

Análisis quimiométrico del elementos traza en dientes de aborígenes como evidencia de fuentes alimentarias.

Determination of trace element profile in human tooth as evidence of food sources in aborigines in the north-central region of Cuba.

Jorge Basilio de la Torre López ^a, Rolando Saladrigas Vega ^{a, b}, Yeniset Rodríguez Rodríguez ^c, José Eusebio Chirino Camacho ^d, Lorenzo Morales Santos ^e, Pedro César Quero-Jiménez ^{f, *}

^a Departamento de Licenciatura en Química. Universidad Central «Marta Abreu» de Las Villas. Carretera a Camajuaní km 5 ½ Santa Clara. CP 54830, Villa Clara, Cuba.

^b Centro de Ingeniería Genética y Biotecnología de Camagüey. Carretera Circunvalación Norte y Avenida Finlay. Camagüey, Cuba.

^c Clínica Estomatológica de Especialidades "Victoria De Santa Clara". Avenida 26 de Julio, Zona Hospitalaria, CP 54830, Villa Clara, Cuba.

^d Centro de Servicios Ambientales de Sancti Spiritus. Calle Marrero, edificio 10, apto. 15, Yaguajay, Sancti Spiritus, Cuba.

^e Centro de Estudios y Servicios Ambientales de Villa Clara. Delegación Provincial CITMA-Villa Clara. Carretera Central 716. Santa Clara, CP 50 100, Villa Clara, Cuba.

^f Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Autónoma de Nuevo León. Campus Ciudad Universitaria, Av. Universidad s/n, San Nicolás de los Garza, Monterrey. CP 66455, Nuevo León, México.

*Corresponding author.

Pedro César Quero-Jiménez

Facultad de Ciencias Químicas. Universidad Autónoma de Nuevo León. Campus Ciudad Universitaria, Av.

Universidad s/n, San Nicolás de los Garza, Monterrey. CP 66455, Nuevo León, México. Phone: +5358507753

RESUMEN

El objetivo general del presente trabajo es evaluar la posible identificación de métodos de apropiación o fuentes alimentarias de aborígenes precolombinos en cinco zonas de la región centro-norte de Cuba por medio de técnicas quimioterapias aplicadas a resultados de los oligoelementos indicadores de dieta (Ca, Cu, Sr, Mg, Ba y Zn, determinadas por espectrometría de absorción atómica y P por espectrofotometría ultravioleta-visible). Las muestras analizadas en dientes provienen de los sitios Peña de Indio, Peña de Evaristo, sitio Cueva de Los Cuchillos en Cayo Salina, Solapa de los Muertos y cueva Necrópolis (zona arqueológica El Charcón), ubicados en la región central de Cuba. Los patrones dietéticos del aborígen cubano con concentraciones de elementos. Las muestras de la cueva de Los Cuchillos en Cayo Salina, en general, son los valores más altos de elementos indicadores de la dieta herbívora y carnívora, presumiblemente esta última también de origen marino. En el caso de los sitios Peña del Indio y Peña de Evaristo, con una marcada dieta proveniente del mar, se reafirma su relación con los sitios de los cayos o la zona costera ya que luego de explorar toda la zona, no aparecen sitios de habitación; y aunque posiblemente pertenecían al mismo grupo sociocultural y tipo de apropiación y no a la misma comunidad. Fue en el sitio de Solapa de Los Muertos donde el cobre se comportó más alto, por lo que se puede inferir que este sitio albergaba a los llamados cazadores, quienes tenían una dieta basada principalmente en carnes rojas. En el caso de Solapa de Los Muertos y La Necrópolis presentan los valores más bajos para la dieta herbívora. A través del análisis de muestras de la misma mandíbula, se afirma que hubo un cambio en el patrón de alimentación de dicho individuo, que primero fue herbívoro y pasó a ser carnívoro. En el análisis de conglomerados, los conglomerados se separan de una manera diferente a la del gráfico PCA y Biplot PCA y K-Means, donde todas las variables incluidas han demostrado ser buenos predictores. Un nuevo grupo que llamamos zona intermedia aparece en la gráfica de análisis de conglomerados jerárquicos, ya que corresponde principalmente a la cueva La Necrópolis en el sitio El Charcón, en correspondencia con lo que se muestra por la combinación de los k-Medoides con el algoritmo PAM. Una vez utilizado en el análisis arqueológico, se ubica a una distancia intermedia entre la ubicación de Solapa de Los Muertos (interior) y los sitios de la zona costera, que son sitios de enterramiento presumiblemente. De los resultados se puede concluir que algunos dientes en las concentraciones se acercan a los encontrados en la literatura en los casos reportados, por lo que se puede deducir el tipo de dieta utilizada por cada uno de los individuos. El valor obtenido de oligoelementos en las muestras permitió identificar tendencias culturales entre los cinco sitios analizados utilizando fundamentalmente técnicas estadísticas como el Análisis de Conglomerados y el Análisis de Componentes Principales. Los sitios de estudio mediante el análisis de Pearson permitieron establecer diferentes grados de especialización para la obtención de dietas.

Introducción:

En ayuda de la Historia en la verificación de las hipótesis sobre los aborígenes cubanos antes de la llegada de los españoles a Cuba, se empiezan a emplear conocimientos y técnicas multidisciplinarios. Entre estos se encuentra la Arqueoquímica. Los datos aportados a partir de los resultados deben ser reproducibles y confiables en la generalidad.

El presente estudio es la determinación química de los elementos indicadores de dieta (Ca, Mg, Sr, Zn, Cu, V y P) consumida por los aborígenes y que encuentran en la matriz de los dientes recolectados en diferentes sitios de la zona centro-norte de la región central de Cuba.

Desarrollo:

Los sitios estudiados de donde se tomaron las muestras de dientes fueron de dos áreas diferentes en el sitio Cueva de Los Cuchillos en Cayo Salina (S) ($22^{\circ} 25'35.8320$ N, $-79^{\circ} 14'03.0480$ W). En una primera zona debió existir un asentamiento de los Preagroalfarero (Preceramistas Tempranos, Protoarcaico, "Levisa 1", habitacional, sepultura, ritual). La zona agreste está más asociada con los entierros de un Agroalfareros (Agroceramistas, conocido como Taino), lugar donde se recolectaron otros dientes en 2015 (Chirino Camacho, 2019). Sin embargo, los arqueólogos no descartan la posibilidad de que este sitio habitacional en épocas anteriores fuera ocupado por Preagroalfareros (Preagroceramistas) o de Ciboney "Guayabo Blanco", pues se han encontrado ajuar funerario de ambos períodos. Otras muestras analizadas pertenecían a sitios funerarios conocidos como Peña de Evaristo (E) ($22^{\circ} 14'30.89506$ N, $-79^{\circ} 12'19.04688$ W) y Peña del Indio o Mácoael (I) ($22^{\circ} 14'30.89508$ N, $-79^{\circ} 12'48.61404$ W), en la sierra de Bamburanao, en la cual se mantiene la hipótesis de que dichos entierros no responden a sitios residenciales en esas áreas. Otras muestras fueron tomadas de Solapa de los Muertos (M) ($22^{\circ} 49'09.00552$ "N, $-80^{\circ} 08'09.43512$ " W); y muestras de la cueva de la Necrópolis en el sitio El Charcón (CH) ($22^{\circ} 51'22.52592$ "N, $-80^{\circ} 20'32.26128$ " W). Este último sitio según el arqueólogo Dr.C. Lorenzo Morales Santos constituye un importante depósito de material paleontológico del Cuaternario. El estudio del material fósil de vertebrados permitió registrar más de 120 ejemplares agrupados en 30 especies y 20 géneros y además, existe toda una serie de evidencias paleontológicas que avalan, que este depósito podría originarse como consecuencia de la actividad alimentaria desarrollada por humanos. En el caso de Peña de Evaristo, Peña del Indio y cueva de Los Cuchillos en Cayo Salina (municipio de Yaguajay) en la provincia de Sancti Spíritus y; Solapa de los Muertos y Necrópolis en los municipios de Sagua la Grande y Quemado de Güines respectivamente, en la provincia de Villa Clara (Figura 1),

Por otro lado, la morfología de cada diente es única, ya que incluso su contraparte del mismo maxilar se diferencia de éste por la condición de ser su enantiomorfo (Toribio Suárez y Rivero de la Calle, 1996), por lo que el uso de dientes en la investigación paleodietaria puede proporcionar conclusiones más precisas y confiables sobre los estilos de vida y las culturas aborígenes. En Cuba, los aborígenes tardíos han sido los más estudiados por su relación con otras culturas como la española, investigaciones que se basan en supuestos patrones hipotéticos que en algunos casos carecen de una validación científica objetiva. Se han realizado diferentes investigaciones arqueológicas y paleodietarias que están fundamentalmente vinculadas a establecer la forma de vida y conocer el tipo de dieta de los aborígenes como el trabajo desarrollado por Chinique de Armas et al. (2008), para comprender algunos de sus modelos de comportamiento, estimando los modelos de adquisición de alimentos y su grado de adaptación al medio y que se ha complementado con otros estudios (Chinique de Armas y Pestle, 2018; Chinique de Armas y Roksandic, 2018). Algunos investigadores mantienen un escaso desarrollo tecnológico de los aborígenes de la región central de Cuba (Aleksandrenkov, 1985). Por tanto, en la investigación se aplica el análisis paleodietario a los dientes, lo que permite dimensionar el papel de los recursos vegetales silvestres y cultivables, y la fauna (marítima o terrestre), lo que aporta información más extensa y directa sobre la dieta de estas poblaciones. Además, se recolecta la identificación de vegetales y animales cultivables en estos sitios y algunas áreas aledañas, los cuales se reportan en la literatura, bajo la premisa de que la implementación de prácticas relacionadas con la producción de alimentos constituye un cambio significativo en la interacción de las comunidades aborígenes con el medio ambiente, lo que trae consigo implicaciones socioculturales y ecológicas.



Figura 1. Ubicación de los sitios arqueológicos analizados.

Se trabajaron basados el criterio de 3 grupos de edades tomando entre 10 y 12 muestras en cada uno de los sitios, y 19 muestras de la Solapa de los Muertos, por ser uno de los mas estudiados y en el cual más información ha brindado sobre nuestros antepasados según las evidencias. En la tabla 1 se enumeran las muestras dentales con su probable edad y sus observaciones, realizadas por la Dra. Yeniset Rodríguez de la Clínica de Especialidades Provincial de Santa Clara, Villa Clara, Cuba. Las muestras se clasificaron por posibles edades según el tipo de desgaste de la dentina y el posible daño que presentan los dientes. El primer grupo de edad va de los 2 a los 12 años, que es la primera etapa de la vida; aquí los dientes predominantes son temporales. El segundo grupo de edad es de 30 a 40 años, donde se observan los dientes con poco desgaste, aunque pueden mostrar desgaste en la parte oclusal del diente debido al uso de estos como herramienta de corte. En el tercer grupo, las edades oscilan entre los 50 y 70 años donde presentan mayor desgaste en todos los dientes, en la mayoría de los casos se evidencia un desgaste casi total en el diente. En las muestras de los sitios analizados, no fue posible verificar si algunos dientes pertenecían al mismo individuo.

Se tomaron las muestras de varios lugares para obtener representatividad en el método estadístico utilizado. A excepción de una mandíbula encontrada en cueva La Necrópolis sitio El Charcón, de la cual se analizaron de forma independiente tres dientes (incisivo inferior, CH6) y dos posiciones (un canino superior izquierdo (CH9) y el segundo molar superior derecho (CH5)), que crecieron en diferentes etapas de la vida. En este caso, fue posible verificar si hubo o no un cambio en las fuentes de alimentos en el individuo.

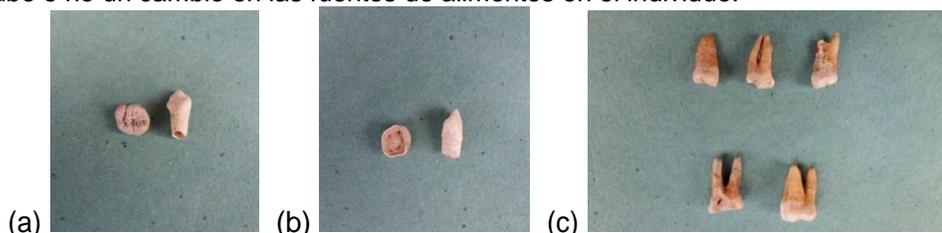


Figura 2. Se utilizaron muestras de los dientes para el análisis. a y b) Premolar superior derecho, con aspecto oclusal desgastado perteneciente al individuo M6 (6 a 10 años). b) Primer premolar inferior izquierdo (S07, 30 años) con desgaste oclusal nivelado; molar superior izquierdo (E08, 40 años) con fractura de cúspide y también dos raíces cervicales y una raíz papal con desgaste en la superficie oclusal a nivel de dentina superficial; segundo premolar inferior derecho (E33, 40 años) con desgaste dentinario superficial; primer molar superior izquierdo (M5, 60 años) con corona oclusal aplanada y; primer molar izquierdo (CH12, 50 años) con desgaste dentinario superficial.

Tabla 1. Muestras dentales analizadas por sitio arqueológico y edad probable.

Sitio arqueológico	Ubicación geográfica	Dientes temporales	Dientes permanentes
Los Cuchillos	Cayo Salinas. Mpio Yaguajay. Sti. Spiritus	3	8
Peña del Indio	Mpio Yaguajay. Sti. Spiritus	3	8
Peña del Evaristo	Mpio Yaguajay. Sti. Spiritus	3	8
La Necropolis	Sitios Charcon. Quemado de Güines. Villa Clara	3	8
Solapa de los Muertos	Mpio Sagua la Grande. Villa Clara	6	12

Preparación de la muestra

Para determinar los oligoelementos indicadores en los dientes, se realizó una limpieza mecánica de las muestras dentales, con abundante agua desionizada e instrumentos apropiados para eliminar las partículas de impureza adheridas a los intersticios. Luego se realiza un proceso de secado en estufa a 110 ° C hasta lograr un peso constante durante 12 horas. Posteriormente se fragmentan en un mortero sin llegar a triturar el mismo. Para la digestión de las muestras se tomaron 0.5 g de cada muestra y se disolvieron en una solución de HCl y HNO₃ (1: 1) (Matusiewicz, 2017). Se incluyeron muestras en blanco con las digestiones de muestra. Para el análisis de iones zinc (Zn), magnesio (Mg), calcio (Ca), bario (Ba), estroncio (Sr) y cobre (Cu) por espectrometría de absorción atómica (AAS, PG-990, China), 5 mL de cloruro de lantano (5%, cloruro de lantano hexahidratado: LaCl₃.6H₂O, Merck, Alemania) y 0.25 mL de cloruro de cesio (0.5%, cloruro de cesio hexahidratado: CsCl₃.6H₂O, Merck, Alemania) se agregaron al solución para eliminar la interferencia de otros iones y facilitan la ionización. Finalmente, las soluciones resultantes se completaron hasta 50 mL con agua desionizada. Para el análisis de fósforo (P), las muestras se prepararon siguiendo estrictamente los requisitos, siguiendo a Michelsen (1957). Para cada solución,

un volumen adecuado de la solución stock de fósforo y las muestras se trataron sucesivamente con 10 mL del reactivo molibdato de amonio - metavanadato de amonio y la solución resultante se completó hasta 50 mL. La absorbancia se registró contra un blanco a 420 nm usando un espectrofotómetro L6S UV-Vis (China), el ancho de la celda de cuarzo de 1.0000 cm. El contenido de elementos de Ca y P se calculó como la cantidad relativa del contenido total de elementos (100%) en porcentaje en peso; los otros elementos se expresan en $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$.

Análisis estadístico

Todas las mediciones de este estudio se realizaron en tres muestras repetidas. Todos los puntos y espectros de datos informados denotan las medias de las repeticiones. La linealidad del proceso de calibración se investigó mediante ANOVA (Nunes et al., 2015; de Haro Moreno et al., 2018), coeficiente de determinación (Van Loco et al., 2002), coeficiente de correlación (Van Loco et al., 2002; de Souza y Junqueira, 2005; Asuero, Sayago y González, 2006; Hsieh y Liu, 2008) y Prueba de falta de ajuste (Akritas y Papadatos, 2004; de Souza y Junqueira, 2005; Hsieh y Liu, 2008). La relación y el grado de asociación que puede existir entre las variables metálicas medidas se evaluaron mediante el análisis de componentes principales (Zhao et al., 2021), el algoritmo k-Medoids con Partitioning Around Medoids (PAM) (Schubert y Rousseeuw, 2021) y Dendrograma del análisis de conglomerados jerárquicos (Stolarek et al., 2018). Se utilizó la distancia euclidiana para determinar la similitud entre los conglomerados. El nivel de significancia se fijó en $p < 0,05$. Todos los análisis estadísticos se realizaron mediante R (Versión 3.6.3).

La linealidad del método se evaluó analizando las curvas de calibración con valores de absorbancia medidos en 8 puntos para cada oligoelemento. La muestra o analito es el extracto obtenido de los restos dentales; los resultados se expresan en $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. Los resultados mostraron en todos los casos un modelo lineal para describir la relación entre absorbancia y concentración con un alto grado de significación estadística. El coeficiente de correlación es superior a 0,990 para todos los oligoelementos estudiados, lo que indica una relación relativamente fuerte entre las variables (Guía Eurachem, 2014). Se rechazó la prueba de falta de ajuste; el modelo de regresión lineal debe estar sistemáticamente a un nivel de confianza del 95%. Esta prueba demuestra la linealidad de la curva de calibración, admitiendo la hipótesis de linealidad de modo que la variabilidad no explicable se debe a la variabilidad inherente de los datos y no a las medias de la distribución de la variable dependiente en cada valor de la variable independiente.

Relaciones entre elementos

Las muestras estudiadas se muestran en la tabla 1, representadas por ejemplares en los que el grado de atrición no exponía la dentina, generalmente pertenecientes a individuos juveniles y otros perteneciente a personas mayores en los que, además de la dentina expuesta, se unen los sistemas de conductos y algunas en las que el intenso desgaste dejó expuesta incluso la pulpa,. Se ha demostrado en estudios previos en Cuba, que el fuerte desgaste que se observa en ellos se debe, entre otras causas, a sus hábitos alimentarios (Rodríguez Montoro, 2010). El grado de desgaste de los dientes estaría entonces directamente relacionado con el uso más o menos intenso del aparato masticatorio, así como con la edad del individuo. También hay que tener en cuenta que los aborígenes recolectores-cazadores también utilizaban sus dientes como herramientas para ablandar materiales como las pieles, lo que también contribuía al deterioro de los dientes. Correlacionar los elementos determinados con la dieta consumida por los aborígenes, criterio adoptado por (Trancho y Robledo, 2003). El contenido de calcio y fósforo de los dientes varía entre el 34% y el 39% y entre el 16% y el 18% en peso, respectivamente (Curzon y Featherstone, 1990). El esmalte es una construcción cerrada donde no hay más intercambio elemental (Liu et al., 2013). Es razonable que su concentración sea mayor en el esmalte que en la dentina. También se determinó la relación Ca / P del diente para determinar el grado de conservación de la dentina y evaluar la contaminación de las muestras ya que algunos autores sugirieron la existencia de diagénesis significativa solo cuando dicho índice se establece por encima de 2,5 (Buikstra et al., 1989). Este análisis se realizó para cada sitio por separado, evaluando las posibles dietas de cada individuo con su edad probable. En las muestras analizadas, la relación Ca / P es menor a 2.5, por lo que se puede afirmar que el proceso de diagénesis no ha comprometido la integridad del estado de conservación de la matriz dentinaria del diente. Ver Figura 3 el análisis bidimensional del Ca y P por sitio.

En el análisis de la relación Zn / Cu (Figura 4) que se realizó, como patrón fundamental de la dieta cárnica. En Solapa de Los Muertos y cueva La Necrópolis, su forma de alimentación era más específica, porque son lugares del interior donde la comida se obtenía principalmente de la caza de animales y la recolección de frutas y verduras. La diferencia entre las muestras se debe a la probable edad de cada individuo y quizás a la etapa en la que vivieron. En el caso de los asentamientos denominados Charcones (hay una decena de restos de marcada filiación Paleolítica y Mesolítica en el territorio) y hasta ahora sólo uno, Charcón IV, es protoagropecuario, siendo un caso atípico. Además, de acuerdo con (Córdova Medina y Pino Rodríguez, 2011), los desafíos de fauna encontrados y clasificados en el sitio de estudio, correspondientes a varias especies de jutías, cinco de las cuales están extintas, la caza de estos roedores constituyó, muy posiblemente, la actividad de subsistencia que favorece las proteínas. Se determinó que las actividades económicas de la comunidad que los habitaba eran principalmente la caza, la

recolección y la pesca. De ello se desprende que se trataba, esencialmente, de un **grupo de cazadores-pescadores-recolectores**.

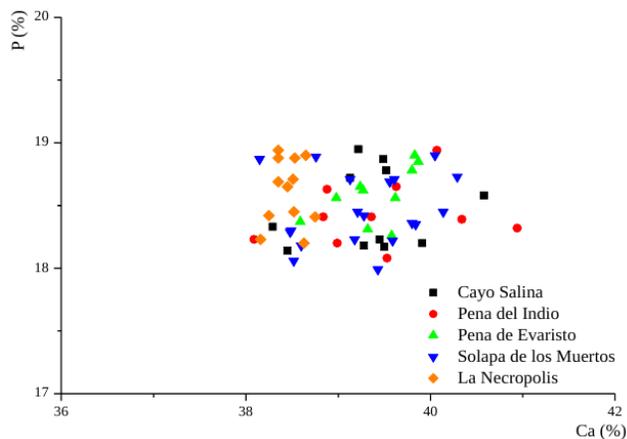


Figura 3. Contenido de calcio y fósforo.

Los valores reportados en este sitio y la evidencia paleontológica, apoyan que el depósito fue originado como resultado de la actividad alimentaria desarrollada, según (Arredondo Antúnez y Finalet Villavicencio, 2004), con preferencia hacia una dieta carnívora.

En Solapa de Los Muertos se observa que en general todas las muestras presentan altas concentraciones de cobre, aunque la muestra M5—a presenta las concentraciones más altas de cobre de todos los sitios estudiados, y también presenta un alto contenido de Zn, por lo que presenta una dieta mixta a base de múltiples alimentos, tanto carne como fibra, además de verduras y legumbres.

En sitio Cueva de Los Cuchillos en Cayo Salina, ubicado cerca de la costa, la dispersión en el contenido de zinc en las muestras puede deberse a que este sitio fue refugio de olas migratorias de diversas regiones, donde su dieta a lo largo de su trayectoria fue principalmente de animales marinos y otros productos del mar, mientras que otros individuos con un patrón de asiento interior en tierra y cierta movilidad en áreas cercanas a la costa también podrían haber coincidido, y tener su asentamiento cerca de la costa, que se alimentaba tanto de animales terrestres como marinos y su dieta era mucho más equilibrado o mixto. Además, los arqueólogos aseguran que los aborígenes en 17 lugares diferentes en los que se reporta la misma cantidad de sitios utilizaron esta zona, gracias a lo cual se tiene la certeza de la presencia de todos los grupos o períodos de desarrollo aborigen que habitaron Cuba. Las muestras S20 (aprox. 5 años), S08 (aprox. 50 años) muestran un bajo consumo de cobre y una concentración relativamente alta de zinc debido al mayor consumo de proteínas vegetales.

En los sitios Peña del Indio y Peña de Evaristo, la dispersión de Zn no es significativa, lo que implica que los habitantes de ambos sitios tenían dietas aproximadamente similares. Destacan las muestras I13 e I12 (con más de 60 años), que evidenciaron que su dieta principal, por la alta concentración de cobre, estaba basada en carne y abundante proteína vegetal (estos eran Agroalfareros). Sin embargo, en las actuales sierras de Bamburanao; donde se ubican estos dos sitios, predominan las jutías (*Capromys* sp), de cuyos restos de mamíferos han aparecido en entierros aborígenes como en el sitio Peña de Evaristo, que debió haber significado una fuente de alimento para los aborígenes del territorio.

Según Chinique de Armas et al.,2013, en un estudio realizado en Canimar Abajo, el proceso de lactancia y ablactación de lactantes en la población aborigen de dicho sitio se caracteriza por la introducción temprana de alimentos sólidos en la dieta de los niños (edades cercanas al año de vida) y concluye que existe una estrecha relación entre la mortalidad infantil y la interrupción de la lactancia materna exclusiva, cuyo período crítico se sitúa entre uno y dos años de vida. Si bien pueden existir otros factores que influyen en la tasa de mortalidad infantil, los resultados obtenidos indican que está relacionada con factores epidemiológicos producidos por patógenos. En el caso de las muestras S01, S09 y S20, de individuos en edad preadulto, podría deberse al consumo de alimentos en esta etapa, ya que las concentraciones de los elementos analizados en estas muestras son en promedio similares a las de los individuos adultos, por lo que se demuestra que estos individuos fueron privados de la lactancia materna exclusiva y que esto podría influir en la edad de mortalidad. Para determinar la dieta vegetal se estableció la relación Zn / Ba (figura 5), entre otros. En la cueva de Los Cuchillos en Cayo Salina, las muestras están todas agrupadas hacia la parte inferior izquierda del gráfico, donde se observa la falta de contenido de bario en los habitantes de este sitio en general. Pudiendo afirmar que estos individuos no tenían como fundamental el consumo de fibra vegetal, frutos secos y legumbres; excepto para las muestras S08, S13 y S14. Esta relación en la cueva de Los Cuchillos en Cayo Salina muestra cómo en este sitio existe una gran diferencia en las dietas entre los individuos existentes en esta zona pues, a pesar de que si bien todas las muestras presentaron índices de bario

relativamente bajos, como se explicó, existe una marcada diferencia en términos de la concentración relativa de Zn presente. Las muestras S08 (aprox. 50 años) y S20 (aprox. 5 años) muestran concentraciones relativamente altas de zinc, así como en la relación Zn y Cu, lo que demuestra que su dieta se basó principalmente en carne, vísceras y moluscos. Sin embargo, en cueva La Necrópolis se observa una gran dispersión de la relación Zn / Ba, entre las muestras que presentan una dieta mixta a base de fibra vegetal, frutos rojos, tubérculos y en algunos casos carnes y cereales. En este sitio las muestras CH1 (aprox. 6 a 9 años) y CH2 (aprox. 7 a 11 años), presentan niveles de zinc relativamente bajos, lo que indica su baja dieta a base de carne, lo que podría deberse a la forma de alimentación que estos aborígenes tenían con los más pequeños ya que tienen un alto contenido de bario que indica una dieta rica en verduras, frutas y legumbres.

La relación Mg / Ba (Figura 6) también indica el índice de dieta vegetal presente en las muestras dentales. En la cueva de Los Cuchillos en Cayo Salina, se observa que la mayoría de las muestras se encuentran agrupadas en la parte inferior izquierda del gráfico como en Peña del Indio, evidenciando que la dieta en estos dos sitios fue muy similar en cuanto a los niveles de aporte vegetal actual, y es que ambos sitios estaban dentro de la costa, como el primero, o cerca de ella, como en el caso del segundo, lo que está claro es que sus niveles de concentración de bario son muy bajos. Sin embargo, los niveles de magnesio son altos y también es un patrón de consumo de vegetales, basado en vegetales verdes, cereales y legumbres. En las muestras de la cueva de Los Cuchillos en Cayo Salina se observan tres muestras con altas concentraciones de bario y magnesio, a diferencia del resto, que son las muestras S13 (50 años), S14 (70 años aprox.) Y S08 (40 años). aprox.) lo que da idea de la presencia de una dieta basada principalmente en fibras vegetales, mucho mayor que en el resto de las muestras y según la probable edad dentaria, eran adultos y, por tanto, posiblemente de zonas más alejadas de la costa y más recolectores que cazadores, aunque no es posible afirmarlo ya que, a pesar de los datos, los grupos que operan en el bosque interior tienen un componente cinegético dominante, mientras que los pobladores costeros destacan por las actividades extractivas, recolectoras y forrajeras. De la supervivencia incluso de *Zamia* sp en Cayos Lucas, Salina, Caguanes y Palma, se podría considerar que la cosecharon y consumieron. Las pruebas de germinación y desarrollo han demostrado que la producción a partir de la siembra podría ser posible (Chirino Camacho, 2019).

En el sitio de Peña del Indio, las concentraciones de los oligoelementos bario y magnesio se encuentran dentro de las concentraciones establecidas sin mucha variación, a excepción de las I05 muestras (40 años aprox.) que presentan bajas concentraciones de bario y magnesio, por lo que se asume que su dieta no se basaba en verduras y frutas. La muestra I03 (60 años aprox.) presenta altas concentraciones de magnesio por lo que se puede inferir que este individuo tiene una dieta a base de vegetales verdes y frutas frescas, y debido a la edad probable, se asume que debió ser de un individuo antes que los demás analizados (coleccionista muy temprano). Se analiza la relación Mg / Sr (Figura 7) para ver la influencia de los sitios más cercanos a la costa y los más alejados sobre Mg y Sr, que son patrones de dieta vegetal y dieta rica en animales marinos, respectivamente. En el sitio Cueva de Los Cuchillos en Cayo Salina se observa una gran dispersión entre las muestras debido a la dieta de los individuos de esta zona. Como se discutió anteriormente, en este sitio pueden haber coexistido dos tipos de comunidades, una dúo a la migración y la otra perteneciente a zonas costeras cercanas al sitio, que acudieron allí para buscar comida en el mar. En la cueva la Necrópolis ocurre lo contrario, ya que todas las muestras están agrupadas en la esquina inferior izquierda del gráfico indicando la baja concentración de Mg y Sr, por lo que es evidente que su dieta no se basó fundamentalmente en productos marinos, ni sobre productos vegetales. Este sitio se ubica algo más en el centro del Región Central de Cuba y, como se observó anteriormente, su dieta se basaba principalmente en carnes, vísceras, moluscos y otros alimentos terrestres.

Sin duda, uno de los microconstituyentes más útiles para la reconstrucción de la paleodieta es el Mg. Este elemento no está controlado metabólicamente y, por esa razón, la cantidad ingerida y la cantidad retenida en hueso están estrechamente relacionadas (Ezzo, 1994). De acuerdo con el mecanismo de fraccionamiento del estroncio por bioselectividad, el herbívoro debe tener una concentración más alta que las muestras humanas y los resultados obtenidos en este análisis son consistentes con el comportamiento biológico esperado. También se analizó la relación Sr / Ba, en la cual se encontró que en el sitio Cueva de Los Cuchillos en Cayo Salina, estos elementos eran variables. Las muestras S13 (40 años aprox.), S14 (70 años aprox.) y S8 (50 años aprox.) presentan valores altos de concentración de bario, lo que indica una dieta a base de fibra vegetal, frutos secos, legumbres y tubérculos. La muestra S15 (60 años aprox.) presenta altos valores de concentración de estroncio por lo que presenta una dieta fundamentalmente de peces, ecosistemas marinos y vegetal en general. Se podría decir que proceden de una etapa temprana, (A-1). De acuerdo con los datos obtenidos, se puede establecer que el individuo de la muestra S15 no pertenecía a la etapa generacional del S08 o simplemente era un individuo que no pertenecía a ese lugar y se encontraba allí como consecuencia de migración, en busca de mejores hábitos alimenticios. Debido a su gran diferencia en la dieta que practicaban ambos individuos o quizás, por ser un individuo con características especiales y por tanto con diferentes hábitos alimentarios. El estudio muestra que la evidencia encontrada en el área 2 de esta cueva (A-2) es un área de enterramiento para Agroalfarero; y los que fueron sacados de un sitio (A-1), Preagroalfarero. El primero respondió a un grupo de agricultores con fuerte presencia de

tubérculos en su dieta (muestras S13; S14 y S8) y el segundo (muestra S15) a un grupo en el que se encontraban restos de la dieta de ecosistemas de peces, marinos y plantas, prevaleció (confirma la hipótesis en la observación de la encuesta de cada sitio). Aunque en (A-1) el resultado revela la presencia de un grupo mucho más temprano (Protoarcaico) y que la muestra (S15) podría ser de este grupo; entonces, estos individuos no coincidieron en el tiempo.

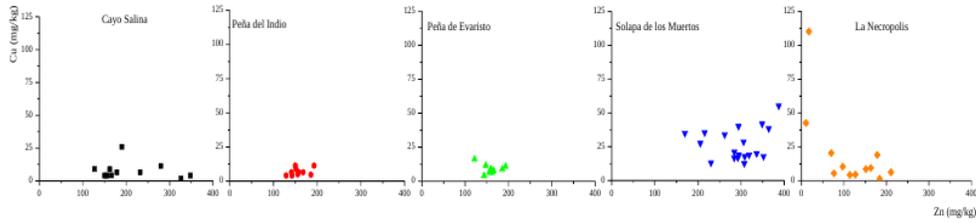


Figure 4. Relation Zn/Cu of the analyzed sites.

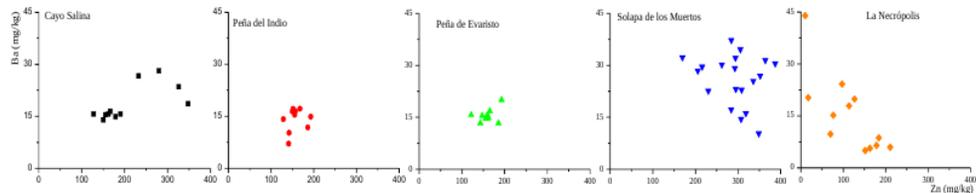


Figure 5. Relation Zn/Ba of the analyzed sites.

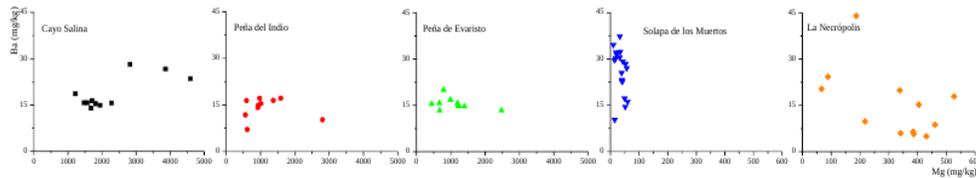


Figure 6. Relation Mg/Ba of the analyzed sites.

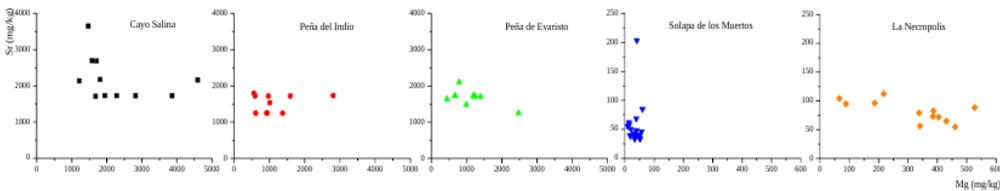


Figure 7. Relation Mg/Sr of the analyzed sites.

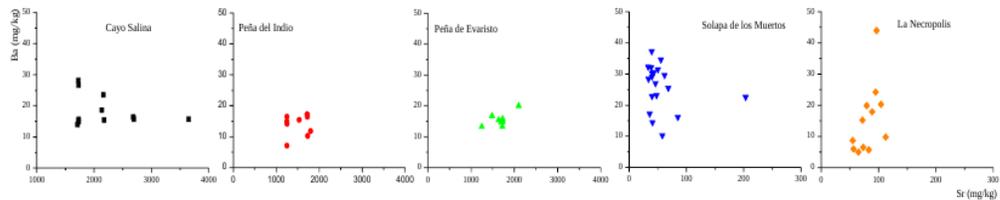


Figure 8. Relation Sr/Ba of the analyzed sites.

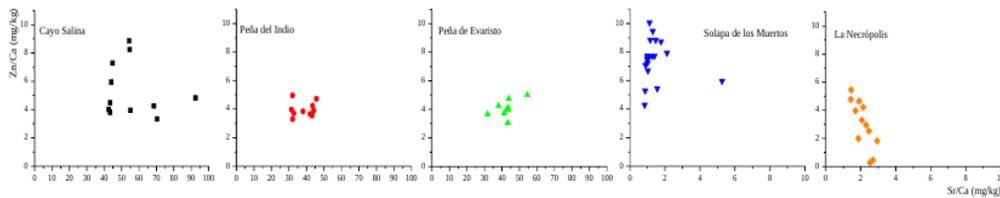


Figure 9. Sr/Ca vs Zn/Ca of the analyzed sites.

En el sitio de Peña de Evaristo, las concentraciones bajas para los elementos bario por lo que se puede afirmar que estos individuos tenía una dieta balanceada basada en la alimentación de los ecosistemas marinos, así como de pescado, fibras vegetales, bayas, tubérculos y frutos secos. En este caso, los resultados químicos concuerdan plenamente con el Agroalfarero Taíno que fue descubierto allí en 1968 y excavado en 1982. En el sitio de Peña de Indio, se observa que las muestras dos muestras presentan valores elevados de estroncio lo que indica que podrían tener una dieta basada fundamentalmente en ecosistemas marinos, peces, etc. (**cazadores - pescadores - recolectores**). Los dos ejemplos anteriores de este último sitio nos muestran que los dientes provienen de

individuos con diferentes hábitats y edades, así como diferencias en el desarrollo socioeconómico, por lo que denota que no son del mismo período histórico. La relación Sr / Ba es alta en el sitio Cueva de Los Cuchillos en Cayo Salina, Peña del Indio y Peña Evaristo, lo que muestra la dependencia de los recursos marinos en estos asentamientos cercanos al mar. Similar resultado se obtuvo en un estudio realizado en el sitio arqueológico Canimar Abajo (Chinique de Armas et al., 2008), en Matanzas, Cuba.

La relación Sr / Ca se utilizó como indicador de la dieta vegetal (Fornaciari y Mallegni, 1987). La relación Sr / Ca vs Zn / Ca (Figura 9) indica que el patrón de alimentación de los sitios bajo estudio es muy diferente. En el caso de la cueva de Los Cuchillos en Cayo Salina, se encuentra más ampliamente disperso, probablemente su dieta se basaba principalmente en moluscos y mariscos, aunque pueden ser individuos que, como consecuencia de olas de migraciones, perecieron en ese lugar. En cuanto a los sitios de Peña del Indio y Peña de Evaristo, presentan una dieta similar, en gran parte por la cercanía de ambos sitios y, como se ha demostrado, estos son sitios funerarios y no lugares residenciales (Chirino Camacho, 2019). La Solapa de Los Muertos presenta el mayor consumo de carne de los sitios analizados y dieta baja en vegetales. En las muestras, hay niños de similar edad que no presentan este comportamiento, por lo que podría tratarse de un individuo exógeno a esta población, cuyo cuerpo fue abandonado al no existir evidencia de rituales de entierro significativos.

El sitio La Necrópolis tiene, al igual que el sitio Solapa de Los Muertos, bajo consumo de vegetales, lo que indica un modelo económico basado en productos cárnicos en ambas zonas arqueológicas. La dificultad de reconocer diferencias específicas con un número tan pequeño de muestras es evidente, sin embargo, el análisis de oligoelementos parece indicar que las características ecológicas y ambientales de los sitios difieren.

En el caso específico de las muestras de mandíbula encontradas en cueva La Necrópolis sitio El Charcón, de las cuales se analizaron de forma independiente tres dientes (incisivo inferior (CH6), brotes a los 5 años) y dos posiciones (segundo molar superior derecho (CH5) y uno superior caninos izquierdos (CH9) que brotan a los 7 años y, a los 10 y 12 años, respectivamente), por lo que crecen distintas etapas de la vida. Se pudo constatar que dicho individuo experimentó cambios en su dieta; el que en el primer año de vida consistió en fibra vegetal, legumbres y moluscos; y como se puede apreciar a partir de los 12 años, su principal fuente de alimento estuvo constituida por un patrón de carne, teniendo una forma de alimentación más específica, donde el alimento se obtenía principalmente de los animales de caza y la recolección de frutas y verduras. Sin embargo Córdova Medina y Pino Rodríguez, (2011) reportaron la presencia en las excavaciones de abundantes fragmentos de cerámica sin decoración, lo que puede ser indicativo de prácticas hortícolas, probablemente con un uso incipiente de hortalizas y frutas comestibles que el bosque les proporcionó y con el que lograrían una mayor diversificación de los alimentos, considerando que la cerámica debe haber jugado un papel importante en la preparación de estos y otros recursos alimenticios. Esto podría deberse a una mayor independencia adquirida por el individuo como parte de la promoción social, y también a la ya existente en la etapa en la que vivía de diferenciación de alimentos por edades, lo cual no ha sido reportado en la literatura para aborígenes Preagroalfareros. Para discriminar, en grupos, las muestras analizadas, se grafica la relación Zn + Cu (mg.kg⁻¹) (carnívoro-herbívoro) y de Ba + Mg + Sr (mg.kg⁻¹) (herbívoro-carnívoro) (Figura 10). Cabe señalar que el sitio de Solapa de Los Muertos y cueva La Necrópolis El Charcón (enmarcado en azul y naranja, respectivamente) no se asemeja a los otros sitios debido a la dieta que tienen. Se agrupan las muestras de los sitios cueva de Los Cuchillos en Cayo Salina, Peña del Indio y Peña de Evaristo, por lo que se infiere que estos individuos presentaron distancias similares. En el caso de la cueva de Los Cuchillos en Cayo Salina, algunas muestras presentan dispersión (están enmarcadas en el cuadrado delimitado en negro), lo que sugiere que son individuos exógenos a la comunidad o que vivieron en otra época.

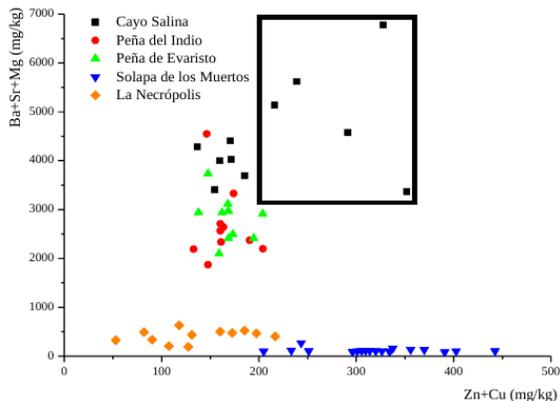


Figura 10. Relation (Zn + Cu) vs (Ba + Mg + Sr).

Análisis de Componentes Principales y Análisis de Cluster

En los resultados del análisis exploratorio (Figura 11) se evidencia que por diversas combinaciones de variables se pueden formar grupos diferenciados, especialmente para los restos de habitantes del interior como los casos de La Solapa Los Muertos y en cueva La Necrópolis sitio El Charcón. Del análisis de estos dos sitios se puede observar que dos individuos podrían considerarse exógenos a la población de cueva La Necrópolis sitio El Charcón ya que no presentan el mismo patrón dietético que el resto de las muestras. Mientras que en los sitios cercanos a la costa, como la cueva de Los Cuchillos en Cayo Salina, Peña del Indio y Peña de Evaristo, se observa una mayor dispersión.

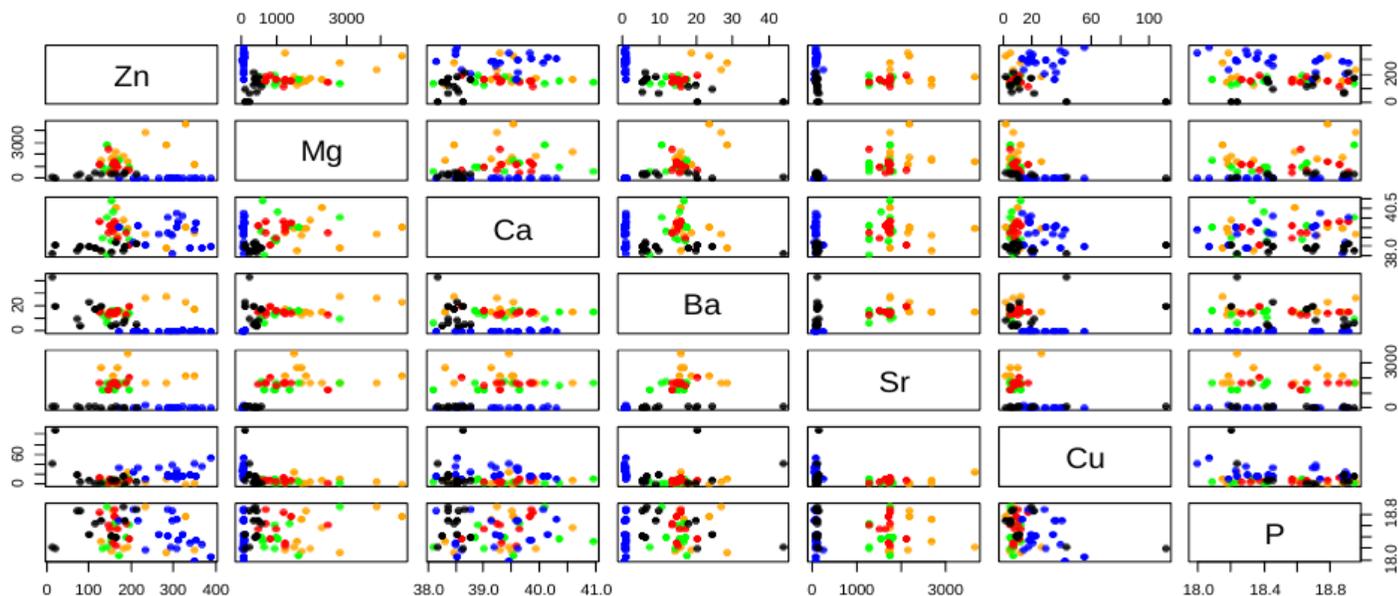


Figura 11. Análisis Exploratorio de las muestras para los metales analizados (Zn (mg.kg^{-1}), Mg (mg.kg^{-1}), Ca (porcentaje), Ba (mg.kg^{-1}), Sr (mg.kg^{-1}), Cu (mg.kg^{-1}), and P (porcentaje)).

En los análisis del PCA, se establece una relación más estrecha entre los grupos de población aborigen, basada en el análisis de componentes principales y el análisis de conglomerados. De la matriz de confusión se obtienen tres clústeres definidos en los que se clasifican los sitios analizados. El análisis del PCA indica la existencia de tres grupos bien definidos: (a) marino - zona costera, (b) zona intermedia y (c) interior. Donde el primer componente principal explica el 38,25% de la varianza, el segundo el 20,10%, mientras que el tercero el 39,13% y el 2,52% se atribuye a las muestras atípicas CH1 y CH12. Las muestras pertenecientes al sitio Cueva La Necrópolis El Charcón y Solapa de Los Muertos se clasifican en dos grupos diferentes, mientras que 9 de las muestras de Peña del Indio y Peña de Evaristo y 7 de la cueva de Los Cuchillos en Cayo Salina están en un tercer grupo; aunque, con los resultados obtenidos, es posible clasificar un máximo de 7 clusters. Los tres componentes graficados representan el 97,48% de la variabilidad de los datos, por lo que es más que suficiente trabajar con estos elementos, como se muestra en la Figura 12 (a).

Sin embargo, una mejor representación de los conglomerados muestra que existe cierto grado de conflicto entre los conglomerados 3 con 2 y 3 con 1, ya que tienen un área de superposición entre ellos (Figura 12 (b)). Este gráfico no indica el grado de representación de cada variable en cada uno de los componentes. Además, esta superposición podría estar relacionada con el hecho de que los sitios agrupados en este grupo no eran más que sitios de enterramiento. Algunos investigadores afirman que todos los sitios funerarios de alfareros taínos que aparecen en el sitio Cueva de Los Cuchillos en Cayo Salina, y esto responde a las necesidades de conocimiento del gran sitio habitacional representativo de la época, ubicado en Playa Carbó; distante del cayo unos 4,5 km, lineal, directamente al norte. Además, este sitio fue utilizado por los aborígenes en 17 lugares diferentes en los que se reporta la misma cantidad de áreas, gracias a lo cual se tiene la certeza de la presencia en el lugar de todos los grupos o períodos de desarrollo aborigen que habitaron Cuba. También es el único poblado del Parque Nacional Caguanes que tiene evidencia arqueológica de todas las culturas que habitaron la subregión.

En los sitios de Peña del Indio y Peña de Evaristo se reafirma su relación con los sitios de los cayos o la zona costera ya que luego de explorar toda la zona, no aparecen sitios de habitación como se indicó anteriormente y en el caso de la Peña del Indio, los restos son de diferentes personas, edades y contextos históricos que debieron haber sido traídos allí desde lo que hoy constituye el Parque Nacional Caguanes y sus alrededores, hipótesis que

surge y se sustenta en el hecho de que la muestra I4 presenta concentraciones similares a las de cueva de la Necrópolis en El Charcón y también el traslape que presenta el clúster en el que se ubican estos sitios de la zona marino-costera, puramente funerarios, con la zona intermedia y los sitios del interior. En el sitio de Peña del Indio, es de destacar que el estudio integral de los 1.386 fragmentos óseos y 57 piezas dentarias, esta última representativa, de neonatos y lactantes hasta los 7 años y adultos de diversas edades, aportó un total de 28 individuos. Algunas de las piezas presentan un desgaste considerable, tres de ellas casi a la altura de la encía, de lo que se infiere una edad muy avanzada de la persona a la que pertenecían. Debido a esta peculiaridad, se valoró la diferencia de este sitio funerario con los demás del territorio. La Figura 13 presenta la representación gráfica de las correlaciones entre los primeros componentes y la ingesta de grupos de alimentos en el PCA. Este es el primer plan a analizar y representa la parte más importante de la varianza. Se encuentra que Zn es la variable más representada en el primer conglomerado. En el caso del cluster dos, las variables Ba, Sr, Mg, Ca y P son las más representadas; y en el caso del cluster 3, la mayor representatividad la presenta Cu.

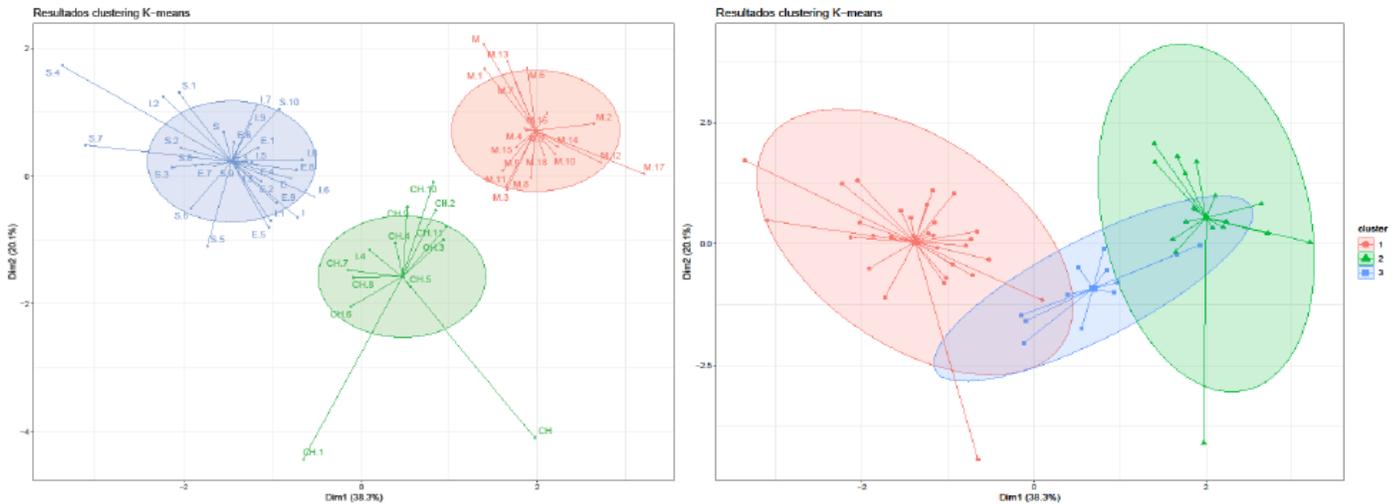


Figura 12. (a) Agrupación de gráficos de dispersión k: medias que muestran la distribución de muestras de los cinco sitios según los valores logarítmicos de Zn (mg.kg⁻¹), Mg (mg.kg⁻¹), Ca (porcentaje), Ba (mg.kg⁻¹), Sr (mg.kg⁻¹), Cu (mg.kg⁻¹) y P (porcentaje). (b) Representación óptima de las k-medias de agrupamiento. Las elipses indican intervalos de confianza del 95%.

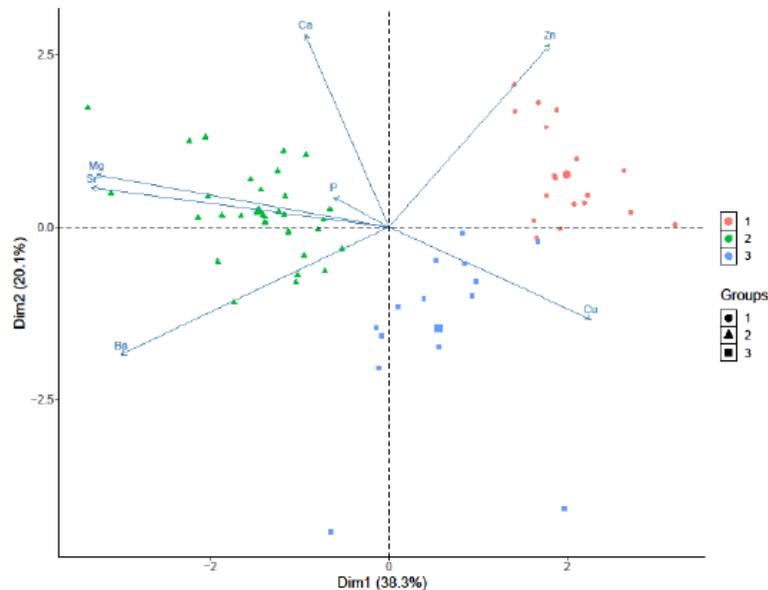


Figure 13. Biplot PCA and K-Means for analysis of the representativity of the variables.

Lo que se observa en el gráfico bidimensional (fig.10) se explica con base en la hipótesis de que en la cueva de Los Cuchillos en Cayo Salina había individuos estrechamente vinculados a la costa y al mar. En este conglomerado se observa una estrecha relación entre los contenidos de Mg y Sr, como se puede apreciar, ya que pequeños ángulos entre vectores representan una alta correlación entre las variables involucradas. Mientras que en los sitios restantes, la subsistencia dependía menos de lo que aportaba el mar a medida que se asentaban tierra adentro, esto se demuestra a través de ángulos opuestos que representan una correlación negativa. Incluso la variabilidad de los resultados en la cueva de Los Cuchillos en Cayo Salina podría deberse a dos causas probables: primero, que era un sitio de vivienda temporal para grupos de individuos que coexistían con un grupo establecido en el Cayo; segundo, que se trataba de un sitio ubicado en la zona de llegada de distintas oleadas migratorias en distintos momentos y, por tanto, con diferentes hábitos alimentarios, debido a la larga estancia en el mar durante la migración. Este análisis también permite asociar a los habitantes de Peña de Evaristo y Peña del Indio, ambas en la zona de Jobo Rosado (22 ° 15'27.3600 N, - 79 ° 12'46.0430 W), con las comunidades que habitaban Los Cayos de Piedra, ubicada en el Archipiélago Sabana - Camagüey, con la categoría de Reserva Florística Manejada, garantizada por el Centro Nacional de Áreas Protegidas, que también forma parte importante del Parque Nacional Caguanes. Cuando se verificó la inexistencia de sitios habitacionales en el lugar, el carácter funerario y ritual de dichos sitios muestra que fueron llevados allí, desde lugares habitados en los cayos (Chirino Camacho, 2019). Sin embargo, algunos datos presentan inconsistencia, especialmente en la zona de conflicto entre los clusters, por lo que se prueba un método más robusto que no se ve afectado por valores extraños, como es el caso de K – Medoids con algoritmo PAM (Figura 13). PAM toma el más céntrico (medoide) como centro del grupo para cualquier función de distancia (Kaufman y Rousseeuw, 1987). El punto rojo en cada grupo son sus medios, a partir de los cuales se realiza la clasificación. Por lo tanto, PAM como algoritmo basado en medoides es más robusto con respecto a la definición del centro del clúster que los algoritmos basados en centroides (Budijai y Leisch, 2019). Este tipo de análisis facilitó la imposición de estructuras previamente especificadas, ya sea limitando el número de objetos en los conglomerados o impidiendo que un objeto sea seleccionado como objeto representativo. Pero esta no es la única preeminencia que tiene la aplicación con la que esta técnica favoreció la investigación (Kaufman y Rousseeuw, 1990), destacan las ventajas derivadas de la aplicación de este enfoque, que se pueden resumir de la siguiente manera: a) ser uno de los métodos más robustos; b) ofrecer configuraciones bastante precisas cuando los grupos no son excesivamente largos; c) sus agrupaciones no dependen del orden en que se hayan introducido los objetos, como se ha indicado, puede suceder con otras técnicas no jerárquicas

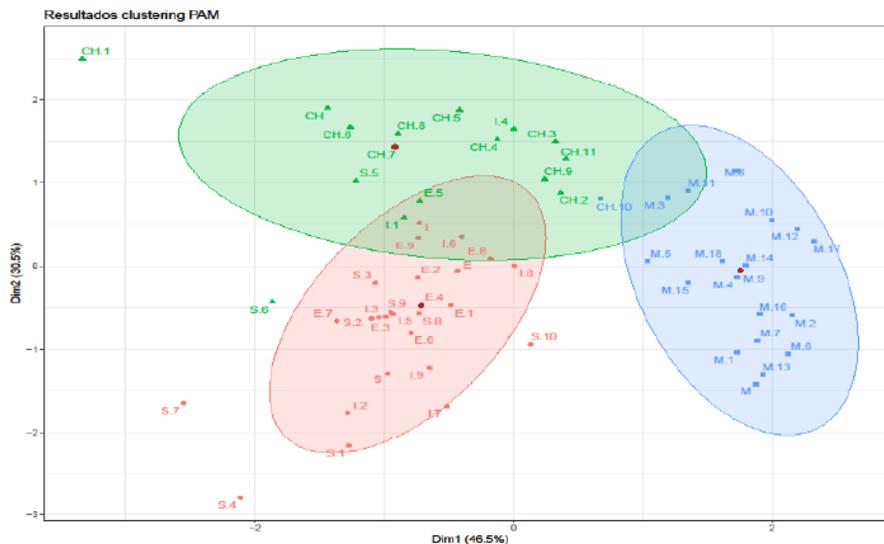


Figura 14. Combinación del k-Medoids con algoritmo PAM.

Identificado como $k = 3$, el número óptimo de grupos, el análisis de agrupamiento se realizó con el algoritmo PAM. El conglomerado 1 (azul) contiene la mayor parte de las muestras de la Solapa de Los Muertos, clasificadas como cazadores-recolectores, con un 29,4%, seguido del conglomerado 2 (rojo) con un 31,4% y el último es el conglomerado 3 (verde) que tiene un 29,3%. El primer grupo se caracteriza por sus actitudes positivas hacia el consumo de carnes rojas, mientras que, para el segundo grupo, ocurre el fenómeno inverso, es decir, una dieta principalmente a base de mar y verduras; y un tercer grupo en el que se observa superposición con los grupos descritos anteriormente, pero su dieta fue más equilibrada ya que los individuos que habitaban el sitio El Charcón eran un Preagroalfarero, cuya dependencia alimentaria se basaba en la caza, recolección y, en última instancia, pesca cerca del costa (Córdova Medina y Pino Rodríguez, 2011). Sin embargo, con solo dieciocho sujetos se

ubicaron en el primer conglomerado, solo una muestra fue clasificada incorrectamente en él. Del segundo grupo, como se ve en la Figura 14, hay tres individuos clasificados incorrectamente y del tercero solo dos. A partir de las áreas superpuestas, se puede observar que entre el cluster 1 y el cluster 2, pudiendo pertenecer indistintamente a cualquiera de los dos conglomerados se encuentran las muestras CH10, M3, M8 y M11. Mientras que entre los grupos 2 y 3 están las muestras E5, E9, I1, I4 e I6. Las muestras seleccionadas como objetos representativos de los tres conglomerados son claros exponentes de los conjuntos. Las características que definen al sujeto representativo para el primer conglomerado son actitudes a favor del consumo de carne y verduras, comportamiento alto de cazador y puntuaciones muy bajas en el consumo de alimentos del mar. En el conglomerado dos se agrupan las muestras de la cueva de Los Cuchillos en Cayo Salina, Peña del Indio y Peña de Evaristo, con una marcada dieta procedente del mar. Finalmente, en el cluster 3 se agrupan los habitantes del sitio Cueva La Necrópolis El Charcón, clasificados en este estudio como pertenecientes a una zona intermedia entre la zona costera y los bosques y de acuerdo con la Figura 14, el área de superposición podría significar una alta movilidad en el territorio. Esta última hipótesis fue mencionada anteriormente, y aunque no es consistente, en 2009 se encontró un cerro con promontorios kársticos en la denominada Loma del Rubio, en el Parque Nacional Caguanes, que contenía evidencias de lo que fue el asentamiento de un grupo de el Preagroalfarero, que ha proporcionado abundante material lítico muy similar al que aparece en el sitio El Charcón en la zona fronteriza de Corralillo con el municipio de Quemado de Güines, en la provincia de Villa Clara. Se puede juzgar un vínculo interesante entre las variables del metal a partir del dendrograma. Puede verse en el dendrograma (Figura 15) que todos los parámetros de los oligoelementos se agrupan en tres grupos estadísticamente significativos, que se forman en función de las similitudes existentes de los parámetros. En la figura 15, el conglomerado 1 comprende muestras de cueva de Los Cuchillos en Cayo Salina, Peña del Indio y Peña de Evaristo con similitud y estrechamente correlacionadas entre sí, lo que sugiere que estas muestras provienen de una fuente similar de alimento o fuente natural de orígenes. Las muestras de Solapa de Los Muertos y cueva de la Necrópolis en el sitio El Charcón están agrupadas en los conglomerados 2 y 3, y tienen menos similitud con los contenidos de los otros metales, lo que indica que se trata de una fuente de alimento diferente. En el análisis de conglomerados, los grupos se separan agrupando de una manera diferente a la del PCA y el gráfico Biplot PCA y K-Medias. En el gráfico de análisis de conglomerados jerárquicos aparece un nuevo grupo al que llamamos zona intermedia, ya que corresponde principalmente a la cueva de la Necrópolis en el sitio El Charcón, en correspondencia con lo mostrado por la combinación del algoritmo k-Medoides con PAM, que se encuentra a una distancia intermedia entre la Solapa de Los Muertos y sitios de costa.

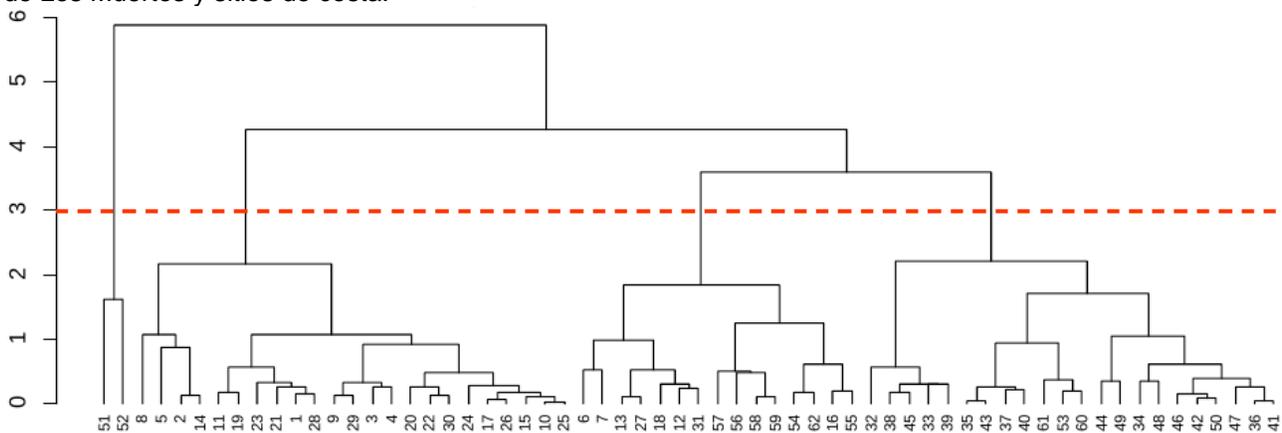


Figura 15. Gráfico del análisis de conglomerados jerárquicos utilizando la concentración de Zn (mg.kg^{-1}), Mg (mg.kg^{-1}), Ca (porcentaje), Ba (mg.kg^{-1}), Sr (mg.kg^{-1}), Cu (mg.kg^{-1}) y P (porcentaje).

Las muestras con perfiles de concentraciones más similares se agruparon más juntas. Se ha demostrado que los grupos del interior eran diferentes a los de las zonas costeras, es decir, eran individuos descendientes de migrantes y no de migrantes mismos, ya que las concentraciones de oligoelementos se encuentran en rangos similares en diferentes momentos, lo que indica que vivió en esa zona durante un largo período. Un ejemplo de esta idea se encuentra en el sitio de cueva La Necrópolis donde el coeficiente de variación de ocho fechas por pérdida de colágeno mostró un valor de 15.78% con una diferencia de 715 años (aproximadamente 9 generaciones) (De la Torre, J. Y Posa, N., 2018) y tenores similares de elementos indicadores de la dieta. En general, por cualquiera de los métodos considerados, se obtiene información gráfica para diferenciar en grupos, según las fuentes de alimentos predominantes, en las comunidades aborígenes de los sitios estudiados. Se demuestra que existe una correlación significativa entre la composición química de los dientes y el tipo de dieta. Gracias a ello, el análisis de oligoelementos es de gran utilidad para establecer el patrón de subsistencia de poblaciones ancestrales y

responder preguntas específicas sobre la adaptación biológica, el tipo de dieta que siguieron, sus interacciones sociales y posibles lugares de residencia y entierros.

Conclusiones

La reconstrucción de la dieta en este estudio proporciona información sobre las estrategias de subsistencia en las poblaciones humanas, aunque solo en raras ocasiones se han utilizado cambios en los hábitos alimentarios para respaldar la hipótesis relativa a la movilidad humana. Los resultados de esta investigación confirman la hipótesis inicial de que son identificables cambios paleodietarios importantes entre las diferentes unidades cronoestratigráficas culturales de la Región Central de Cuba. Los cambios tecnológicos en los modos de procesamiento de alimentos con el inicio de la precolonial en la Región Central cambiaron los hábitos alimentarios con la introducción de diferentes prácticas de procesamiento, lo que condujo a alimentos más suaves y posiblemente más procesados. Las muestras de la cueva de **Los Cuchillos en Cayo Salina**, en general, son los valores más altos de elementos indicadores de la dieta herbívora y carnívora, presumiblemente esta última de origen marino. En el caso de los sitios **Peña del Indio y Peña de Evaristo**, con una marcada dieta proveniente del mar, se reafirma su relación con los sitios de los cayos o la zona costera ya que luego de explorar toda la zona, no aparecen sitios de habitación; y aunque posiblemente pertenecían al mismo grupo sociocultural y tipo de apropiación, no a la misma comunidad. Fue en el sitio de **Solapa de Los Muertos** donde el cobre se comportó más alto, por lo que se puede inferir que este sitio albergaba a los llamados cazadores, quienes tenían una dieta basada principalmente en carnes rojas. En el caso de Solapa de Los Muertos y **La Necrópolis** presentan los valores más bajos para la dieta herbívora. A través del análisis de muestras de la misma mandíbula, se afirma que hubo un cambio en el patrón de alimentación de dicho individuo, que primero fue herbívoro y pasó a ser carnívoro. En el análisis de conglomerados, los conglomerados se separan de una manera diferente a la del gráfico PCA y Biplot PCA y K-Means, donde todas las variables incluidas han demostrado ser buenos predictores. Un nuevo grupo que llamamos *zona intermedia* aparece en la gráfica de análisis de conglomerados jerárquicos, ya que corresponde principalmente a la cueva La Necrópolis en el sitio El Charcón, en correspondencia con lo que se muestra por la combinación de los k-Medoides con el algoritmo PAM, una vez utilizado por primera vez en análisis arqueológico, se encuentra a una distancia intermedia entre la ubicación de Solapa de Los Muertos (interior) y los sitios de la zona costera, que son sitios de enterramiento. Se demuestra que los grupos del interior eran diferentes a los de las zonas costeras, es decir, eran individuos descendientes de migrantes y no de migrantes mismos, ya que las concentraciones de oligoelementos se encuentran en rangos similares en diferentes épocas, lo que indica que vivieron en esa zona por un largo período, y con una alta esperanza de vida para estos grupos humanos, que en ese momento no era alta. Los grupos de edad, ya sean jóvenes o adultos, muestran un comportamiento muy similar en cuanto a las concentraciones obtenidas para cada muestra, mientras que existe una diferencia entre los sitios en general.

Referencias

- 1) Akritas, M.G. and Papadatos, N. (2004) Heteroscedastic One-Way ANOVA and Lack-of-Fit Tests. *Journal of the American Statistical Association*, 99(466): 368–382. doi: 10.1198/016214504000000412.
- 2) Aleksandrenkov, E. (1985) Aborígenes de Cuba. Problemas y posibilidades de estudio. *Revista Española de Antropología Americana*, 15: 59–75.
- 3) Arredondo Antúnez, C. and Finalet Villavicencio, R. (2004) Tafonomía del depósito arqueológico Solapa del Megalocnus en el noroeste de Villa Clara, Cuba. *Revista Biología*, 18(2): 1160–1170.
- 4) Asuero, A.G., Sayago, A. and González, A.G. (2006) The Correlation Coefficient: An Overview. *Critical Reviews in Analytical Chemistry*, 36(1): 41–59. doi: 10.1080/10408340500526766.
- 5) Budiaji, W. and Leisch, F. (2019) Simple K-Medoids Partitioning Algorithm for Mixed Variable Data. *Algorithms*, 12(9): 177–192. doi: 10.3390/a12090177.
- 6) Buhay, W.M., Chinique de Armas, Y., Rodríguez Suárez, R., Arredondo, C., Smith, D.G., Armstrong, S.D., Roksandic, M. (2013) A preliminary carbon and nitrogen isotopic investigation of bone collagen from skeletal remains recovered from a Pre-Columbian burial site, Matanzas Province, Cuba. *Applied Geochemistry*, 32: 76–84. doi:10.1016/j.apgeochem.2012.08.021.
- 7) Buikstra, J.E., Frankenberg, S., Lambert, J.B., Xue, L. (1989) Multiple elements: multiple expectations. In Price, T.D. (ed.), *The chemistry of prehistoric human bone*. Cambridge: Cambridge University Press.
- 8) Chinique de Armas, Y., Rodríguez Suárez, R., Arredondo Antúnez, C., Collazo, O., Boza, A., Alleyne, S., Álvarez, M., Liva, M., Jiménez, J. (2008) Estudio paleodietario en restos óseos aborígenes del sitio arqueológico Canímar Abajo, Matanzas, Cuba. *Boletín Antropológico*, 26(73): 131–148.
- 9) Chinique de Armas, Y., Buhay, W.M., Rodríguez Suárez, R., Roksandic, M. (2013) Relación entre el proceso de ablactación y la mortalidad infantil de los individuos subadultos del sitio arqueológico Canímar Abajo, Matanzas, Cuba. *Cuba Arqueológica*, 6(2): 27–36.

- 10) Chinique de Armas, Y., Buhay, W.M., Rodríguez Suárez, R., Bestel, S., Smith, D., Mowat, S.D., Roksandic, M. (2015) Starch analysis and isotopic evidence of consumption of cultigens among fisher–gatherers in Cuba: the archaeological site of Cañimar Abajo, Matanzas. *Journal of Archaeological Science*, 58: 121–132. doi:10.1016/j.jas.2015.03.003.
- 11) Chinique de Armas, Y., Roksandic, M., Rodríguez Suárez, R., Smith, D.G., Buhay, W.M. (2016) Isotopic Evidence of Variations in Subsistence Strategies and Food Consumption Patterns among “Fisher–Gatherer” Populations of Western Cuba. In Roksandic, I. (ed.) *Cuban Archaeology in the Caribbean*. University Press of Florida, pp. 125–146. doi: 10.5744/florida/9781683400028.003.0009.
- 12) Chinique de Armas, Y. and Pestle, W. (2018) Assessing the association between subsistence strategies and the timing of weaning among indigenous archaeological populations of the Caribbean. *International Journal of Osteoarchaeology*, 28(5): 492–509. doi: 10.1002/oa.2695.
- 13) Chinique de Armas, Y. and Roksandic, M. (2018) Breastfeeding and weaning in ancient populations: Challenges and future directions. *International Journal of Osteoarchaeology*, 28(5): 477–478. doi: 10.1002/oa.2715.
- 14) Chirino Camacho, J. E. (2019) *Yaguajay, una zona Arqueológica aborigen, de importancia para el país: aportes al Desarrollo Local*. Universidad José Martí de Sancti Spiritus.
- 15) Córdova Medina, A.P. and Pino Rodríguez, M. (2011) El sitio Charcón IV. Asentamiento protoagrícola del centro de Cuba. Sus características. In *9no Encuentro de investigadores de arqueología y etnohistoria*. Instituto de Cultura Puertorriqueña, San Juan, Puerto Rico, pp. 146–154.
- 16) Curzon, M.E.J. and Featherstone, J.D.B. (1990) *CRC Handbook of experimental aspects of oral biochemistry*. Edited by E.P. Lazari and B.M. Levy. Boca Ratón, Florida: CRC Press.
- 17) De la Torre, Jorge B. y Posa, Norbell. Estudio de fechado por colágeno residual en restos oseos de Cueva La Necrópolis, Zona El Charcón., 2018.(trabajo no publicado)
- 18) Eurachem Guide (2014) *Eurachem Guide: The Fitness for Purpose of Analytical Methods – A Laboratory Guide to Method Validation and Related Topics*. 2nd edn. Edited by B. Magnusson and U. Örnemark.
- 19) Ezzo, J.A. (1994) Putting the “chemistry” back into archaeological bone chemistry analysis: modeling potential paleodietary indicators. *Journal of Anthropology Archaeology*, 13: 1–34.
- 20) Fornaciari, G. and Mallegni, F. (1987) Palaenutritional studies on skeletal remains of ancient populations from the Mediterranean area: an attempt to interpretation. *Anthropologischer Anzeiger*, 45(4): 361–370.
- 21) Gulson, B.L. and Gillings, B.R. (1997) Lead exchange in teeth and bone a pilot study using stable lead isotopes. *Environmental Health Perspectives*, 105(8): 820–824. doi: 10.1289/ehp.97105820.
- 22) de Haro Moreno, A., Bastos Lucchesi, M.B., Atala Dib, S., Nunes Salgado, H.R. (2018) Development of a new HPLC method for the determination of and glargine insulin analogues in pharmaceutical preparations. *Journal of Analytical & Pharmaceutical Research*, 7(1): 29–34. doi: 10.15406/japlr.2018.07.00195.
- 23) Hsieh, E. and Liu, J. (2008) On statistical evaluation of the linearity in assay validation. *Journal of Biopharmaceutical Statistics*, 18(4): 677–690. doi: 10.1080/10543400802071378.
- 24) Jaouen, K. and Pons, M.L. (2017) Potential of non-traditional isotope studies for bioarchaeology. *Archaeological and Anthropological Sciences*, 9(7): 1389–1404. doi: 10.1007/s12520-016-0426-9.
- 25) Jiménez, O. and Orihuela, J. (2021) Nuevos hallazgos de aves en contextos paleontológicos y arqueológicos de Cuba. *Novitates Caribaea*, 17: 163–176.
- 26) Kamenov, G.D., Lofaro, E.M., Goad, G., Krigbaum, J. (2018) Trace elements in modern and archaeological human teeth: Implications for human metal exposure and enamel diagenetic changes. *Journal of Archaeological Science*, 99:27–34. doi: 10.1016/j.jas.2018.09.002.
- 27) Kang, D., Amarasiriwardena, D. and Goodman, A.H. (2004) Application of laser ablation-inductively coupled plasma-mass spectrometry (LA-ICP-MS) to investigate trace metal spatial distributions in human tooth enamel and dentine growth layers and pulp. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 378(6): 1608–1615. doi: 10.1007/s00216-004-2504-
- 28) Kaufman, L. and Rousseeuw, P.J. (1987) Clustering by means of Medoids. In *First International Conference on Statistical Data Analysis based on the L1 Norm and Related Methods*. Neuchatel, Switzerland, pp. 405–416.
- 29) Kaufman, L. and Rousseeuw, P.J. (1990) *Finding Groups in Data: An Introduction to Cluster Analysis*. John Wiley. New York.
- 30) Liu, H.Y., Chao, J.H., Chuang, Ch.Y., Chiu, H.L., Yang, Ch.W., Sun, Y.Ch. (2013) Study of P, Ca, Sr, Ba and Pb levels in enamel and dentine of human third molars for environmental and archaeological research. *Advances in Anthropology*, 3(2): 71–77. doi: 10.4236/aa.2013.32010.
- 31) Van Looc, J., Elskens, M., Croux, Ch., Beernaert, H. (2002) Linearity of calibration curves: use and misuse of the correlation coefficient. *Accreditation and Quality Assurance*, 7(7): 281–285. doi: 10.1007/s00769-002-0487-6.
- 32) Mann, A.E., Fellows Yates, J.A., Fagernäs, Z., Austin, R.M., Nelson, E.A., Hofman, C.A. (2020) Do I have something in my teeth? The trouble with genetic analyses of diet from archaeological dental calculus. *Quaternary International*, in press. doi: 10.1016/j.quaint.2020.11.019.

- 33) Matusiewicz, H. (2017) Sample preparation for inorganic trace element analysis. *Physical Sciences Reviews*, 2(5):1–39. doi: 10.1515/psr-2017-8001.
- 34) Michelsen, O.B. (1957) Photometric determination of phosphorus as molybdovanadophosphoric acid. *Analytical Chemistry*, 29(1): 60–62.
- 35) Nava, A., Fiorin, E., Zupancich, A., Carra, M., Ottoni, C., Di Carlo, G., Voza, I., Brugnoletti, O., Alhaique, F., Cremonesi, R.G., Coppa, A., Bondioli, L., Boric, D., Cristiani, E. (2021) Multipronged dental analyses reveal dietary differences in last foragers and first farmers at Grotta Continenza, central Italy (15,500–7000 BP). *Scientific Reports*, 11(1): 4261–4275. doi: 10.1038/s41598-021-82401-2.
- 36) Nunes, P.S., Costas Jesus, D., Santos Bezerra, M., Campos Souza, J.C., Amaral Silva, F., Russo Serafini, M., Santos Lima, B., Shanmugam, S., Cavalcanti Albuquerque, R.L., de Souza Araújo, A.A. (2015) Validation of a UV-VIS spectrophotometric method for the determination of usnic acid /collagen-based membranes. *Scientia Plena*, 11(9): 1–9. doi: 10.14808/sci.plena.2015.094501.
- 37) Orihuela, J., Viñola, L.W., Jiménez Vázquez, O., Mychajliw, A.M., Hernández de Lara, O., Logel, L., Soto-Centeno, J.A. (2020) Assessing the role of humans in Greater Antillean land vertebrate extinctions: New insights from Cuba. *Quaternary Science Reviews*, 249: 1–12. doi: 10.1016/j.quascirev.2020.106597.
- 38) Reid, D.J. and Dean, M.C. (2006) Variation in modern human enamel formation times. *Journal of Human Evolution*, 50(3): 329–346. doi: 10.1016/j.jhevol.2005.09.003.
- 39) Rodríguez Montoro, M.E. (2010) Estudio antropológico de una colección de piezas dentarias indígenas de Cienfuegos, Cuba. *Revista Española de Antropología Americana*, 40(2): 249–255.
- 40) Rodríguez Suárez, R. (2004) *Paleonutrición de poblaciones extinguidas en Mesoamérica y Las Antillas: Xcaret y el occidente de Cuba*. Escuela de Antropología e Historia del Norte de México.
- 41) Schubert, E. and Rousseeuw, P.J. (2021) Fast and eager k-medoids clustering: O(k) runtime improvement of the PAM, CLARA, and CLARANS algorithms. *Information Systems*, 101: 1–41. doi: 10.1016/j.is.2021.101804.
- 42) de Souza, S.V.C. and Junqueira, R.G. (2005) A procedure to assess linearity by ordinary least squares method. *Analytica Chimica Acta*, 552(1–2): 25–35. doi: 10.1016/j.aca.2005.07.043.
- 43) Stolarek, I., Juras, A., Handschuh, L., Marcinkowska-Swojak, M., Philips, A., Zenczak, M., Dębski, A., Kóčka-Krenz, H., Piontek, J., Kozłowski, P., Figlerowicz, M. (2018) A mosaic genetic structure of the human population living in the South Baltic region during the Iron Age. *Scientific Reports*, 8(1): 2455–2469. doi: 10.1038/s41598-018-20705-6.
- 44) Toribio Suárez, L.R. and Rivero de la Calle, M. (1996) Método para la estimación del número de enterramiento en un sitio funerario. *Revista Cubana Estomatología*, 33(2): 53–65.
- 45) Trancho, G. and Robledo, B. (2003) Human skeletal remains from the Mesolithic site of Sheikh Mustafa (Central Sudan). An anthropometric and palaeodietary analysis. *Complutum*, 14: 401–408.
- 46) Trancho, G., Robledo, B. and López-Bueis, I. (1998) Reconstrucción del patrón alimenticio de dos poblaciones prehistóricas de la Meseta Norte. *Complutum*, 7: 73–90.
- 47) Tung, T.A., Miller, M., DeSantis, L., Sharp, E.A., Kelly, J. (2016) Patterns of violence and diet among children during a time of imperial decline and climate change in the Ancient Peruvian Andes. In *The Archaeology of Food and Warfare*. Cham: Springer International Publishing, pp. 193–228. doi: 10.1007/978-3-319-18506-4_10.
- 48) Zhao, J., Li, Z., Gao, Q., Zhao, H., Chen, S., Huang, L., Wang, W., Wang, T. (2021) A review of statistical methods for dietary pattern analysis. *Nutrition Journal*, 20(1): 37–55. doi: 10.1186/s12937-021-00692-7.