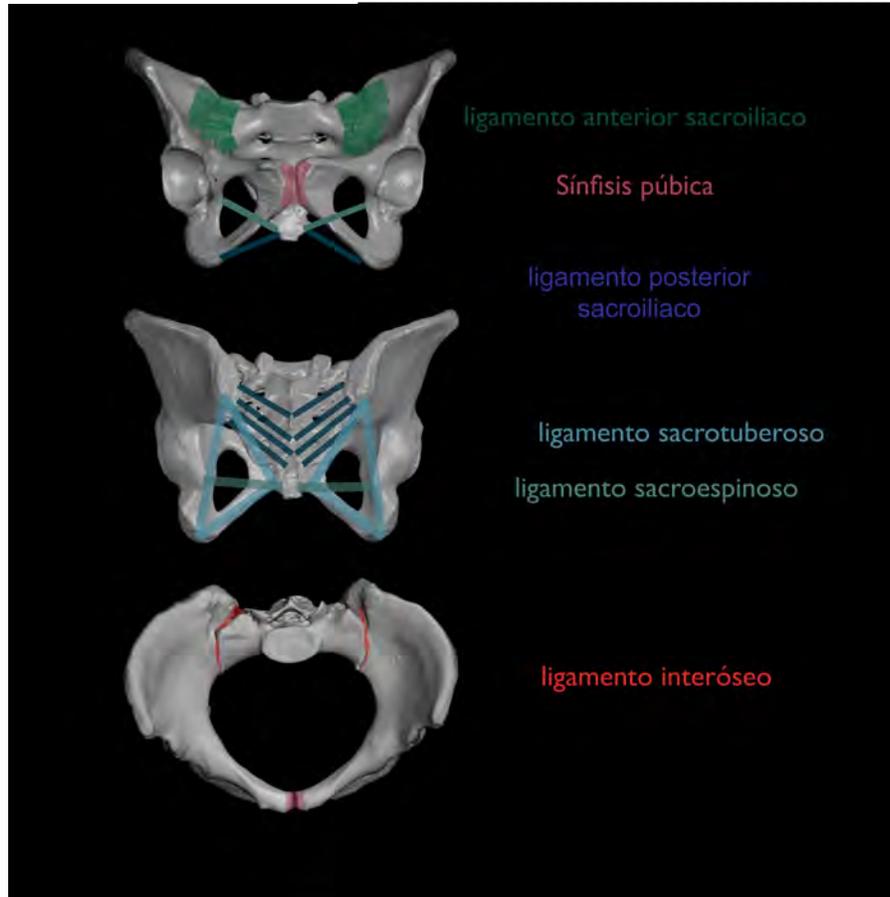


Figura 3.- Se muestran los ligamentos del complejo pélvico.

## 2.2.- Músculos que se insertan en el complejo pélvico.

Son alrededor de veintiséis distintos músculos, los que a continuación se describen (Calais-Germain *et al.* 1994; Drake *et al.* 2005; Garcia-Porrero *et al.* 2005; Martini *et al.* 1995; Moore *et al.* 2002; Testut y Latarjet 1954), que se insertan en la cintura pélvica y mismos que ayudan a unir el miembro superior con el miembro inferior.



Figura 4.-Visión anterior del hueso coxal.

**1) Músculo dorsal ancho (*Musculus latissimus dorsi*).**- Es uno de los músculos que une el tronco con la cintura pélvica. Se inicia en el vértice de los procesos espinosos de la 7ta vértebra torácica, continúa sujeto por las espinas lumbares, pasa por la línea media en la cresta sacra hasta la cresta iliaca postero-superior. Todas la fibras terminan en un pequeño tendón en la zona infratroquineana y en el canal bicipital del húmero. Ayuda a la estabilización de la pelvis, a enderezar la columna por medio de los erectores espinales, participa en la abducción , extensión y rotación interna del brazo.

**2) Músculo glúteo mayor (*Musculus gluteus maximus*).**- Se inserta en la parte superior externa de la fosa iliaca y aponeurosis glútea, en la parte posterior del sacro, en

el cóccix, ligamentos sacrociáticos y el ligamento sacroiliaco mayor, finaliza en la cresta externa de la línea áspera. Su función es abductor, aductor y rotador del fémur. Eleva y sostiene la pelvis.

**3) Músculo glúteo mediano (*Musculus gluteus medius*).**- Se sitúa por delante del glúteo mayor, se origina en la zona media de la fosa iliaca externa, en la ceca iliaca y se inserta en la cara externa del trocante mayor. Es un músculo abductor, predomina en la extensión y rotación externa de la pierna.

**4) Músculo gémino superior (4<sup>a</sup>) e inferior (4<sup>b</sup>) (*Musculus gemellus superior e inferior*).**- Son dos pequeños músculos que se localizan en la parte profunda de la región glútea. El gémino superior se origina, en su parte proximal, en la espina isquial; mientras que el gémino inferior se inserta en la tuberosidad del isquion. Ambos se insertan en la punta del trocánter menor. Es un músculo que participa en la rotación lateral, extensión y abducción del muslo y mantiene la cabeza femoral en el acetábulo.

**5) Músculo semitendinoso (*Musculus semitendinosus*).**- Este músculo es una de los que conectan la cadera con los miembros inferiores. Se origina junto a la cabeza larga del bíceps femoral y se inserta hacia arriba en la tuberosidad isquiática, y se continua hacia abajo con un tendón cilíndrico hasta llegar a la parte superior interna de la tibia. Es un músculo isquiotibial. Participa en la extensión de la cadera, flexión de rodilla y rotador interno de la rodilla.

**6) Músculo bíceps femoral (*Musculus biceps femoris*).**- Consta de dos cabezas una larga y otra corta, la primera se origina en la tuberosidad isquiática y la segunda en la línea áspera del fémur, sus fibras se unen para formar un tendón común que se inserta

en el extremo superior del peroné. Participa en la extensión de la cadera y flexión y rotación de la rodilla.

**7) Músculo semimembranoso (*Musculus semimembranosus*).**- Es uno de los músculos posteriores del muslo, inicia en la tuberosidad isquiática y termina en un fuerte tendón en la parte posterior interna de la tibia. Participa en la extensión de la cadera y la flexión de la rodilla.

**8) Músculo cuadrado femoral (*Musculus quadratus femoris*).**- Se origina en la cara externa del isquion, detrás del agujero obturador y se dirige horizontalmente hacia fuera insertándose en la cara posterior del trocánter mayor. Participa en la rotación externa del fémur y la retroversión de la pelvis.

**9) Músculo obturador externo.- (*Musculus obturatorius externus*).**- Se origina en la cara externa del agujero obturador, se redirige hacia atrás por debajo del fémur y se inserta en el trocánter mayor. Participa en la aducción y rotación externa del fémur.

**10) Músculo aproximador mayor (*Musculus adductor magnus*).**- Se compone de dos haces, que se originan en la tuberosidad isquiática y la rama isquiopubiana, uno se inserta en la línea áspera del fémur y el otro desciende hasta la parte superior del cóndilo interno del fémur. Es el mayor de los abductores del fémur su disposición se enrolla del hueso ilíaco al fémur. Participa en la aducción, flexión y rotación externa.

**11) Músculo aproximador corto (*Musculus adductor brevis*).**- Se origina en la rama inferior del pubis y se inserta en la diáfisis del fémur, en la línea áspera. Participa en la aducción del muslo.

**12) Músculo aproximador largo (*Musculus adductor longus*).**- Se origina en la rama inferior del pubis, pasa por delante del músculo aproximador corto y se inserta en la parte posterior del fémur en la línea áspera. Aduce, flexiona y rota medialmente el muslo.

**13) Músculo recto del abdomen (*Musculus rectus abdominis*).**- Se origina en el borde superior del pubis, unido por un tendón y se inserta en al cara anterior de 5to, 6to y 7tmo cartílagos costales y apéndice xifoides. Este músculo poligástrico tiene la peculiaridad de estar cubierto por una fascia común y se forma por 4 vientres musculares, separados por tres bayas tendinosas. Ayuda a mantener la posición erecta y mantener las vísceras en su sitio. Participa en la flexión de la columna vertebral por medio de las costillas.

**14) Músculo pectíneo (*Musculus pectineus*).**- Se origina en la espina púbica, pasa por la cresta pectínea del pubis y se inserta en la parte posterior del fémur en la parte medial de la línea áspera, por debajo del trocánter mayor en la línea pectínea del fémur. Participa en la aducción y rotación externa del fémur.

**15) Músculo recto femoral (*Musculus rectus femoris*).**- Se origina en la espina ilíaca antero-inferior y se inserta en el tendón rotuliano. Flexiona el muslo hacia el tronco y extiende la pierna.

**16) Músculo sartorio (*Musculus sartorius*).**- Es el músculo mas largo del cuerpo es el mas superficial y pasa por encima de todo el muslo en diagonal. Se origina en la espina ilíaca antero-superior y se inserta en la superficie superior y antero-medial

de la tibia. Participa en las dos articulaciones que atraviesa, la cadera y la rodilla. Es un músculo flexor de la cadera, abductor del fémur y rotador externo. En la rodilla participa en la flexión y cuando existe la flexión y la extensión, rota la tibia hacia el interior.

**17) Músculo tensor fascia lata (*Tensor fasciae latae*).**- Se origina en la espina iliaca antero-superior y se inserta por debajo de la tuberosidad lateral de la tibia y borde externo de la rótula, en la cintilla ileotibial. Abduce e inclina la pelvis, participa en la estabilización del apoyo monopodal. .

**18) Músculo glúteo menor (*Musculus gluteus minimus*).**- Tiene su origen en la fosa iliaca externa hasta la línea glútea anterior y se inserta en el vértice del trocánter mayor. Su función es de abductor, flexor y rotador interno de la cadera.

**19) Músculo oblicuo externo del abdomen (*Musculus obliquus externus abdominis*).** Se origina en la cara externa e inferior de la 5ta a la 12va costilla y se inserta por medio de una aponeurosis en el borde anterior de la cresta iliaca y el pubis. Ayuda a sostener a los órganos abdominales y participa en la flexión y rotación del tronco. Ayuda a mantener el tronco erecto.

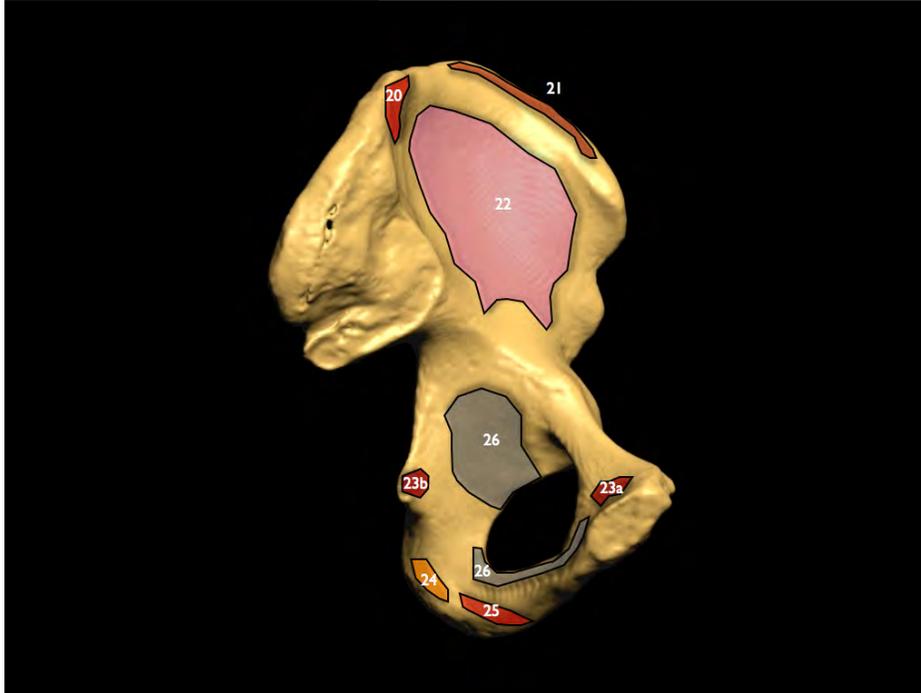


Figura 5.- *Visión interna del hueso coxal.*

**20) Músculo cuadrado lumbar (*Musculus quadratus lumborum*).**- Se encuentra en la parte posterior y lateral de la columna vertebral. Se origina en la cresta iliaca y el ligamento iliolumbar y termina en la última costilla y los procesos transversos de las vértebras lumbares. Participa en la flexión lateral de la columna vertebral

**21) Músculo transverso (*Musculus transversus abdominis*).**- Es el músculo más profundo del abdomen y ocupa la cara más externa abdominal. Sus fibras son transversales. Forma una especie de faja que recubre todas nuestras vísceras, desde las vértebras lumbares hasta el abdomen donde queda insertado. Se origina en la cresta iliaca, los vértices de las apófisis transversas de las vértebras lumbares, en el ligamento lumbocostal y cartílagos de la 8va a la 12va costillas. Su inserción en la línea pectínea, la línea alba y la cresta del pubis. Este músculo termina en una aponeurosis. Su función es comprimir el abdomen.

**22) Músculo iliaco (*Musculus iliacus*).**- Este músculo ocupa la cara interna del hueso iliaco, pasa anteriormente por el borde mismo, enrollándose en el cuello del fémur y termina en un tendón en el trocánter menor. El iliaco es un músculo de la cadera que ayuda a la anteversión pélvica y a la hiperlordosis lumbar. A menudo se le identifica, junto con el músculo psoas, como un único músculo debido a que su terminación y acción conjunta sobre el fémur, el psoas es un músculo lumbar.

**23) Músculo elevador del ano anterior (23<sup>a</sup>) y posterior (23<sup>b</sup>) (*Muscle elevador ani*).**- Músculo par que forma el piso de la pelvis junto con el músculo coccígeo. Los dos músculos elevadores del ano se originan en cada lado de la pared pelviana. Se origina en la parte posterior de la rama superior del pubis lateral a la sínfisis (23<sup>a</sup>), y se extiende a través del músculo obturador interno como un arco tendinoso que termina anteriormente en la espina isquiática (23<sup>b</sup>). La parte anterior se une con la parte superior de la membrana perineal. La parte posterior, se une con su colega del lado opuesto en el cuerpo perineal alrededor del canal anal a lo largo del ligamento ano coccígeo. Forma así la mayor parte del suelo pélvico y en combinación con el músculo coccígeo, forma el diafragma pélvico. El elevador del ano se divide en tres partes: el músculo iliaco coccígeo, el músculo pubococcígeo y el músculo puborrectal. Este importante músculo contribuye a la formación del piso de la pelvis, el cual sostiene a las vísceras de esta cavidad. Mantiene el ángulo entre el recto y el canal anal. También refuerza el esfínter anal externo y en las mujeres el esfínter vaginal.

**24) Músculo isquiocavernoso (*Musculus ischiocavernosus*).**- Músculo par, del periné. Se forma de fibras tendinosas insertadas en la superficie interna de la tuberosidad isquiática, termina en una aponeurosis que rodea la base del cuerpo

cavernoso del pene y la parte superior de los labios de la vulva. Su función es mantener el pene en posición eréctil

**25) Músculo transverso profundo del periné (*Musculus transversus perinei profundus*).**- Músculo par, menor en la mujer que en el hombre. Se encuentra en la parte central del periné. Se origina en la cara interna de la rama isquiopubiana y el isquion, se dirige hacia la línea media y rodea la vagina o uretra. Estabiliza, forma y mantiene el suelo de la pelvis.

**26) Músculo obturador interno (*Musculus obturatorius internus*).**- Se origina en la cara externa del iliaco y se inserta en el contorno del agujero obturador, por atrás pasa por la escotadura ciática y termina en el trocánter mayor. Participa en la rotación externa del fémur su flexión y abducción.

### **3.- Primeras clasificaciones de las fracturas de la pelvis.**

Los primeros reportes de las fracturas del anillo pélvico fueron escritos en 1848, por Joseph Francois Malgaine, en su trabajo: *Treatié de Fractures et des Luxations*, donde describe, entre otros casos, la fractura de Malgaine, consistente en una fractura doble del cinturón pelviano. En la parte anterior afecta las ramas isquiopúbicas, mientras que en la parte posterior corresponde a la luxación sacro ilíaca (Malgaigne 1848). Sin embargo, con el paso del tiempo y los avances tecnológicos el tratamiento y descripción de las fracturas del anillo pélvico no fueron suficientes para la atención de casos más complejos que la clínica empezó a atender.

En el siglo XIX, el medio de transporte común eran las carretas tiradas por caballos, mulas y burros, o la montura directa de los animales. Este tipo de locomoción era el causante de los accidentes a peatones en esa época, como lo demuestran los trabajos de Björnstig *et al.* (1991); Norwood *et al.* (2000); Yim *et al.* (2007). Los golpes por contusión que se originan por caídas o colisiones de animales pueden producir múltiples y serias lesiones. El mecanismo predominante de este tipo de lesiones son las fracturas de alta energía debido al tamaño y velocidad de los animales al momento del encuentro, que puede ser similar a los accidentes con vehículos de motor (Norwood *et al.* 2000)

El estudio y la relación de las fracturas del anillo pélvico con los accidentes por vehículos de motor inició cuando los investigadores empezaron a relacionar este tipo de fracturas con la muerte, al analizar las fracturas en los cadáveres producidas por accidentes automovilísticos.

Por ejemplo, Peltier (1965) hace notar que existe un incremento en el número de muertes que sufrieron fracturas de pelvis tras accidentes automovilísticos. Propuso una clasificación de las fracturas basada en la apreciación del tercio anterior del anillo pélvico, si la fractura afectaba o no la distribución equivalente del peso que se transmitía mediante la cintura pélvica, hacia los miembros inferiores cuando el sujeto estaba en posición erecta. Este tipo de valoración no es viable en la mayoría de los casos, ya que en general debe realizarse cuando el individuo está acostado y con diferentes equipos imagenológicos de apoyo basados en protocolos específicos (Guthrie, *et.al.* 2010) con la finalidad de prevenir las deformidades y reducir el número de complicaciones.

En 1981 el Dr. Bucholz reconoció la falta de estudios anatómicos sobre esta región pélvica al analizar 150 víctimas de accidentes relacionados con vehículos de motor –automóviles y motocicletas-, ya fueran conductores o peatones. Reportó que las fracturas de la pelvis y las dislocaciones eran la mayor causa de futuras discapacidades y fallecimientos. Si bien gracias a los avances de la medicina, muchos de los pacientes tratados en los años ochentas pudieron sobrevivir, todavía existía un alto porcentaje de pacientes que no tenían un adecuado tratamiento en la reducción de la fractura o la dislocación de los elementos hemipélvicos. Mediante necropsias trató de observar

directamente a las fracturas de Malgaine, con el objetivo de entender mejor la lesión y poder darle un tratamiento más efectivo (Bucholz 1981).

### **3.1.- Clasificación de las fracturas por Marvin Tile 1988**

Más de media década pasó para que Marvin Tiles (1988) propusiera una clasificación enfocada en la estabilidad o inestabilidad de la cintura pélvica. En su clasificación incluyó la anatomía de la cintura pélvica y la perspectiva biomecánica para establecer tres principios sencillos resumidos de la siguiente manera:

a) La pelvis en su conjunto forma un anillo. Si el anillo se rompe en un área y los fragmentos se desplazan, es común encontrar una fractura o dislocación en otra porción del anillo.

b) La estabilidad del anillo pélvico depende de la integridad del complejo sacro iliaco, y de los ligamentos sacroiliaco mayor, sacrotuberoso y sacroespinoso. La fuerte unión de los ligamentos posteriores mantienen la normal posición de el sacro en el anillo pélvico, por otro lado el ligamento sacroespinoso resiste la rotación externa de la hemipelvis, mientras que el ligamento sacrotuberoso resiste fuerzas rotacionales y de desplazamiento en el plano vertical.

c) Las mayores fuerzas que actúan sobre la hemipelvis son la rotación externa e interna (compresión por el lado lateral) y el desplazamiento vertical. Sin embargo, algunas fracturas de alta energía pueden no presentar este patrón sino uno muy diferente.

### **3.1.1.- Fracturas tipos A, B, y C**

Las fracturas de la pelvis se pueden dividir en tres grupos principalmente, basados en la estabilidad/ inestabilidad vertical de la pelvis (Tabla 2).

#### **3.1.2. Tipo A.- Fracturas estables.**

La estructura del anillo pélvico permanece estable o el desplazamiento es nulo o insignificante. En las fracturas de Tipo A1 el anillo no está afectado, son las fracturas de avulsión que se observan en la espina o en la tuberosidad isquiática. En las fracturas de Tipo A2, puede existir una fractura en el anillo pélvico pero ella no muestra desplazamiento y presenta estabilidad. Las fracturas del Tipo A3 son las fracturas transversales del sacrococxis que de igual manera no comprometen el anillo pelviano.

#### **3.1.3.- Tipo B.- Fracturas rotacionalmente inestables y verticalmente estables.**

La fractura Tipo B1 conocida como fractura de libro abierto, se debe a fuerzas externas de rotación que resulta en una ruptura de la sínfisis del pubis pero conserva su estabilidad vertical. La hemipelvis es inestable en rotación externa pero está estable en rotación interna.

Ambas fracturas tipo B2 y B3 se originan por una fuerza de compresión lateral, en estos casos la hemipelvis es inestable en rotación interna. Dos tipos de lesiones de compresión lateral se diferencian, dependiendo dónde la fuerza actúa, si en la parte posterior o en la parte anterior. En la fractura Tipo B2, la lesión se

observa ipsilateral, la ramas se fracturan anteriormente mientras que la parte posterior se aplasta pudiéndose deformar por la presión o golpe, o bien puede existir un desplazamiento y superposición en la sínfisis. En la tipo B2 la lesión es contralateral y la causa se debe generalmente a un golpe directo en la cresta iliaca, pero la mayor lesión se observa en la parte anterior en el lado opuesto donde ocurrió la lesión posterior. Cuando se fracturan las cuatro ramas anteriormente, como en la lesión tipo B3, la hemipelvis afectada rota anterior y superiormente como un asa de balde, el complejo posterior está relativamente intacto pero las piernas muestran una gran discrepancia en su longitud y por ello es importante una reducción de la lesión en un plano vertical.

#### **3.1.4. Tipo C.- Fracturas inestables.**

Las fracturas tipo C son las más delicadas puesto que existe una ruptura de los ligamentos sacroespinoso y sacrotuberoso que forman el piso pélvico, así como el complejo sacroiliaco posterior. Esta lesión puede solo afectar un lado, unilateral, tipo C1 o ser bilateral, tipo C2. En el tipo C3 existe una fractura en el acetábulo. El desplazamiento del complejo sacroiliaco origina la inestabilidad vertical.

Clasificación de Tile	
Tipo A.- Fracturas estables.	
A1 A2 A3	Fracturas de avulsión. Fracturas estables de la cresta iliaca o dislocación del anillo pélvico sin desplazamiento. Fracturas sacrocoxígea transversa.
Tipo B.- Fracturas parcialmente estables, el complejo sacroiliaco no de afecta ( inestabilidad rotacional, estabilidad vertical).	
B1 B2 B2-1 B2-2 B3	Libro abierto, rotación externa. Compresión lateral, rotación interna. Ipsilateral. Contralateral (asa de balde) Bilateral.
Tipo C.- Fracturas inestables, hay disrupción del piso pelviano y del complejo sacroiliaco.	
C1 C2 C3	Unilateral. Bilateral Asociado a fracturas del acetábulo.

Tabla 2.- Resumen de la clasificación de las fracturas en el anillo pélvico propuesta por Marvin Tile

## **3.2. Biomecánica de las fracturas del anillo pélvico**

Teniendo en cuenta la anatomía de la cintura pélvica, podemos sugerir los mecanismos de fractura. La parte del anillo pélvico que se encuentra más reforzado es la parte posterior de la pelvis mediante los ligamento sacroilíacos anteriores y posteriores; una ruptura en esta región es un signo de lesión severa que posiblemente implicó una fuerza de energía alta y sugiere algún tipo de inestabilidad en el anillo pélvico. Por el contrario la sínfisis púbica, la parte anterior de la cadera, unida por el ligamento púbico inferior y posterior está menos reforzada y es más susceptible a fracturarse (Tile 1988)

En (1987) Young y Burgess introdujeron un sistema basado principalmente en el mecanismo de la lesión. Definieron cuatro grupos: compresión anteroposterior, compresión lateral, el desplazamiento vertical y mecanismo combinado. A continuación se describen

### **3.2.1. Fuerza anteroposterior**

Un golpe directo puede causar la rotación externa en las espinas iliacas posteriores o bien fuerzas de rotación externas en las piernas pueden producen un tipo de lesión de libro abierto en la cual existe una separación de la sínfisis púbica, si la fuerza es mayor entonces se da la ruptura de los ligamentos anteriores sacroiliaco y sacroespinoso y la lesión puede ser mayor si la fuerza continúa, pues la hemipelvis puede ser desplazada y originar una gran inestabilidad. Este tipo de lesiones sugiere un patrón de fuerza anteroposterior.

### **3.2.2. Fuerza de compresión lateral**

Cuando existe una fuerza de compresión lateral (rotación interna) ésta se debe a un golpe directo en la parte lateral de la cresta ilíaca o a una fuerza indirecta, a través de la cabeza femoral. Se traduce en fracturas de compresión en la parte posterior del anillo y fracturas de la rama anterior.

Es importante mencionar que cuando existe una lesión anterior y posterior debido a una fractura el anillo pélvico, las fracturas pueden observarse en el mismo lado, las llamadas ipsilaterales. O en el lado opuesto, contralateral, este último tipo está asociado con las mayores deformaciones rotacionales y pueden resultar en una unión incorrecta.

### **3.2.3. Fuerza de desplazamiento vertical**

Finalmente, la fuerza vertical puede desplazar el patrón trabecular de la pelvis, causando severos daños tanto en el hueso como en los tejidos blandos.

### **3.2.4. Mecanismos combinados**

Generalmente se combina la fuerza de compresión lateral con el desplazamiento vertical.

### 3.3. Vectores en movimiento

Se ha descrito la anatomía de la pelvis para poder explicar la biomecánica de las fracturas, donde operan mecanismos y vectores anteriores, posteriores, laterales o combinados. En la figura 6 se puede observar el movimiento que se afecta cuando cierta región del hueso se rompe.

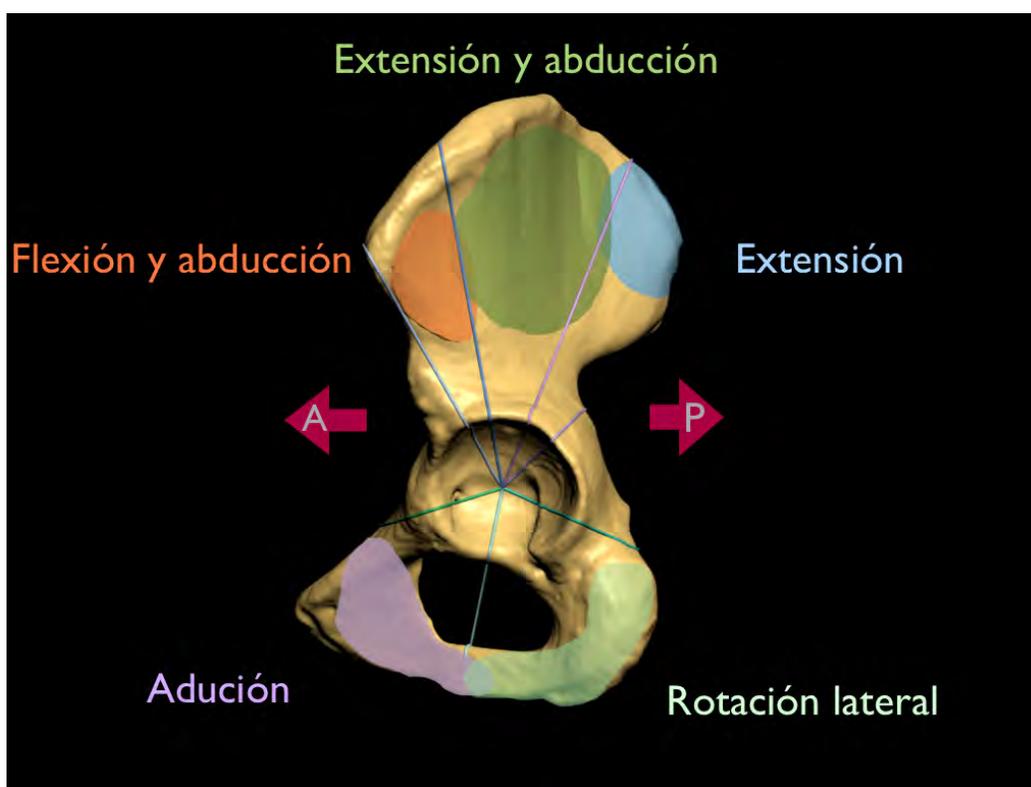


Figura 6. Se puede entender que tipo movimiento se afecta cuando existe una fractura en determinada región del hueso iliaco.

#### 4. Análisis del trauma en contextos forenses.

El análisis del trauma ha ido adquiriendo una importancia fundamental en las ciencias forenses. Incluye todo tipo de lesiones ocasionadas por fuerzas externas, ya sea en hueso fresco o seco. Particularmente, el antropólogo forense se enfoca en estudiar cómo la energía externa se impacta y afecta en el hueso. Con base en ello puede distinguir si una lesión se originó estando aún presentes los componentes orgánicos como agua, sangre y colágeno, elementos que dotan de cierta elasticidad al hueso. Es decir, si la lesión se hizo cuando el tejido óseo aún estaba fresco. Cuando el hueso está seco, o carece de los tejidos blandos y humedad referente al hueso fresco, reacciona como material quebradizo, al perder las características fisiológicas, también la humedad y ductilidad decrecen considerablemente (Maples 1986; Haglund y Sorg 2002; Drikmaat 2008, Wieberg y Wescott 2008; Wheatley 2008).

En este capítulo se explicarán las características macroscópicas de las lesiones llamadas *perimortem*, de acuerdo a la experiencia vertida por bioarqueólogos y antropólogos forenses. Con esta información se propone que para determinar si una lesión es *perimortem* o *postmortem*, el diagnóstico diferencial de las lesiones debe basarse, ante todo, en un proceso de eliminación entre las características de las lesiones que se observan cuando el hueso aun conserva sus propiedades de tejido fresco o no.

Existen lesiones que presentan una mayor dificultad para precisar cómo se realizaron; puesto que después de la muerte los procesos tafonómicos, tales como el acarreo (agua, viento, animales, humanos), medio ambiente o modificaciones en hueso intencionales, pueden alterar la apariencia del hueso al grado de que los antropólogos forenses pueden no ser capaces de reconocer la evidencia de la acción criminal (Calce y Rogers 2007), eso puede complicarse con el simple hecho de que varios agentes tafonómicos pueden alterar las marcas de un traumatismo (Haglung *et al.* 1989). Por ejemplo, los huesos expuestos a los efectos de la lluvia o la nieve son también susceptibles a formar grietas en el hueso, doblarse como cuñas y presentar astillas características comunes a las encontradas en el traumatismo contuso (Calce y Rogers 2007).

Sin embargo, mediante las características de los bordes de la fractura observados en el análisis del traumatismo se puede sugerir el tipo de lesión al cual nos enfrentamos: si fue hecha cuando el hueso era ya un material seco y deshidratado o aun estaba o fresco e hidratado.

Antes de poder hacer un diagnóstico diferencial entre una lesión *perimortem* y una *postmortem* debemos definir qué es lo *perimortem*.

El concepto de *perimortem*, ha sido utilizado indistintamente por bioarqueólogos, antropólogos forenses y médicos. El significado que cada uno da, hace confusa su aplicación.

Tradicionalmente, los antropólogos forenses han utilizado los conceptos de *antemortem* (lesiones ocasionadas antes de la muerte), *perimortem* (alrededor de la muerte)

o *postmortem* (después de la muerte), para hacer referencia al tiempo en el cual el trauma ocurrió, (Sauer 1998; Ortner y Putshar 1981; Ortner 2003; Barbian y Sledzik 2008).

Sin embargo, estos conceptos tienen que ser revalorados, ya que se refieren a un periodo temporal y no a una descripción de la condición física del hueso al momento que la lesión se originó sobre él, si estaba seco o fresco (Wieberg y Wescott 2008).

En los primeros textos de Antropología Forense, los estudios se enfocaban básicamente en la identificación del sexo, la edad, estatura y “raza” (término que en ese entonces no causaba la polémica que actualmente se debate). El análisis del trauma aún distaba de ser valorado y reconocido como herramienta técnica que presentara una posible evidencia con fines médico legales.

Así, tenemos que en 1939 Wilton Marion Krogman escribió una guía oficial para el FBI, titulada *A Guide to the identification of Human Skeletal Material*, luego pasaron más de 20 años, y en 1962, escribió el volumen definitivo *The Human Skeleton in Forensic Medicine* (Haviland, 1994). Krogman (1986) sólo menciona algunas observaciones del ambiente en el lugar donde se recuperan los restos, el estado de descomposición, y algunos factores mecánicos de movimiento de los restos: agua, deslaves ocurridos en ciertas estaciones o debido a la temperatura. Este tipo de observaciones “tafonómicas” estaban lejanas a dar la información que los huesos en si mismos pueden dar sobre el tiempo transcurrido desde la muerte, basado en la presencia o ausencia de ligamentos, filtración de grasas u otros componente orgánicos Su trabajo tampoco mencionó las características de las lesiones en contextos forenses y la importancia del análisis del trauma.

Otro reconocido antropólogo forense que podemos mencionar es a T. Dale Stewart, consideró muy superficialmente el análisis del trauma haciendo una diferenciación entre las fracturas *antemortem* y *postmortem* en su libro *Essentials of Forensic Anthropology*, publicado en 1979, y si bien fue uno de los pioneros del desarrollo de la Antropología Forense de los Estados Unidos, su obra se avocó principalmente a lo que la corte requería en esa época para un antropólogo “la importancia de los testigos expertos”, “el testimonio en la corte” enfocándose principalmente en la identificación, sexo, edad, estatura y raza (Steward y Kerley 1979).

Durante los años 70's e inicios de los 80's el trauma sólo fue abordado desde la perspectiva de la paleopatología; la descripción se enfocaba en los diferentes tipos de traumatismos y las características generales del trauma. Los estudios de traumatismos se hacían en materiales históricos y arqueológicos, centrándose en la frecuencia y distribución con respecto al sexo y la edad de las poblaciones extintas. En ocasiones las interpretaciones relacionaban el tipo de fracturas con las actividades de subsistencia (Angel 1974) o con la violencia intencional entre poblaciones antiguas (Ortner y Putschar 1981; Walker 1989).

Pasaron unos años más para que el análisis del trauma fuera integrado en el estudio e interpretación de los materiales óseos forenses.

#### 4.1 Lo perimortem en bioarqueología

Paralelamente, una nueva corriente dentro de la antropología comienza a desarrollarse, la bioarqueología, enfocándose en el estudio de la interacción de los procesos biológicos, sociales y culturales dentro de las sociedades (Larsen 1999).

Menciono a esta rama por que inició antes que la antropología forense el estudio de las modificaciones en hueso en base a los bordes de las superficies fracturadas, señalando cuándo las fracturas, cortes y evidencia de huesos quemados pueden ser modificaciones humanas, animales, o las condiciones medio ambientales.

La tafonomía, fue un término originalmente desarrollado para el campo paleontológico por el científico ruso Ivan Efremov en 1940, quien describió el estudio de la transición de los organismos de la biosfera a la litósfera hasta la creación de un fósil para entender un registro geológico (Efremov 1940). Esta rama permitía explicar más fácilmente la causa de muerte de los animales basándose en la posición y dispersión de sus restos al momento que fueron encontrados; poco a poco se incluyeron otras observaciones que facilitarían las interpretaciones basadas en la evidencia arqueológica y la causa de su degradación (O'Connor 2005).

De este modo la tafonomía también encontró una buena aplicación en el campo de la arqueología y posteriormente en la antropología forense, ya que permitió que se pudieran llevar a cabo otro tipo de análisis e interpretaciones en los depósitos óseos con alteraciones animales o humanas (Fisher 1995; Ubelaker 1997).

Así se inician una serie de trabajos pioneros de la bioarqueología y paleoantropología en los estudios de conjuntos de huesos fósiles para tener información acerca de los procesos de descomposición tafonómica, incluidos el comportamiento humano y las actividades económicas de grupos extintos (Toots 1965; Brain 1967; Behrensmeyer 1978; Bunn 1981 ).

En 1997 Andrews y Cook (1985) tuvieron la oportunidad de estudiar las modificaciones de un esqueleto de vaca en un clima templado, con una metodología que permitiera el control de variables. Especifican que no hubo intromisión humana, pero sí en cambio una actividad constante de carnívoros, registrando las fracturas, pisoteos y la dispersión de los huesos. Esperaron durante siete años y medio hasta que pudieron hacer una excavación y análisis de las superficies fracturadas y publicar sus resultados describiendo los procesos de alteración y descomposición ósea.

En los trabajos de Turner (1983) y Turner y Turner (1990) se estudió la violencia humana y el canibalismo mediante la reconstrucción de las modificaciones tafonómicas, con base en las características de las fracturas, cortes y exposición al fuego de los huesos; para diferenciar si fueron hechas *perimortem* o *post mortem*; quienes definieron lo “*perimortem*” como cualquier daño o alteración en hueso fresco ya sea antes, durante o después de la muerte. Esta es la primera definición que se basa en un sentido fisiológico, es decir, cuando el tejido óseo aún conserva sus propiedades de tejido vivo, y no en base al tiempo como lo hacía la antropología forense.

Otro trabajo memorable de la bioarqueología es el trabajo de Villa y Mahieu (1991).

Estos investigadores estudiaron, en los bordes de las superficies fracturadas, las repercusiones de determinados procesos tafonómicos, de tres conjuntos de huesos largos en diferentes contextos arqueológicos: a) por presión de sedimentos, b) huesos largos frescos utilizados para la extracción de médula, y c) huesos rotos producto de la extracción en las excavaciones arqueológicas. Estos materiales fueron idóneos para distinguir los bordes de tipo *perimortem* en las superficies fracturadas.

Basados en el concepto de *perimortem* propuesto por Turner y Turner (1983; 1990), estos autores mencionan que se pueden considerar 5 características para diferenciar los bordes fracturados a saber: 1) la línea de fractura, 2) el ángulo de la fractura, 3) el contorno de la fractura, 4) la dirección de la fractura, y por último, 5) la proporción y el tamaño de los elementos fracturados.

Villa y Mahieu (1991) señalan que los tres diferentes sitios arqueológicos excavados en el sur de Francia cuentan cada uno con un conjunto de huesos largos que pueden darnos criterios diagnósticos para diferenciar los bordes de las superficies fracturadas, ya que el contexto donde los materiales óseos se encontraron, proporciona información inequívoca sobre diferentes procesos tafonómicos.

Estos sitios son: 1) Sarrians representado por un entierro de tipo colectivo; los huesos largos se fragmentaron debido a la presión de los sedimentos, 2) Fontbrégoua, una cueva con un conjuntos de huesos largos rotos cuando el hueso aún conservaba sus propiedades de tejido fresco, pues fueron fragmentados para la extracción de la médula ósea, y 3) Bezocue, un entierro colectivo con huesos rotos por el dueño del terreno

mediante el pico y la pala y un arqueólogo inexperto; por tanto la causa de la fractura fue sobre hueso seco.

Éstos son los resultados de este estudio: En el sitio Sarrians se observaron fracturas incompletas, cuyo origen se debe a un proceso de compactación que fue largo y progresivo, en suma, diagénico, ocasionado por una presión de los sedimentos. El estado de fragmentación de los huesos corresponde a un proceso de rotura y no el inicio de ésta. Es posible que el proceso de fragmentación se facilitó con la descomposición de la carne, creando huecos entre los huesos y zonas de presión diferencial en la masa de los cuerpos y sedimentos.

En Fontbrégoua, se observan roturas de huesos largos que suponen la percusión sobre el hueso fresco; lo evidencian las micro lascas adheridas en el punto de impacto, los bordes afilados de la fractura, la disposición de los fragmentos de hueso fracturado, que no pertenecen al mismo hueso, y que permiten concluir que éstos fueron arrojados después de haberlos fracturado. Según este estudio, no hay duda que las fracturas de estos huesos fueron hechas por percusión para la extracción de médula.

Por ultimo, el sitio Bezocue. Se determinó, mediante el color de las superficies de las fracturas, que los huesos fueron sometidos a dos tipos de fragmentación. En unos las superficies de fracturas mostraron un color patinado, viejo, posiblemente debido al colapso del techo y/o a la presión de los sedimentos, en otros las fracturas tienen una coloración blanca, proceso que ocurrió debido a una extracción, sin el debido cuidado, por parte del propietario del terreno donde fueron hallados los materiales; en este conjunto sólo se

analizaron las fracturas recientes.

Mediante una observación macroscópica, Villa y Mahieu (1991) analizaron los bordes de las superficies fracturadas y registraron las siguientes características:

Ángulo de fractura. Es el ángulo formado por la superficie de la fractura y la superficie cortical. El ángulo obtuso y el agudo se asocian con hueso fresco, mientras que el ángulo recto se ha asociado, preferentemente, con hueso seco.

Contorno de la superficie fracturada. Se analiza el contorno de la diáfisis, fracturas transversales al eje axial, o curvas, es decir fracturas en espiral, o las fracturas en forma de “V” (V-shaped) e intermedias.

Borde de la fractura. Se refiere al margen de la fractura: cuando es liso se relaciona con hueso fresco, mientras que un borde irregular, se le asocia con hueso seco. Se observa si el hueso presenta astillas en el borde fracturado.

La clave para hacer un correcto diagnóstico de las fracturas *perimortem* de las *postmortem*, se debe basar en la observación de estos aspectos, el énfasis se debe de hacer sobre los bordes de la superficie fracturada, registrando cada una de las marcas dejadas sobre el hueso.

Un año después, White (1992) publica su libro sobre canibalismo, partiendo de la idea de que el daño observado en un conjunto de huesos se puede atribuir a la acción humana y no a causas externas. En su muestra observó cuatro indicadores que le permitieron trabajar con su hipótesis: la ausencia de daños ambientales, la inexistencia de

modificaciones hechas por carnívoros, la poca o mínima presencia de daños *postmortem*, y por último, que los fragmentos de hueso que se observan no son producto de la presión de sedimentos. Trató de evitar el abuso y la relación que se hace en la morfología de las fracturas con las modificaciones hechas por el hombre, por lo que su trabajo se enfocó más en analizar las acciones hechas por el hombre sobre hueso fresco que causan las huellas de modificaciones, es decir, las características de cortes, percusiones o el fuego hecho sobre el hueso seco ocasionadas por la acción humana. Su trabajo cauteloso y metodológico puede ser útil en contextos arqueológicos como en los forenses; por ejemplo, en ese libro publicó la primera descripción de descarnamiento y el tipo de marca o modificación que deja en el hueso.

#### **4.2 La antropología forense y el concepto de *perimortem***

El interés por estudiar los procesos de descomposición había sido entendido por la *University of Tennessee Anthropological Research Facility* en 1981, bajo la dirección del Dr. William M. Bass y mediante el programa de donación de cadáveres se dieron las facilidades para el estudio de la descomposición humana en diferentes condiciones (bajo agua, en diferentes niveles de enterramiento, en la superficie, en el invierno o verano entre otros) “la granja de cadáveres” (*Body Farm*) que también ha sido utilizada en el entrenamiento de técnicas para oficiales en la escena del crimen desde finales de los 60’s (Gilbert y Bass 1967; Bass y Jefferson 2004).

A mediados de los ochenta, Maples (1986) conceptualizó el término de *perimortem* como el periodo alrededor de la muerte, pero mencionó la dificultad de precisarlo y lo

evaluó como un intervalo elástico y vago. Vale la pena resaltar que a pesar de que en su trabajo no precisó bien el concepto de *perimortem* sí hizo una gran aportación a la antropología forense al describir las diferencias entre las distintas propiedades que tienen el hueso seco y el fresco.

Notó que el hueso seco es más duro y rígido y su fragilidad es mayor, por tanto, la característica de la fractura es diferente a la que se observa en el hueso fresco que aún tiene elasticidad como se puede observar en las fracturas de rama verde, en las fracturas por depresión en el cráneo, las fracturas circulares concéntricas, radiales y fracturas estrelladas; características que no se observan en hueso seco cuando éste ya perdió su elasticidad. Mencionó que una de las primeras características de las fracturas hechas en hueso fresco, observadas posteriormente sobre el hueso seco, son los **bordes cortantes** del hueso fracturado y que para percibir los cambios osteogénicos de regeneración sobre el hueso se necesita al menos una semana.

También describió algunos de los cambios *postmortem* que él observó en los huesos. Por ejemplo, registró que puede haber coloración *postmortem* por hemorragia, emisión de fluidos durante la descomposición o por contaminantes como el suelo, el agua sucia o las manchas de las hojas. Sin embargo, al no precisar la definición del término *perimortem* pareciera que lo enfrascó en el tiempo; es decir, lo consideró como un concepto temporal, mientras que por el otro lado, las diferencias que hace de las fracturas ocasionadas en hueso fresco y/o seco las hizo en base a su estado fisiológico.

Los antropólogos forenses se empeñaban en hacer descripciones morfológicas de las

fracturas de tipo *perimortem*. Sauer (1998) mencionó algunas de las características que se observan en los bordes de las fracturas de los huesos largos, y hace una distinción entre las diferencias de las fracturas hechas sobre hueso “fresco” o “vivo” y las de las fracturas ocasionada sobre hueso seco.

El hueso fresco, debido a que aún contiene los fluidos que lo forman (grasa, colágeno, agua, vasos, etcétera) es más flexible y presenta una mayor resistencia a la tracción que el hueso seco. Por tanto, los fragmentos de hueso fracturado tienden a astillarse y a quedar unidos uno al otro. La irregularidad de las superficies fracturadas es otra de las características propia del hueso fresco, mientras que el hueso seco, es más frágil y tiende a romperse en fragmentos pequeños e irregulares.

Asimismo, Sauer (1998) refirió que en las fracturas *perimortem* el proceso de curación no se registra en el esqueleto como se puede observar en las lesiones de tipo *antemortem*, sin embargo señaló que en los casos en los que la lesión produce la muerte, una o dos semanas después, la lesión debe considerarse *perimortem*; por ello definió como tal a cualquier lesión asociada con la manera de muerte, por lo que hace hincapié en señalar que las lesiones *antemortem* o *postmortem* no se limitan a una estricta determinación de que el individuo estaba muerto o vivo en el sentido fisiológico al momento en que el trauma ocurrió.

Creo pertinente hacer una breve reflexión en cuanto a la contradicción de Sauer (1998). Sabemos que Sauer definió las fracturas denominadas *antemortem* como las lesiones en las que se evidencia su remodelación ósea. Sin embargo, ¿que pasa cuando

existe evidencia de una lesión que presenta remodelación ósea y está asociada a una lesión del esqueleto que se relaciona con la causa de muerte? Para Sauer, de acuerdo con su definición, cualquier lesión directamente asociada con la causa de muerte (incluso aquellas que muestran signos de remodelación ósea, las consideradas *antemortem*) deben considerarse *perimortem*. Para él, el concepto de *perimortem* debe de extenderse. Esta idea se discute hasta el 2007 en el libro de Komar y Buikstra (2007) como lo menciono mas adelante.

A principio de los años noventa en el libro *Postmortem change in human and animal remains* (1991) del Dr. Marc Micozzi, publicó, por primera vez, la sistematización cronológica de las transformaciones tafonómicas *postmortem* de esqueletos animales y humanos, poniendo especial atención en los factores físicos y culturales. En este libro se describen los procesos de descomposición del cadáver hasta llegar al esqueleto, incluyendo la secuencia de la desarticulación, el transporte de los huesos, ya sea por animales o por las condiciones medio ambientales y los efectos del suelo. Sin embargo, no se incluye algún capítulo que relacione el análisis del trauma o los bordes de las superficies fracturadas con las características de procesos taxonómicos: marcas de animales, acción del medio ambiente o del hombre, etcétera.

En ese mismo año el Dr. William D. Haglund presentó su tesis doctoral *Applications of taphonomic models to forensic investigations* y posteriormente se consagró como investigador dentro de esta rama, y sus estudios son ahora indispensables en cualquier trabajo de Antropología Forense, basta con conocer la gran cantidad de

publicaciones de él y otros investigadores (Haglund 1993 y 1998; Haglund y Sorg 1997 y 2002; Haglund *et al.* 1989); entre otros.

Haglund y Sorg (1997) definieron la tafonomía forense como el estudio de la transición de los humanos como organismos vivos en restos mortales, incluyendo la causa de muerte con fines judiciales y legales.

En general vemos, a lo largo de esta breve exposición, que arqueólogos y paleoantropólogos empezaron a incrementar los estudios de tafonomía, aplicados a modificaciones culturales. Mientras tanto, la Antropología Forense ahora ya no sólo se ocupaba por los trabajos de identificación, como en un principio, sino que empezó a incluir parte de su quehacer al análisis del traumatismo, tratando de identificar el momento en que la fractura ocurrió: *perimortem* o *postmortem* (Drikmaat 2008).

Komar y Buikstra (2007) dejan claro que para investigar la muerte se necesita un periodo de tiempo para el deceso. Este periodo de tiempo representa tres periodos distintivos: *antemortem*, *perimortem* y *postmortem*, y para definir lo *antemortem* y lo *postmortem* primero se debe definir lo *perimortem*, lo cual es un poco complejo.

Así, el periodo *perimortem* abarca los eventos alrededor de la muerte. Por ejemplo, en un individuo el periodo *perimortem* inicia con la interacción entre el individuo y su causa de muerte. Si la muerte es producto de cualquier trauma, enfermedad o alguna acción que inicia una serie de eventos que terminan con la muerte, ese es considerado como el periodo *perimortem*. Puede ser un balazo letal y esta interacción puede ser muy breve, o en cambio puede ser muy larga, como una enfermedad prolongada por la secuela de la lesión.

Definir lo *perimortem* se complica aún más en los casos de homicidios en donde la interacción entre el asaltante y el occiso se extiende mas allá de la muerte de la víctima, es decir en casos de mutilación y desmembramiento el periodo *perimortem* termina hasta que el cuerpo es colocado o depositado en algún sitio. Los términos *antemortem* y *postmortem* se definen de la siguiente manera: el periodo *antemortem* inicia con el nacimiento y termina con la muerte, mientras que el periodo *postmortem* empieza cuando termina el periodo *perimortem* y continúa hasta que el cuerpo es descubierto (Komar y Buikstra 2007).

Symes *et al.* (2002) mencionan que existe una confusión con respecto al plazo entre los conceptos *perimortem* y *postmortem*, en especial cuando los antropólogos se enfrentan al entorno de la medicina forense. Tomemos por ejemplo el caso de los patólogos forenses quienes asignan a lo *perimortem* y *postmortem* una clara relevancia temporal (es decir, *antemortem versus post-mortem*), mientras que los plazos entre lo *perimortem*, que los antropólogos podrían referir, son resueltos desde una perspectiva estrictamente tafonómica. Exponen el ejemplo de cómo los patólogos forenses podrían diferenciar los rasgos de los traumatismos cortantes en dos tipos: las heridas con arma blanca se evalúan como *antemortem* y el desmembramiento y mutilación como *postmortem*. Estos tipos de heridas son médicamente diferenciadas sobre la base de la presencia de la reacción vital en los tejidos blandos (no sobre el hueso), y también categóricamente, porque las víctimas rara vez son apuñaladas después de la muerte y el desmembramiento no suele ser elegido como método de asesinato. Esta discrepancia bastante significativa para definir lo *perimortem* y *postmortem* en el traumatismo cortante sigue estando vigente entre el médico forense y el

antropólogo forense y sólo es el resultado de su entrenamiento profesional. En el primer caso la causa de la muerte desde el punto de vista del patólogo forense cae sobre juicios y exámenes médicos, mientras que los antropólogos quizá basen más su categorización desde un punto de vista tafonómico, sobre las características fisiológicas del hueso como un material con propiedades orgánicas. Los antropólogos, al examinar los traumatismos cortantes buscan encontrar evidencia de la reacción vital ósea (cicatrización ósea por remodelación) o cuando la evidencia está ausente, hacen un intento por evaluar las lesiones de los huesos y explicar si éstas ocurrieron antes o después de la descomposición avanzada (en concreto, la pérdida de elasticidad del hueso).

Sin embargo, no se puede negar que existe una confusión entre el periodo *perimortem*. ¿Qué es alrededor de la muerte?, ¿Es un periodo o es un momento?, ¿Es una condición fisiológica o temporal?

He ahí parte de la controversia que existe entre la comunidad forense, y las diferencias que existen entre patólogos y antropólogos. Para el patólogo se considera el periodo *perimortem* cuando la lesión se origina sobre los tejidos blandos y su fatal consecuencia, lo cual puede extenderse hasta por años, mientras que, hasta ahora, para el antropólogo que revisa los restos óseos, el término *perimortem* tiene que ver con la descripción de la condición física del hueso (seco o fresco) al momento que la lesión se originó.

La elasticidad no comienza a disminuir al momento de la muerte o poco tiempo después, o sea que los huesos conservan su contenido de humedad, flexibilidad y matriz de colágeno por un periodo de tiempo aún después de la muerte (Wiebreg y Wescott 2008).

¿Cuánto tiempo perdura la elasticidad del hueso después de la muerte?, es una pregunta todavía poco resuelta, el trabajo de Wieberg y Wescott (2008) intenta responder a este aspecto.

En su trabajo trataron de averiguar por cuánto tiempo persisten las características de las fracturas *perimortem* en el intervalo *postmortem*. Quebraron huesos largos de puercos cada 28 días por un periodo de 141 días, y en sus observaciones los resultados pudieron observar que el hueso retiene sus propiedades “frescas” tiempo después de la muerte, y que los huesos fracturados no siempre manifiestan las características de *postmortem* sino hasta después de los 141 días, por lo que se debe tener precaución al determinar el momento cuando la fractura ocurrió. Dado que este estudio fue hecho sobre huesos largos, faltaría conocer si estas mismas condiciones se mantienen en el cráneo o en tejido esponjoso.

Sin embargo, es un hecho que este estudio fue realizado en condiciones de laboratorio y en realidad, el tiempo que se requiere para que un hueso pierda su viscoelasticidad y que las características de las fracturas difieran entre un hueso fresco y seco, dependen en gran medida de la relación entre el cuerpo/hueso y de su medio ambiente *postmortem*.

Se han diferenciado morfológicamente las características de las fracturas llamadas *perimortem*; se han mencionado, por ejemplo, los supuestos bordes cortantes de los huesos

fracturados, las líneas de la fractura, la superficie irregular de los extremos rotos, las fracturas de mariposa y la presencia de ángulos diagonales en las fracturas del eje Z (Maples 1986; Sauer 1996; Villa y Mahieu 1991; Ubelaker 1995; Wheatley 2008). Sin embargo, estas características no siempre son exclusivas de las fracturas *perimortem*.

Así, Ubelaker y Adams (1995) mencionan que las fracturas de mariposa muestran características que normalmente se han asociado con el trauma *perimortem* debido a su forma distintiva y a la ausencia de alguna remodelación ósea. No obstante, observan que las fracturas de mariposa también pueden ser producidas *postmortem*. Además, hay que observar otras características taxonómicas como la coloración y los bordes para poder establecer si fueron hechas sobre hueso fresco o seco.

Efectivamente, como el Dr. White (1992) lo mencionó, se había abusado un tanto de la morfología de las fracturas con las modificaciones hechas por el hombre, tal es el caso de las fracturas de mariposa que hasta antes de 1995 fueron asociadas como fracturas de tipo *perimortem*, hasta que Ubelaker y Adams (1995) difunden, en una publicación, que este tipo de fracturas también pueden ocurrir en hueso seco (*postmortem*) pero que para diferenciar un evento *postmortem* de un *perimortem*, en este tipo de fracturas, hay que observar otras características taxonómicas: como la coloración y los bordes de la superficie fracturada para poder establecer si fueron hechas sobre hueso fresco o seco.

Por otro lado, los trabajos bioarqueológicos han hecho importantes observaciones de las características *perimortem* con materiales óseos antiguos; en varios trabajos (Turner y Morris 1970; Turner 1983; Turner y Turner 1990) trataron de interpretar los fragmentos

fracturados que se encontraron en un conjunto de huesos, distinguiendo las marcas de hueso que fueron hechas *perimortem* de las *postmortem*, que son usualmente diferenciados por observaciones macroscópicas en la coloración, la textura y alteraciones de la superficie fracturada; este tipo de características tienen un patrón que puede indicar si la fractura fue hecha intencionalmente cuando el hueso aun estaba fresco. El criterio que utilizaron para definir lo *perimortem* (Turner 1983); (Turner y Turner 1990) se basó en cualquier alteración que se hizo sobre hueso fresco, antes, en el momento o después de la muerte.

Por ello, para poder hacer algún tipo de interpretación, es básico entender la fisiología del hueso y el comportamiento de éste cuando se presenta como tejido fresco o seco (White 1992).

Por ejemplo, las fracturas en espiral están relacionadas con la orientación en espiral que tienen las fibras de colágeno, especialmente en el húmero y en la tibia (Shipman 1981; Haynes 1986), y no si el hueso estaba seco o fresco, por ende el dato de que si esta fractura está relacionada al estado fresco o seco del hueso, carece de importancia. Más bien se debe a la combinación de la biomecánica de las fracturas con la forma del hueso. Cuando existe una fractura por pisoteo, ella ocurre en la parte más débil del hueso, y ello no es una condición particular a este diagnóstico acerca del tipo de fractura creada por este proceso, ya que lo mismo pasa en la mayoría de las fracturas, ellas ocurren en la parte más débil del hueso. Las lesiones *postmortem* usualmente son ocasionadas por actividad humana, animal y/o medioambiental (suelo, clima o erosión mecánica, transportación, etcétera).

### **4.3. La influencia de la tafonomía y la bioarqueología en la antropología forense**

A lo largo de esta exposición se observa que en los estudios bioarqueológicos (Blumenshine 1988, 1996; Gifford-Gonzalez *et al.* 1985; Turner 1983; Turner y Turner 1990 y Shipman 1986), han tratado de simular las alteraciones y modificaciones que ven sobre las características de las fracturas en hueso mediante la recreación de los posibles eventos. Así, los bioarqueólogos han observado que algunas de las características del hueso se pueden relacionar con una modificación ya sea intencionada o no intencionada, según las huellas que el hueso presenta, para luego poder interpretar los hallazgos relacionándolos con violencia, el destazamiento del cuerpo, canibalismo, o prácticas mortuorias (Hurlbut 2002).

Debemos de reconocer que los bioarqueólogos fueron los pioneros de un campo que, poco a poco, se ha ido integrando a la investigación forense (Calce y Rogers, 2007; Christensen *et al.* 2012; Croft y Ferllini 2007; Wieberg y Wescott 2008; Wheatley 2008; Lynn y Fairgrieve 2009; Cross y Simmons 2011).

Por ejemplo, las características de la fracturas debidas a un pisoteo y los eventos que se produjeron para que el hueso presente esa modificación fueron inicialmente descritas

por varios autores como de Fiorillo (1984), Blumenshine (1988, 1996), Behrensmeyer (1986), Olsen y Shipman, (1988). Cuando en el año de 2005 llegó al laboratorio de Antropología Física de la Facultad de Medicina un sujeto con evidencia de golpes intencionados, nos dimos a la tarea de recuperar su esqueleto y se observó que las características presentes en el húmero podrían ser el resultado de pisoteo que los bioarqueólogos han descrito en animales (Behrensmeyer 1986; Olsen y Shipman 1988).

Por ello no es de extrañar que el Dr. Ubelaker (1997) mencione que la tafonomía comenzó a ser trabajada en el campo de la antropología forense en los noventas. En este sentido es importante hacer hincapié en la importancia que tiene la investigación del análisis del trauma y en particular de los bordes de las fracturas desde un punto de vista tafonómico.

En términos generales se necesita de un mayor esfuerzo para dar una aproximación sistematizada de las posibles interpretaciones en la recuperación de restos humanos que obtienen los forenses. Es necesario incorporar rigurosos métodos arqueológicos que ayuden a enriquecer el contexto, y no perder la atención que se debe de prestar a los primeros estados del proceso de descomposición, su repercusión en la diagénesis del hueso y cómo ello puede afectar en las interpretaciones forenses (Sorg y Haglund 2002).

Se abre un nuevo campo de oportunidades a los antropólogos forenses ya que sería conveniente que el registro de los cambios en los bordes de los huesos bajo diferentes circunstancias -ya sean los accidentes de tráfico, muertes con violencia ocasionadas con distintos artefactos- den elementos para que el antropólogo forense agote todas las

posibilidades y saber interpretar; a veces sólo en las marcas observadas en el hueso, otras en conjunto con el contexto en el cual los restos fueron encontrados; ver si las lesiones que observa pueden estar directamente relacionadas con la causa de muerte o si sólo fueron efectuadas cuando el hueso aún conservaba todas sus propiedades como tejido vivo.

Blake (2009) nos cuenta la historia que sucedió en 1819: una joven fue secuestrada por colonos blancos y su esposo fue asesinado; ocho años más tarde los cráneos de ambos fueron a dar a la Universidad de Edimburgo, y el cráneo de la esposa es el que intriga a todos. Se tiene el registro que la causa de muerte de la mujer fue por tuberculosis, pero se discute la evidencia que se dispone al tiempo de muerte. En el cráneo se observa una fractura concéntrica sobre el parietal izquierdo con una línea radial que llegó hasta la base del cráneo. En este caso es difícil poder precisar si esta fractura le ocasionó la muerte o si la fractura se realizó poco después de la muerte y fue debida más bien a un manejo poco cuidadoso del cuerpo. Esto sólo es una referencia que apoya lo difícil que es hablar del término *perimortem*, por el simple hecho de que pueden ser múltiples las causas del origen de esta lesión.

Es importante conocer la biomecánica de las lesiones en el hueso y debe ser incluida como una herramienta más para entender mejor cómo es que el hueso humano se altera por diferentes eventos y por diferentes agentes. Todo con el objetivo de poder ofrecer descripciones más confiables (Galloway 1999). No hay que olvidar que el estudio de las modificaciones en hueso es complejo, y que en las ocasiones cuando dos o más agentes

tafonómicos se superponen, el abordaje sólo puede ser mediante un adecuado estudio comparativo de datos (Andrew y Cook 1985).

Es muy frecuente leer en los diarios de México el hallazgo de fosas clandestinas, o de muertos arrojados en las calles. Es urgente que en México se de impulso a las Ciencias Forenses, y en lo que concierne a la Antropología Forense este tipo de descubrimientos hace prioritario y necesariamente urgente el proceso de identificación, no sólo el osteobiológico, sino todos aquellos factores que puedan estar relacionados con la causa de muerte y la violación a los derechos humanos. En este sentido la arqueología y la antropología forense deberán apegarse a programas académicos para que su participación en el contexto de la medicina legal sea de gran ayuda.

La divergencia en cuanto a los conceptos ya sea en el sentido tafonómico, arqueológico y o médico, que expuse a lo largo de este capítulo, han apuntado las discrepancias; por ello propongo que tanto en materiales arqueológicos como forenses los conceptos de *antemortem*, *perimortem* y *postmortem*, deben ser analizados cuidadosamente en el sentido tafonómico como Symes *et al.* (2002) observan, o sea, enfocando la distinción entre hueso fresco o seco, las huellas de actividad humana y/o animal, las lesiones de tipo traumático ya sean cortantes o contusas, con o sin la remodelación ósea. La temporalidad de la lesión antes de la muerte o después de la muerte no debe basarse solamente en la evidencia ósea sino también en el contexto forense.

Desde un punto de vista forense la interpretación alrededor de la muerte depende de la secuencia del proceso tafonómico. A veces la evidencia tafonómica tiene que ser

analizada para que se pueda acceder a la información que los forenses necesitamos, por ejemplo, saber discriminar cuando las modificaciones en el hueso fueron ocasionadas por el acarreo o fueron hechas por un traumatismo cuando el hueso aún conservaba sus características de tejido vivo. Se sabe que tiempo después de la muerte, antes de que el hueso pierda sus propiedades viscoelásticas y sus componentes orgánicos, tiende a responder como un tejido vivo. Ciertamente se necesitan mas investigaciones se necesitan para poder tener estandarizaciones de la condición del hueso ante diversos agentes tafonómicos que influyen en los cambios que el hueso presenta.

## **5. Planteamiento del problema.**

En general las fracturas de la cintura pélvica han sido clasificadas en la clínica mediante, tomografías, radiografías y el examen físico, ello ha ayudado en su estandarización e interpretación de acuerdo a criterios tales como estabilidad/inestabilidad (Tile,1988) o de acuerdo al mecanismo de la lesión (Young y Burgess, 1987).

Los antropólogos forenses deben de hacer lo propio cuando el único recurso de información que se tiene es el hueso, por ello el análisis del trauma puede ser usado para fines forenses debido a que el registro de la lesión sobre el hueso, como tejido vivo, nos puede ayuda a recrear la biomecánica de la fractura. A pesar que la fractura de la pelvis es, por definición, una lesión ósea, no hay estudios que hasta la fecha se hayan centrado en la clasificación y la interpretación de las fracturas de pelvis en los restos óseos y creo que este tema es de particular importancia en la antropología forense, donde los cuerpos están a menudo en estados de descomposición o esqueletizados.

En algunos casos, debido a su fuerte asociación con la mortalidad, ciertos patrones de fractura de la pelvis pueden ser la única fuente de información sobre la forma y causa de la muerte. Por ello, con el fin de determinar el mecanismo, oportunidad y gravedad de las lesiones pélvicas en la ausencia de tejidos blandos u otra evidencia, es que se necesita de una buena comprensión de la biomecánica de la cintura pélvica y las respuestas al trauma óseo, con base en a las características morfológicas de las fracturas. El objetivo es demostrar la importancia del análisis de los patrones de fractura en el anillo

pélvico, particularmente en sociedades modernas y en contextos forenses donde los accidentes de peatón/carro son frecuentes y pueden ofrecernos nuevas interpretaciones de cómo una persona pudo haber muerto.

Por otro lado nos encontramos que las lesiones estudiadas tienen como particularidad que se ocasionaron cuando el sujeto estaba vivo, en consecuencia son lesiones hechas sobre el hueso como tejido vivo, cuando aun conserva cierta elasticidad, humedad, etc. debida a su composición de colágeno, sangre, agua y minerales; y por lo tanto las alteraciones que se observan sobre el hueso deben presentar morfologías de lesiones hechas sobre hueso fresco, estas lesiones ayudarán a entender el tipo de características que dejan las superficies fracturadas y su descripción ayudará a identificar este tipo de fracturas en contextos bioarqueológicos y forenses.

### **5.1. Objetivos**

1) Estudiar la **biomecánica** de las fracturas en la cintura pélvica ocasionadas por la acción de vehículos de motor, para entender el patrón característico de este tipo de lesiones y aplicarlo en el diagnóstico del hueso.

2) Analizar las características de las lesiones **hechas sobre hueso fresco**.

3) Revalorar el estudio y la importancia de las **lesiones traumáticas** en los contextos forenses.

4) Discutir el concepto de **perimortem** y su importancia en la investigación y práctica forense.

## **5.2. Hipótesis**

La hipótesis alternativa propone que las fracturas del anillo pélvico observadas en elementos óseos siguen un patrón distintivo como resultado de la presión producida por la combinación de fuerza y velocidad asociadas al impacto provocado por vehículos de motor.

Como hipótesis nula tenemos que las fracturas que involucran a la cintura pélvica no siguen un patrón distintivo y no pueden ser correlacionadas a un evento determinado.

## **5.3. Las series osteológicas CMNH-UNAM**

Se trabajó con dos series osteológicas que tenían similitudes. Ambas fueron formadas por cuerpos muertos en las calles, que no fueron reconocidos e ingresaron a la morgue. Primero los cadáveres fueron utilizados para las prácticas de disección en clase de anatomía y posteriormente los esqueletos fueron obtenidos con el fin de formar una colección osteológica de referencia, ambas pertenecen a la población urbana y/o migrante, de personas de nivel socioeconómico bajo.

**5.3.1. *Hamman-Todd Human Osteological Collection* en el  
*Cleveland Museum of Natural History (CMNH-HTH)***

Esta colección alberga alrededor de 3, 100 esqueletos humanos, resguardados en el Laboratorio de Antropología Física del mencionado museo, que pertenecen a pobladores del Norte de Ohio, Cleveland; son de origen americano y afro-americano.

Es una de las colecciones osteológicas, no arqueológicas, más grandes de los Estados Unidos de Norte América que inició desde 1893, cuando el Dr. Carl A. Hamman cirujano y profesor de anatomía empezó a integrar los primeros esqueletos. En el año de 1912 fue nombrado director en la Universidad de Medicina, razón por la cual debió dejar sus quehaceres tanto como profesor de anatomía, como en el museo de antropología física, que era a donde iban a parar los restos. El Dr. Hamman reunió alrededor de 100 esqueletos junto con los de otros mamíferos no humanos (Gottlieb, 1982). Por su cambio de adscripción, el Dr. Hamman necesitaba un buen relevo para su clase de anatomía y pidió una recomendación a su amigo Sir Arthur Keith, quien propuso al Dr. T. Wingate Todd nativo de Sheffiel, Inglaterra, por su notoriedad académica (Kern *et.al.* 2006). Así, tomó la posición de la clase de anatomía en la “Western Reserve Medical School”. En los 26 años que el Dr. Todd trabajó en la cátedra de anatomía, ingresó a la colección a más de tres mil esqueletos humanos y formó la colección más grande de cráneos de chimpancés y varios esqueletos de gorilas. La mayoría de los cadáveres humanos que llegaban desde la morgue eran de personas sin reclamar, las que documentó con la historia que se disponía en ese momento: usualmente el nombre, lugar de nacimiento, ancestría, posible causa de muerte y posibles enfermedades. Fotos, rayos X y el registro

de algunos cambios esqueléticos en varias etapas de la vida, fue una de las investigaciones que el Dr. Todd, siguió a la largo de su vida (erupción y calcificación de los dientes, osificación de los huesos, cierre de suturas craneales y por supuesto los cambios en la carilla auricular de la sínfisis púbica (Gottlieb, 1982).

Para el presente trabajo, de esta colección se usaron 9 casos que presentaron fracturas en la cintura pélvica y todos tenían el registro documentado de muerte accidental por vehículos de motor.

### **5.3.2 Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Medicina, Laboratorio de Antropología Física (UNAM-FAC.MED)**

El primer antecedente sobre un trabajo de antropología física realizado en Facultad de Medicina es el que llevó a cabo por el Dr. Santiago Genovés (1967), quien elaboró, a partir de la antropometría en cadáver, tablas para la estimación de la estatura en restos mesoamericanos, tablas que se han venido utilizado hasta el presente.

Lamentablemente los materiales que se utilizaron no fueron preservados. Sin embargo, ya se veía como una necesidad la formación de una colección ósea de referencia. Pasaron algunos años hasta que en 1992 el Dr. Joaquín Reyes Téllez Girón y el Dr. Mario Alva Rodríguez, convencidos de la necesidad de integrar los conocimientos antropológicos dentro del ámbito forense, lograron establecer un Laboratorio de Antropología Física dentro de la Facultad de Medicina de la UNAM. (Báez-Molgado *et al.* 2007). De esta forma se comenzó a integrar una colección ósea contemporánea iniciada con cuerpos no reconocidos por familiares y /o amigos en el Servicio Médico Forense u Hospitales que murieron en la vía pública. En particular me interesó esta

colección en la que podrían preservarse diversas fracturas relacionadas con accidentes carro-peatones.

En la mayoría de los casos el sexo y la edad son conocidos, la ancestría nunca ha sido tomada en cuenta, tal vez se de por hecho que pertenecen al componente mestizo que caracteriza a nuestra población.

Así, en la Sección de Antropología Física de la Facultad de Medicina de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) fueron analizadas un total 13 fracturas en el anillo pélvico de un total de 194 esqueletos.

De ambas colecciones se obtuvo una serie de 22 casos con fracturas en el anillo pélvico. Se excluyeron los casos que estaban relacionados con fracturas por patología o avulsión. Cada caso fue estudiado de acuerdo a la clasificación tipológica de Marvin Tile (1988) la cual a continuación se explica.

#### **5.4. Metodología empleada para la clasificación de las fracturas en restos óseos tomando como referente la clasificación propuesta por Marvin Tile.**

Como sabemos las fracturas de la cintura pélvica, por lo general, siguen un patrón característico que se ha relacionado con fracturas de tipo estable o inestable. En este estudio se retomó la clasificación de las fracturas de la cintura pélvica propuesta por Marvin Tile (1988) para aplicarlo en materiales óseos.

El registro óseo se basó en lo siguiente:

Las fracturas se determinaron como fracturas TILE A, cuando sólo un elemento del anillo pélvico se fracturó, esto es, cuando observamos una sola fractura en cualquiera de los dos iliacos (ya sea en la cresta o la rama, o la sínfisis), o bien si sólo el sacro fue el afectado. En estos casos fue fácil determinar que la fractura fue estable, pues una sola fractura no compromete estabilidad del anillo pélvico. Por lo general los casos observados fueron fracturas *antemortem*, no relacionadas con la causa de muerte.

Las fracturas que se agruparon en la clasificación como de Tile B y Tile C, fueron más difíciles de analizar. En algunos casos encontramos elementos que nos acercaron a sugerir la estabilidad/inestabilidad sobre el análisis del anillo pélvico cuando existía fractura en la parte anterior y posterior del anillo pélvico.

Para clasificar las fracturas de Tile B, en restos óseos se estimó lo que la clínica considera fundamental para establecer su clasificación: que pudiéramos sugerir que hubo una estabilidad vertical y al mismo tiempo una inestabilidad rotacional. Así los casos que presentaron una fractura incompleta del complejo sacro iliaco se consideraron como fracturas que no afectaron la estabilidad mientras que cuando se observó una fractura completa en la parte anterior de anillo pélvico indicaban la estabilidad vertical.

Por último, en la clasificación de las fracturas Tile C, se consideró como el factor más importante, que la fractura afectara la estabilidad vertical; en este sentido, la fractura observada en el complejo sacroiliaco posterior se observó completa. En este tipo de fracturas la estabilidad rotacional también se ve afectada, por lo que también se incluyeron los casos que mostraran una fractura en la parte anterior del anillo pélvico. Este tipo de fracturas inestables ocurren por fuerzas de muy de alta energía (Figura 7). A

## Objetivos, hipótesis y descripción de las series esqueléticas Capítulo 5

través de la clínica y los casos de morbilidad reportados en la literatura forense, las fracturas de la cintura pélvica Tile B y C se han relacionado con el tipo de lesiones que pueden causar la muerte (Bylund y Bjornstig 1998; Van Vugt y Van Kampen 2006).



Figura 7. Se observan los tres tipos de fracturas considerados en este análisis: Tile A, con estabilidad del anillo pélvico; Tile B se observó una fractura incompleta en la parte posterior del complejo sacro-iliaco (estabilidad vertical) y una fractura completa en ambas ramas isquion e íleon púbica (inestabilidad rotacional). En la fractura clasificada como de Tile C, se observa completa disrupción del anillo pélvico que ocasionó una inminente inestabilidad vertical y rotacional.

Se registró el tipo de fractura de acuerdo a la clasificación de Tile y posteriormente se describió la posible biomecánica de las fracturas. La información se acompaña de las fotografías, que también dan cuenta de las características de las fracturas observadas sobre el hueso, y si la lesión había sido sanada, hecha cuando el hueso aun conservaba sus propiedades de tejido óseo fresco, o después de haber perdido sus propiedades como tejido vivo.

## **Objetivos, hipótesis y descripción de las series esqueléticas**

### **Capítulo 5**

En los casos registrados en la *Hamman-Todd Human Osteological Collection* en el *Cleveland Museum of Natural History*, prácticamente se tomó la misma información, se suprimió la procedencia del cadáver y el fecha de ingreso. Se anotó el número de individuo con el que se le reconoce dentro de la colección, sexo, edad y se añadió la ancestría ya que ésta es la información que de primera instancia proporciona la mencionada institución pues esta colección tiene registrado el componente caucásico y afroamericano que caracteriza a la población de Ohio . Se hizo el registro de las fracturas observadas y se tomó la fotografía donde se observa la lesión. Para cada caso fue elaborada una descripción de la lesión y se incluyó la biomecánica de la fractura.

Posteriormente, se elaboró tabla para controlar cuantos y cuales fueron las fracturas tipo Tile A, B o C estudiadas (Apéndice 1).

### **5.5 Registro de las lesiones hechas sobre hueso fresco**

Por otro lado, dado que estas fracturas fueron ocasionadas cuando el hueso aun conservaba sus características fisiológicas vivas, se incluyó en este estudio el registro del análisis de la superficie fracturada, no solo de la cintura pélvica sino de todos los elementos óseos que se pudieron haber afectado por el accidente en vehículo de motor, pues es común en este tipo de accidentes, los politraumatismos (Galloway 1999). Se observaron cada una de las características de las lesiones hechas sobre hueso “fresco” con la idea de evaluar correctamente el análisis del traumatismo sobre el material óseo.

## Objetivos, hipótesis y descripción de las series esqueléticas

### Capítulo 5

Se analizaron un total de 15 diferentes variables que se relacionan con fracturas realizadas cuando el hueso aún conserva sus propiedades de tejido fresco. Para cráneo se incluyeron las observaciones dadas por Maples (1986) quien menciona que las fracturas de depresión, las fracturas concéntricas circulares, las radiales y estrelladas sólo se observan en hueso fresco (Figura 8).



Figura 8. Cráneo del individuo HTH-1501 muestra parte de una fractura circular y radial, característica de lesión ocasionada sobre el hueso fresco.

Se incluyó la coloración *postmortem* que algunos tejidos pueden presentar debido a la exposición del cuerpo a sangre, fluidos o contaminantes (Figura 9).



Figura 9. Individuo UNAM-FAC.MED-138, en la rama ileo-púbica derecha se observa una coloración café marrón, asociada con la exposición de sangre o fluidos del cuerpo en presencia de una lesión.

De acuerdo a Villa y Mahieu (1991) es importante analizar el contorno de la superficie fracturada de los huesos largos que pueden indicar si la lesión se hizo cuando el hueso estaba fresco, entre las características distintivas son: bordes fracturados en ángulo agudo, ángulo obtuso, fracturas en forma de “V” (Figura 10 y Figura 11).



Figura 10. *Ambas fíbulas fracturadas del individuo de CMNH-HTH-251 muestran las fracturas en forma de "V" y un contorno uniforme de la superficie fracturada.*



Figura 11. *Ambas tibias fracturadas del individuo CMNH-HTH-251 muestran bordes angulares y obtusos mismos que se relacionan con fracturas ocasionadas en hueso fresco.*

Las astillas encontradas en los contornos de las superficies fracturadas y que continúan unidas al hueso, descritas por Sauer (1998). Las fracturas en bisagra descritas por Byers (2005), que se manifiestan cuando el golpe se dirige hacia adentro separando los extremos uno del otro sin perder la continuidad. Las formaciones de grietas que suponen la energía liberada después que la energía fue absorbida y acumulada por el hueso (las grietas indican la propagación de la energía a lo largo de la tensión), (Tuner 2006) y la deformación plástica, que nos habla de cómo la carga excedió los límites elásticos del hueso, provocando una deformación permanente (Figura 13).

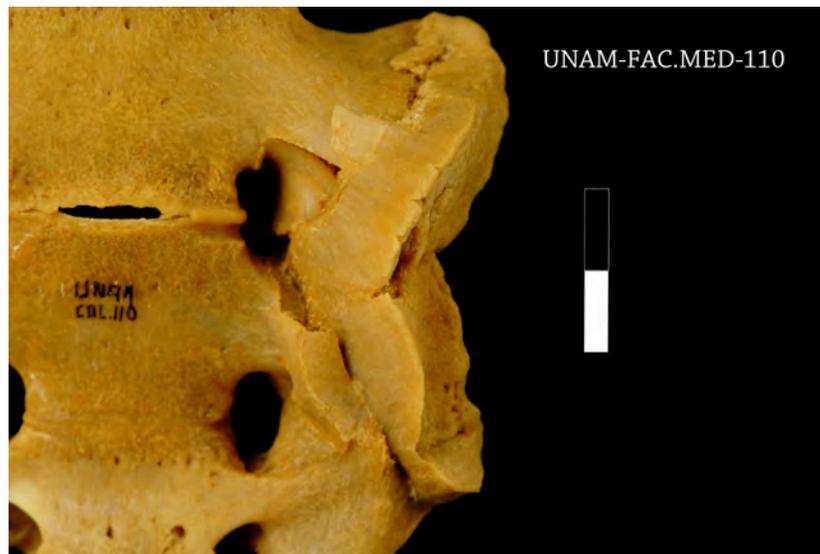


Figura 13. *UNAM-FAC.MED-110 puede ser un claro ejemplo de una fractura en bisagra que exhibe astillas, fisuras y grietas así como la plasticidad del tejido esponjoso.*

También se incluyeron dos tipos más que, aunque descritos en la literatura, no son características que sean representativas de lesiones en el hueso fresco pero que vale la pena incluir por que como osteólogos debemos conocer como se observan diferentes marcas en el hueso. La primera es la descrita por Welberg y Wescott (2008), “la marca de pluma” (hackle marks) que se observan en la superficie de la fractura, como pequeñas fisuras que penetran en la fractura, por lo general cerca del lugar del impacto y en paralelo a la dirección principal de la fractura. (Figura 14).



Figura 14. Individuo CMNH-HTH-542, el iliaco presenta una serie de fisuras que corren paralelas y con dirección a la fractura, este tipo de fractura se le denomina la marca de pluma (hackle mark).



Figura 15. Individuo CMNH-HTH-0251 quien sufrió múltiples traumatismos, de acuerdo a la serie de fracturas observadas, es posible que haya sido arrollado y arrastrado, descarnando la articulación del codo izquierdo.

Por último, incluyo la lesión por descarnado debido a que en ocasiones con los accidentes con vehículo de motor, si el individuo es arrollado puede quedar atrapado entre el chasis y el pavimento y ser arrastrado (Galloway, 1999). Si esto es así pueden ocurrir lesiones de descarnado, lesión descrita por White (1992) cuando dos piezas se separan y se jalan, dejan un patrón distintivo con una superficie rugosa con surcos paralelos (Figura 15).

En una tabla se incluyó sólo a aquellos individuos que presentaron fracturas en hueso fresco, se anotó el número de individuo de acuerdo a la colección estudiada, el número de huesos afectados por el mismo evento y solo aquellas que correspondían a fracturas hechas sobre hueso fresco. Se hizo el registro de las 15 variables que se han utilizado para describir lesiones ocasionada sobre hueso fresco (para cráneo se utilizó la fractura concéntrica/ radial y la fractura por depresión en los huesos largos se observó en ángulo agudo y obtuso, superficie uniforme del borde de la fractura, fracturas en forma de “V” y para todas se observaron las grietas, fisuras, astillas, coloración, marca de pluma, las deformación antes de la falla, el descarnado y la fractura en bisagra). Asimismo, se hizo un registro señalando si se observó o no algún tipo de respuesta osteogénica (Apéndice 2).

## 6. Resultados

### Casos estudiados en la Universidad Nacional Autónoma de México UNAM, Facultad de Medicina, Sección de Antropología Física.

#### Caso 1

Registro: 06/02

Procedencia: Hospital Psiquiátrico

Número de individuo identificado en la colección: UNAM-FAC.MED-002

Sexo: femenino

Edad: 57 años

**Traumatismo:** Fractura *antemortem* en hueso nasal, golpe contuso en órbita izquierda, fractura transversa en la epífisis distal izquierda del ulna, fractura en el 5to metacarpiano derecho, fractura en cresta iliaca derecha, y fractura en quinto metatarsiano izquierda .

Otra patología relacionada: Displasia ósea de tipo congénito en la articulación coxo-femoral izquierda

**Tipo de fractura de acuerdo con la clasificación de Tile :** Tile A2.

Debido a que sólo se afectó un solo segmento de la cintura pélvica, el anillo pelviano se conservó y no se alteró su funcionalidad ni su estructura; es una fractura de tipo estable.



Figura 16. *La fractura sobre la cresta ilíaca izquierda afectó a la región del ala.*

**Detección y descripción de la lesión:** Debido a que este trabajo trata de enfocarse en las fracturas de la cintura pélvica, no describiré las otras fracturas sanadas que este individuo presentó, sólo se describe la fractura observada en la cresta ilíaca la cual (Figura 16) sufrió un posible traumatismo pósterio-anterior lateral directo sobre ilíaco derecho, que provocó una fractura transversal del ala. Los demás politraumatismos no descartan la posibilidad de que las fracturas se relacionen a un hecho violento (Báez-Molgado, 2008).

**Tipo de lesión:** Sanada.

## **Caso 2**

Registro: 11/92

Procedencia: hospital

Número de individuo identificado en la colección: UNAM-FAC.MED-011

Sexo: femenino

Edad: 37 años

**Traumatismo:** Iliaco derecho con fractura consolidada en rama inferior del pubis. También se observan traumatismos en fémur, tibia, fibula derecha y en ambos calcáneos. Estas fracturas pudieron estar relacionadas con la lesión.

**Tipo de fractura de acuerdo con la clasificación de Tile :** Tile A2.

Compromiso del anillo pélvico sin desplazamiento.

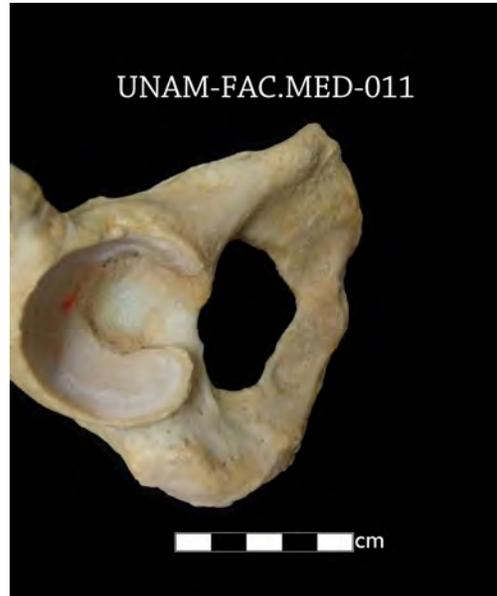


Figura 17. *Traumatismo directo sobre las regiones inguinales que produjo fractura en la rama isquiopúbica.*

**Detección y descripción de la lesión:** Es posible que las fracturas en ambos calcáneos, tibia, fibula derecha y rama inferior de pubis derecho pudieran haberse originado en un mismo evento.

Debido a que ambos calcáneos tienen fracturas de compresión es fácil inferir que posiblemente la fuerza que originó la fractura fue en sentido caudal a cefálico. Se aprecia una mayor fuerza sobre el calcáneo del lado izquierdo, posiblemente fue el primero en impactarse en una caída libre, ya que la compresión abarcó todo el hueso expandiendo su tamaño y cambiando su forma. En la pierna derecha, la tibia presenta una fractura con munita y la fibula presenta una fractura por torsión del primer tercio proximal. No se evidencia un tratamiento médico ya que ambos huesos presentan acortamiento.

El fémur, aunque sin fractura, presenta una miocitis osificante en la parte posteromedial del primer tercio de la epífisis distal. En la rama inferior del pubis se observa una fractura oblicua en sentido antero posterior, posiblemente resultado de un golpe directo el cual se reflejó hasta las vértebras. Las vértebras afectadas por el golpe en el isquion fueron las cinco lumbares que presentan presión en los bordes de los cuerpos. También se observa compresión en carilla articular de la tercera cervical a la sexta y la onceava vértebra torácica.

Después de presentarse la rotación y fractura de la pierna derecha, es posible que la persona cayera lo cual originó un impacto directo en la región inguinal y produjo la fractura en la rama inferior del isquion derecho (Figura 17) (Báez-Molgado, 2008).

**Tipo de lesión:** Sanada.

**Caso 3**

Registro: 146/92

Procedencia: Servicio Médico Forense

Número de individuo identificado en la colección: UNAM-FAC.MED-025

Sexo: masculino

Edad: 23-25 años

**Traumatismo:** Rama isquio-púbica del ilíaco izquierdo y fractura vertical del sacro que abarcó la S2 y S3. Además la fractura de compresión de la T11 y T12 fusionó el ligamento longitudinal anterior e interespinoso de estas dos vértebras.

**Tipo de fractura de acuerdo con la clasificación de Tile :** Tile B2. Compresión lateral, rotación interna ipsilateral.



Figura 18. *Fractura ipsilateral izquierda por compresión lateral que afectó al sacro verticalmente, ambas ramas ileopúbicas e isquiopúbica izquierda.*

**Detección y descripción de la lesión:** Es posible que la fractura presente estabilidad vertical con inestabilidad rotacional, según la clasificación de Tile B2. Se observan fracturas en ambos arcos del anillo pélvico. Se afectó la rama isquiopúbica e ileopúbica izquierda, se observa una fractura vertical en sacro (Figura 18). Sin embargo, por las lesiones observadas en sacro es posible que la dirección de la fuerza pudo deberse a una compresión lateral con rotación interna, de acuerdo a la propuesta de Tile. La fractura que se observa en la S1 apoya esta teoría, pues la S1 se fracturó casi completamente en sentido anterior a posterior. En las fracturas por compresión lateral es común que el sacro se fracture en vertical, cerca de la articulación sacro ilíaca.

**Tipo de lesión:** Lesión hecha sobre tejido óseo vivo con evidencia de regeneración ósea.

#### Caso 4

Registro: 06/93

Procedencia: hospital

Número de individuo identificado en la colección: UNAM-FAC.MED-026

Sexo: femenino

Edad: 35-40 años.

**Traumatismo:** Fractura vertical en el sacro, abarcó la S1, S2 y S3. La rama ileopúbica e isquiopúbica derecha y sínfisis púbica del lado izquierdo. El cráneo presenta coloraciones que pudieran relacionarse con contusiones.

**Tipo de fractura de acuerdo con la clasificación de Tile:** Tile B2.

Compresión lateral, rotación interna ipsilateral.



Figura 19. *Fractura ipsilateral derecha por compresión lateral. Donde se observan las fracturas en el sacro y la rama ileopúbica e isquiopúbica derecha.*

**Detección y descripción de la lesión:** Esta lesión también se puede clasificar como Tile B. Estabilidad vertical. En la parte anterior del anillo pélvico se observa del lado izquierdo una fractura incompleta en la sínfisis y una fractura completa en la rama isquiopúbica derecha. Es posible que la fuerza de la fractura iniciara en la parte antero lateral derecha de la base de la rama del pubis. En la parte posterior del anillo, en el sacro se observa una fractura contusa vertical incompleta del lado derecho (Figura 19).

**Tipo de lesión:** Lesión hecha sobre tejido óseo vivo.

**Caso 5**

Registro: 06/94

Procedencia: hospital

Número de individuo identificado en la colección: UNAM-FAC.MED-044

Sexo: femenino

Edad: 40 años.

**Traumatismo:** Individuo con politraumatismos, se observan fracturas *antemortem* en el radio y ulna derechos. En este último hueso hay una fractura impactada en la superficie articular distal con pérdida de la apófisis estiloides, mientras que el radio tiene una fractura consolidada de Colles, en la epífisis distal, con acortamiento del hueso. La fractura no se observa reducida ni alineada. Asimismo, presenta una fractura directa transversal de sacro, con compresión en la tercera y cuarta vertebra sacra, esta lesión pudiera estar relacionada con la fractura indirecta de compresión en la cabeza del fémur izquierdo.

**Tipo de fractura de acuerdo con la clasificación de Tile:** Tile A3. Fractura transversal de sacro sin compromiso del anillo pélvico.



Figura 20. Se observa fractura transversal de sacro, generalmente es el resultado de un golpe directo (caída de sentón).

**Detección y descripción de la lesión:** Las fracturas transversales del sacro generalmente se asocian a traumatismos de tipo directo en caídas de sentón (Figura 20). Caída libre con la cadera en flexión, es posible que el lado izquierdo del cuerpo tocó primero el piso, ocasionando tres fracturas directas: la primera sobre el sacro, la cual lo fracturó transversalmente; el segundo golpe de tipo directo, pudo originarse en el trocánter mayor izquierdo el cual ocasionó una fractura indirecta de compresión en la cabeza femoral; el tercer golpe directo se dio en la muñeca del lado derecho, que fracturó el radio y la superficie articular del ulna.

**Tipo de lesión:** Sanada.

**Caso 6**

Registro: 00/94

Procedencia: hospital

Número de individuo identificado en la colección: UNAM-FAC.MED-051

Sexo: femenino

Edad: 50 años.

**Traumatismo:** fractura consolidada en la rama inferior isquio-púbica derecha.

**Tipo de fractura de acuerdo con la clasificación de Tile:** Tile A2, compromiso del anillo pélvico sin desplazamiento.



Figura 21. *Fractura sanada en la rama isquio-púbica derecha.*



Figura 22. *En la imagen se observa la zona fracturada completamente sanada.*

**Detección y descripción de la lesión:** Posible traumatismo directo sobre la región inguinal que produjo una fractura en la rama inferior isquio-púbica derecha (figura 21) la cual sano como se puede apreciar en la figura 22.

**Tipo de lesión:** Sanada.

**Caso 7**

Registro: 31/95

Procedencia: forense

Número de individuo identificado en la colección: UNAM-FAC.MED-086

Sexo: masculino

Edad: 50 años.

**Traumatismo:** Ambos huesos púbicos.

**Tipo de fractura de acuerdo con la clasificación de Tile:** Tile B1.

Estabilidad vertical con posible inestabilidad rotacional lateral.



Figura 23. *Obsérvese los fragmentos de hueso fracturado, característicos de un trauma hecho cuando el hueso aun conserva sus características de tejido vivo, en el cual los fragmentos de hueso continúan unidos al sitio de la fractura.*



Figura 24. *Ejemplo de fractura en bisagra: doblez interno con separación hacia ambos lados.*

**Detección y descripción de la lesión:** Posible traumatismo indirecto originado por compresión lateral que provocó fractura incompleta en la pared posterior de la sínfisis púbica derecha (Figura 23), y una fractura completa en la sínfisis púbica izquierda. En el lado izquierdo se observa que algunos fragmentos de hueso fracturados se mantuvieron unidos al sitio de la fractura, mientras que en la sínfisis del lado derecho se observa una fractura con forma de bisagra (Figura 24); esto ocurre cuando una sección del hueso se dobla lejos de la dirección de un golpe. En ambos casos este tipo de fracturas solo pueden ocurrir cuando el hueso tiene sus propiedades de tejido fresco.

La fractura fue causante de una inestabilidad rotacional, lo sugiere las lesiones en ambas ramas isqueo e ileo púbicas. Por la forma en cómo se observan las fracturas en ambos lados del pubis, se considera que esta fractura es de tipo *perimortem*.

**Tipo de lesión:** Lesión hecha sobre tejido óseo vivo.

**Caso 8**

Registro: 16/95

Procedencia: forense

Número de individuo identificado en la colección: UNAM-FAC.MED-087

Sexo: masculino

Edad: 54 años.

**Traumatismo:** Rama isquiopúbica derecha.

**Tipo de fractura de acuerdo con la clasificación de Tile:** A2 compromiso del anillo pélvico sin desplazamiento.

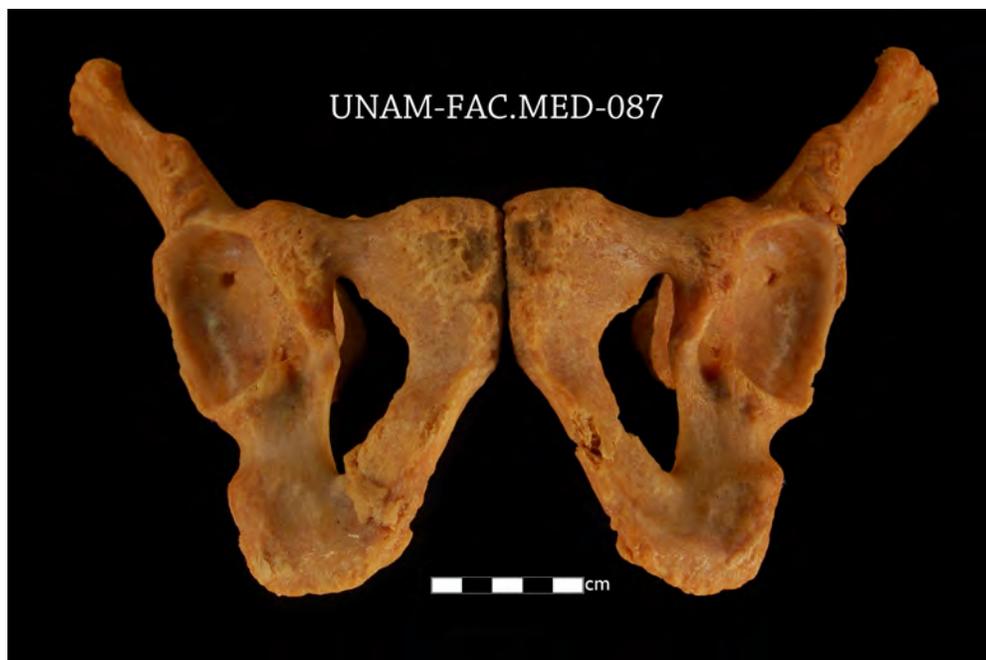


Figura 25. Fractura sanada en la rama inferior isquiopúbica derecha.

**Detección y descripción de la lesión:** Posible traumatismo directo sobre la región inguinal que produjo una fractura en la rama inferior isquio-púbica derecha, la cual sanó (Figura 25).

**Tipo de lesión:** Sanada.

**Caso 9**

Registro: 30/96

Procedencia: forense

Número de individuo identificado en la colección: UNAM-FAC.MED-095

Sexo: femenino

Edad: 15 años.

**Traumatismo:** Fractura en ambas ramas isquiopúbicas y posible fractura del ala izquierda del sacro.

**Tipo de fractura de acuerdo con la clasificación de Tile: TILE C1**  
Inestabilidad rotacional y vertical. Involucra al acetábulo del lado izquierdo. AO  
Columna posterior A2



Figura 26. Se observa una fractura Tile C, el anillo pélvico muestra una total disrupción tanto anterior como posterior. En este caso debido al descarnado en el laboratorio muchas de las características del hueso pueden confundirse con lesiones posteriores a la muerte, sin embargo las lesiones del borde fracturado de ambos iliacos, el sacro y la fractura observada en el acetábulo, así como el patrón general de la lesión observado hacen posible pensar que la fractura se realizó sobre el hueso fresco.



Figura 27. *Fractura transversal del acetábulo ocasionada por un mecanismo de alta energía debido a una compresión lateral.*

**Detección y descripción de la lesión:** El sacro está muy afectado por procesos tafonómicos, sin embargo en el borde de la superficie fracturada se puede aún observar vestigios de astillas (Figura 26). Se puede intuir que sí hubo una lesión, pero se ha afectado su forma. La fuerza que pudo originar esta lesión pudo haber sido una compresión lateral de acuerdo a cómo se fracturó el acetábulo (Figura 27).

En el borde de la fractura de ambas sínfisis del pubis, se observa que no existen elementos útiles para inferir que se fracturó cuando el hueso aún estaba fresco o después cuando ya era un material inerte. El material pudo ser dañado por los procesos de descarnado y limpieza de los que fue objeto.

Sin embargo, es posible que en el sacro pudo existir una fractura de avulsión en el ligamento sacro iliaco anterior debido al tipo de lesión que se observa en el acetábulo y en ambas ramas isquiopúbicas.

Si esto es cierto la fractura es del tipo Tile C1. Inestabilidad rotacional vertical con posible rompimiento del piso pelviano.

**Tipo de lesión:** Lesión hecha sobre tejido óseo vivo.

### Caso 10

Registro: 77/96

Procedencia: Servicio Médico Forense

Número de individuo identificado en la colección: UNAM-FAC.MED-110

Sexo: femenino

Edad: 18 años.

**Traumatismo:** Fractura en la rama isquiopúbica izquierda y fractura vertical del sacro que involucra de la S1 a la S3.

**Tipo de fractura de acuerdo con la clasificación de Tile:** TILE B2 Compresión lateral, rotación interna ipsilateral.

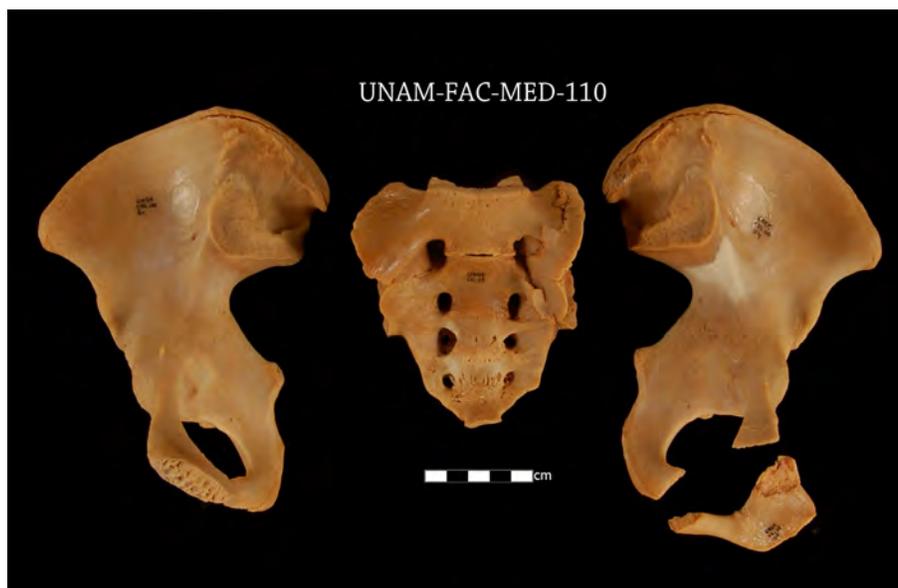


Figura 28. La fractura incompleta de sacro, supone la estabilidad vertical, la fractura anterior de la sínfisis púbica izquierda, indican una estabilidad rotacional

**Detección y descripción de la lesión:** Posible fractura de Tile B2. Compresión lateral, rotación interna. Con estabilidad vertical pero inestabilidad rotacional. Se observa una fractura completa en la rama isquiopúbica izquierda. En el sacro se observa una fractura vertical colapsada, incompleta cerca de la articulación sacro ilíaca izquierda que sugiere que la dirección de la fuerza fue una compresión lateral (Figura 28).

**Tipo de lesión:** Lesión hecha sobre tejido óseo vivo.

### Caso 11

Registro: 15/07

Procedencia: no registrada.

Número de individuo identificado en la colección: UNAM-FAC.MED-136

Sexo: masculino

Edad: 21-25 años.

**Traumatismo:** Se observa una fractura de tipo *perimortem* en la diáfisis de la clavícula izquierda y omóplato, así como una fractura completa en ambas ramas púbicas del lado izquierdo.

Tipo de fractura de acuerdo con la clasificación de Tile : A2 compromiso del anillo pélvico sin desplazamiento.



Figura 29. En el borde anterior de la sínfisis se observa un fragmento de hueso agrietado, características de lesiones hechas sobre hueso fresco.



*Figura 30. Obsérvese la lesión en el borde de la sínfisis, es casi como si el hueso tuviese un “dobles”, lo que supone una lesión hecha sobre hueso fresco .*

**Detección y descripción de la lesión:** En este caso sólo se observa una fractura completa en ambas ramas púbicas del lado izquierdo hecha sobre hueso fresco, que pudo ser debida a un golpe directo sobre la región púbica - inguinal, soporta esta hipótesis las fracturas que se observan en el borde de la sínfisis púbica (Figuras 29 y 30).

**Tipo de lesión:** Lesión hecha sobre tejido óseo vivo.

**Caso 12**

Registro: 114/07

Procedencia: no registrada.

Número de individuo identificado en la colección: UNAM-FAC.MED-138

Sexo: masculino

Edad: 11 años

**Traumatismo:** Fractura en ambos pubis y fractura vertical en ala izquierda del sacro y en la carilla auricular izquierda.

**Tipo de fractura de acuerdo con la clasificación de Tile:** TILE B2/C1. Semi-estabilidad vertical, con posible inestabilidad rotacional. Compresión lateral.



Figura 31. Se observan varias fracturas incompletas en la pelvis de este individuo (sacro, cresta, y ambas ramas isquio púbicas).



Figura 32. Detalle posterior de ambos sínfisis e isquion, donde se puede observar que aún no se completaba la osificación de la triada.

**Detección y descripción de la lesión:** Fractura de Tile B1/ C1. Semiestabilidad vertical, posible inestabilidad rotacional en ambas piernas.

En este caso se observan múltiples fracturas incompletas en ambas ramas isquiopúbicas, en la carilla articular y en el ala izquierda del sacro; la única fractura completa que se observa es en la cresta del iliaco izquierdo (Figura 31). Debido a que existe una fractura lineal en la carilla auricular izquierda, supone la idea que pudo haber originado una cierta inestabilidad vertical, puesto que esta fractura muestra posibilidades

de haber afectado el complejo posterior e interóseo sacro iliaco izquierdo y afectar el piso pelviano.

Asimismo, la **no** fusión de la triada pubis-isquion-ilion, (Figura 32), ayudó a evitar la fractura en acetábulo pero al mismo tiempo es posible que esta fractura originara una mayor inestabilidad rotacional al poder verse afectados los cartílagos de crecimiento. Las fracturas incompletas de ambas ramas isquiopúbicas, confirman la idea que un individuo joven puede contener y resistir más los golpes de alto impacto.

Es posible que la fuerza que originó esta fractura fue debida a una compresión lateral derecha.

**Tipo de lesión:** Lesión hecha sobre tejido óseo vivo.

**Caso 13**

Registro: 211 (A) /07

Procedencia: Servicio Médico Forense

Número de individuo identificado en la colección: UNAM-FAC.MED-168

Sexo: masculino.

Edad: 27-30 años.

**Traumatismo:** Fractura cicatrizada en la rama isquiopúbica y el borde posterior de la cresta iliaca del lado izquierdo. Asimismo, se observan fracturas sanadas en clavícula derecha, tibia izquierda, tercio distal con presencia de clavos debido a intervención quirúrgica. Fractura en 11 va. costilla izquierda y el quinto metacarpiano derecho.

**Tipo de fractura de acuerdo con la clasificación de Tile: TILE B1**  
Inestabilidad rotacional, rotación externa. Ipsilateral.



Figura 33. Se observa una fractura de tipo Tile B sanada, en la cual se lesionó el complejo sacro-iliaco izquierdo y la rama ileo-púbica del mismo lado.



Figura 34. Lesión sanada de la rama ileo-púbica muestra como se bifurcó el hueso, dando cuenta de una deformación plástica.



Figura 35. Esta lesión supone una fuerza posterior-anterior, que separó posteriormente (flecha blanca) la cesta iliaca izquierda.

**Detección y descripción de la lesión:** Esta fractura es posible que sea producto de una fuerza posterolateral-anterior (Figura 33). La lesión de la parte posterior de la cresta del coxal es compleja y abarca tanto el labio externo como el medial del hueso (Figura 34). En vista medial (fosa iliaca) sigue una trayectoria que cubre a la línea intermedia del coxal; justamente en la posición del tubérculo iliaco y hasta la parte más ventral de la articulación sacro-iliaca. En vista posterior, la lesión sigue la misma trayectoria que corre posterior-anteriormente, desde el tubérculo iliaco y hasta el punto más medial de la cresta. Existe respuesta ósea a la lesión completamente sanada aunque con complicación (inflamación) postraumática. Es posible que esta lesión se originó en la parte glútea y la avulsión de estos músculos originó esta peculiar fractura. En la parte anterior en la rama isquio-púbica izquierda la fractura sanada indica que la fuerza jaló el hueso hacia adentro de la cavidad pélvica, quizá como resultado de una deformación plástica, la cual ocurre cuando el hueso llega al límite de su elasticidad, antes de sobrevenir la fractura. (Figura 35). Es posible que este sujeto haya recibido una atención médica adecuada.

**Tipo de lesión:** Sanada.

Casos estudiados en la *Hamman-Todd Human Osteological Collection* en el *Cleveland Museum of Natural History*

**Caso 14**

Número de individuo identificado en la colección: CMNH-HTH-0046

Sexo: masculino

Edad: 40-45 años

Ancestría: caucásico

**Traumatismo:** Fracturas *perimortem* en húmero izquierdo, entre el tercio medio y distal, en la escápula derecha, y en costillas de ambos lados. Fractura en ambas sínfisis y en la carilla auricular derecha.

**Tipo de fractura de acuerdo con la clasificación de Tile:** Fractura de Tile B1/C1. Semiestabilidad vertical, posible inestabilidad rotacional en ambas piernas.



Figura 36. Se observa una fractura lineal incompleta en la articulación sacro-iliaca del lado derecho, y una fractura completa en la parte anterior del anillo pélvico.



Figura 37. Las flechas indican los tres puntos de fractura observados y descritos, la blanca una fractura lineal, la flecha roja indica una fractura completa en la porción posterior superior de la espina iliaca y la flecha amarilla la fractura en el techo del acetábulo.

**Detección y descripción de la lesión:** Se observa en ambos ilíacos una fractura completa en ambas ramas ilio - púbica e isquio – púbica que separó al pubis (Figura 36) El hueso ilíaco derecho tiene tres fracturas (Figura 37): una que corre desde la parte inferio-posterior de la fosa ilíaca hasta la carilla auricular, la cual pudo haber provocado una disyunción de la articulación ileo-sacra derecha: asimismo, se observa una fractura completa en la porción posterior superior de la espina iliaca y una fractura lineal en el techo de acetábulo que supone una dislocación del fémur. Es posible que este tipo de traumatismos se haya originado por una golpe directo en sentido antero - posterior derecho, iniciando la fuerza en la parte anterior, fracturando ambos pubis. La fuerza continuó fracturando posteriormente el ilíaco derecho, en la superficie auricular,

afectando la articulación posterior sacro iliaca así como el acetábulo derecho. Esta fractura se afectó el complejo sacro iliaco posterior y pudo generar una inestabilidad parcial, y verse fuertemente afectado el piso pelviano.

**Tipo de lesión:** Lesión hecha sobre tejido óseo vivo.

### Caso 15

Número de individuo identificado en la colección: CMNH-HTH-0087

Sexo: masculino

Edad: 25 años

Ancestría: caucásico

**Traumatismo:** Se observa una fractura incompleta en el ala anterior del sacro izquierdo, y fractura lineal del acetábulo izquierdo. Asimismo, se observa una trepanación craneal la cual no se sabe si fue hecha cuando el individuo fue atendido, a consecuencia del accidente o durante la necropsia. También se observan fracturas hechas en hueso fresco en la diáfisis distal del fémur izquierdo y en costillas.

**Tipo de fractura de acuerdo con la clasificación de Tile :** Tile A1, estable, sin compromiso de anillo pelviano.



Figura 38. El sacro exhibe una serie de fracturas en grietas o astillas que suponen que se realizó sobre hueso fresco.

**Detección y descripción de la lesión:** Se observa una fractura incompleta en el ala anterior del sacro izquierdo (Figura 38). La fractura del acetábulo no está relacionada con la estabilidad / inestabilidad de anillo pélvico, sólo se relaciona con dislocación del fémur, comunes en accidentes automovilísticos cuando la cadera está en flexión, aducción y en rotación medial. Cuando la rodilla se impacta contra el tablero del coche, con el muslo en esta posición, la fuerza se transmite superiormente a lo largo del fémur y saca la cabeza del fémur de la cavidad acetabular. La fractura supone estabilidad del anillo pélvico.

**Tipo de lesión:** Lesión hecha sobre tejido óseo vivo.

### Caso 16

Número de individuo identificado en la colección: CMNH-HTH-0251

Sexo: masculino

Edad: 28 años

Ancestría: caucásico

#### Traumatismo:

Fracturas en cráneo, escápula, ulna, radio izquierdo, L5, múltiples costillas, dos fracturas completas en el iliaco izquierdo una en el pubis y la segunda en la cresta ilíaca izquierda, fractura completa en sacro, ambas tibias y fibulas, todas ellas hechas cuando el hueso aun estaba vivo y relacionadas con el accidente.

**Tipo de fractura de acuerdo con la clasificación de Tile : TILE C2.**

Disyunción bilateral sacro iliaca con fractura del pubis izquierdo. Inestabilidad rotacional y vertical.



Figura 39. Lesión que sugiere inestabilidad vertical y rotacional. La flecha roja apunta el sitio de fractura que por razones de “conservación” fue unida posteriormente con alambre.



Figura 40. El ulna presenta una lesión por descarné o peladura. El patrón distintivo son los surcos paralelos cuando se separa el ligamento del hueso.

**Detección y descripción de la lesión:** Se observa fractura con severa afectación del anillo pélvico y altamente inestable tanto en sentido vertical y rotacional así como anterior y posterior. Es posible que la primera fuerza de alta energía se recibió por un vehículo en movimiento, fue en ambas piernas, (las dos tibias y fibulas se encuentran fracturadas); cuando esto sucede es común que la persona sea lanzada hacia arriba y choque contra el parabrisas, caiga y se golpee ya sea la cabeza, los hombros, y/o la cadera, para luego caer de nuevo al piso pudiéndose golpear también la cabeza, hombros y cadera. En ocasiones puede ser golpeada o arrollada por otro vehículo de motor.

De acuerdo a la fractura, a la doble fractura completa del sacro, es posible que el carro arrolló a la persona y la llanta comprimiera la pelvis, en sentido antero posterior

(Figura 39). Los múltiples traumatismos que se observan soportan esta hipótesis. Las características de la fractura que se observa en la ulna sugieren que el individuo se arrastró sobre el codo izquierdo, ya que la lesión sobre la parte posterior de este hueso es similar a la observada durante el descarte (Figura 40). La fractura en cráneo y/o cadera pudieron estar relacionada con la causa de muerte.

**Tipo de lesión:** Lesión hecha sobre tejido óseo vivo.

### Caso 17

Número de individuo identificado en la colección: CMNH-HTH-0542

Sexo: masculino

Edad: 17 años

Ancestría: negroide

**Traumatismo:** Este individuo presenta múltiples traumatismos. En cráneo, ambas clavículas, ambas escápulas, ambas tibias y fibulas, costillas y dos vertebrae torácicas y cintura pélvica.

**Tipo de fractura de acuerdo con la clasificación de Tile :** Tile C1. Fractura unilateral, inestabilidad rotacional y vertical. Antes conocida como fractura de Malgaigne.



Figura 41. Posterior y lateral se observa una fractura completa el ilion y anteriormente en la sínfisis, la cual implica inestabilidad rotacional y vertical. Ejemplo de fractura de Malgaigne.

**Detección y descripción de la lesión:** Completa disrupción anterior y posterior del anillo pélvico, mediante dos fracturas completas del hueso iliaco izquierdo una en el púbis, fracturando ambas ramas ileopúbica e isquiopúbica y causando la inestabilidad rotacional. La otra es una fractura vertical, lineal de la cresta iliaca izquierda con total separación posterior que la hace una fractura inestable verticalmente (Figura 41). Esta fractura implica la disrupción del piso pelviano y el complejo sacroiliaco.

Al igual que en el caso anterior, es posible que la primera fuerza fue ejercida directamente en ambas piernas, el individuo fue lanzado hacia arriba, cayendo sobre cabeza, hombros y sufriendo la cadera una compresión pelviana antero lateral originada por un traumatismo indirecto o directo, todo depende de la biomecánica de la caída. Las fracturas en cráneo y la cadera pudieron estar relacionadas con la causa de muerte.

**Tipo de lesión:** Lesión hecha sobre tejido óseo vivo.

### Caso 18

Número de individuo identificado en la colección: CMNH-HTH-0542

Sexo: masculino

Edad: 42 años

Ancestría: negroide

**Traumatismo:** Múltiples traumatismos presentes en cráneo, escapula izquierda, vértebra torácica T2, ambos iliacos y sacro, todas relacionadas con el tiempo de muerte.

**Tipo de fractura de acuerdo con la clasificación de Tile :** TILE C2. Fractura con inestabilidad vertical derecha y inestabilidad rotacional izquierda.



Figura 42. Se observan varias fracturas, en la sínfisis del lado izquierdo, dos en el sacro una lineal que corre lateralmente del orificio de la segunda vertebra sacra izquierda, la otra (con reserva, pues pudo haber sido posterior a la muerte) en el cuerpo de la 5 vértebra sacra, que pudo haber provocado la disrupción del piso y una última en la tuberosidad iliaca derecha que pudo provocar la inestabilidad vertical.

**Detección y descripción de la lesión:** Del lado derecho se observa una completa disrupción del complejo sacroilíaco ocasionada por una fractura completa de la cresta iliaca derecha, la cual es suficiente para ocasionar una inestabilidad vertical. Asimismo, se observa fractura completa del pubis con fractura de ambas ramas ileopúbica y isqueopúbica, que indica que hubo una inestabilidad rotacional. En el sacro se observan dos fractura lineales incompletas en las vértebras S1 y S2 así como una fractura oblicua completa en la S5. Esta fractura implica la disrupción del piso pelviano. Este tipo de fracturas pudieron haber estado relacionadas con una fuerza de compresión antero posterior con efecto contralateral, donde es posible que la pelvis fue aplastada anteriormente, cuando el sujeto estaba tendido hacia atrás y la parte posterior fue comprimida (Figura 42).

Los politraumatismos presentes sugieren que el cuerpo fue golpeado primeramente del lado izquierdo y lanzado hacia arriba, el cráneo, posiblemente golpeado durante la caída, mientras que escápula, costilla, tórax y pubis del lado izquierdo y posteriormente la cresta iliaca derecha se fracturaron cuando el individuo cayó y fue arrollado. La fractura en cráneo y cadera pudieron estar relacionada con la causa de muerte.

**Tipo de lesión:** Lesión hecha sobre tejido óseo vivo.

**Caso 19**

Número de individuo con el que se reconoce dentro de la colección: CMNH-  
HTH-1003

Sexo: masculino

Edad: 50 años

Ancestría: caucásico

**Traumatismo:** Solo se observan traumatismos en cráneo, iliaco izquierdo y sacro.

**Tipo de fractura de acuerdo con la clasificación de Tile :** Tile B1. Fractura con estabilidad vertical, posible inestabilidad rotacional.



Figura 43. *Diferentes rangos de fracturas que van desde pequeñas marcas hasta la fractura completa del pubis. Se observan pequeñas muescas a ambos lados del sacro, la fractura incompleta posterior a la carilla articular izquierda y una fisura en escotadura ciática.*

**Detección y descripción de la lesión:** Se observa una fractura completa en ambas ramas isqueo-púbica e ileo-púbicas izquierdas con separación del pubis; asimismo, se ve que en cada lado de las alas del sacro hay una pequeña fractura, también dos fracturas incompletas, una en la parte posterior de iliaco izquierdo una en la tuberosidad ilíaca izquierda, y la otra a modo de fisura ambas sugieren algún tipo de lesión del complejo sacro iliaco (Figura 43). Sin embargo estas lesiones no causaron inestabilidad vertical en la pelvis, pero es posible que se desarrollara una inestabilidad rotacional parcial. La fractura en cráneo y /o cadera pudieron estar relacionada con la causa de muerte.

**Tipo de lesión:** Lesión hecha sobre tejido óseo vivo.

### Caso 20

Número de individuo identificado en la colección: CMNH-HTH-1501

Sexo: masculino

Edad: 36 años

Ancestría: caucásico

**Traumatismo:** Este individuo presenta múltiples traumatismos observados en cráneo, escápula derecha, húmero derecho, esternón, ambos iliacos, sacro con fractura en bisagra del ala derecha y ambos fémures.

**Tipo de fractura de acuerdo con la clasificación de Tile :** Tile B1.

Fractura con estabilidad vertical, sin inestabilidad rotacional.

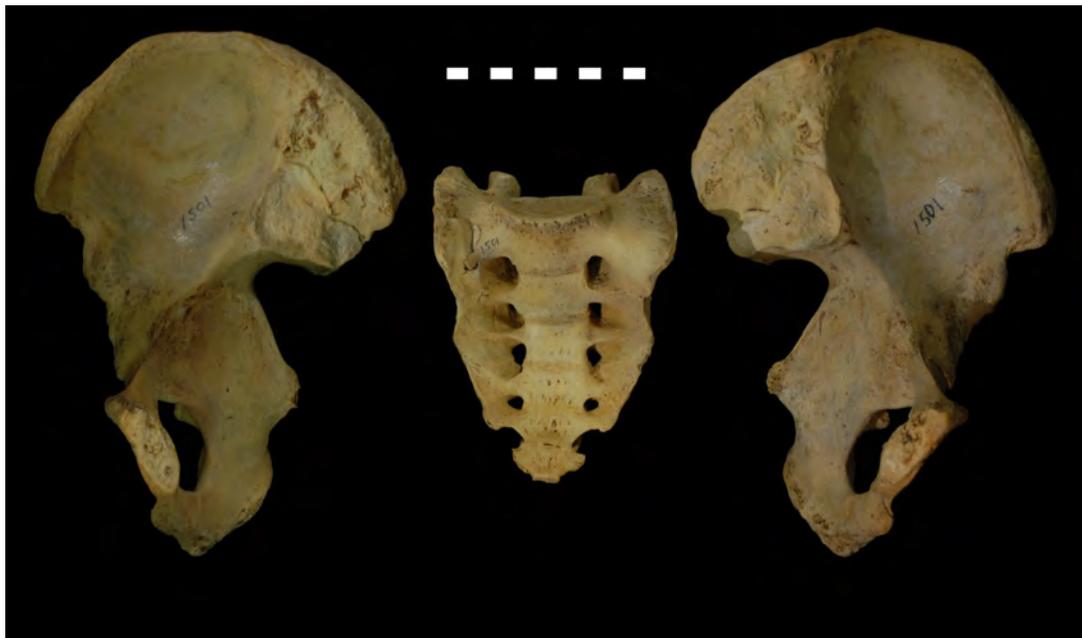


Figura 44. Esta fractura presenta distintos puntos en los que se evidencia las cargas anteroposteriores, en esta caso también se observa la fractura vertical incompleta del sacro del lado derecho por una fuerza de compresión lateral.



Figura 45. Obsérvese los diferentes puntos de fracturas por compresión dos en la base de la rama ilio-púbica y tres en las ramas isquio-púbica ejercidos en la parte anterior del anillo pelviano.



Figura 46. Posteriormente también se observan fuerzas de compresión en ambos bordes acetabulares, lo que hacen suponer que se ejerció una carga antero – posterior. Obsérvese una posible fractura de la espina isquial la cual se puede relacionar con la disrupción del piso pelviano.

**Detección y descripción de la lesión:** Se observan varias fracturas incompletas en la cintura pélvica lo que hace suponer que no hubo compromiso del anillo pelviano. Sin embargo, se observan varias lesiones que sugieren una fractura de acción antero posterior donde la pelvis fue aplastada por adelante fracturando ambas ramas isqueopúbicas y la base inferior del la rama ileopúbica y posteriormente en borde del acetábulo. Asimismo se observa una fractura en bisagra en el ala derecha del sacro, donde la línea de fractura continuó lateralmente hasta la vértebra sacra S3, lo que sugiere una fuerza de compresión lateral (Figuras 44 ,45 y 46). Estas fracturas no afectaron la continuidad de anillo pélvico, sin embargo la posible fractura que se observa en la espina isquial podría sugerir que hubo una afectación del piso pelviano y por ende una inestabilidad rotacional del lado derecho, por lo que esta fractura se le ubica de tipo Tile B1.

Es posible que la fractura concéntrica y radial que se observa en lado derecho del cráneo fue la causa de muerte en este sujeto.

**Tipo de lesión:** Lesión hecha sobre tejido óseo vivo.

**Caso 21**

Número de individuo identificado en la colección: CMNH-HTH-1506

Sexo: masculino

Edad: 50 años

Ancestría: caucásico

**Traumatismo:** Cráneo, mandíbula, costilla, ambos iliacos, sacro y escápula

**Tipo de fractura de acuerdo con la clasificación de Tile :** Tile C.

Inestabilidad vertical.



Figura 47. *Fractura que sugiere inestabilidad vertical y una posible disrupción del piso pelviano.*

**Detección y descripción de la lesión:** En el lado derecho del sacro se observa una fractura completa que posiblemente afectó no sólo la articulación sacro-iliaca sino el ligamento anterior y posterior sacroilíaco, como se puede observar en la tuberosidad ilíaca, en ambas espinas isquiales, se observan fracturas, lo que indica una posible disrupción del piso pelviano, la fractura incompleta en sínfisis izquierda y en el lado derecho fractura incompleta de ambas ramas ileo-púbica e isquio-púbica, que sugiere una fuerza de desplazamiento vertical (Figura 47).

**Tipo de lesión:** Lesión hecha sobre tejido óseo vivo.

**Caso 22**

Número de individuo identificado en la colección: CMNH-HTH-1859

Sexo: masculino

Edad: 40 años

Ancestría: negroide

**Traumatismo:** Este individuo presenta múltiples fracturas. En el cráneo se observa fractura basilar, en el complejo pectoral, se observan fracturas en ambos lados de las primeras costillas y subsecuentes fracturas de costillas, la fosa glenoidea derecha, clavícula derecha, y la pelvis.

**Tipo de fractura de acuerdo con la clasificación de Tile:** Tile C .

Fractura que presenta inestabilidad vertical y rotacional.



Figura 48. *Fractura altamente inestable que pudo haber sido ocasionada por las llantas de un vehículo de motor que pasaron sobre la cavidad pélvica.*

**Detección y descripción de la lesión:** Se observa fractura en ambos huesos ilíacos que sugieren gran inestabilidad vertical y rotacional en el lado izquierdo. Las múltiples fracturas que se observan hacen pensar en una fuerza de alta energía por una compresión combinada, anteroposterior y postero-lateral (Figura 48). Este tipo de lesión pudo ocasionarse cuando las llantas del vehículo pasaron sobre la cavidad pélvica y comprimió el cuerpo produciendo este tipo de patrón debido a las angulaciones que se producen (Galloway, 1999). La fractura de la sínfisis y del íleon en tres fragmentos, hacen suponer que la dirección de la fuerza se inició en el lado izquierdo del cuerpo.

**Tipo de lesión:** Lesión hecha sobre tejido óseo vivo.

## **7. Discusión acerca de las fracturas de la cintura pélvica en restos óseos.**

Cuando se analiza alguna patología, carácter no métrico, variación o lesiones dentro de una colección, es bien sabido que el porcentaje de eventos representados es bajo. En general, cuando se quiere hacer una investigación, una de las cosas que se busca es que la muestra sea lo suficientemente grande para hacer comparaciones o afirmar que existe un patrón de respuesta en presencia de una variable. Cuando estuve laborando en la Sección de Antropología Física de la Facultad de Medicina de la UNAM, encontré que de 13 casos con fractura en la pelvis, en todas ellas había un cierto patrón como los descritos y clasificadas por Marvin Tile (1988).

En ese momento vi la necesidad que mi serie debía ser ampliada y la única manera de lograrlo era encontrar casos en otras colecciones para ver si el patrón de respuesta se semejaba con lo que yo había encontrado. El sitio web <http://www.forost.org> me permitió conocer y relacionarme con otras colecciones, así pude generar búsquedas que se limitaron a las fracturas del anillo pélvico en diferentes colecciones.

Encontré que en la Hamann-Todd Collection habían ejemplares con lesiones similares a la muestra que yo tenía y en ella existía que el reporte de causa de muerte eran accidente de autos. De esta forma pude ampliar mi serie, con la finalidad de hacer comparaciones de un determinado tipo de lesión y construir, desde la similitud de casos, “patrones característicos de las lesiones” que en este estudio las clasifiqué, basándome

como ya lo he mencionado anteriormente en el trabajo de Marvin Tile (1988) y aplicándolo en restos óseos.

Las fracturas de la cintura pélvica, sobre todo si rompen la continuidad del anillo pélvico, o cuando el complejo sacro iliaco se fractura, se las ha relacionado con lesiones hechas con la tecnología utilizada en sociedades modernas, debido a que se asocian con accidentes ocasionados por vehículos de motor, (Tscherne, *et al.* 2000, Teresinski 2001; Frakes y Evans 2004, Guthrie, *et al.* 2010; Richter, *et al.* 2001) así como caídas o embestidas por animales (Yim; *et al.* 2007, Björnstig *et al.* 1991). Su biomecánica y comportamiento ha sido ampliamente estudiado en la clínica (Tscherne *et al.* 2000; Silber *et al.* 2001; Richter *et al.*, 2001; Vrahas 1997). Por ello se utilizó la misma clasificación, basada en la estabilidad e inestabilidad de las fracturas desarrollada Tiles (1988), donde la interpretación de este tipo de lesiones puede aportar elementos de apoyo para determinar la causa y manera de muerte en contextos forenses.

Una vez localizados los ejemplares óseos con traumatismo en la cintura pélvica se clasificaron de acuerdo a los tres tipos de fractura del anillo pélvico que define Marvin Tile (1988) (apéndice 1). Así, el principal cambio que hice fue aplicar la misma clasificación clínica, sobre los huesos que conforman el anillo pélvico, donde la ausencia de elementos diagnósticos tales como ligamentos y músculos, hicieron en ocasiones difícil determinar el nivel de inestabilidad pélvica debido a que cuando se pierden los tejidos blandos es imposible saber lo que pasó a los tendones y /o ligamentos. Por ejemplo el piso pelviano se forma entre otras cosas, de los ligamentos sacro tuberoso y sacro espinoso, este último, el ligamento sacro espinoso, se origina en el borde lateral del

sacro y se inserta en el vértice de la espina isquiática; esta región puede sufrir avulsiones y fracturas que pueden alterar el suelo de la pelvis y causar inestabilidad. Sin embargo cuando los huesos iliacos fueron analizados fue común encontrar fracturas en el vértice de la espina isquiática. Fue difícil determinar si la fractura se produjo al momento que se fracturó la cintura pélvica, durante el proceso de descarnamiento y/o manipulación de los materiales óseos, debido a la fragilidad del mencionado vértice, lo que conlleva a considerar los posibles cambios tafonómicos que pueden crear un pseudo trauma y/o ocultar las evidencias del trauma actual (Calce y Rogers, 2007) .

Esto subraya algunas de las limitaciones con que los antropólogos físicos nos topamos al hacer nuestras interpretaciones. No hay que olvidar que la fractura del hueso puede ocurrir en cualquier momento, mientras la persona está viva o después de muerta. Las lesiones que muestran características de lesiones hechas sobre hueso fresco pueden ser sólo un indicio (Maples 1986; Wheatley 2008) no una evidencia, ya que el hueso puede seguir manifestando las propiedades de material viscoelástico meses después de la muerte ( Wieberg y Wescott 2008).

Por ello debemos apoyar nuestro análisis del trauma al asociarlo con la muerte, pues la causa de muerte y/o el modo de muerte puede ser la única información con la que se disponga (Sauer, 1998), pero cuando los restos se recuperan las fracturas que se observan pueden no corresponder a la información sobre causa y modo de muerte. La mejor opción que tenemos como antropólogos físicos, es saber distinguir cada una de las características entre las fracturas hechas sobre el hueso fresco, de aquellas hechas sobre hueso seco, o cambios tafonómicos relacionados con pseudo traumas. Asimismo es

importante estudiar la biomecánica de la lesión para luego elaborar una interpretación que ayude a soportar las conclusiones o cuestionarlas según sea el caso.

En este estudio se está proponiendo una alternativa para el análisis de las fracturas en la cintura pélvica que pueden ser observadas en restos óseos bajo contextos forenses, que en ocasiones pueden ser difíciles de interpretar cuando no se tiene el conocimiento de la fisiología y biomecánica de este tipo de fracturas, aunado con la falta de protocolos y evidencias que ayuden en su identificación.

Por ello es importante recalcar lo que este trabajo propone: un correcto análisis y protocolo de las fracturas del anillo pélvico. Así, este tipo de lesiones debe ser observado mediante dos características principales que lo distinguen: por un lado, el patrón de las fracturas que se observa en este tipo de lesión, en este caso se hizo de acuerdo a la clasificación de Tile (1988) y por el otro la evidencia de lesiones ocasionadas sobre hueso fresco que incluye por el mismo evento este tipo de lesiones.

Como se planteó a lo largo de esta exposición, las fracturas de la cintura pélvica analizadas en sobre el hueso y asociadas a accidentes automovilísticos se estudiaron a través de la respuesta del hueso como un tejido vivo. En este estudio se trató de sustentar que el concepto de “*perimortem*” debe ser evitado cuando los antropólogos forense se refieran a la condición fisiológica del hueso al momento de recibir la lesión; es mejor que se especifique que la lesión fue ocasionada estando el “**hueso fresco**”. Sin embargo el concepto “*perimortem*” solo es importante cuando se refiere a la temporalidad, debería utilizado estrictamente en relación a su raíz latina (alrededor de la muerte) y cuando su

utilización este en relación al contexto forense y no por la evidencia ósea, para evitar la confusión que existe hasta el presente.

La falta de estudios enfocados en el análisis e interpretación de las fracturas de la cavidad pélvica en restos humanos es un problema que debe ser considerado dentro de la antropología forense, dada su fuerte relación con la mortalidad, (Adams *et al.* 2003, Frakes y Evans 2004, Hammel y Legome 2006, Hauschild *et al.* 2008). Debido a que este tipo de lesiones tienen un patrón característico, puede ser el único recurso de información acerca de la manera y causa de muerte en restos óseos y en estado de descomposición.

Es este sentido fue muy enriquecedor observar las características de las lesiones hechas sobre huesos fresco en la serie estudiada y constatar que los accidentes de vehículos de motor muestran un amplio espectro de lesiones y que abarcan no solo la cintura pélvica, sino también el cráneo, cavidad torácica, cintura escapular y huesos de miembros inferiores como se puede observar en la tabla 2. En ella se puede ver que el cráneo se afectó en 8 casos, el torax en 10 y los miembros, tanto superiores como inferiores, en 6 ocasiones, ello da cuenta de que los accidentes con vehículo de motor son impactos de alta energía y que no sólo se afecta un segmento o hueso sino varios. Por ello, la fractura de pelvis, no es suficiente para ser asociada con la muerte misma, sino por la relación que ésta puede tener con otras lesiones asociadas (Hauschild *et al.* 2008; Schulman *et al.* 2010).

Apoyando lo anterior, se pudo demostrar que cuando ocurre un accidente por vehículo de motor es posible que sucedan una serie de fracturas y golpes por todo el cuerpo como se demuestra en la tabla 3.

Tabla 3.- Otros huesos afectados por el mismo accidente.									
NO IND	CRA	CLAV	ESTER	ESCAP	COST	VERT	PELVIS	HUESOS EXTREM SUP.	HUESOS EXTREM INF.
UNAM_025							X		
UNAM_026	X						X		
UNAM_086							X		
UNAM_095							X		
UNAM_110							X		
UNAM_136		X		X			X		
UNAM_138					X		X		
HTH_0046				X	X		X	X	
HTH_0087	X				X		X		X
HTH_0251	X				X	X	X	X	X
HTH_0542	X	X		X	X	X	X	X	X
HTH_0543	X			X	X	X	X		X
HTH_1003	X						X		
HTH_1501	X		X	X			X	X	X
HTH_1506						X	X		
HTH_1859	X		X	X	X		X		

Tabla 3.- Registro de los huesos fracturados, en el mismo accidente, además de la cintura pélvica.

En el apéndice 2 se registraron las características de lesiones hechas sobre hueso fresco, se puede ver que en algunos casos se observaron múltiples fracturas y de amplio espectro, esto fue muy importante puesto que me permitió relacionar este tipo de fracturas con un modo de muerte.

Es importante subrayar que todas las fracturas clasificadas como tipo Tile B o Tile C, mostraron características de lesiones hechas sobre hueso fresco, ello supuso que estas lesiones fueron realizadas cerca de la muerte del sujeto y así fue posible corroborar el modo de muerte “muerte por accidente por vehículo de motor” en los casos observados en la CMNH y sugerir el mismo tipo de accidente en los casos analizados en la Facultad de Medicina de la UNAM.

Se tiene por ejemplo el caso del individuo identificado en la Hamman-Todd Collection como CMNH\_HTH\_0251 que presentó 9 diferentes traumatismos en todo el esqueleto, y que cada una de las fracturas analizadas se identificaron como lesiones ocasionadas sobre hueso fresco de acuerdo a las características observadas. La figura 49 muestra todas las fracturas que se observaron en este individuo y que más de una pudo no ser compatible con la vida del sujeto. Por ejemplo, la fractura de cráneo por si sola descarta su sobrevivencia, lo mismo se puede decir sobre la fractura en la pelvis.



Figura 49.- En el caso CMNH-HTH-0251 se observan que 8 segmentos óseos (cráneo, escápula, 5ta lumbar, cintura pélvica, costillas, ulna y radio izquierdo, tibia y peroné de ambos lados) fueron afectados por el accidente con vehículo de motor.

El caso CMNH-HTH-0251 se puede reafirmar con la descripción hecha con el movimiento del peatón durante el impacto de un automóvil proporcionada en el libro de Galloway (1999: pp. 242-247). En un adulto golpeado por un coche es típico que el primer golpe sea por debajo del centro de gravedad, en las piernas o en el muslo; ello causa que la persona sea lanzada hacia el cofre y el parabrisas, momento en el que puede o no fracturarse la cabeza (cráneo) y los hombros (escápula y clavícula) para luego caer sobre el pavimento. Ahí el individuo puede o no ser arrollado por otro coche.

Si bien se ha relacionado a la fractura del anillo pélvico con lesiones asociadas con la muerte (Teresinski, 2001; Hammel y Legome 2006; Van Vugt y Van Kampen, 2006), como forenses y potenciales testigos en juicios, debe considerarse que esto no siempre tiene una relación directa, por que la fractura de la pelvis puede ser un factor independiente de la mortalidad y la causa de muerte puede deberse a otro tipo de lesión o

traumatismo, como por ejemplo en el cráneo, tórax o abdomen o hemorragias ocasionadas en el mismo accidente o evento, mas no por la fractura de la pelvis (Shulman *et al.* 2010); por ello es importante ser meticuloso en lo que se refiere al análisis trauma. Sin embargo, los casos extremos de fracturas en el anillo pélvico, la inestabilidad basada en la clasificación de Tile, puede ser la llave para determinar la severidad de la lesión y poder predecir la mortalidad (Tachibana *et al.* 2009).

Este estudio permitió observar que los patrones de fractura y sus mecanismos (dirección, duración y la mecánica de la fuerza que se aplica) son dependientes de la relación que el hueso guarda entre la resistencia y la falla, así como el grado de viscoelasticidad del hueso, y su relación con la edad (Silber *et al.* 2001). Es sabido que el grado de viscoelasticidad decrece conforme avanza la edad y se pierde después de la muerte (Wheatley, 2008; Wieberg y Wescott, 2008).

Las diferencias en cuanto a la edad se pudieron reflejar en los restos óseos, donde se pudo observar que en los niños, las fracturas de la cintura pélvica pueden soportar un mayor requerimiento de energía de lo que un adulto necesita para que la fractura se presente, debido a la mayor plasticidad de los huesos de la pelvis sobre todo, en los huesos que forman la sínfisis púbica y las articulación sacroiliaca y en la triada del acetábulo por ello el hueso de los niños soporta mas energía antes que la fractura sobrevenga (Silber *et al.* 2001). Las mayores consecuencias, cuando existe una fractura en el anillo pélvico en los niños, se pueden observar en los cartílagos de crecimiento, pues cuando se lesionan, puede derivar en una disminución de crecimiento, un

crecimiento asimétrico de las extremidades o deformidad cuando el cartílago que forma la triada está involucrado. (Silber *et al.* 2001).

El caso UNAM\_FAC.MED\_138, es de un infante de 11 años de edad, las características de la fractura que se observan corresponden a lo reportado por Silber (2001) quien menciona diferencias anatómicas entre las fracturas que se observan entre la población adulta e infante. En este caso se ve que ninguna de las lesiones fueron fracturas completas, a diferencia de lo que se observa en adultos. En este ejemplo se observan, en cambio, fracturas incompletas en ambas ramas isquio-púbicas y el sacro, ello contrasta con lo observado en adultos, en los que en la mayoría de los casos se constató la “doble fractura” completa anterior/posterior del anillo pélvico.

El patrón encontrado en este tipo de lesiones y la relación con accidentes por vehículo de motor se fortaleció cuando similares resultados fueron encontrados en dos series osteológicas modernas que vivieron en diferentes tiempos y espacios, pero que mostraron analogías que permitieron su comparación. Ambas series han sido formadas de poblaciones urbanas, por cuerpos sin reclamar, provenientes de hospitales públicos o de cuerpos que llegan a la morgue. En la Hamman-Todd collection la causa de muerte estaba relacionada a accidente por vehículo de motor, la colección de la Sección de Antropología Física no tenía este tipo de información, pero el patrón observado en ambas series hacen suponer la misma relación. Esto apunta a que debe incrementarse el acopio de información de los cuerpos que ingresan a la Facultad de Medicina, pues cualquier referencia no sólo al sexo, edad biológica, ancestría estatura etc. sino también a la causa

o modo de muerte hacen mas enriquecedoras las colecciones de referencia para los futuros trabajos forenses.

Como se muestra en el apéndice 1 que resume el tipo de clasificación asignada en cada caso analizado en las dos series osteológicas, hubo un total de 7 fracturas clasificadas como tipo Tile A, (CMNH=1 y FAD\_MED\_UNAM=6), siete fueron clasificadas como fracturas tipo Tile B (CMNH= 2 y FAD\_MED\_UNAM 5). De acuerdo al estudio de Teresinski (2001) se observó que las lesiones de la articulación sacro iliaca o las fracturas posteriores de los huesos iliacos pueden servir de referencia para determinar el lado del cuerpo que fue golpeado por un vehículo; por ende en la figura 50 se puede ver que de las cuatro lesiones representadas, dos lesiones fueron hechas en el lado izquierdo del cuerpo y dos en el lado derecho.

Se asignaron 6 casos a fracturas tipo Tile C (CMNH= 5 y FAC\_MED\_UNAM=1). En la figura 51 se puede observar indudablemente la inestabilidad en este tipo de lesiones , que según Teresinski (2001) las lesiones bilaterales de la articulaciones sacroiliacas usualmente son el resultado de víctimas que fueron arrolladas por un vehículo.

En dos individuos (FAC\_MED\_UNAM-138 y CMNH\_HTH\_0046, no fue posible precisar si la fracturas en cuestión eran tipo Tile B o C, por lo cual se dejaron sin clasificar, por que no muestran la completa disrupción del anillo pélvico, pero pueden haber sido fracturas que afectaron el piso pelviano.



Figura 50. En la foto se observan cuatro diferentes fracturas Tile B, con e un tipo de patrón similar que sugiere fuerza de compresión lateral, que deriva en la inestabilidad rotacional. (Casos: UNAM\_FAC\_MED (025, 026, 110) y CMNH\_HTH\_1501).



Figura 51. En la foto se observan fracturas de tipo Tile C, que debido a su inestabilidad de esta lesiones se puede predecir la mortalidad de los sujetos que la padecieron.

Por otro lado, el hecho que las fracturas en la cintura pélvica requieran de servicios de urgencia y acceso inmediato a transfusiones sanguíneas, en ocasiones no disponibles, aumenta la mortalidad.

Creo que, mediante este trabajo, una vez más el análisis del trauma desde la perspectiva de la antropología física, valida la evidencia del estilo de vida en dos poblaciones “modernas” mediante la susceptibilidad e incidencia de lesiones en la cintura pélvica debido a accidentes con vehículos de motor, que sin duda se ha incrementado su complejidad. En este sentido el análisis del trauma sigue aportando evidencia no sólo el estilo de vida de las poblaciones sino, también da cuenta de diversos aspectos que podrían relacionarse, como lo es la cultura material, economía, medioambiente (urbano vs. rural), acceso al servicio de salud, complicaciones entre otras (Roberts y Manchester, 2005).

El estudio de las fracturas de la cintura pélvica relacionado con accidentes de vehículos de motor prometen nuevas alternativas de estudio y aplicaciones en la antropología forense, pues cada vez va en aumento el estudio de este tipo de lesiones por su relación con problemas de tipo médico o legal. Por ejemplo se tiene registrado la necesidad de estudios que relacionen el mecanismo de la lesión con el tipo de lesión, y ello sólo puede ser resuelto mediante el trabajo conjunto del análisis clínico de la fractura junto con el análisis técnico de la energía que produce la lesión. Se ha encontrado que el porcentaje de fracturas de Tile tipo B y Tile tipo C se incrementan con altas velocidades o fuertes coaliciones (Richter *et al.* 2001), este tipo de información sirve para poder apoyar

la hipótesis en accidentes de tráfico cuando alguien ha excedido los límites de velocidad y está en juego algún juicio o cobro de seguros.

Por otro lado aun faltan análisis que incluyan como variantes el uso de bolsas de aire, y que se revelen estadísticas, sobre la disminución o aumento de fracturas del anillo pélvico en ocupantes de carros (Sgarlato *et al.* 2010).

Cada vez existen más artículos que relacionan las fracturas de la cintura pélvica con accidentes de vehículos de motor, por lo que se pueden considerar lesiones propias de sociedades modernas (Bylund y Björnstig 1998; Van Vugt y Van Kampen 2006) debido a que la biomecánica de personas atropelladas es consistente.

- Adams JE, Davis GG, Alexander CB, y Alonso JE. (2003). Pelvic trauma in rapidly fatal motor vehicle accidents. Journal of orthopaedic trauma 17(6):406.
- Andrews, P. y J. Cook (1985). "Natural modifications to bones in a temperate setting." Man 20(4): 675-691.
- Angel, J. L. (1974). "Patterns of fracture from Neolithic to modern times." Anthropol Kozlomenyek 18.
- Ashman RB. 1988. Elastic modulus of trabecular bone material. Journal of Biomechanics 21(3):177-181.
- Báez-Molgado S, Téllez-Girón JR, y Saint-Leu PH. (2007). La antropología física y la medicina en la UNAM. Rev Fac Med UNAM 50 (1).
- Báez -Molgado S. (2008) Técnica para el análisis de las fracturas en restos óseos. Tesis de Maestría. Facultad de Filosofía y Letras/Instituto de Investigaciones Antropológicas. UNAM.
- Balogh Z, King KL, Mackay P, McDougall D, Mackenzie S, Evans JA, Lyons T, y Deane SA. (2007). The epidemiology of pelvic ring fractures: a population-based study. The Journal of trauma 63(5):1066.
- Barbian, L. T. and P. S. Sledzik (2008). "Healing following cranial trauma." Journal of forensic sciences 53(2): 263.
- Bass, B. y J. Jefferson (2004). Death's Acre: Inside the Legendary Forensic Lab-The Body Farm-Where The Dead Do Tell Tales, Berkley Publishing Group.
- Behrensmeyer, A. K. (1978). "Taphonomic and ecologic information from bone weathering." Paleobiology: 150-162.
- Behrensmeyer, A. K., K. D. Gordon, et al. (1986). "Trampling as a cause of bone surface damage and pseudo-cutmarks." Nature 319(6056): 768-771.
- Berryman HE, y Haun SJ. 1996. Applying forensic techniques to interpret cranial fracture patterns in an archaeological specimen. International Journal of Osteoarchaeology 6(1):2-9.
- Berryman HE, y Symes S. 1998. Recognizing gunshot y blunt cranial trauma through fracture interpretation. En: Forensic Osteology: advances in the identification of human remains:333-352.
- Björnstig U, Eriksson A, y Örnehult L. (1991). Injuries caused by animals. Injury 22(4):295-298.

- Blumenshine, R. J., C. W. Marean, et al. (1996). "Blind tests of inter-analyst correspondence and accuracy in the identification of cut marks, percussion marks, and carnivore tooth marks on bone surfaces." Journal of Archaeological Science **23**(4): 493-507.
- Blumenshine, R. J. y M. M. Selvaggio (1988). "Percussion marks on bone surfaces as a new diagnostic of hominid behaviour."
- Brain, C. K. (1967). "Bone weathering and the problem of bone pseudo-tools." South African Journal of Science **63** (3): 97-99.
- Brooke R. (1924). The sacro-iliac joint. Journal of Anatomy **58**(4):299.
- Bucholz RW. (1981). The pathological anatomy of Malgaigne fracture-dislocations of the pelvis. The Journal of Bone y Joint Surgery **63**(3):400.
- Bunn, H. T. (1981). "Archaeological evidence for meat-eating by Plio-Pleistocene hominids from Koobi Fora and Olduvai Gorge." Nature(291): 574-577.
- Burr DB, Forwood MR, Fyhrie DP, Martin RB, Schaffler MB, y Turner CH. (1997). Bone microdamage y skeletal fragility in osteoporotic y stress fractures. Journal of Bone y Mineral Research **12**(1):6-15.
- Bylund PO, y Björnstig U. (1998). Sick leave y disability pension among passenger car occupants injured in urban traffic. Spine **23**(9):1023.
- Calais-Germain B, Lamotte A, y Martí P. (1994). Anatomía para el movimiento: Los Libros de la Liebre de Marzo.
- Calce, S. E. y T. L. Rogers (2007). "Taphonomic Changes to Blunt Force Trauma: A Preliminary Study." Journal of forensic sciences **52**(3): 519-527.
- Carter DR. (1984). Mechanical loading histories and cortical bone remodeling. Calcified tissue international **36**:19-24.
- Carter DR. (1987). Mechanical loading history y skeletal biology. Journal of biomechanics **20**(11-12):1095-1109.
- Carter DR, Blenman PR, y Beaupre GS. (1988). Correlations between mechanical stress history y tissue differentiation in initial fracture healing. Journal of Orthopaedic Research **6**(5):736-748.

- Carter DR, y Spengler D. (1978). Mechanical properties y composition of cortical bone. Clinical Orthopaedics y Related Research 135:192.
- Christensen AM, Smith VA, Ramos V, Shegogue C, y Whitworth M. (2012). Primary and Secondary Skeletal Blast Trauma. Journal of forensic sciences 57(1):6-11.
- Croft, A. M. and R. Ferllini (2007). "Macroscopic characteristics of screwdriver trauma." Journal of forensic sciences 52(6): 1243-1251.
- Cross P, and Simmons T. (2010). The Influence of Penetrative Trauma on the Rate of Decomposition. Journal of forensic sciences 55(2):295-301.
- Currey J. (2009). Measurement of the mechanical properties of bone: a recent history. Clinical Orthopaedics y Related Research 467(8):1948-1954.
- Currey JD. (1984). Effects of differences in mineralization on the mechanical properties of bone. Philosophical Transactions of the Royal Society of London Series B, Biological Sciences 304(1121):509-518.
- Dimitri P, Wales JK, y Bishop N. 2010. Fat y bone in children: Differential effects of obesity on bone size y mass according to fracture history. Journal of Bone y Mineral Research 25(3):527-536.
- Dirkmaat, D. C., L. L. Cabo, et al. (2008). "New perspectives in forensic anthropology." American Journal of Physical Anthropology 137 (51): 33-52.
- Drake RL, Mitchell AWM, y Vogl W. 2005. GRAY S ANATOMIA PARA ESTUDANTES: Elsevier Brazil.
- Efremov, I. A. (1940). "Taphonomy: a new branch of paleontology." Pan-American Geologist 74(2): 81-93.
- Egund N, Olsson TH, Schmid H, y Selvik G. 1978. Movements in the sacroiliac joints demonstrated with roentgen stereophotogrammetry. Acta radiologica: diagnosis 19(5):833.
- Fiorillo, A. R. (1984). "An introduction to the identification of trample marks." Current Research in the Pleistocene 1: 47-48.
- Fisher, J. W. (1995). "Bone surface modifications in zooarchaeology." Journal of Archaeological Method and Theory 2(1): 7-68.
- Frakes MA, y Evans T. (2004). Major pelvic fractures. Critical Care Nurse 24(2):18-30.
- Frigerio NA, Stowe RR, y Howe JW. (1974). Movement of the sacroiliac joint. Clinical Orthopaedics y Related Research 100:370.

- Fyhrie DP, y Kimura JH. (1999). Cancellous bone biomechanics. Journal of Biomechanics 32(11):1139-1148.
- Galloway A. 1999. Broken bones: anthropological analysis of blunt force trauma: Charles C. Thomas Publisher.
- Garcia-Porrero JA, Hurlé JM, y Alonso JGP. 2005. Anatomía humana: McGraw-Hill. Interamericana.
- Genovés TS. (1967). Proportionality of the long bones and their relation to stature among Mesoamericans Am J Phys Anthropol. 26(1): 67-77.
- Giannoudis PV, Grotz MRW, Tzioupis C, Dinopoulos H, Wells GE, Bouamra O, yLecky F. (2007). Prevalence of pelvic fractures, associated injuries, and mortality: the United Kingdom perspective. The Journal of trauma 63(4):875.
- Gifford-Gonzalez, D. P., D. B. Damrosch, et al. (1985). "The third dimension in site structure: an experiment in trampling and vertical dispersal." American Antiquity: 803-818.
- Gilbert, B. M. y W. M. Bass (1967). "Seasonal dating of burials from the presence of fly pupae." American Antiquity 32(4): 534-535.
- Gottlieb M. (1982). Skeletons in the Closet. Northern Ohio Live 151(4):38-41.
- Guthrie HC, Owens RW, y Bircher MD. (2010). Fractures of the pelvis. Journal of Bone and Joint Surgery-British Volume 92(11):1481.
- Haglund, W. D. (1993). "Disappearance of soft tissue and the disarticulation of human remains from aqueous environments." Journal of forensic sciences 38(4): 806.
- Haglund, W. D. (1998). "The scene and context: contributions of the forensic anthropologist." Forensic Osteology: Advances in the Identification of the Human Remains. 2nd ed. Springfield: Charles C. Thomas: 41-62.
- Haglund, W. D., D. T. Reay, and R.D Swindler. (1989). "Canid scavenging/disarticulation sequence of human remains in the Pacific Northwest." Journal of forensic sciences 34(3): 587.

- Haglund, W. D. y M. H. Sorg (1997). "Introduction to forensic taphonomy." Forensic Taphonomy: The Postmortem Fate of Human Remains. CRC Press, Boca Raton, FL, USA, pp1-9.
- Haglund, W. D. y M. H. Sorg (2002). Advances in forensic taphonomy: Method, theory, and archaeological perspectives, CRC.
- Hammel J, y Legome E. (2006). Pelvic fracture. The Journal of emergency medicine **30**(1):87-92.
- Hauschild O, Strohm PC, Culemann U, Pohlemann T, Suedkamp NP, Koestler W, y Schmal H. 2008. Mortality in patients with pelvic fractures: results from the German pelvic injury register. The Journal of Trauma **64**(2):449.
- Haviland, W. A. (1994). "WILTON MARION KROGMAN." Biographical Memoirs **63**: 293.
- Haynes, G. (1988). "Longitudinal studies of African elephant death and bone deposits." Journal of Archaeological Science **15**(2): 131-157.
- Hoek DGA, Snijders CJ, Stoeckart R, y Stam HJ. (1999). A biomechanical model on muscle forces in the transfer of spinal load to the pelvis y legs. Journal of biomechanics **32**(9):927.
- Hsieh YF, Robling AG, Ambrosius WT, Burr DB, y Turner CH. (2001). Mechanical loading of diaphyseal bone in vivo: the strain threshold for an osteogenic response varies with location. Journal of Bone y Mineral Research **16**(12):2291-2297.
- Huiskes R, Ruimerman R, van Lenthe GH, y Janssen JD. (2000). Effects of mechanical forces on maintenance y adaptation of form in trabecular bone. Nature **405**(6787):704-706.
- Hurlbut, S. A. (2000). "The taphonomy of cannibalism: a review of anthropogenic bone modification in the American southwest." International Journal of Osteoarchaeology **10**(1): 4-26.
- Keaveny TM, y Hayes WC. (1993). A 20-year perspective on the mechanical properties of trabecular bone. Journal of biomechanical engineering **115**:534.
- Keaveny TM, Wachtel EF, Ford CM, y Hayes WC. (1994). Differences between the tensile y compressive strengths of bovine tibial trabecular bone depend on modulus. Journal of biomechanics **27**(9):1137-1146.
- Kern KF, Verb RG, Vis ML, y Stuart BJ. (2006). T. Wingate Todd: Pioneer of modern American physical anthropology: Cleveland Museum of Natural History. 1-42 p.
- Komar, D. A. y J. E. Buikstra (2007). Forensic anthropology: contemporary theory and practice, Oxford University Press, USA.

- Koo H, Leveridge M, Thompson C, Zdero R, Bhandari M, Kreder HJ, Stephen D, McKee MD, y Schemitsch EH. (2008). Interobserver reliability of the Young-Burgess and Tile classification systems for fractures of the pelvic ring. Journal of orthopaedic trauma 22(6):379.
- Krogman, W. M. y M. Y. Iscan (1986). The human skeleton in forensic medicine, Thomas Springfield.
- Kuhn JL, Goldstein SA, Choi R, London M, Feldkamp LA, y Matthews LS. (1989). Comparison of the trabecular y cortical tissue moduli from human iliac crests. Journal of orthopaedic research 7(6):876-884.
- Larsen, C. S. (1999). Bioarchaeology: interpreting behavior from the human skeleton, Cambridge Univ Pr.
- Lynn, K. S. and S. I. Fairgrieve (2009). "Microscopic Indicators of Axe and Hatchet Trauma in Fleshed and Defleshed Mammalian Long Bones." Journal of forensic sciences 54(4): 793-797.
- Malgaigne JF. (1848). Manual de medicina operatoria fundada en la anatomía normal y patológica: Librería de D. Angel Calleja.
- Maples, W. R. (1986). "Trauma analysis by the forensic anthropologist." Forensic Osetology: Advances in The Identification of Human Remains. Springfield, IL: Charles C Thomas: 218-228.
- Martini FH, Timmons MJ, Tallitsch RB, y Irely KA. (1995). Human Anatomy. Prentice Hall Upper Saddle River, NJ.
- Micozzi., M. S. (1991). "Postmortem change in human and animal remains: A systematic approach. Springfield, Illinois: CC Thomas Publishers."
- Moore KL, Dalley AF, y Agur AMR. (2002). Clinically oriented anatomy: Williams & Wilkins Baltimore.
- Nordin M, y Frankel VH. (2001). Basic biomechanics of the musculoskeletal system: Lippincott Williams & Wilkins.
- Norwood S, McAuley C, Vallina VL, Fernyez LG, McLarty JW, y Goodfried G. (2000). Mechanisms y patterns of injuries related to large animals. The Journal of trauma 48(4):740.
- O'Connor, T. (2005). Biosphere to lithosphere: new studies in vertebrate taphonomy, Oxbow Books Ltd.

- Olsen, S. L. y P. Shipman (1988). "Surface modification on bone: trampling versus butchery." Journal of Archaeological Science **15**(5): 535-553.
- Ortner, D. J. (2003). Identification of pathological conditions in human skeletal remains, Academic Pr.
- Ortner, D. J. y W. G. J. Putschar (1981). "Identification of pathological conditions in human skeletal remains. Smithsonian contributions to anthropology, no. 28."
- Peltier LF. (1965). Complications associated with fractures of the pelvis. The Journal of Bone y Joint Surgery **47**(5):1060.
- Pool-Goudzwaard A, Hoek DG, Mulder P, Spoor C, Snijders C, y Stoeckart R. (2003). The iliolumbar ligament: its influence on stability of the sacroiliac joint. Clinical biomechanics (Bristol, Avon) **18**(2):99.
- Richter M, Otte D, Gänsslen A, Bartram H, and Pohlemann T. (2001). Injuries of the pelvic ring in road traffic accidents: a medical and technical analysis. Injury **32**(2):123-128.
- Roberts C, and Manchester K. (2007). "The archaeology of disease." Cornell Univ Pr.
- Rho JY, Ashman RB, y Turner CH. (1993). Young's modulus of trabecular y cortical bone material: ultrasonic y microtensile measurements. Journal of Biomechanics **26**(2):111-119.
- Robling AG, Castillo AB, y Turner CH. (2006). Biomechanical y molecular regulation of bone remodeling. Biomedical Engineering **8**(1):455.
- Robling AG, Hinant FM, Burr DB, y Turner CH. (2002). Improved Bone Structure y Strength After Long Term Mechanical Loading Is Greatest if Loading Is Separated Into Short Bouts. Journal of Bone y Mineral Research **17**(8):1545-1554.
- Roesler H. (1987). The history of some fundamental concepts in bone biomechanics. Journal of biomechanics **20**(11-12):1025.
- Ruff C, Holt B, y Trinkaus E. (2006). Who's afraid of the big bad Wolff?: Wolff's law and bone functional adaptation. American Journal of Physical Anthropology **129**(4):484-498.
- Ruff CB. (2005). Mechanical determinants of bone form: Insights from skeletal remains. Journal of Musculoskeletal y Neuronal Interactions **5**(3):202.
- Sauer, N. J. (1998). "The timing of injuries and manner of death: distinguishing among antemortem, perimortem and postmortem trauma." Forensic Osteology, 2nd

- edition Springfield, Illinois: Charles C Thomas: 321-332.
- Schulman JE, O'Toole RV, Castillo RC, Manson T, Sciadini MF, Whitney A, Pollak AN, y Nascone JW. (2010). Pelvic ring fractures are an independent risk factor for death after blunt trauma. The Journal of trauma 68(4):930.
- Sgarlato A, and DeRoux SJ. 2010. Motor Vehicle Occupants, Neck Injuries, and Seat Belt Utilization: A 5-Year Study of Fatalities in New York City. Journal of forensic sciences 55(2):527-530.
- Shipman, P. (1986). "Scavenging or hunting in early hominids: theoretical framework and tests." American Anthropologist: 27-43.
- Shipman, P. (1981). Life history of a fossil: an introduction to taphonomy and paleocology, 1981.
- Silber JS, Flynn JM, Koffler KM, Dormans JP, and Drummond DS. (2001). Analysis of the cause, classification, and associated injuries of 166 consecutive pediatric pelvic fractures. Journal of Pediatric Orthopaedics 21(4):446.
- Snijders CJ, Vleeming A, y Stoeckart R. (1993). Transfer of lumbosacral load to iliac bones y legs:: Part 1: Biomechanics of self-bracing of the sacroiliac joints y its significance for treatment y exercise. Clinical Biomechanics 8(6):285-294.
- Spanjersberg WR, Knops SP, Schep NWL, Van Lieshout EMM, Patka P, y Schipper IB. (2009). Effectiveness y complications of pelvic circumferential compression devices in patients with unstable pelvic fractures: A systematic review of literature. Injury 40(10):1031-1035.
- Stewart, T. D. y E. R. Kerley (1979). Essentials of forensic anthropology: especially as developed in the United States, Charles C. Thomas.
- Symes, S. A., J. A. Williams, et al. (2002). "Taphonomic context of sharp-force trauma in suspected cases of human mutilation and dismemberment." Advances in Forensic Taphonomy: Method, Theory, and Archaeological Perspectives: 403-434.
- Tachibana T, Yokoi H, Kirita M, Marukawa S, y Yoshiya S. (2009). Instability of the pelvic ring and injury severity can be predictors of death in patients with pelvic ring fractures: a retrospective study. Journal of orthopaedics and traumatology 10(2):79-82.
- Teresinski G, y Madro R. (2001). Pelvis y hip joint injuries as a reconstructive factors in car-to-pedestrian accidents. Forensic science international 124(1):68-73.
- Testut L, y Latarjet A. 1954. Anatomía humana. Salvat.

- Tile M. (1984). The role of surgery in nerve root compression. Spine 9(1):57.
- Tile M. (1988). Pelvic ring fractures: should they be fixed? Journal of Bone & Joint Surgery, British Volume 70(1):1.
- Toots, H. (1965). "Sequence of disarticulation in mammalian skeletons." Rocky Mountain Geology 4(1): 37.
- Tscherne H, Pohlemann T, Gänsslen A, Hüfner T, y Pape HC. (2000). Crush injuries of the pelvis. European Journal of Surgery 166(4):276-282.
- Turner, C. G. "II. (1983). Taphonomic reconstructions of human violence and cannibalism based on mass burials in the American Southwest." Carnivores, Human Scavengers, and Human Predators: A Question of Bone Technology: 219-240.
- Turner, C. G. y N. T. Morris (1970). "A massacre at Hopi." American Antiquity: 320-331.
- Turner, C. G. y J. A. Turner (1990). "Perimortem damage to human skeletal remains from Wupatki National Monument, northern Arizona." Kiva 55: 187-212.
- Turner CH. (2002). Biomechanics of bone: determinants of skeletal fragility y bone quality. Osteoporosis International 13(2):97-104.
- Turner CH, y Burr DB. (1993). Basic biomechanical measurements of bone: a tutorial. Bone 14(4):595-608.
- Turner CH, Forwood MR, Rho JY, y Yoshikawa T. (1994). Mechanical loading thresholds for lamellar y woven bone formation. Journal of bone y mineral research 9(1):87-97.
- Turner CH, Rho J, Takano Y, Tsui TY, y Pharr GM. (1999). The elastic properties of trabecular y cortical bone tissues are similar: results from two microscopic measurement techniques. Journal of Biomechanics 32(4):437-441.
- Ubelaker, D. H. (1997). "Taphonomic applications in forensic anthropology." Forensic Taphonomy: The Postmortem Fate of Human Remains: 77-90.
- Ubelaker, D. H. y B. J. Adams (1995). "Differentiation of perimortem and postmortem trauma using taphonomic indicators." Journal of forensic sciences 40(3): 509.
- Van Vugt AB, y Van Kampen A. (2006). An unstable pelvic ring: THE KILLING FRACTURE. Journal of Bone & Joint Surgery, British Volume 88(4):427.
- Villa, P. y E. Mahieu (1991). "Breakage patterns of human long bones." Journal of human Evolution 21(1): 27-48.

- Vleeming A, Stoeckart R, Volkers ACW, y Snijders CJ. (1990<sup>a</sup>). Relation between form y function in the sacroiliac joint: Part I: clinical anatomical aspects. Spine 15(2):130.
- Vleeming A, Volkers ACW, Snijders CJ, y Stoeckart R. (1990<sup>b</sup>). Relation between form y function in the sacroiliac joint: Part II: Biomechanical aspects. Spine 15(2):133.
- Vrahas M. (1997). Classification and biomechanics of pelvic ring injuries. Operative Techniques in Orthopaedics 7(3):162-166.
- Wakamatsu E, y Sissons HA. (1969). The cancellous bone of the iliac crest. Calcified Tissue International 4(1):147-161.
- Walker, P. L. (1989). "Cranial injuries as evidence of violence in prehistoric southern California." American Journal of Physical Anthropology 80(3): 313-323.
- Wheatley, B. P. (2008). "Perimortem or Postmortem Bone Fractures? An Experimental Study of Fracture Patterns in Deer Femora." Journal of Forensic Sciences 53(1): 69.
- White, T. D. (1992). Prehistoric cannibalism at Mancos 5MTUMR-2346, Princeton University Press Princeton.
- Wieberg, D. A. M. y D. J. Wescott (2008). "Estimating the Timing of Long Bone Fractures: Correlation Between the Postmortem Interval, Bone Moisture Content, and Blunt Force Trauma Fracture Characteristics." Journal of forensic sciences 53(5): 1028-1034.
- Yim VWT, Yeung JHH, Mak PSK, Graham CA, Lai P, y Rainer TH. (2007). Five year analysis of Jockey Club horse-related injuries presenting to a trauma centre in Hong Kong. Injury 38(1):98-103.
- Young JWR, y Burgess AR. (1987). Radiologic management of pelvic ring fractures: systematic radiographic diagnosis.
- Young JW, y Resnik CS. (1990). Fracture of the pelvis: current concepts of classification. American Journal of Roentgenology 155(6):1169-1175.
- Zysset PK, Edward Guo X, Edward Hoffler C, Moore KE, y Goldstein SA.(1999). Elastic modulus y hardness of cortical y trabecular bone lamellae measured by nanoindentation in the human femur. Journal of Biomechanics 32(10):1005-1012.

Apéndice 1 .- Resumen de las clasificaciones tipo Tile A, B, C asignadas en ambas colecciones.

No Colección	SEXO	EDAD	TX.ILIACO.IZQ	TX.SACRO	TX.ILIACO_DER	TILE A	TILE B	TILE C	TX.ANTEMORTEM	TX.PERIMORTEM
UNAM-FAC.MED-002	Femenino	57	0	0	1	1	0	0	1	0
UNAM-FAC.MED-011	Femenino	37	0	0	1	1	0	0	1	0
UNAM-FAC.MED-025	Masculino	23-25	1	1	0	0	1	0	0	1
UNAM-FAC.MED-026	Femenino	35-40	1	1	1	0	1	0	0	1
UNAM-FAC.MED-044	Femenino	40	0	1	0	1	0	0	1	0
UNAM-FAC.MED-051	Femenino	50	0	0	1	1	0	0	1	0
UNAM-FAC.MED-086	Masculino	50	1	0	1	0	1	0	0	1
UNAM-FAC.MED-087	Masculino	54	1	0	1	1	0	0	1	0
UNAM-FAC.MED-095	Femenino	15	1	1	1	0	0	1	0	1
UNAM-FAC.MED-110	Femenino	18	1	1	0	0	1	0	0	1
UNAM-FAC.MED-136	Masculino	21-25	1	0	0	1	0	0	0	1
UNAM-FAC.MED-138	Masculino	11	1	1	1	0	?	?	0	1
UNAM-FAC.MED-168	Masculino	27-30	1	0	0	0	1	0	1	0
CMNH-HTH-0046	Masculino	34	1	0	1	0	?	?	0	1
CMNH-HTH-0087	Masculino	25	1	1	0	1	0	0	0	1
CMNH-HTH-0251	Masculino	28	1	1	0	0	0	1	0	1
CMNH-HTH-0542	Masculino	17	1	0	1	0	0	1	0	1
CMNH-HTH-0543	Masculino	42	1	1	1	0	0	1	0	1
CMNH-HTH-1003	Masculino	50	1	1	0	0	1	0	0	1
CMNH-HTH-1501	Masculino	36	1	1	1	0	1	0	0	1
CMNH-HTH-1506	Masculino	54	1	1	1	0	0	1	0	1
CMNH-HTH-1859	Masculino	40	1	0	0	0	0	1	0	1

## Apendice 2

Registro de las características de las fracturas hechas en hueso fresco																		
NO IND	Numero de huesos afectados	Hueso afectado	(1) concentrica/radial	(2) fractura depresión	(3) ángulo agudo	(4) ángulo obtuso	(5) grietas	(6) fisuras	(7) astillas	(8) coloración	(9) superficie de la fractura uniforme	(10) marca de pluma	(11) descarmaniento	(12) bisagra	(13) deformacion antes de la falla	(14) Fractura forma de "V"	NO reaccion osteogénica	Reaccion osteogénica
HTH_0046	(4)	escapula					X	X	X								X	
		costillas			X	X										X		
		pelvis						X									X	
		húmero			X	X					X						X	
HTH_0087	(4)	cráneo																
		costillas			X	X										X	X	
		pelvis					X	X	X								X	
		femur			X		X	X	X							X	X	
HTH_0251	(9)	cráneo						X									X	
		escapula					X	X	X								X	
		costillas			X	X										X	X	
		vertebras															X	
		pelvis					X		X	X							X	
		ulna											X					
		radio					X											
		tibia			X	X					X					X	X	
		fibula			X						X					X	X	
HTH_0542	(7)	cráneo					X	X	X								X	
		clavicula				X				X	X						X	
		escapula						X	X	X								
		costillas																
		vertebras																
		ulna									X		X				X	
		pelvis								X		X					X	



Apéndice 2

Registro de las características de las fracturas hechas en hueso fresco

NO IND	Numero de huesos afectados	Hueso afectado	(1) concentrica/radial	(2) fractura depresión	(3) ángulo agudo	(4) ángulo obtuso	(5) grietas	(6) fisuras	(7) astillas	(8) coloración	(9) superficie de la fractura uniforme	(10) marca de pluma	(11) descarmaniento	(12) bisagra	(13) deformacion antes de la falla	(14) Fractura forma de "V"	NO reaccion osteogénica	Reaccion osteogénica
UNAM_025	(1)	pelvis						X			X						X	
UNAM_026	(2)	cráneo																
		pelvis					X	X	X		X							X
UNAM_086	(1)	pelvis						X	X					X	X			
UNAM_095	(1)	pelvis					X	X	X								X	
UNAM_110	(1)	pelvis					X	X	X					X	X		X	
UNAM_136	(3)	clavícula					X	X	X		X							X
		escápula																
		pelvis												X			X	
UNAM_138	(1)	pelvis					X	X	X	X					X		X	