

Capítulo 11:
Reporte Preliminar del Análisis de Isótopos de Estroncio de los Materiales
Arqueológicos de Khonkho Wankane por el Proyecto J'acha Machaka

Dr. Kelly Knudson, Universidad del Estado de Arizona

El análisis de isótopos de estroncio de restos humanos arqueológicos del sitio de khonkho Wankane fue llevado a cabo para poder investigar la movilidad residencial en el sitio durante el Formativo y Períodos del Horizonte Medio. Manejamos la hipótesis de que el análisis de los isótopos de estroncio podría identificar cualquier movimiento, ya sea, interno o externo de la cuenca del lago Titicaca hacia Khonkho Wankane, si tal movimiento humano ocurrió en el pasado. Para poder identificar *locales* donde la primera generación de migrantes podría haber sido originado, compararemos los datos humanos arqueológicos con los radios de los isótopos de estroncio publicados previamente de los Andes Sur Centrales (Knudson 2004; Knudson, et al. 2004; Knudson, et al. 2005). Adicionalmente, utilizaremos pequeños mamíferos tanto arqueológicos como modernos de la Cuenca del Lago Titicaca, y particularmente de Khonkho Wankane, para poder determinar la *línea base* de las características de los isótopos de estroncio de la región.

Estrategias de muestreo de campo

La estrategia de muestreo del 2005 fue diseñada para enfocar individuos de contextos mortuorios conocidos en Khonkho Wankane, y para complementar el análisis de isótopos de nitrógeno y carbón llevados a cabo por Carrie Anne Berryman y Deborah E. Blom. Los primeros molares arqueológicos fueron colectados por Carrie Anne Berryman y Deborah E. Blom en julio del 2005, y fueron suplementados por restos humanos arqueológicos y restos arqueológicos faunísticos que Nelly Knudson colectó en Agosto del 2005. Las tablas 1 y 2 proveen los números de rasgo y espécimen de los individuos muestreados, así como, sus edades y sexo, el elemento dental o esquelético colectado, y el número de laboratorio asignado a cada muestra en el Laboratorio de Arqueología Química. Las muestras fueron colectadas, fotografiadas, y exportadas como fragmentos y dientes enteros con los permisos apropiados por el gobierno boliviano.

Metodología de laboratorio

Una vez de que los fragmentos óseos y las muestras de los dientes completos fueron exportados, pequeñas muestras fueron tomadas en el Laboratorio de Arqueología Química en la Universidad del estado de Arizona por Andrew Somerville y Jeremiah Gyle bajo la supervisión de Kelly Knudson. Los dientes fueron primeramente limpiados mecánicamente por abrasión con un taladro inalámbrico *Dremel Minimite 750* equipado con un incisor. Ésta removió toda materia orgánica adherida o contaminantes, así como las capas más externas de los dientes, las cuales son las más susceptibles a la contaminación diagenética (Butt, et al 2000; Montgomery, et al 1999; Waldron 1981, y 1983; Waldron, et al. 1979). Aproximadamente 6mg de dentina fue removida con el taladro mencionado. Una vez que los datos han sido colectados para estas muestras, los dietes completos serán retornados a Bolivia.

Ningún hueso arqueológico ha sido aún procesado, ya que las instalaciones del laboratorio no han sido equipadas para la limpieza mecánica y química de las muestras óseas arqueológicas. Sin embargo, las muestras óseas arqueológicas serán tratadas por diagenésis antes del análisis utilizando un tipo de ácido muy suave (Nielsen - Marsh y Hedges 2000; Price, et al. 1992; Price, et a. 1994; Sillen 1989).

Debido a que el Laboratorio de Arqueología Química en la Universidad de Arizona está en construcción, las muestras mencionadas fueron enviadas a Paul Fullagar de la Universidad del Norte de Carolina en la Chapel Hill para el análisis de isótopos de estroncio. Aproximadamente 6g de las muestras fueron enviadas en noviembre 22 del 2005: ACL - 0134, ACL- 0135, ACL- 0131, ACL-0132, ACL-0137, ACL- 0141, y ACL-0142.

En el Laboratorio Geoquímico de Isótopos en la Universidad del Norte de Carolina, aproximadamente 6mg de esmalte dental fue disuelta en 15 mL Savillex PFA usando 250 μ L del doble de solución destilada de 5M HNO₃ en un tipo de extractor ambiental de aire filtrado. El estroncio fue separado de la muestra matriz utilizando una resina Eichrom Srspec, una corona de éter de resina Sr-selectiva (50-100 μ m diámetro) cargado dentro de una columna de polipropileno de un 10 BioRad. El volumen de la resina total fue de aproximadamente 50 μ L. La resina SrSpec fue tratada con H₂O y acondicionada con 5M HNO₃. La resina es utilizada sólo una vez y luego es descartada. La muestra disuelta fue cargada y lavada en 750 μ L. de 5M HNO₃, posteriormente el estroncio fue eluted con 1mL de agua. El total del procedimiento por el estroncio son típicamente de 100 a 200 picogramos. Seguidamente el estroncio fue ionizado generalmente en re filamentos sin gas. Los radios isotópicos son medidos en un VG sector 54 con espectómetro de masa de ionización termal (TS) en la Universidad del Norte de Carolina en un modo dinámico de recolector quintuple, utilizando un radio interno $^{86}\text{Sr}/^{88}\text{Sr}=0.1194$ para corregir el fraccionamiento de la masa. Los análisis resientes $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ del carbonato de estroncio estandarizado SRM 987 dieron un valor de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}=0.710245$ más o menos 0.000018 (2 sigmas. La precisión interna para el carbonato es de típicamente 0.0006-0.709196%, basada en 1000 ciclos dinámicos de los datos de colección.

Resultados del Análisis del Esmalte de Dientes Humanos Arqueológicos TIMS

Los resultados del análisis de isótopos de estroncio de las muestras de esmalte de los dientes humanos arqueológicos utilizando TIMS se muestran en la tabla 1. Los radios de isótopos de estroncio de los grupos de las muestras del esmalte dental humano, son muy similares. Los datos del rango de esmalte del $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}=0.70660-0.09196$, quiere decir $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}=0.709015$ más o menos 000331 (1 sigma)

Interpretaciones preliminares de los datos de Isótopos de Estroncio

El pequeño rango de los signos de isótopos de estroncio observados en los individuos muestreados en Khonkho Wankane, puede ser el resultado de la contaminación diagenética del medioambiente del entierro, si el análisis de los elementos de traza de

estos individuos muestra que no ocurrió tal contaminación diagenética, entonces estos individuos procuraron el grueso de su estroncio de la misma región geológica o de diferentes regiones geológicas con los mismos radios de isótopos de estroncio.

Los radios de isótopos de estroncio observados de khonkho Wakane son similares a los signos de los isótopos de estroncio observados en la cuenca del Lago Titicaca. El rango total del sureste de la cuenca del lago Titicaca, ha sido definido como el signo principal de isótopos de estroncio de mamíferos pequeños, más o menos dos desviaciones estándar. De acuerdo a esta definición y basada en siete cuyes modernos, el rango total del sureste de la Cuenca del Lago Titicaca es $87\text{Sr}-86\text{Sr}=0.087-0.7105$. Siete de los individuos analizados de Khonkho Wankane se hallan dentro de estas definiciones. Aunque un individuo tiene un radio de isótopos de estroncio que se encuentra fuera de este rango (ACL-0141, $87\text{Sr}-86\text{Sr}=0.708660$), éste en realidad está muy cerca al rango local y no implica que este individuo venga de una zona geológicamente distinta.

Sugerencias para futuras investigaciones

Para una continuidad en el análisis de isótopos de estroncio de muestras de huesos y dientes arqueológicos recolectados en el 2005, los restos humanos arqueológicos adicionales serán colectados en el 2005 de Khonkho Wankane e Irohito. Así también, el análisis de los restos de camélidos permanece, en colaboración con Randy Gladwell, quien nos permitirá examinar la movilidad residencial en Khonkho Wankane e Irohito. Con todo el análisis de isótopos de estroncio llevado a cabo en el Proyecto Jach'a Machaca, nosotros continuaremos la investigación geológica y de paleodieta de la región, incluyendo las fuentes de estroncio en la dieta, para caracterizar mejor los signos de isótopos de estroncio en Khonkho Wankane e Irohito.

En adición a la continuidad del trabajo con los isótopos de estroncio, la incorporación del análisis de isótopos de oxígeno de estas muestras, nos permitirá identificar los movimientos desde las diferentes zonas en los Andes, tales como los de las regiones de baja altitud. Finalmente, los datos de la concentración de elementos traza de estas muestras, particularmente las muestras de huesos, nos permitirá identificar cualquier muestra que haya sido diagenéticamente contaminada.

Tabla 1. Muestras Humanas recolectado de Khonko Wankané

Numero del Proyecto	Numero del Laboratorio	Numero de Rasgo	Edad	Sexo	Material	$^{86}\text{Sr}/^{87}\text{Sr}$
KW-1280	ACL-0121	Unidad 3.9, Rasgo 10	8-12	U	ULM1	NA
KW-1285	ACL-0122	Unidad 3.9, Rasgo 9	MA	U	LRM1	NA
KW-1285	ACL-0123	Unidad 3.9, Rasgo 9	MA	U	fibula fragment	NA
KW-1545-53	ACL-0124	Unidad 4.10, Rasgo 1	18-24	PM	ULM1	NA
KW-1855	ACL-0126	Unidad 8.6, Rasgo 9	50-80	PM	URM1	NA
KW-3042	ACL-0130	unknown	unknown	unknown	LLM1	NA
KW-5285	ACL-0131	Unidad 9.7, Rasgo 5	50-56	M	URP2	0.709058
KW-5285	ACL-0132	Unidad 9.7, Rasgo 5	50-56	M	LLM2	0.709065
KW-5285	ACL-0133	Unidad 9.7, Rasgo 5	50-56	M	L rib fragment	NA
KW-3368	ACL-0134	Unidad 11.2, Rasgo 3	A	U	URP1	0.708863
KW-3368	ACL-0135	Unidad 11.2, Rasgo 3	A	U	URM2	0.709196
KW-5612	ACL-0136	Unidad 12.3, Rasgo 1	9-15	PM	LRM1	NA
KW-5612	ACL-0137	Unidad 12.3, Rasgo 1	9-15	PM	URM2	0.709391
KW-5612	ACL-0138	Unidad 12.3, Rasgo 1	9-15	PM	LRM3	0.709405
KW-5612	ACL-0139	Unidad 12.3, Rasgo 1	9-15	PM	L rib fragment	NA
KW-5748	ACL-0140	Unidad 9.20, Rasgo 1	15-18	U	LLM1	NA
KW-5748	ACL-0141	Unidad 9.20, Rasgo 1	15-18	U	LLM2	0.708660
KW-5748	ACL-0142	Unidad 9.20, Rasgo 1	15-18	U	LRM3	0.708478
KW-5748	ACL-0143	Unidad 9.20, Rasgo 1	15-18	U	R rib fragment	NA
KW-U3.6R3	ACL-0144	Unidad 3.6, Rasgo 3	3.5-6	U	URM1	NA

Tabla 2. Muestras de Fauna Arqueologica recolectada de Khonkho Wankane

Numero del Proyecto	Numero del Laboratorio	Numero de Rasgo	Genus and species	Material
KW-U7.19N2	ACL-0252	Unidad 7.19, Nivel 2	<i>Galea musteloides</i>	R ischium
KW-5770	ACL-0253	Unidad 9.20, Rasgo 1	<i>Galea musteloides</i>	R tibia (distal shaft)
KW-U7.11N4	ACL-0254	Unidad 7.11, Nivel 4	<i>Galea musteloides</i>	R femur
KW-5407	ACL-0255	Unidad 1.15, Rasgo 1	<i>Ctenomys leucodon</i>	L mandible
KW-5259	ACL-0256	Unidad 9.7, Rasgo 2	<i>Ctenomys leucodon</i>	L mandible
KW-5259	ACL-0257	Unidad 9.7, Rasgo 2	<i>Ctenomys leucodon</i>	L femur