



# MICRODIFERENCIACIÓN CRANEANA EN LA COSTA DE ARICA Y VALLE DE AZAPA, NORTE DE CHILE. RESUMEN DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES

## CRANIAL MICRODIFFERENTIATION IN THE COAST OF ARICA AND AZAPA VALLEY OF NORTHERN CHILE. SUMMARY OF RESULTS AND CONCLUSIONS

Francisco Rothhammer<sup>1, 2, 3</sup> y José A. Cocilovo<sup>4</sup>

Recientemente, Sutter y Mertz (2004) a base de un análisis de rasgos craneanos no métricos postularon una ausencia de variación desde el Arcaico costero hasta el período Intermedio Tardío en el valle de Azapa, en contraposición a nuestros hallazgos que sustentaban un importante proceso microevolutivo. Los objetivos del presente estudio son indagar acerca de los factores que podrían dar cuenta de las discrepancias entre nuestros resultados y aquellos reportados por Sutter y Mertz (2004), comentar los nuevos resultados de Sutter (2006), en un esfuerzo por enriquecer la discusión en torno a la dinámica poblacional prehistórica de la región del valle de Azapa y resumir los resultados para lograr una síntesis. Para ello resultó conveniente realizar un análisis comparativo de la variabilidad exhibida por los grupos prehistóricos para rasgos métricos y no métricos (atributos) y revisar tanto la información craneana en que se basaron las inferencias publicadas en los trabajos citados, como también la metodología empleada en su evaluación estadística.

**Palabras claves:** diversidad craneométrica y no métrica, microevolución, valle de Azapa, Andes Centro Sur.

*Recently, Sutter and Mertz (2004) studying non metric cranial traits in prehistoric groups from northern Chile were unable to find significant variation from the coastal Archaic to the Late Intermediate in the Azapa Valley, in contrast with our findings which indicate the existence of an important microevolutionary process. The objects of this study is to provide an explanation for the observed discrepancy between our results and those of Sutter and Mertz (2004), to comment on the new results of Sutter (2006) in an effort to enrich the discussion concerning the prehistoric population dynamics of the Azapa valley region and to summarize findings in order to achieve a synthesis. In order to accomplish these goals it was found convenient to perform a comparative analysis of cranial metrical and non metrical variation of the prehistoric groups on which published inferences were based, as well as an evaluation of the statistical methodology employed by the above mention authors.*

**Key words:** Craniometric and non metric variation, microevolution, Azapa Valley, South Central Andes.

La diversidad craneana de las poblaciones antiguas del extremo norte de Chile, en cuanto a su dispersión espacial y diferenciación temporal, fue analizada durante las últimas décadas en una serie de trabajos elaborados por nuestro grupo de estudio (Cocilovo 1995; Cocilovo y Rothhammer 1990, 1996a y 1996b, 1999; Cocilovo y Varela 1998; Rothhammer et al. 1982; Rothhammer, Cocilovo y Quevedo 1984; Rothhammer, Quevedo, Cocilovo y Llop 1984; Rothhammer et al. 2002). Recientemente, Cocilovo et al. (2001) y Varela y Cocilovo (2002) empleando un número mayor de variables métricas

obtuvieron diferencias significativas entre los grupos de la costa y del valle de Azapa, avalando además la acción de posibles migraciones altiplánicas. En un trabajo más particularizado se analizó la transición entre el Arcaico Tardío y el Formativo de Arica (Varela et al. 2004) brindando pruebas de un efecto migratorio a nivel regional y extrarregional y una discusión de los resultados de Sutter (2005) sobre el análisis de atributos dentarios.

Sutter y Mertz (2004), a partir del estudio de la distribución de rasgos no métricos del cráneo y los resultados del trabajo basado en rasgos dentarios

<sup>1</sup> Instituto de Alta Investigación, Universidad de Tarapacá, Arica, Chile.

<sup>2</sup> Programa de Genética Humana - ICBM, Facultad de Medicina, Universidad de Chile, Santiago, Chile.  
frothham@med.uchile.cl

<sup>3</sup> Centro de Investigaciones del Hombre en el Desierto, CIHDE, Arica, Chile.

<sup>4</sup> Departamento de Ciencias Naturales, Facultad de Ciencias Exactas, Físico-Químicas y Naturales, Universidad Nacional de Río Cuarto. 5800 Río Cuarto, Córdoba. Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Argentina.  
jcocilovo@yahoo.com

(Sutter 2005), postularon continuidad biológica en el valle de Azapa durante aproximadamente 5.000 años, es decir desde el Arcaico Tardío costero hasta el período Intermedio Tardío. Estos autores también excluyeron la existencia de flujo génico altiplánico.

No obstante, Sutter (2006) puso a prueba tres modelos de dispersión poblacional prehistórica utilizando el método de la comparación de matrices de correlaciones entre el valle de Azapa y el altiplano y encontró, empleando rasgos dentarios, que el modelo más ajustado a los datos resultó ser aquel que postulaba un cierto aislamiento reproductivo de las poblaciones costeras y un flujo génico gradual a través del tiempo desde el altiplano. Estas conclusiones coinciden con las propuestas de Varela y Cocilovo (2002) y Rothhammer et al. (2002).

El objetivo del presente estudio es indagar acerca de los factores que podrían dar cuenta de las discrepancias entre nuestros resultados y aquellos reportados por Sutter y Mertz (2004), como también comentar los nuevos resultados obtenidos por Sutter (2006), en un esfuerzo por resumir en forma objetiva la discusión en torno a la dinámica poblacional prehistórica de la región del valle de Azapa y lograr ciertas conclusiones generales. Para ello resultó adecuado realizar un análisis comparativo de la variabilidad exhibida por los grupos prehistóricos para rasgos métricos y no métricos y revisar tanto la información craneana en que se basaron las inferencias publicadas en los trabajos citados, como también la metodología empleada en su evaluación estadística.

### Material y Métodos

La muestra empleada (Tabla 1) es semejante a la declarada en trabajos anteriores (Cocilovo et al. 2001). El diseño metodológico que se explica a continuación fue elegido con la finalidad de reducir las fuentes de variación, evitar la excesiva subdivisión de la muestra y conservar una mayor cantidad de grados de libertad. En el análisis se consideraron individuos con deformación tabular, circular y no deformados (Tabla 1). Desde el punto de vista cronológico se realizaron tres subdivisiones poblacionales: Arcaico Tardío (incluye los sitios Morro de Arica de Uhle, Morro 1 y Morro 1/6), Intermedio Temprano (incluye sitios Formativos o del período Intermedio Temprano de la costa y del valle de Azapa: Playa Miller 7 y Alto Ramírez) y

Medio-Intermedio Tardío y Tardío (costa y valles de Azapa, Lluta y Camarones). Esta forma de agrupar los datos, busca marcar los momentos más importantes de la historia biológica de Arica, obviando diferenciar entre la costa y el valle. En la Tabla 2 se consigna la distribución de la muestra por período para rasgos métricos. Se trabajó con los valores residuales luego de restar los efectos del sexo, la edad y la deformación artificial utilizando el modelo lineal general.

La información disponible fue procesada empleando el análisis de la varianza para una vía (período). Por la naturaleza del presente trabajo y por la necesidad de reducir el texto se omite la información correspondiente a valores medios y varianzas por ser datos residuales cuya inclusión carece de sentido desde el punto de vista comparativo. Las 23 variables craneométricas consideradas figuran en la Tabla 3. Se incluye además, una evaluación multivariada de las diferencias entre grupos mediante el cálculo de valores  $D^2$  de Mahalanobis (Tabla 4).

Con respecto a los rasgos discretos, se empleó un conjunto de 26 variantes presentadas en la Tabla 5, registradas como presencia/ausencia, fuesen o no bilateralmente observadas. La muestra corresponde

Tabla 1. Distribución de la muestra por período y por sitios.  
*Sample distribution by periods and sites.*

Períodos	Sitios
Arcaico Tardío	Morro Uhle, Morro 1 y Morro 1/6
Intermedio Temprano	Plm7, Az14, Az70 y Az115
Medio-Intermedio Tardío y Tardío	Az3, Az103, Plm3, Plm4, Az8-82, Az71, Az105, Chl15, Llu12, Cam8 y Llu216-13

Tabla 2. Composición de la muestra de Arica para variables métricas y no métricas.  
*Arica sample composition for metric and non metric variables.*

Períodos	Métricas	No métricas
Arcaico Tardío	97	126
Intermedio Temprano	85	110
Medio-Intermedio Tardío y Tardío	121	107
Total	303	343

Tabla 3. Pruebas de diferencias para valores medios entre períodos arqueológicos de la población prehistórica de Arica.  
*Mean value difference test between archaeological periods of the prehistoric population of Arica.*

Efecto principal Variable	Cuadrado Medio Efecto	Cuadrado Medio Error	Valor F 2 y 300 gl	Probabilidad
Longitud máxima	76,97	44,23	1,74	0,177
Anchura máxima	87,79	29,08	3,02	0,050
Altura basilo bregmática	461,40	26,23	17,59	0,000
Altura porio bregmática	146,01	24,21	6,03	0,003
Diámetro frontal mínimo	496,52	20,63	24,07	0,000
Diámetro frontal máximo	35,70	22,04	1,62	0,200
Anchura fronto malar	53,25	11,32	4,71	0,010
Anchura bicigomática	139,55	21,78	6,41	0,002
Anchura bimaxilar máxima	171,65	19,14	8,97	0,000
Diámetro nasio basilar	225,57	12,09	18,66	0,000
Diámetro alveolo basilar	152,40	15,38	9,91	0,000
Altura nasio alveolar	15,67	16,65	0,94	0,391
Altura de la nariz	51,85	6,53	7,95	0,000
Anchura de la nariz	12,06	2,84	4,25	0,015
Altura del pómulo	11,09	4,16	2,67	0,071
Anchura biorbitaria	38,83	8,40	4,62	0,011
Anchura orbitaria	16,06	2,35	6,83	0,001
Altura orbitaria	8,88	3,77	2,35	0,097
Anchura maxilo alveolar	11,15	8,55	1,30	0,273
Longitud maxilo alveolar	83,16	7,61	10,92	0,000
Longitud del paladar	23,66	4,35	5,44	0,005
Anchura del paladar	159,94	5,72	27,95	0,000
Altura orbito alveolar	51,18	9,67	5,29	0,006

Tabla 4. Matriz de valores  $D^2$  y prueba de diferencia entre grupos prehistóricos de Arica incluyendo todas las variables.

*Matrix of  $D^2$  values and significance levels among archaeological periods of Arica including all variables.*

Períodos	Intermedio Temprano	Medio-Tardío
Arcaico Tardío	2,612034	4,956992
p	0	0
Intermedio Temprano		2,657068
p		0

p: probabilidad Prueba F, 23 y 278 gl.

a los mismos sitios declarados en la Tabla 1 y se consigna en la Tabla 2. El análisis de su distribución por período y por deformación artificial se evalúa mediante la prueba de  $\chi^2$  y la llamada Medida Media de Divergencia (MMDs). Se parte del supuesto que el sexo y la edad se distribuyen uniformemente.

## Resultados

La observación de la Tabla 3 revela que 16 variables métricas poseen valores medios diferentes para los tres períodos y siete no brindan pruebas suficientes sobre el particular. Desde el punto de vista multivariado existen diferencias globales demostrables por medio del estadístico Lambda de Wilk = 0.414, con 46 y 556 grados de libertad ( $p = 0$ ). Igualmente, los valores  $D^2$  (Tabla 4) indican diferencias significativas entre los vectores medios tomados de a pares por grupos. Además, resulta interesante la equidistancia del conjunto Intermedio Temprano con respecto a las otras dos agrupaciones. Con esta prueba estadística se demuestra que después de extraer los efectos de la edad, el sexo y la deformación artificial, aún queda un resto de variación que puede ser explicado por diferencias entre los promedios de cada período.

Tabla 5. Distribución de atributos por período y por categoría de deformación artificial, pruebas  $\chi^2$ .  
 $\chi^2$  test between variables by periods and artificial deformation categories.

Variable	Período	p	Deformación	P
Deformación	27,45	0,000	–	–
Surcos del frontal	2,24	0,326	6,75	0,034
Escotadura supraorbitaria	0,45	0,798	3,26	0,196
Sutura infraorbitaria	35,76	0,000	3,64	0,162
Foramen infraorbitario accesorio	7,78	0,020	1,57	0,457
Foramen cigomático facial ausente	51,68	0,000	11,81	0,003
Tubérculo marginal	3,68	0,159	2,14	0,343
Fosa canina	0,84	0,659	0,59	0,744
Hueso escama parietal temporal	4,33	0,115	3,52	0,172
Hueso astérico	5,03	0,081	3,71	0,157
Rama emisaria arteria meningea media	27,25	0,000	0,10	0,952
Arteria temporal profunda posterior	32,91	0,000	2,62	0,270
Foramen palatino menor accesorio	7,64	0,022	2,78	0,249
Foramen emisario esfenooidal	6,15	0,046	1,60	0,449
Exostosis auditiva	13,54	0,001	2,08	0,353
Dehiscencia lámina timpánica	7,14	0,028	3,26	0,196
Foramen marginal lámina timpánica	62,78	0,000	3,36	0,187
Tubérculo precondíleo	12,23	0,002	5,01	0,082
Foramen condilar intermedio	5,11	0,078	0,02	0,992
Apófisis paramastoide	7,75	0,021	0,24	0,886
Ligamento apical osificado	0,79	0,672	2,16	0,340
Foramen hipogloso doble	1,03	0,597	1,07	0,584
Hueso apical o lámbdico	2,01	0,366	1,66	0,437
Hueso en sutura lámbdica	4,30	0,116	0,13	0,937
Wormiano occipito mastoideo	5,12	0,077	1,85	0,396
Foramen mastoideo exsutural	6,39	0,041	0,29	0,864
Foramen parietal	4,22	0,121	0,37	0,832

Grados de libertad: 4 para Período por deformación y 2 para los restantes atributos.

Número de observaciones para Período varía entre 297 y 333 y para Deformación entre 253 y 289.

La distribución de los rasgos no métricos revela que algunos poseen proporciones diferentes de acuerdo con el tipo de deformación artificial del cráneo, mientras que la mayoría (14/26) parece estar asociada con los tres grupos cronológicos (Tabla 5). Se comprueba además, que los tipos de deformación se distribuyen diferencialmente en el tiempo. Los individuos con deformación artificial son más frecuentes en todos los períodos y, dentro de estos, predominan los circulares con respecto a los tabulares. La mayoría de los individuos no deformados pertenecen al Arcaico Tardío, siendo escasos en el Formativo. Sin negar la existencia de otros factores, como la deformación, el sexo y la edad de los individuos, los resultados presentados sobre la distribución de los rasgos no métricos indican una variación cronológica asociada con

eventos históricos relevantes de la región. Una visión sintética se puede lograr a partir de la visualización de los valores de distancias MMDs entre períodos, considerando aquellos 24 atributos que presentan frecuencias mayores a 5% (Tabla 6). Se destacan diferencias significativas entre el Arcaico Tardío, el Intermedio Temprano y el Medio-Tardío (valores mayores a 2), aunque no entre estas dos últimas agrupaciones, destacándose una menor sensibilidad para detectar diferencias con respecto a los valores  $D^2$  estimados con medidas craneanas.

## Discusión

En líneas generales, los rasgos métricos y los no métricos coinciden en revelar la existencia de cambios morfológicos en función de las diferencias

Tabla 6. Valores MMDs.  
*MMDs values.*

Período	Intermedio Temprano	Medio-Tardío
Arcaico Tardío	3,992	2,603
Intermedio Temprano		1,295

Valores MMDs > 2,  $p < 0,05$ .

de cronología entre las muestras, tanto desde el punto de vista univariado como multivariado. Las discrepancias observadas entre nuestro trabajo y el ya comentado de Sutter y Mertz (2004) se deben a las características del diseño experimental aplicado en cada caso, a la composición de las muestras y a la naturaleza de las variables. Las muestras empleadas en ambos trabajos se diferencian en cuanto a los grupos comparados, sea por el distinto número de observaciones o por la ausencia de algunos sitios en uno u otro diseño (Tabla 7). Por ejemplo la muestra de Chinchorro no es equivalente en ambos

trabajos. Sutter y Mertz (2004) incluyen Morro 1/5 y nosotros Morro de Uhle, siendo esta última la muestra más numerosa. Además, el primer trabajo (Sutter y Mertz 2004) posee mucho menor dispersión de sitios. Anotamos además, que los restos de Morro 1/5 están integrados por una cantidad mayoritaria de individuos infantiles y juveniles y tres adultos acéfalos (Guillén 1992). La Tabla 7 informa sobre el origen de las muestras utilizadas en ambos trabajos.

Si bien es cierto que los rasgos no métricos constituyen un tipo de información económica y de fácil obtención, aun cuando sea obtenida por un observador experto, es difícil evitar un cierto grado de subjetivismo en la detección y en su manejo estadístico posterior. En restos antiguos, la conservación del material óseo es naturalmente clave como también la visibilidad de la superficie ósea, que a veces se encuentra fragmentada o cubierta por restos de tejido blando y adherencias varias (barro, pintura, fragmentos de textiles o vegetales). Estos factores influyen en el número de observaciones

Tabla 7. Distribución de la muestra por sitio empleada por Sutter y Mertz (2004) y en el presente trabajo.

En sombreado se indican los períodos reunidos para el análisis en una única categoría.

*Distribution by sites of Sutter and Mertz's (2004) samples and those included in the present study.*

*Shaded fields indicate agglomerated periods.*

Muestra Sutter y Mertz (2004)			Muestra este trabajo			
Atributos			Métricos		Atributos	
Sitios	N	Cultura <sup>1</sup>	Sitios	N	N	Cultura <sup>2</sup>
Morro 1, Morro 1/5, Morro 1/6	53	Chinchorro	Morro 1, Morro Uhle, Morro 1/6	97	126	Arcaico Tardío
Playa Miller 7	47	Formativo	Playa Miller 7	47	59	Intermedio Temprano
Azapa 14, 70 y 115	41	Alto Ramírez	Azapa 14, 22, 70, 103, 115	38	51	
Azapa 6	31	Cabuza	Azapa 3, 13, 103	14	14	Medio
Azapa 71	35	Cabuza	Azapa 71			
Azapa 140	63	Maitas Chiribaya	Playa Miller 3, 4, Azapa 8,75, 79, 105, Lluta 12, Chacalluta 5	85	80	Intermedio Tardío
Playa Miller 4	35	San Miguel y Gentilar	Playa Miller 4, Lluta 13	22	13	Tardío
Azapa 8	20	Gentilar	Azapa 8			
Total	325			303	343	

N designa los números de casos efectivamente observados.

<sup>1</sup> Según Sutter y Mertz (2004). <sup>2</sup> Según Espouey (comunicación personal 2007).

válidas sobre el que se calcula la frecuencia de un rasgo, el cual en estudios bioantropológicos es generalmente bastante menor que el tamaño de la colección. Por ejemplo, si se comparan los valores declarados por Sutter y Mertz (2004) en la presentación inicial de las colecciones estudiadas (Tabla 1, Sutter y Mertz 2004) y las cifras reales de observación de casos válidos (Tabla 5, Sutter y Mertz 2004), se comprueba una reducción, entre una y otra, variando desde el 55% hasta el 81% de las cifras originales. La excesiva fragmentación de la información y la subdivisión de la muestra obtenida puede producir asociaciones que complican la interpretación de los resultados de las pruebas aplicadas para investigar un efecto particular.

En el trabajo de Sutter y Mertz (2004) se emplearon 37 rasgos no métricos, de los cuales se seleccionaron diez, aquellos que dieron resultados significativos en las pruebas  $\chi^2$  entre distintos cementerios. De estos, se eligieron ocho que al parecer se distribuían en forma independiente del sexo y presentaban asociación con las muestras por cementerio. Este criterio produjo una reducción substancial de información útil (87%) lo cual, junto al escaso tamaño de la muestra y a que dos de los ocho rasgos usados, ósculo coronal y torus maxilar, poseían en varios casos frecuencias muy bajas o nulas, pudo haber determinado la obtención de valores de distancias MMDs no significativos. Esta situación fue advertida como una posibilidad por los autores

*It is also possible that data reduction techniques employed by this study may have obscured important temporal trends among the Azapa Valley mortuary samples: eight nonmetric cranial traits may simply be too few to have confidence in specific sample-to-sample comparisons (Sutter y Mertz 2004:142).*

Es preciso reconocer que comparativamente con las características continuas, el análisis de la distribución de los rasgos discretos se torna más complicado cuando se evalúa la influencia de otras fuentes de variación como el sexo, la edad y la deformación artificial, o se busca analizar objetivamente su distribución espacial o temporal. En todos los casos, aquellos factores se mantienen subyacentes influyendo en una cantidad desconocida en los resultados obtenidos, máxime cuando existen

valores perdidos (matriz de datos incompletos). Por ejemplo, Varela et al. (2007), con base en el análisis de una muestra de más de 600 individuos pertenecientes a grupos nativos tardíos del Noroeste argentino, ofrecen pruebas sólidas sobre la asociación de estos atributos con el sexo, la edad y la deformación artificial.

El problema discutido es igualmente válido cuando se trabaja con rasgos discretos de dientes, en donde la visibilidad del atributo depende de la disponibilidad de la pieza dentaria y esta variará con el mayor o menor grado de conservación de la muestra y hasta con el nivel de desgaste en el caso de algunos rasgos, mucho más marcado en los grupos con agricultura desarrollada. Un ejemplo demostrativo se presenta en el caso de las muestras de Azapa estudiadas por Sutter (2005). Dos de los rasgos empleados ocurren con frecuencias muy bajas en todas las muestras (UM3 Para, ULP12Odont), mientras que uno directamente no existe (LM1Rt). Además, en el 20% de los casos se presentan frecuencias menores a 5%, y en el 26% de los casos se verifican cuentas menores o iguales a dos veces el rasgo observado.

Las variables continuas, a pesar de su mayor sensibilidad a factores tales como la deformación artificial, la edad y el sexo, brindan mayor información para la reconstrucción de la historia biológica de una determinada región una vez que estos factores de sesgo son ajustados, eliminando su efecto a través de técnicas estadísticas de regresión.

Tal como se ha adelantado, Sutter (2006) proporcionó una visión resumida de la dinámica poblacional prehistórica del valle de Azapa. Haciendo uso del método de comparación de matrices de correlaciones, comprobó que un modelo de poblamiento que se asemeja a aquellos planteados anteriormente por Varela y Cocilovo (2002) y Rothhammer et al. (2002) se ajusta mejor a la matriz de distancias biológicas del valle, logrando un acercamiento a los patrones de movilidad de las poblaciones prehistóricas planteados por nosotros.

Concluimos que en la costa y el valle de Azapa ocurrió un proceso de diferenciación cronológica craneana métrica y no métrica, que se expresa significativamente en forma independiente de las diferencias producidas por la deformación artificial, el sexo o la edad de los individuos, factores de sesgo que de estar presentes se pueden eliminar a través de técnicas estadísticas *ad hoc*.

Este proceso de diferenciación, en especial la vinculación cronológica gradual con el altiplano junto al aislamiento parcial de los grupos costeros, se encuentra sustentado por la evidencia arqueológica y se ha constituido en un modelo descriptivo de los procesos microevolutivos que han operado en las poblaciones prehistóricas de la Región Arica-Parinacota. La contrastación definitiva de esta propuesta posiblemente se facilitará cuando se disponga de una base completa de datos genético-moleculares que permita generar modelos explicativos comparables con los actualmente disponibles con base en rasgos morfológicos.

*Agradecimientos:* los datos referidos a atributos fueron obtenidos por V. G. Standen y S. G. Quevedo. Héctor H. Varela colaboró durante el desarrollo de los trabajos en el Norte de Chile. Agradecemos a los evaluadores externos y la cooperación de S. G. Quevedo, M. A. Costa-Junqueira, A. Llagostera y O. Espouey durante las estancias de relevamiento de datos en los Museos de Historia Natural de Santiago y en el Departamento de Antropología y Museo Arqueológico Universidad de Tarapacá San Miguel de Azapa, Arica. Financiamiento Fondecyt (1050595) y Convenio de Desempeño UTA/ Mecsup-2 Chile y Conicet (PIP 0603/98), Fondecyt (PICT 04-03790/98) y UNRC 1999-2000, Argentina.

### Referencias Citadas

- Cocilovo, J.A.  
1995 *Biología de la Población Prehistórica de Pisagua. Cambio y Continuidad Biocultural en el Norte de Chile*. Tesis Doctorado en Ciencias Biológicas, Universidad Nacional de Córdoba, Córdoba.
- Cocilovo, J.A. y F. Rothhammer  
1990 Paleopopulation biology of the Southern Andes: Craniofacial chronological and geographic differentiation. *Homo* 41:16-31.  
1996a El Valle de Azapa en el norte de Chile. Análisis de un modelo biocronológico para establecer la estructura de la población. *Revista Argentina de Antropología Biológica* 1:232-245.  
1996b Methodological approaches for the solution of ethnohistorical problems: Bioassay of kinship in prehistoric populations of Arica, Chile. *Homo* 47:177-190.  
1999 Microevolución morfológica y extinción del parentesco en asentamientos humanos prehistóricos del Valle de Azapa, Chile. *Revista Chilena de Historia Natural* 72:213-218.
- Cocilovo, J.A. y H.H. Varela  
1998 Variación morfológica, estructura canónica y bioensayo de parentesco en poblaciones prehistóricas del Norte de Chile. *Chungara* 30:75-85.
- Cocilovo, J.A., H.H. Varela, O. Espouey y V. Standen  
2001 El proceso microevolutivo de la población nativa antigua de Arica. *Chungara Revista de Antropología Chilena* 33:13-20.
- Guillén, S.E.  
1992 *The Chinchorro Culture: Mummies and Crania in the Reconstruction of Pre-ceramic Coastal Adaptation in the South Central Andes*. Ph.D. Dissertation. University of Michigan, Ann Arbor.
- Rothhammer, F., J.A. Cocilovo y S. Quevedo  
1984 El Poblamiento temprano de Sudamérica. *Chungara* 13:99-108.
- Rothhammer, F., S. Quevedo, J.A. Cocilovo y E. Llop  
1982 Microevolution in prehistoric Andean populations: I. Chronologic craniometric cranial variation in Northern Chile. *American Journal of Physical Anthropology* 58:391-396.  
1984 Microevolution in prehistoric Andean populations: II. Chronologic nonmetrical cranial variation in northern Chile. *American Journal of Physical Anthropology* 65:157-162.
- Rothhammer, F., C.M. Santoro y M. Moraga  
2002 Craniofacial chronological microdifferentiation of human prehistoric populations of the Azapa Valley, Northern Chile. *Revista Chilena Historia Natural* 75:259-264.
- Sutter, R.C.  
2005 The prehistoric peopling of South America as inferred from epigenetic dental traits. *Andean Past* 7:183-205.  
2006 The test for competing models for the prehistoric peopling of the Azapa Valley, Northern Chile, using matrix correlations. *Chungara Revista de Antropología Chilena* 38:63-82.
- Sutter, R.C. y L. Mertz  
2004 Nonmetric cranial trait variation and prehistoric biocultural change in the Azapa Valley, Chile. *American Journal of Physical Anthropology* 123:130-145.
- Varela, H.H. y J.A. Cocilovo  
2002 Genetic drift and gene flow in a prehistoric population of the Azapa Valley and Coast, Chile. *American Journal of Physical Anthropology* 118:259-267.
- Varela, H.H., J.A. Cocilovo, S. Quevedo y M.A. Costa  
2004 La estructura de la población de pescadores del período arcaico tardío y formativo de Arica. *Boletín Museo Nacional Historia Natural* 53:149-160.
- Varela, H.H., M.F. González, M.F. Torres y J.A. Cocilovo  
2007 Estructura de la población prehistórica del Noroeste Argentino sector Septentrional. Distribución de características epigenéticas. *Revista Argentina de Antropología Biológica*, en prensa.

