



ORIGINAL

Una nueva aproximación a la estimación del intervalo post mortem en restos de *sus scrofa* en contextos experimentales ecológicos del conurbano de la provincia de Buenos Aires. Modelos tafonómicos y proyecciones forenses.

A NEW APPROACH TO POST MORTEM INTERVAL IN *SUS SCROFA* REMAINS IN ECOLOGICAL EXPERIMENTAL CONURBATION CONTEXTS TO BUENOS AIRES PROVINCE. TAPHONOMIC MODEL AND FORENSIC PROJECTIONS.

Nasti A.¹

1 Laboratorio de Criminalística y Estudios Forenses. Instituto Universitario de la Gendarmería Nacional Argentina (IUGNA). Catedra de Medicina Legal, Universidad Católica Argentina (UCA).

RESUMEN: Se estima que el proceso de identificación de restos humanos mal preservados, incompletos o en fase esquelética es competencia, entre otras disciplinas, de la antropología forense. En este contexto, una fase crítica de la identificación es la estimación del Intervalo Post Mortem (IPM), aportando, no solo un periodo ventana para la data de muerte, sino también reduciendo el número de víctimas potenciales a identificar, excluyendo posibles agresores y fundamentando el argumento de los testigos. El objetivo de este estudio fue la construcción de un modelo tafonómico experimental de carácter local para estimar el IPM en restos biológicos de menores (± 30 kg. de peso corporal promedio). A tal efecto se utilizaron dos ejemplares de *Sus scrofa* (cerdo domestico) depositados en dos micro ambientes diferentes dentro del ecosistema de humedales del conurbano bonaerense. Los resultados de las formulas del modelo de regresión fueron volcadas en dos tablas para cada uno de los ejemplares, y así poder utilizarlas para estimar el IPM con relativa precisión. Aunque el modelo es de carácter preliminar y esta testeado para la estación de primavera del hemisferio sur, indicarían un ($R^2 = 0,91$ y $R^2 0,75$ para cada una de las muestras, lo que sugiere un resultado prometedor para seguir testeando resultados y potencialmente ser aplicados en casos forenses a escala local.

PALABRAS CLAVE: Tafonomía, Intervalo Posmortem, Antropología Forense.

ABSTRACT: It is estimated that the process of identifying poorly preserved, incomplete or skeletal human remains is the responsibility, among other disciplines, of forensic anthropology. In this context, a critical phase of the identification is the estimation of the Post Mortem Interval (MPI), providing, not only a window period for the death date, but also reducing the number of potential victims to be identified, excluding possible aggressors and substantiating the argument of the witnesses. The objective of this study was the construction of a local experimental taphonomical model to estimate the MPI in biological remains of minors (± 30 kg. of average body weight). For this purpose, two specimens of *Sus scrofa* (domestic pig) deposited in two different micro environments within the wetland ecosystem of the Buenos Aires conurbation were used. The results of the regression model formulas were dumped into two tables for each of the specimens, and thus be able to use them to estimate the MPI with relative precision. Although the model is preliminary and is tested for the spring season of the southern hemisphere, they would indicate a ($R^2 = 0.91$ and $R^2 0.75$ for each of the samples, which suggests a promising result to continue testing results and potentially be applied in forensic cases at the local level.

KEY WORDS: Taphonomy, Posmortem Interval, Forensic Anthropology.

CONTACTO: Atilio Nasti. Email: anasti@iugna.edu.ar

1. INTRODUCCIÓN.

Debido a las características socio ecológicas del Conurbano Bonaerense o Gran Buenos Aires, territorio que rodea a la

Capital Federal, con casi 3700 km², densamente poblado y esparcido en forma irregular entre parches de terrenos naturales, los restos humanos frecuentemente son descubiertos en estos sectores en una etapa avanzada de

UNA NUEVA APROXIMACIÓN A LA ESTIMACIÓN DEL INTERVALO POST MORTEM EN RESTOS DE *SUS SCROFA* EN CONTEXTOS EXPERIMENTALES ECOLÓGICOS DEL CONURBANO DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES. MODELOS TAFONÓMICOS Y PROYECCIONES FORENSES.

descomposición. Según el Ministerio Público Fiscal durante el 2019, el número de personas menores extraviadas en la Provincia de Buenos Aires fueron 218. [1]. Es por este motivo que, proporcionar una identificación presunta o positiva de estos restos humanos en avanzado estado de descomposición o esqueletados, es competencia de la antropología forense [2; 3]. En este sentido, establecer el IPM en este sector de la población, resulta crítico no solo porque los estudios son escasos, sino que es valioso también para establecer un período de ventana para la muerte, reducir el número de víctimas potenciales, excluir posibles agresores y fundamentar el testimonio de testigos [2; 4].

La existencia de grandes extensiones de terreno abierto en varias localidades del conurbano bonaerense, facilita no solo que los delincuentes busquen refugio, sino que también lo elijan para desprenderse de un cuerpo, dando como resultado el descubrimiento de restos humanos en etapas avanzadas de descomposición. Aunque muchas veces la información sobre el contexto en donde se descubren los restos es limitada o incompleta, los informes policiales incluyen mayormente la fecha del descubrimiento, la ubicación del cuerpo y la apariencia visual de la descomposición a su arribo. Utilizando esta información, y sumándole los datos sobre las temperaturas en la región de descubrimiento, se podría proporcionar una estimación *a priori* del intervalo post mortem, valioso dato para el inicio de cualquier investigación penal [2; 5].

Es evidente entonces, que la estimación del IPM, es de crucial importancia para el campo forense. Esto demuestra claramente los numerosos estudios que se han realizado en este sentido sobre restos humanos y no humanos, así como el crecimiento de estaciones de investigación para estudiar el proceso de descomposición [6; 7; 8; 9; 10; 11; 12; 13; 14].

Muchos investigadores han descrito los cambios que tienen lugar durante el proceso de descomposición (por ejemplo, Bass, 1997; Clark et al., 1997; Galloway, 1997; Megyesi et al., 2005). Además, muchos de los estudios sobre descomposición variaron en cuanto a las estaciones en las que se realizaron, el clima de la región, la metodología aplicada y las especies que se utilizaron [15; 16].

En consecuencia, en los últimos años se ha producido una considerable actividad de investigación en torno a la estimación del tiempo transcurrido desde la muerte. Este mayor interés en la tafonomía en general, y en los estudios de descomposición en particular, se debió a la publicación de dos artículos influyentes, como el de Vass [9], donde se introduce el concepto de Grados Centígrados Acumulados por Día (ADD por su sigla en inglés) para estimar el intervalo post mortem (IPM), el sistema de puntuación de descomposición y la fórmula de Megyesi [2], que relaciona la puntuación corporal total (TBS) con ADD y la predicción de

IPM. A partir de estos estudios se derivó una predicción del IPM mediante diferentes modelos de regresión lineal a partir de un TBS dado. Se puede argumentar que el artículo de Megyesi [2], tuvo efectos de gran alcance en el campo de la tafonomía forense. Ciertamente inspiró a muchos grupos de investigación, donde han explorado los factores que pueden influir en la tasa de descomposición y / o patrón mediante el uso y la adaptación de su sistema de puntuación corporal a modelos no humanos [17; 20; 15; 18; 19].

2. PRESENTACION DEL PROBLEMA.

El proceso de descomposición a través del tiempo constituye un tema crítico para los investigadores forenses. Aunque el tema ha sido estudiado en diferentes lugares y en distintas estaciones climáticas, la mayoría de los trabajos pioneros utilizaban metodologías que eran, en gran parte, de carácter descriptivo y de naturaleza cualitativa, basándose mayormente en la experiencia de los investigadores además de no ser aplicables a todas las condiciones geográficas y ambientales (21; 22). Sin embargo, a partir del aporte de otras disciplinas como la entomología forense los enfoques tienden a incrementar el carácter cuantitativo para estimar el IPM, como la utilización del ADD, como así también la necesidad de llevar a cabo estudios de carácter local para cuantificar los procesos de descomposición (2; 4).

Es por esta misma razón que los modelos de IPM que pretendan ser utilizados, deben de generarse y probarse en el medio en que fueron construidos. Por lo tanto, consideramos necesario crear estimaciones de intervalos post mortem para regiones geográficas específicas dentro de un determinado territorio [23].

En 2005, [2] en un estudio retrospectivo sobre 68 casos forenses de una variedad de entornos ambientales, proponen la utilización de una puntuación de la descomposición corporal total (TBS) que respondiera a los grados centígrados acumulados por día (ADD). Esta correlación podría usarse para estimar cuantitativamente el intervalo post mortem.

Con el análisis de regresión lineal, Megyesi y colaboradores [2], observaron que aproximadamente el 80% de la variación en el proceso de descomposición, se atribuía a la ADD. Por lo tanto, sugirieron que la descomposición debería modelarse como dependiente de la temperatura acumulada en lugar de solo el tiempo transcurrido desde la muerte.

Muchos estudios [24; 25], han utilizado los datos de la ADD como la variable más significativa para eliminar los efectos de las temperaturas totales y como un medio para medir el

efecto que otras variables como el entierro y la inmersión afectaría la tasa de descomposición.

Tres estudios, [18; 19 y 26], testearon la precisión del método ADD/TBS de Megyesi [2], desarrollando nuevas fórmulas de ADD para tres regiones geográficas en los Estados Unidos. Hicieron uso de estudios longitudinales y prospectivos para describir el proceso de descomposición, observando los cambios que tienen lugar con el tiempo y recopilando múltiples puntuaciones de un solo cuerpo a medida que avanza a través de las etapas de descomposición.

En este mismo sentido, el propósito del presente estudio fue la construcción de un modelo experimental de relación estadística entre el TBS y la ADD para dos especies de *Sus scrofa* depositados en diferentes microambientes, dentro de la región de humedales del conurbano bonaerense. Los datos obtenidos se utilizaron para generar una ecuación aritmética para calcular el ADD esperado para un estadio de TBS dado, y de esta manera inferir el IPM en restos biológicos de ± 30 kg. de peso corporal. Aunque el presente informe solo discute los datos obtenidos en la estación de primavera de 2019, se está en proceso de análisis, cuantificación y validación de los datos correspondientes a las estaciones de invierno de 2021 y verano de 2022 [23].

3. MATERIALES Y METODOLOGIA.

El Proyecto CRONOS se lleva a cabo en el CEFE (Centro de Estudios Forenses Experimentales) en la Escuela de Gendarmería Nacional, Martín Miguel de Güemes. Financiado por el Instituto Universitario de la Gendarmería Nacional Argentina (IUGNA) y el Ministerio de Seguridad de la Nación (MSN, Res. 124.2018), tiene como uno de sus objetivos la construcción de Modelos Tafonomicos Forenses para el Conurbano Bonaerense [23]. Iniciado en 2019 con en el seguimiento de especímenes de *Sus scrofa ssp. Domestica* (Linnaeus 1758), se ha completado la primera temporada de estudio durante la estación de primavera (septiembre-diciembre de 2019), la segunda etapa en la estación de invierno (marzo- septiembre de 2020) y actualmente se lleva adelante la etapa de otoño de 2022.

En la Provincia de Buenos Aires, la superficie de humedales alcanza al 47%, sin embargo, de acuerdo al criterio de cobertura apenas llega al 10%, tratándose de un área con una larga historia de actividad agrícola y ganadera cuyo progreso en muchos casos se asoció al desarrollo de obras

de infraestructura hidráulicas ([27]). El clima es subtropical-templado, con un gradiente decreciente de humedad y temperatura de Este a Oeste y Sudoeste en sentido latitudinal. La temperatura media registrada para la subregión es de 15,6 °C y la precipitación de 879 mm [27; 28]. La *Reserva Natural de Bosques Ciudad Evita*, en el Partido de La Matanza, constituye una de las áreas protegidas más extensas con cerca de 281 hectáreas [29; 30], desarrollándose en un entorno natural de humedales que forman parte de la Cuenca Matanza Riachuelo (2.047km²).

Dentro de la mencionada cuenca, 15 Ha aproximadamente, corresponden al predio de la Escuela de Gendarmería Nacional Martín Miguel de Güemes (34° 44' 25" S 58° 31' 40" O). La Unidad Experimental uno (UE1), fue depositada sobre el suelo decúbico lateral en una zona abierta y descampada, cubierta por gramíneas (Fam. *Poaceae*). La Unidad Experimental dos, (UE2) fue depositada en forma similar a 150m al SE, pero dentro de un bosque de acacias y sauces (*Salix humboldtiana*) a 3 metros del borde de un afluente del Río Matanza. Los ejemplares fueron protegidos con jaulas de alambre de 0,50 milímetros de grosor por 2x1.5x1,5 metros de altura, en un sector de circulación restringida al público. El uso de cerdos como modelos sustitutos de la descomposición humana, se ha convertido en una práctica común debido a su disponibilidad ante las dificultades legales de experimentar con restos humanos y su similitud con la fisiología humana. Además, debido a su pequeño tamaño, los cerdos juveniles se han utilizado como representantes de los niños en la investigación forense [25]. Los ejemplares del presente estudio con un peso aproximado de 30 kg, fueron utilizados como modelos para emular restos biológicos de un menor de 10 años promedio. Los modelos biológicos de *Sus scrofa Domestica* (Linnaeus 1758) utilizados en el presente estudio, fueron provistos por el Bioterio de la Universidad Maimonides siguiendo el protocolo internacional de eutanasia sincrónica (European Commission 1997; LASA/RSPCA 2010. Para los fines del presente estudio se utilizaron los datos suministrados por los especímenes del periodo 2019.

Para evaluar el estado de descomposición se utilizó el método de Galloway [21] modificado por Megyesi [2]. Consiste en una puntuación que va de 3 a 35 puntos, de acuerdo al estado macroscópico de los tejidos y se conoce como TBS (Total Body Score). Las puntuaciones se aplican a tres regiones del cuerpo: a) cabeza y cuello; b) Tórax, Abdomen y Cintura Pélvica; y c) Extremidades. Figura 1. El TBS se evaluó visualmente tres veces a la semana para cada UE hasta completar los 92 días del periodo estacional de primavera.

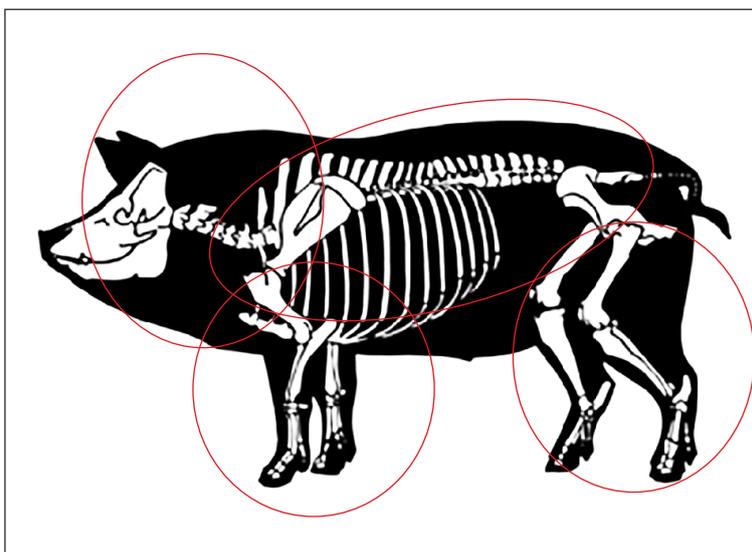


Figura 1, Zonas de puntuación para obtener el Total Body Score (TBS) Según Megyesi et al. (2005) modificado de Galloway (1989).

Por tratarse el TBS de una descripción de orden cualitativa, durante los primeros cinco días de observación, se realizaron correlaciones inter-observador. La correlación entre el resultado obtenido por los observadores, se realizó como un medio para determinar los errores del método propuesto para calificar el proceso de descomposición. El TBS resultante para los primeros diez observadores fue de $r^2 0.88$.

Un factor crítico para la construcción de un modelo tafonomico es contar con un registro meteorológico completo para derivar de ellos los grados diarios acumulados por día (ADD). Los ADD, en unidades (Celsius), son unidades de energía térmica en °C, que representan la acumulación necesaria para que las reacciones químicas y biológicas tengan lugar en los tejidos blandos durante la descomposición [2].

El ADD mide la energía que se coloca en un sistema en forma de temperatura acumulada a lo largo del tiempo y cuando una cantidad igual de energía térmica (ADD) opera sobre restos biológicos, se espera una determinada reacción biodegradable (descomposición). Al hacer uso de ADD, se elimina la distorsión comparada de la temperatura en diferentes regiones, pudiendo realizar comparaciones entre diferentes estudios [25].

Los datos climáticos del presente estudio, se obtuvieron diariamente cada una hora, desde el 21 de septiembre al 21 de diciembre de 2019 (112 días), mediante una estación meteorológica (DAZA Wireless DZ-WT1081) ubicada en el sitio a 20 m de la UE1 y a 50 m de la UE2. En forma

complementaria y para ajustar los resultados, se utilizaron dos Data Loggers (HOBO 1-800-Loggers MX2301 A) de registro continuo para cada uno de los ejemplares.

A partir de un análisis de regresión lineal múltiple de efectos aleatorios, se identificaron las variables más significativas que operan sobre el TBS, esto es temperatura en grados Centígrados porcentaje de humedad total y precipitación total en milímetros. Una vez identificada la variable explicativa más relevante, la temperatura, se transforma en ADD, y se completa el modelo mediante una regresión lineal con el TBS. Los valores diacrónicos de ADD en la escala original, se transformaron a funciones logarítmicas para estar linealmente relacionado con TBS. Estas relaciones se compararon y midieron utilizando sus respectivos coeficientes de determinación (r^2). Finalmente, el ADD inferido como resultado de las ecuaciones de regresión se volcaron en dos tablas asignadas para cada UE con intervalos de predicción del 95%. Para estos análisis y sus gráficos se utilizaron *InfoStat* y *XLstat*.

Si bien el análisis que se va a presentar esta referido a los datos de la estación de primavera del hemisferio austral (21 de septiembre a 21 de diciembre – 92 días), para la realización del modelo de regresión y construcción de una tabla comparativa para estimar el ADD y así inferir el IPM, se extendió el registro a 201 días de IPM que es el momento en que la UE1 alcanza el TBS de 35, ya que la UE2 lo había obtenido a los 185 días de IPM.

Finalmente, y en referencia a los aspectos relacionados con el Impacto Ambiental y Seguridad e Higiene, el presente proyecto fue evaluado oportunamente por Peritos de la

Gendarmería Nacional. ECO80617-026.

4. RESULTADOS.

El patrón de descomposición se desarrolló en forma exponencial, independientemente de la locación de las UE. Los períodos de descomposición fresca y temprana (TBS < 20) fueron relativamente lineales y se observaron dentro de los 455 ADD para la UE1 (27 días de IMP) y 320 ADD para la UE2 (20 días de IMP). A partir de esa graduación comienza

una diferencia a favor de la UE2 de hasta 8 puntos en el TBS, mostrando, de este modo la velocidad de descomposición de la mencionada UE. A partir de TBS de 30 en la UE1 y 34 en la UE2, la tasa de descomposición de ambas unidades entra en una meseta donde se mantiene relativamente estable, hasta llegar a 35 de TBS, máxima unidad de esta secuencia [2]. Para la UE1 el TBS de 35 llega en el día 201 de IPM con una sumatoria de ADD de 4885, mientras que la UE 2 llega a ese estadio en el día 185 de IPM con un ADD de 3295. (Figura 2).

El análisis de regresión múltiple mostraría cuál de las variables podría ser la más relevante para explicar el TBS. El r^2

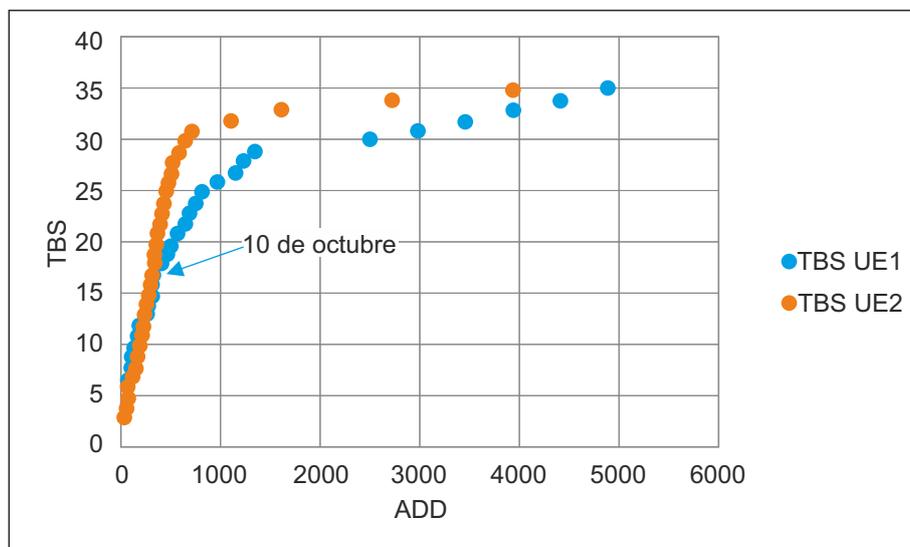


Figura 2. Relación entre el ADD (Grados Centígrados Acumulados por Día) y el TBS (Total Body Score) para la UE1 y UE2. Se observa la ampliación de la diferencia a partir del TBS 19 y ADD 300. La flecha indica la posición cronológica de la precipitación del día 10 de octubre (16 de IMP) (45mm). Explicación en el texto más adelante.

División de Delitos contra el Medioambiente y El Patrimonio Cultural dependiente de la Dirección de Criminalística de (coeficiente de determinación) proporciona una idea de la estadística del comportamiento de la variable a modelizar, a expensas de las variables explicativas. En el caso de la UE1, el coeficiente de determinación es r^2 0,98, por lo que las tres variables (temperatura, humedad y precipitación) explicarían el 98% de la variabilidad del TBS. Sin embargo, sobre la base de la suma de cuadrados, la variable temperatura, ($p < 0,001$) es la más influyente. En lo que respecta a la UE2, el coeficiente de determinación es de r^2 0,97, mostrando nuevamente que la temperatura ($p < 0,001$) es la variable más influyente.

Cuando el TBS se regresó contra log ADD, se obtuvo un coeficiente de determinación r^2 de 0,95 para la UE1 y de r^2 82 para la UE2. Esto significa que el 95% y 82% de la variabilidad en la descomposición reflejada por TBS se explicaría por ADD. Estas fórmulas estiman suma mínima de ADD que se necesitaría para que cada UE alcance una etapa específica de descomposición. El análisis de varianza nos confirma que la variable seleccionada explica altamente la variabilidad del TBS (probabilidad asociada a la prueba de Fisher es inferior a $p < 0,0001$).

Utilizando los valores límites de TBS (35), alcanzados por cada UE, se regresaron con el Log de ADD, obteniendo las siguientes ecuaciones para estimar el IPM. Figuras 3 y 4.

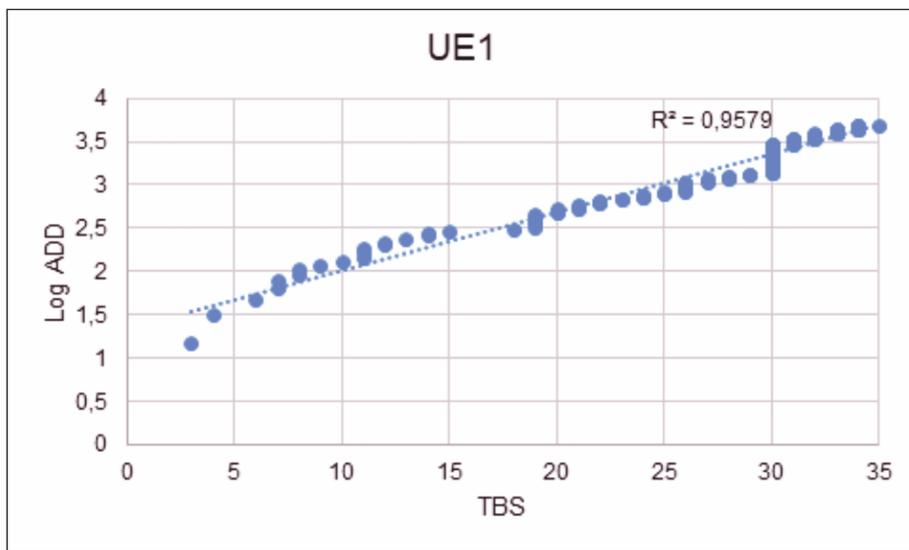


Figura 3. Ecuación de regresión para UE1. $ADD \text{ Estimado} = \log_{10}(0,0679 \times TBS + 1,3225)$

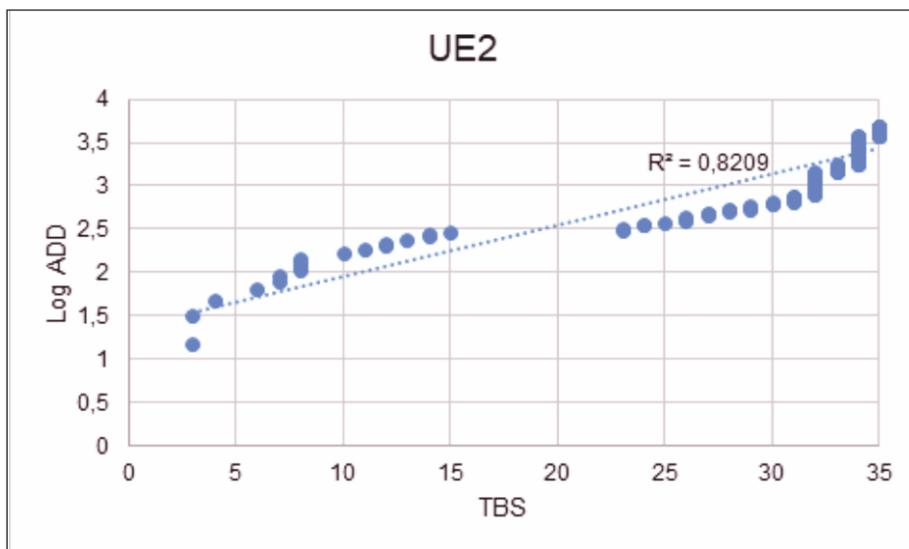


Figura 4. Ecuación de regresión para UE2, $ADD \text{ Estimado} = \log_{10}(0,0611 \times TBS + 1,2029)$

A partir de la regresión, se desarrolló una ecuación predictiva para cada una de las UE, que puede ser utilizada para calcular el ADD estimado para un caso desconocido: Imaginemos, por ejemplo, que se encuentra un cuerpo de 30 a 35 Kg aproximadamente en avanzado estado de descomposición en un descampado de características ecológicas homologas al lugar donde está depositado la UE1. Como parte de la actuación Judicial, es necesario inferir rápidamente el IPM, al menos en semanas. El TBS es de 15, la ADD estimada para alcanzar dicho score, según la fórmula es

de 225,42 °C, (entre 205,0 a 250,4 ADD), eso daría un IPM promedio de 13 días, (entre 11 a 14 días con una temperatura promedio de 12 a 14 °C). Por lo tanto, para obtener el IPM, el ADD estimado resultado de la ecuación, debe de homologarse al promedio sumado de las temperaturas diarias obtenido de la estación meteorológica local más próxima hasta que el ADD estimado sea igual o se aproxime al ADD real (en este caso 16 días de IPM). El número de días que se requiere para que el ADD inferido coincida lo más ajustadamente posible con el ADD real, reflejaría el IPM, Tabla 1 y 2. La prueba t de Student para muestras independientes mostro que no hay diferencias significativas

ADD Estimado	IPM Estimado	IPM Real	ADD Real	TBS UE1	Limite inf 95%	Limite Sup 95%
36,39	1	0	15,3	3	14,200	59,200
42,36	2	1	32,4	4	20,300	65,300
49,31	3	2	48,5	5	27,300	72,300
57,41	3	3	63,2	6	35,500	80,6
66,83	4	4	77,8	7	45,000	90,1
77,8	4	5	92,3	8	56,200	101,200
90,57	5	6	112	9	69,000	114,000
105,43	6	7	131,15	10	84,100	129,100
122,74	7	9	147,15	11	101,600	146,600
142,88	8	10	175,25	12	121,900	166,900
166,34	10	12	238	13	145,700	190,700
193,64	11	15	269	14	173,300	218,300
225,42	13	16	295,55	15	205,400	250,400
262,42	14	18	309,85	16	242,800	287,900
305,49	16	19	320,15	17	286,300	331,400
355,63	19	20	389,3	18	337,100	382,100
413,99	21	24	454,85	19	396,000	441,100
481,94	25	27	499	20	464,800	509,900
561,04	28	29	557,25	21	544,800	589,000
653,13	34	34	633	22	637,900	683,000
760,32	39	37	680,35	23	746,300	791,400
885,11	44	40	742,67	24	872,400	917,700
1030,38	51	43	807,7	25	1019,200	1064,500
1199,49	58	47	956,9	26	1190,200	1235,600
1396,36	62	54	1141,4	27	1389,200	1434,800
1625,54	74	63	1226	28	1620,900	1666,600
1892,34	85	67	1312,3	29	1890,600	1936,500
2233,57	96	70	2486,2	30	2231,600	2281,700
2603,15	101	121	2968,12	31	2597,300	2655,700
3031,79	126	141	3450,04	32	3021,400	3089,400
3531,01	143	160	3931,96	33	3515,500	3594,800
4112,44	164	180	4413,9	34	4090,900	4183,200
4789,6	188	201	4885,8	35	4761,200	4868,700

Tabla 1. – Estimaciones de grados centígrados acumulado por día (ADD) con intervalos de confianza (95%) e IPM estimado para la UE1 derivada del modelo de regresión lineal descrito en el texto.

ADD Estimado	IPM Estimado	IPM Real	ADD Real	TBS UE2	Limite inf. 95%	Limite Sup 95%
24,3	0	0	11,3	3	3,900	45,800
28	1	1	25,4	4	7,700	49,600
32,2	2	2	37,5	5	12,100	54,000
37	2	3	48,2	6	16,900	58,800
43	3	4	64,1	7	23,100	65,100
49	3	6	78,36	8	29,200	71,100
57	4	9	102,2	9	37,400	79,300
65	5	10	121,9	10	45,600	87,500
75	6	11	138,45	11	55,900	97,800
86	7	12	159,5	12	67,100	109,000
99	8	14	179,05	13	80,400	122,300
114	10	15	194,7	14	95,800	137,700
132	11	16	213,95	15	114,200	156,200
152	12	17	224,6	16	134,700	176,600
174	14	18	238,5	17	157,200	199,200
200	15	20	255,8	18	183,900	225,800
231	18	21	272,4	19	215,600	257,600
266	22	23	286,6	20	251,500	293,400
306	24	24	300,4	21	292,400	334,400
352	27	25	314,9	22	339,500	381,5
406	32	26	333,1	23	394,800	436,900
467	37	29	374,98	24	457,200	499,400
538	42	34	421,5	25	529,100	572,100
619	48	36	450,7	26	612,800	655,100
712	53	41	517,7	27	708,000	750,400
820	60	52	689,5	28	818,500	861,100
944	66	60	824,6	29	942,700	988,300
1086	74	84	1252	30	1081,400	1133,900
1250	84	93	1436,9	31	1241,600	1032,000
1439	93	114	1852,9	32	1426,300	1495,900
1657	104	133	2257	33	1639,400	1719,500
1906	117	171	3032,9	34	1883,800	1976,000
2195	130	185	3295,6	35	2165,400	2271,500

Tabla 2. – Estimaciones de grados centígrados acumulado por día (ADD) con intervalos de confianza (95%) e IPM estimado para la UE 2 derivada del modelo de regresión lineal descrito en el texto.

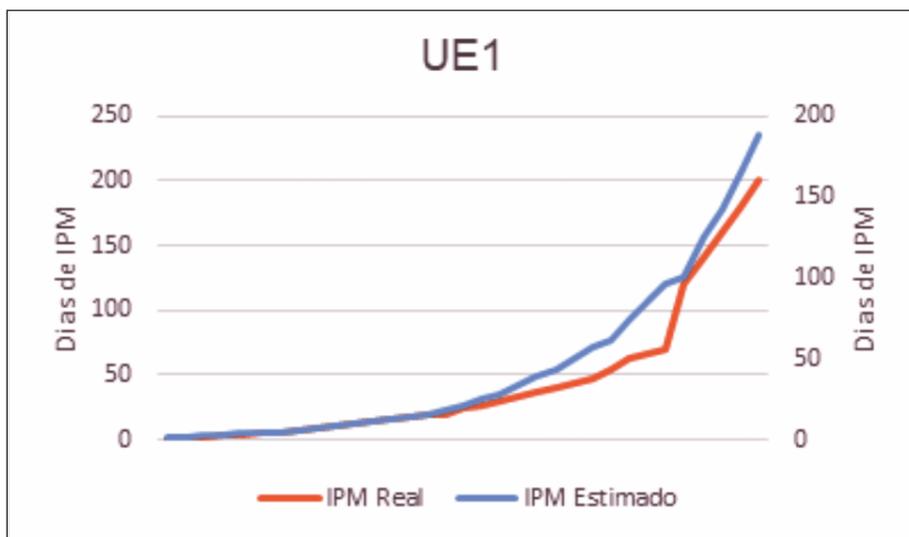


Figura 5. IPM real Vs. IPM estimado de acuerdo a la ecuación de regresión.

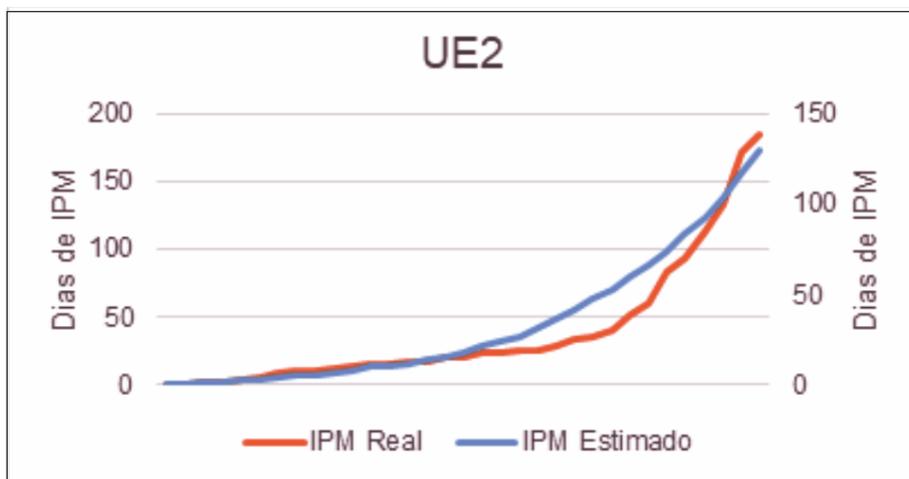


Figura 6. IPM rea Vs. IPM estimado de acuerdo a la ecuación de regresión.

$p0,071 > 0,05$ entre el IPM real y el estimado. Figura 5 y 6.

5. DISCUSION.

El uso de ADD para estimar el intervalo post mortem se ha convertido en una técnica popular entre los antropólogos forenses, especialmente en América del Norte [2; 9; 26]. Al igual que otras observaciones similares [19], en el presente estudio se encontró que la tasa de descomposición de las dos UE tiende a ser curvilínea antes que lineal. Esto implica que, aunque la tasa inicial de descomposición aumentó de manera lineal, se torna más variable cuando el TBS supera los 19 puntos. La razón de esta variabilidad no está del todo clara, pero se espera que factores de carácter local, como la menor

oscilación de humedad y temperatura a lo largo del día, podría desempeñar un papel relevante en los procesos de descomposición, sobre todo para la UE2. De hecho, existe una correlación entre la cantidad de lluvia caída y una diversificación entre ambas UE. En efecto, entre el día 16 y 17 de IPM cayeron más de 45 mm, lo que produjo un salto importante en el TBS en los días posteriores de casi 6 puntos (ver Figura 2).

Es evidente que las fases avanzadas de descomposición (>20 TBS), ocurrieron más rápido en la UE2. Aunque se ha publicado poco en relación a la incidencia de la radiación solar en la tasa de descomposición [10], una posible explicación para este fenómeno es que el contexto local de

deposición, mostraba una tasa menor de radiación solar, y sobre todo cierta protección a las corrientes de aire por encontrarse dentro de una región arbustiva densa, lo cual la volvía más estable a las oscilaciones de temperatura lo largo del día. Además, las temperaturas promedio diaria de la UE2 mostraban 4 grados de diferencia negativa con respecto a la UE1, mientras que los porcentajes de humedad eran tres puntos por arriba en relación a la UE1. Aunque por el momento no se ha establecido la diferencia de temperatura necesaria para afectar la tasa de descomposición, la sombra estimularía una tasa de descomposición más rápida [31]. Por estas razones se produce en la UE1 un retraso en el proceso de descomposición, fenómeno observado por varios investigadores en otros contextos con diferencias de temperatura y humedad sobre los ejemplares en experimentación [17; 33; 32; 10; 34; 35; 19].

Menos en el periodo temprano, donde las UE lograron las mismas etapas cronológicas de descomposición (< 20 TBS), los estadios avanzado y de esqueletización se alcanzaron en diferentes momentos para las dos UE. La cabeza y el cuello del cerdo de la UE2 fueron las regiones donde primeros alcanzaron esos estadios (TBS 35) 185 días de IPM, mientras que para la UE1 fueron (TBS 35) 201 días de IPM.

Si consideramos el valor del coeficiente de determinación de r^2 (0,98 para UE1 y 0,97 para la UE2), la temperatura y la humedad, explicarían de forma significativa el comportamiento de la variable dependiente (TBS), sin embargo, aunque la ADD es la más importante, el porcentaje de humedad es otra variable que debe de considerarse en el TBS, sobre todo para la UE2. Aunque el presente estudio compromete ejemplares sin indumentaria, estudios experimentales mostrarían que el promedio del TBS obtiene un progreso similar entre las etapas tempranas de descomposición en ejemplares vestidos, aunque tienden a aumentar de 1 a 3 puntos más bajo en TBS que el grupo no vestido en las etapas finales de descomposición [10; 37; 38; 39].

En este sentido, los datos preliminares obtenidos en la estación de invierno, muestran curvas muy similares en el TBS de ambas UE, aunque el tiempo requerido para alcanzar los 35 puntos del TBS, es casi un 30 % más largo que lo observado en la estación de primavera. Es lógico suponer que los resultados obtenidos a lo largo de 201 días de IPM, sobre restos de cerdo doméstico, no pretenden ser determinantes para predecir fenómenos forenses de carácter biológico. Sin embargo, el TBS sigue siendo un buen indicador cuantitativo de las etapas de descomposición y la utilización de los ADD una herramienta valiosa, que merece ser testeada a lo largo de las diferentes estaciones del año en un medioambiente controlado de

carácter local [21; 32; 25].

6. CONCLUSIONES.

Conocer las estadísticas puede ayudar a entender la importancia del estudio de campo en el caso de un subadulto desaparecido, a la vez, puede brindarnos una idea de la envergadura que este tipo de casos tiene en la práctica forense. Las estadísticas de Reino Unido, indican que el 95% de los niños abducidos mueren en las seis primeras horas, mientras que, en Estados Unidos, un 76.2% de niños abducidos son asesinados en las primeras tres horas por lo que el factor tiempo es también crucial [40]. En este sentido, la estimación del tiempo transcurrido desde la muerte tiene un papel vital en los casos de restos humanos de menores encontrados en terrenos abiertos, por lo tanto, es necesario comprender las tasas de descomposición y los cambios tafonómicos para el entorno en el que se encuentra un cuerpo. En muchas oportunidades, cuando se encuentran restos humanos, los forenses deben utilizar datos de otras regiones, con diferentes climas, para completar los análisis tafonómicos y determinar el intervalo post mortem [36].

En este sentido, este proyecto proporciona un conjunto de datos preliminares para estimar el tiempo transcurrido desde la muerte sobre restos biológicos de cerdo doméstico de 30 kg de peso que emularían, potencialmente casos humanos.

Este proyecto constituye un estudio piloto para futuras investigaciones más representativas que están en curso. A pesar de que se utilizó una muestra pequeña perteneciente solo a la estación de primavera, los resultados obtenidos a partir de datos locales son estimulantes y se pretende probarlos como parte de la identificación de casos complejos donde estén involucrados, fundamentalmente menores, dentro del territorio del conurbano bonaerense.

Más allá de los resultados preliminares, este proyecto demuestra con éxito los pasos necesarios para el desarrollo de modelos tafonómicos de carácter regional. De hecho, podría ser testeado en locaciones con rasgos biogeográficos similares.

El ambiente de humedal, las características botánicas, la presencia y secuencia de carroñeros, las características topográficas y la distribución espacial de la población humana, constituyen un perfil ambiental característico que afecta fuertemente a los procesos post mortem en esta región que debe ser explorado [23; 41].

7. BIBLIOGRAFÍA.

1. RNIPME Registro Nacional de Información de personas menores extraviadas, Secretaria de Derechos Humanos y Pluralismo Cultural de La Nación. Subsecretaría de Protección y Enlace Internacional en Derechos Humanos INFORME DE GESTIÓN 2018 Buenos Aires, 1 de marzo de 2019
2. MEGYESI, M.S., NAWROCKIE, S.P., y HASKELL, N.H. Using accumulated degreedays to estimate the postmortem interval from decomposed human remains. *JForensic Sci.*, 50 (3), 1 – 9, 2005.
3. SORG, M. *Developing Regional Taphonomic Standards*. National Institute of Justice (NIJ). United States of America, 2013. <http://www.ncjrs.gov/App/publications/abstract.asp?265395>.
4. WESCOTT, D. Recent advances in forensic anthropology: descomposition research. *Forensic Sciences Research*, 3(4), 327-342. Doi:10.1080/20961790.2018.1488571, 2018.
5. DIRKMAAT, D., CABO, L., OUSLEY, S.D. New Perspectives in forensic anthropology. *Yrbk Phys Anthropol*. 51: 33-52, 2008.
7. PASSALACQUA, N, MEGYESI, M.S. A look into the past, present and future of descomposition research and the estimation of the postmortem interval. *Proc Am Acad Forensic Sci*, 2015, 20-93.
8. RODRIGUEZ W.C. *Decomposition of Buried and Submerged Bodies*. In: Haglund WD, Sorg MH, editors. *Forensic Taphonomy: The post-mortem fate of human remains*. Boca Raton: CRC Press:459-467, 1997.
9. VASS, A.A., BARSHICK, S.A., SEGA, G., CATON, J., SKEEN, J.T., LOVE, J.C., SYNSTELIEN, J.A. Decomposition chemistry of human remains: a new methodology for determining the postmortem interval. *Journal of Forensic Sciences* 47, 542–553, 2002.
10. VOSS, S., COOK, D., y DADOUR., R. Decomposition and insect succession of clothed and unclothed carcasses in Western Australia. *Forensic Science International* 211 67–75 journal homepage: www.elsevier.com/locate/forensic, 2011.
11. BATES L.N, WESCOTT D.J. Not all degree days are equal in the rate of descomposition: the effect of season of death on the relationship between gross postmortem descomposition and accumulated degree days. *Proc Am Acad Forensic Sci*, 22-178, 2017.
12. MATHUR, A., AGRAWAL, Y.K. An overview of methods used for estimation of time since death. *Australian Journal of Forensic Sciences* 43 (4), 275–285, 2011.
13. MADEA, B. Methods for determining time of death. *Forensic Science, Medicine and Pathology* 12 (4), 451–485, 2016.
14. HAYMAN, J., OXENHAM, M. Estimation of the time since death in decomposed bodies found in Australian conditions. *Australian Journal of Forensic Sciences* 49 (1), 31–44, 2017.
15. MYBURGH, J. Estimating the Post-mortem Interval Using Accumulated Degree-Days in a South African Setting (Thesis) University of Pretoria. Available at: <http://repository.up.ac.za/handle/2263/25700>, 2010.
16. SUTHERLAND, A., MYBURGH, J., y STEYN, M. The effect of body size on the rate of descomposition in temperate region of South Africa. *Forensic Sci Int*. 231:257.262, 2013.
17. BASS, W.M. Outdoor decomposition rates in Tennessee, in: H. Haglund, M. Sorg (Eds.), *Forensic Taphonomy*, CRC Press, Boca Raton, 1997, pp, 181–186.
18. PARSONS, H.R. The postmortem interval: a systematic study of pig decomposition in West Central Montana, *MSc thesis*, University of Montana, Montana, 2009.
19. SUCKLING, J.K. A longitudinal study on the outdoor human decomposition sequence in Central Texas, *MSc thesis*, Texas State University, Texas, 2011.
20. KOOUGH, N., MYBURGH, J., y STEYN, M. Scoring of descomposition: a proposed amendment to the method when using a pig model for human studies. *J. Forensic Sci*, (62) 986-993, 2017.
21. GALLOWAY, A. The process of decomposition: a model from the Arizona-Sonoran Desert, in: H. Haglund, M. Sorg (Eds.), *Forensic Taphonomy*, CRC Press, Boca Raton, pp. 139–150, 1997.
22. HAGLUND, W, y SORG, M.H. Method and theory of forensic taphonomy research, in: H. Haglund, M. Sorg (Eds.), *Forensic Taphonomy*, CRC Press, Boca Raton, pp. 13–26, 1997.
23. NASTI, A. Patronos de carroñeo y dispersión sobre restos de cerdo doméstico (*Sus Scrofa*) en contextos de Humedales: Implicancias Forenses. *Revista Argentina de Antropología Biológica*, vol 23, 2021. N 2 2021. DOI: 10.24215/18536387e038
24. CROSS, P, y SIMMONS, T. The influence of penetrative trauma on the rate of decomposition, *J. Forensic Sci*. 55, 295–301, 2010.
25. SIMMONS, T., ADLAM, R.E., y MOFFAT, C. Debugging decomposition data – comparative taphonomic studies and the influence of insects and carcass size on decomposition rate, *J. Forensic Sci*. 55, 8–13, 2010.
26. SCHIEL, M. Using accumulate degree days for estimating the postmortem interval: a re-evaluation of Megyesi's regression formulae, *MSc thesis*, University of Indianapolis, Indiana, 2008.
27. MULVANY, S., CANCIANI, M., PEREZ SAFONTAS, M., SANCHEZ ACTIS, T., TANGORRA, M y SAHADE, E. *Inventario de humedales de la provincia de Buenos Aires: Nivel 2: Sistemas de paisajes de humedales: principales aspectos operativos y metodológicos para su abordaje*. XXI Jornadas de Geografía de la UNLP, 9 al 11 de octubre de 2019, Ensenada, Argentina. Construyendo una

- Geografía Crítica y Transformadora: En defensa de la Ciencia y la Universidad Pública. EN: Actas. Ensenada: Universidad Nacional de La Plata. Facultad de Humanidades y Ciencias de la educación, 2019. http://www.memoria.fahce.unlp.edu.ar/trab_eventos/ev.13601/ev.13601.pdf.
28. PASSARELLI, L., ROLLERI, C.M., CICIARELLI, M., DEDOMENICI, A.C y GONZALEZ, G. Flora vascular de humedales permanentes y transitorios bonaerenses (Buenos Aires, Argentina). *Botánica Complutensis*, 38, 139-154. 2014, 2014. https://doi.org/10.5209/rev_BOCM.2014.v38.45782
 29. BENZAQUEN, L.D.E., BLANCO, R. B., KANDUS, G., LINGUA, P., MINOTTI, M. y QUINTANA, R. Regiones de Humedales de la Argentina. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable. *Fundación Humedales/Wetlands International*. Universidad Nacional de San Martín y Universidad de Buenos, 2017.
 30. KAZIMIERSKI, L.D y BADANO, N.D. High-resolution urban flood model for risk mitigation validated with records collected by the affected community. *Journal of Flood Risk Management*, 2(2) 12524, 2019. <https://doi.org/10.1111/jfr3.12524>
 31. SHARONOWSKI, B., WALKER, E., y ANDERSON, G. Insect succession and decomposition patterns on shaded and sunlit carrion in Saskatchewan in three different seasons, *Forensic Science International*, no. 179, pp. 219-240, 2008.
 32. GALLOWAY, A., BIRKBY, W.H., JONES, A.M., HENRY, T.E., y PARKS, B.O. Decay rates of human remains in an arid environment. *J. Forensic Sci.*, 34(3), 607-616, 1989.
 33. CAMPOBASSO, C.P., li VELLA, G., e INTRONA, F. Factors affecting decomposition and Diptera colonization, *Forensic Sci. Int.* 2019, 2, 18-27.
 34. MYBURGH, J., ERICKA, N., L'ABBE, A., STEYN, M., y BECKER, P. Estimating the postmortem interval (PMI) using accumulated degree-days (ADD) in a temperate region of South Africa. Elsevier Ireland Ltd. All rights reserved. *Forensic Science International*, 2013. <http://dx.doi.org/10.1016/j.forsciint.2013.03.037>
 35. SIMPSON, G., y STRONGMAN, D.B. Carrion insects on pig carcasses at a rural and an urban site in Nova Scotia. *Can. Soc. Forensic Sci. J.* 35(3), 123-143, 2002.
 36. BROWN, D., PECKMANN, T. Decomposition Rates and Taphonomic Changes Associated with the Estimation of Time Since Death in a Summer Climate: A Case Study from Urban Nova Scotia, *Canadian Society of Forensic Science Journal*, 2013, 46:4, 209-230, DOI:10.1080/00085030.2013.10799549.
 37. COCKLE, D., y BELL, L. The environmental variables that impact human decomposition in terrestrially exposed contexts within Canada, *Science & Justice*, 2016, doi: 10.1016/j.scijus.2016.11.001
 38. PAYNE, J. A Summer Carrion Study of the Baby Pig, *Sus scrofa* Linnaeus, *Ecology*, vol. 46, pp. 592-602, 1965.
 39. SHEAN, B., MESSINGER, L. y PAPWORTH, M. Observations of Differential Decomposition on Sun v. Shaded Pig Carrion in Coastal Washington State, *Journal of Forensic Sciences*, vol. 38, no. 4, pp. 938-949, 1993.
 40. Marquez-Grant, N., Muñoz, A. y López-Costas, O. (2015). Restos humanos subadultos: cuestiones prácticas en antropología forense. En Sanabria M.C. (Ed.), *Patología y antropología forense de la muerte: la investigación científico-judicial de la muerte y la tortura, desde las fosas clandestinas, hasta la audiencia pública*. Bogotá D.C., Colombia: Forensic Publisher.
 41. VASS, A.A. Beyond the grave - understanding human decomposition. *Microbiology Today* 28, 190-192, 2001.