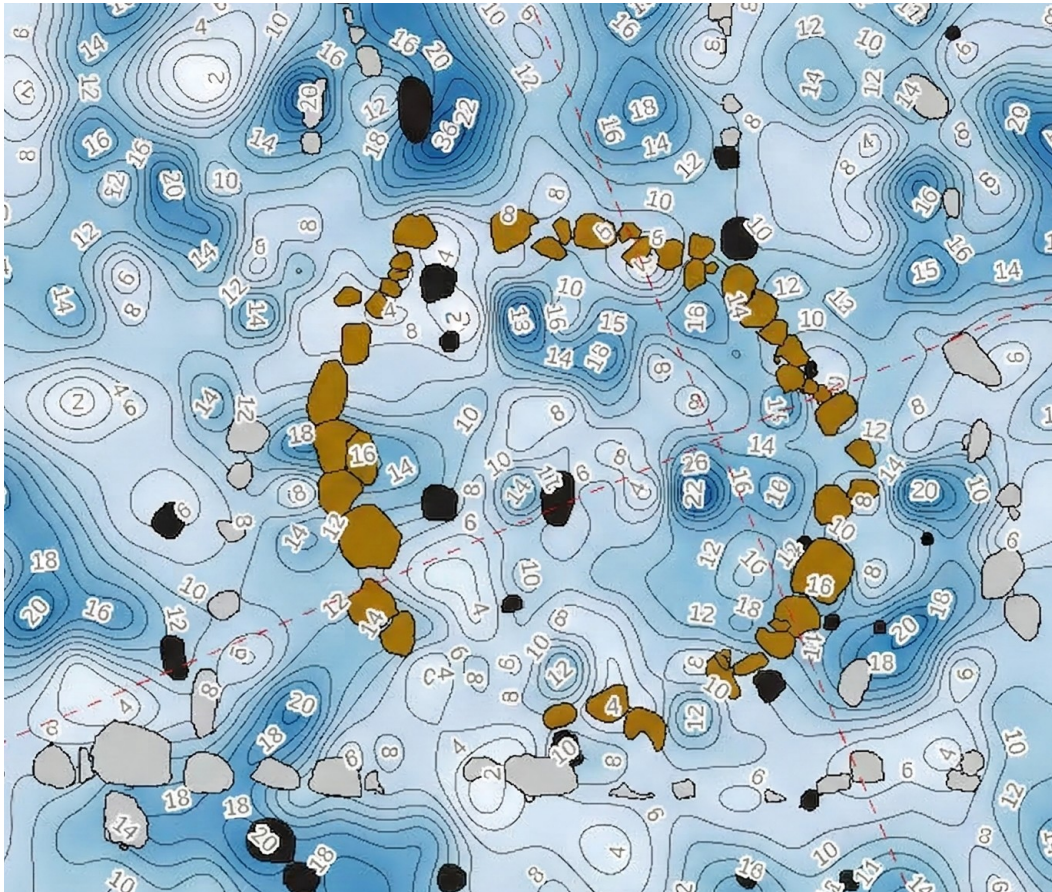


**Reporte anual del Proyecto de  
Reconocimiento Arqueológico de la Región de Coahuah  
Análisis de laboratorio 2024-2025**



editado por Justine M. Shaw y Alberto G. Flores Colin

Con contribuciones de Alberto G. Flores Colin, Thania Estefania Ibarra Narvaez, Alan Nagaya, Armando Anaya Hernández, Lucero Pech Guillermo, Ximena Pech Ortegón, Raymundo G. Martínez-Serrano, Allan Ortega, María Rodríguez Ceja y Justine M. Shaw

Ilustración de portada: Estructura N1W3-1 de Sisal, resultado de análisis spot test de fosfatos, Proyecto CRAS

## Tabla de contenidos

Agradecimientos.....	6
Capítulo 1: Introducción.....	7
Capítulo 2: Contexto y problemáticas de estudio.....	9
Capítulo 3. Análisis de suelo de la Temporada de campo 2022.....	27
Capítulo 4. Análisis de caracterización de dos piezas de lítica tallada, Operación 11, Sisal.....	47
Capítulo 5. Análisis isotópico de los entierros de la Operación 8 de Sisal, San Felipe.....	65
Capítulo 6. Interpretación de análisis de isótopos estables ratios ( $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ) de los Entierros 1 y 2, Operación 8, Sisal, San Felipe.....	68
Capítulo 7. Reporte de fechamiento de los entierros de la Operación 8, Sisal, San Felipe.....	70
Capítulo 8. Consideraciones finales.....	77
Referencias citadas.....	79

## Índice de figuras y tablas

Figura 1. Área de estudio del Proyecto CRAS.....	10
Figura 2. Sitios localizados en el área de estudio del Proyecto CRAS.....	11
Tabla 1. Periodos de actividad en los sitios Prehispánicos investigados.....	15
Figura 3. Totales de tiestos cerámicos por periodo, (2000-2022).....	15
Figura 4. San Andrés Norte (Milpa), Estructuras N1W1-3 y N1W1-4.....	22
Figura 5. Sisal, Estructuras N2W2-7 y N1W3-5 y pozos de prueba.....	23
Figura 6. Osamenta del Entierro 1 de la Operación 8 de Sisal, propuesta para análisis de carbono 14.....	24
Figura 7. Osamenta del Entierro 2 de la Operación 8 de Sisal, propuesta para análisis de carbono 14 .....	25
Figura 8. Reconstrucción de Entierro 2 de la Operación 8 de Sisal, p ropuesta para análisis de carbono 14 .....	26
Figura 9. Resultados de análisis <i>spot test</i> , ácidos grasos, Estructura N1W1-3.....	33
Figura 10. Resultados de análisis <i>spot test</i> , carbonatos, Estructura N1W1-3.....	33
Figura 11. Resultados de análisis <i>spot test</i> , fosfatos, Estructura N1W1-3.....	34
Figura 12. Resultados de análisis <i>spot test</i> , pH, Estructura N1W1-3.....	35
Figura 13. Resultados de análisis <i>spot test</i> , carbonatos, Estructura N1W1-3.....	36
Figura 14. Resultados de análisis <i>spot test</i> , ácidos grasos, Estructura N1W1-4.....	37
Figura 15. Resultados de análisis <i>spot test</i> , carbonatos, Estructura N1W1-4.....	37
Figura 16. Resultados de análisis <i>spot test</i> , fosfatos, Estructura N1W1-4.....	38
Figura 17. Resultados de análisis <i>spot test</i> , pH, Estructura N1W1-4.....	38
Figura 18. Resultados de análisis <i>spot test</i> , residuos proteicos, Estructura N1W1-4....	39
Figura 19. Resultados de análisis <i>spot test</i> , ácidos grasos, Estructura N2W2-3.....	41
Figura 20. Resultados de análisis <i>spot test</i> , carbonatos, Estructura N2W2-3.....	42
Figura 21. Resultados de análisis <i>spot test</i> , fosfatos, Estructura N2W2-3.....	42
Figura 22. Resultados de análisis <i>spot test</i> , pH, Estructura N2W2-3.....	43
Figura 23. Resultados de análisis <i>spot test</i> , residuos proteicos, Estructura N2W2-3....	43
Figura 24. Resultados de análisis <i>spot test</i> , carbonatos, Estructura N1W3-1.....	44
Figura 25. Resultados de análisis <i>spot test</i> , fosfatos, Estructura N1W3-1.....	44
Figura 26. Resultados de análisis <i>spot test</i> , pH, Estructura N1W3-1.....	45
Figura 27. Resultados de análisis <i>spot test</i> , residuos proteicos, Estructura N1W3-1....	45
Figura 28. Espectro representativo de la <i>mano 1</i> . Punto de análisis 2 de la cara 1.....	49
Figura 29. Espectro FTIR de carbonato de calcio sintético.....	50
Figura 30. Espectro FTIR de <i>sílex geológico</i> .....	50
Figura 32. Espectro representativo de la <i>mano 2</i> . Punto de análisis 2 de la cara 1.....	51
Figura 33. Espectro representativo de la <i>mano 2</i> . Punto de análisis 4 de la cara 3.....	52
Figura 34. Espectro XRD de la <i>mano 1</i> .....	52
Figura 35. Espectro XRD de la <i>mano 1</i> mostrando la información experimental.....	53

Figura 36. Espectro XRD de la <i>mano 2</i> .....	54
Figura 37. Espectro XRD típico de cuarzo (SiO <sub>2</sub> ).....	54
Figura 38. Espectro XRD de la <i>mano 2</i> mostrando la información experimental .....	55
Figura 39. Espectro de reflectancia, donde se comparan las características espectrales de las dos manos.....	55
Figura 40. Valores correspondientes a la colorimetría de la mano 1 (cuadros negros) y la mano 2 (círculos rojos) expresados en el espacio de color CIE Lab 1964.....	56
Figura 41. Espectro de XRF de la mano 1.....	57
Figura 42. Histograma de elementos representativos para la mano 1.....	58
Tabla 2. Intensidades de emisión de la capa K para las mediciones en <i>Mano 1</i> por XRF.....	58
Figura 43. Espectros representativos de XRF de la <i>Mano 2</i> .....	59
Tabla 3. Intensidades de emisión de la capa K para las mediciones en <i>Mano 2</i> por XRF.....	60
Figura 44. Histograma de elementos representativos para la <i>mano 1</i> .....	60
Figura 45. Promedio y desviación estándar de las intensidades por elemento por XRF de las <i>manos 1 y 2</i> .....	61
Figura 46. Partículas de carbonato de calcio en blanco presentes en la <i>mano 1</i> . Identificación en las fotografías: A020.....	61
Figura 47. Región de la <i>mano 1</i> donde no hay partículas ajenas a ella,.....	62
Figura 48. En la región de mayor desgaste en la <i>mano 1</i> .....	62
Figura 49. Partículas de carbonato de calcio en blanco presentes en la <i>mano 2</i> . Identificación en las fotografías: A003.....	63
Figura 50. Fractura en la <i>mano 2</i> .....	63
Tabla 4. Resultados de análisis isotópicos de Sr, Operación 8, Sisal.....	66
Figura 51. Mestra Sisal: lixiviados, residuo esmalte y hueso.....	67
Figura 52. Muestra Sisal: residuo esmalte (cuadro rojo), hueso (triángulo verde) y conchas (círculo azul).....	67
Tabla 5. Resultados de los análisis practicados en hueso y diente del Entierro 1 del sitio de Sisal para obtener proporciones de isótopos estables de estroncio ( <sup>87</sup> Sr/ <sup>86</sup> Sr).....	69
Figura 53. Frecuencia de los valores de <sup>87</sup> Sr/ <sup>86</sup> Sr para Noh-Bec, Yucatán y Sisal, Quintana Roo.....	69

## Agradecimientos

La temporada de campo de 2022 fue patrocinada por la Fundación Selz y la Fundación Rust Family. La temporada 2019 fue financiada por la Fundación Selz y la beca Mellon/Faculty del Consejo Americano de Sociedades Eruditas otorgada a Justine Shaw. La temporada de campo de 2018 fue financiada por la Fundación Selz y la Fundación Rust Family. Las temporadas de campo de 2014 y 2012 fueron financiadas por la Fundación Selz.

La temporada de campo de 2010 también fue financiada por la Fundación Selz, con apoyo adicional proporcionado por la Agencia Sueca de Cooperación Internacional para el Desarrollo (SIDA) y el Consejo Sueco de Investigación (VR). La temporada de campo de 2008 fue financiada por la Fundación Selz y la Fundación Antigua. Las temporadas de campo del CRAS de 2003, 2004 y 2005 fueron financiadas por la Fundación Antigua, al igual que nuestra temporada de 2002 en Yo'okop. La Fundación Lars Hiertas minne proporcionó apoyo adicional para la participación de Johan Normark durante la temporada de campo de 2005. La temporada 2001 de Yo'okop fue posible gracias a una subvención de la Fundación Selz.

Agradecemos enormemente el apoyo y el aliento que Bernard Selz ha seguido brindándonos a lo largo de los años.

La temporada 2000 fue financiada por el Fondo H. John Heinz III de la Fundación Heinz (número de referencia H1305) y la Fundación para el Avance de los Estudios Mesoamericanos Inc. (número de proyecto FAMSI 99016).

En temporadas anteriores del Proyecto CRAS, Johan Normark recibió apoyo financiero para el trabajo de campo de la Fundación de Investigación Den Adlerbertska. Estas agencias han permitido a Johan realizar investigaciones antes y después del trabajo de campo: Fundación Mary von Sydow, fondo de donación Wijk, Fundación Helge Ax:son Johnson, Fundación Gunvor y Josef Anér, Fondo Científico Wilhelm y Martina Lundgren y Fundación Birgit y Gad Rausing para la Investigación en Humanidades. Adam Kaeding recibió financiación de la Beca de Investigación en el Extranjero de la Universidad de Boston. Sin toda esta financiación, nuestra investigación en la región no habría sido posible.

También nos gustaría agradecer a nuestros colegas de Estados Unidos, Canadá, Suecia y México, incluyendo al INAH-QR y al INAH-Nacional, por ayudarnos con nuestra temporada de investigación. Los delegados y el personal del INAH-Quintana Roo han sido increíblemente amables al ayudarnos a continuar nuestra investigación en la región de Coahuah.

Además de lo anterior, los miembros del proyecto desean agradecer a nuestra familia y amigos que han sido muy pacientes y solidarios al ayudarnos a continuar con nuestra investigación.

Finalmente, y lo más importante, nos gustaría agradecer a la gente de Huay Max, Ichmul, Sacalaca, Saban, San Felipe, Tabasco y Xquerol que amablemente nos han permitido vivir y trabajar en sus ejidos durante nuestras temporadas. Además de los miembros de la comunidad que trabajan con nosotros (ver páginas siguientes), recibimos innumerables consejos y asistencia arqueológica (y de supervivencia) de muchas personas en todos los ejidos mencionados.

## Parte1: Introducción

### Capítulo 1: Introducción

Justine M. Shaw y Alberto G. Flores Colin

El Proyecto CRAS ha realizado investigaciones desde el año 2000 hasta el 2022, durante las cuales se ha podido recuperar una copiosa información de la región localizada en la parte centro-norte de Quintana Roo y la parte centro-sur de Yucatán, un área que corresponde aproximadamente al territorio de la provincia postclásica de Cochuah (Figuras 1 y 2), en la cual se localizan los ejidos de Ichmul, Sacalaca, Saban, San Felipe y Xquerol.

En el 2024-2025, nos concentramos en una temporada de análisis de laboratorio, con el fin de poder estudiar y sintetizar toda la información que se ha obtenido hasta la fecha, además de realizar pruebas de laboratorio con las que pudimos obtener un fechamiento absoluto, conocer la procedencia de los individuos estudiados, así como comenzar a entender, mediante análisis de suelos, las áreas de actividad y las posibles funciones de estos cimientos de estructura perecedera.

En los últimos años, una de las líneas de investigación desarrolladas por el proyecto ha sido el estudio de los cimientos de estructuras perecederas de forma circular, así como en las estructuras en forma de “C” o “L”, que han sido identificados como característicos de la fase tardía del Clásico Terminal, correspondiente a un periodo post-abandono.

En 2018 se excavaron unos cimientos de estructura circulares en Sisal (Shaw 2019), en tanto que en el 2019 se excavaron tres de estos cimientos en los sitios de San Andrés y Sisal (Shaw et al. 2020). En el 2022 se agregaron 4 estructuras más a esta lista, ubicadas en ellos sitios de San Andrés Norte Milpa y Sisal (Shaw y Flores 2023), con lo cual se ha integrado una muestra considerable de este tipo de construcciones en el área.

El otro tema importante ha sido el de entender la función de este tipo de cimientos, ya que suponemos tienen usos diferentes y, quizá, complementarios. Por ello, desde 2019, se ha hecho una recolección de muestras de suelo de cada una de las excavaciones extensivas que hemos realizado, con el fin de realizar análisis de tipo *spot test* (Barba 1990, 1986; Barba et al. 2012) que pueden ayudar a entender mejor las actividades llevadas a cabo en estas construcciones (Capítulo 3).

Dichas muestras ya se han analizado, en laboratorios de la Universidad Autónoma de Yucatán (UADY) y en la Universidad Autónoma de Campeche (UACAM). Los resultados de estos análisis de la Temporada 2019 ya se presentaron en el informe de dicha temporada (Shaw et al. 2020), por lo que en este volumen solo se presentan los resultados de los análisis de los suelos recuperados en la Temporada 2022.

Además de esto, se realizó la caracterización de dos piedras de mano de metate localizadas durante ellas excavaciones de la Operación 11 de Sisal, las cuales fueron analizadas mediante varias técnicas físicas no invasivas para con ello comprender mejor su composición (Capítulo 4).

Los resultados de los análisis de isótopos de estroncio llevados a cabo en el individuo encontrado en la Operación 8 de Sisal (Capítulo 5), han venido a confirmar lo que habíamos supuesto acerca de la reocupación de varios sitios en el área; que había sido hecha por migrantes de otras regiones. Lo que resultó más interesante es la procedencia de este individuo, la cual parece haber venido de la parte sur de la Península (Capítulo 6).

Adicionalmente, y para complementar los datos cronológicos de estas edificaciones, se llevo a cabo una datación absoluta (C14) en osamentas recuperadas en la Operación 8 de Sisal (Capítulo 7), lo que nos ayudó a mejorar la correlación cerámica y estratigráfica que hemos registrado en este tipo de cimientos, con el objetivo de poder clarificar la temporalidad específica a la que corresponden estos vestigios dentro del periodo del Clásico Terminal.

En suma, esta temporada correspondiente a la fase de análisis y pruebas de laboratorio, ha producido información valiosa y crucial para entender las dinámicas poblaciones en general, así como las probables funciones de los cimientos de estructuras percederas, los cuales son marcadores diagnósticos y temporales de una de las fases más interesantes en la región de Cochuah.

## Parte1: Introducción

### Capítulo 2: Contexto y problemáticas de estudio

Justine M. Shaw y Alberto G. Flores Colin

Como se ha venido mencionando, el proyecto ha documentado, fechado y explorando las funciones y actividades de varios sitios de distintos periodos que se localizan en el territorio de la antigua región de Cochuah. Los resultados obtenidos de estos trabajos han acumulado información procedente de reconocimientos en superficie, pozos de prueba y excavaciones extensivas que muestran que gran parte de la región estuvo bastante poblada para el Formativo Tardío, con construcciones monumentales tempranas en sitios como Yo'okop, Sacalaca, Yo'aktun, Sisal e Ichmul.

Sin embargo, aunque la media del conteo de tiestos de cerámica da la impresión de que las poblaciones a nivel regional no disminuyeron, se ha notado que se produjo una contracción poblacional durante el Clásico Temprano, evidenciado por la ocupación de un reducido número de sitios en donde se han encontrado muestras de este periodo. De igual manera, se evidencia que en el Clásico Tardío sólo los sitios más grandes en el área de estudio de nuestro proyecto parecen mantener una población significativa (Tabla 1, Figura 3).

Este patrón se basa en los recuentos de cerámica clasificados por período, sin embargo, la mayoría de los sitios en el área de estudio aún no han sido sujetos de excavaciones. Por lo tanto, si este patrón continúa, se puede plantear que hubo una atracción poblacional en los sitios que no fueron desocupados, debido a que estos sitios estaban en crecimiento, por lo que dicha atracción, quizá se debió al aumento de actividades cívicas, rituales y comerciales.

#### **El Clásico Terminal Tardío en la Región de Cochuah**

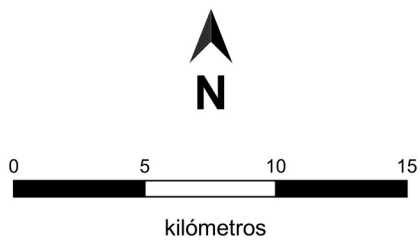
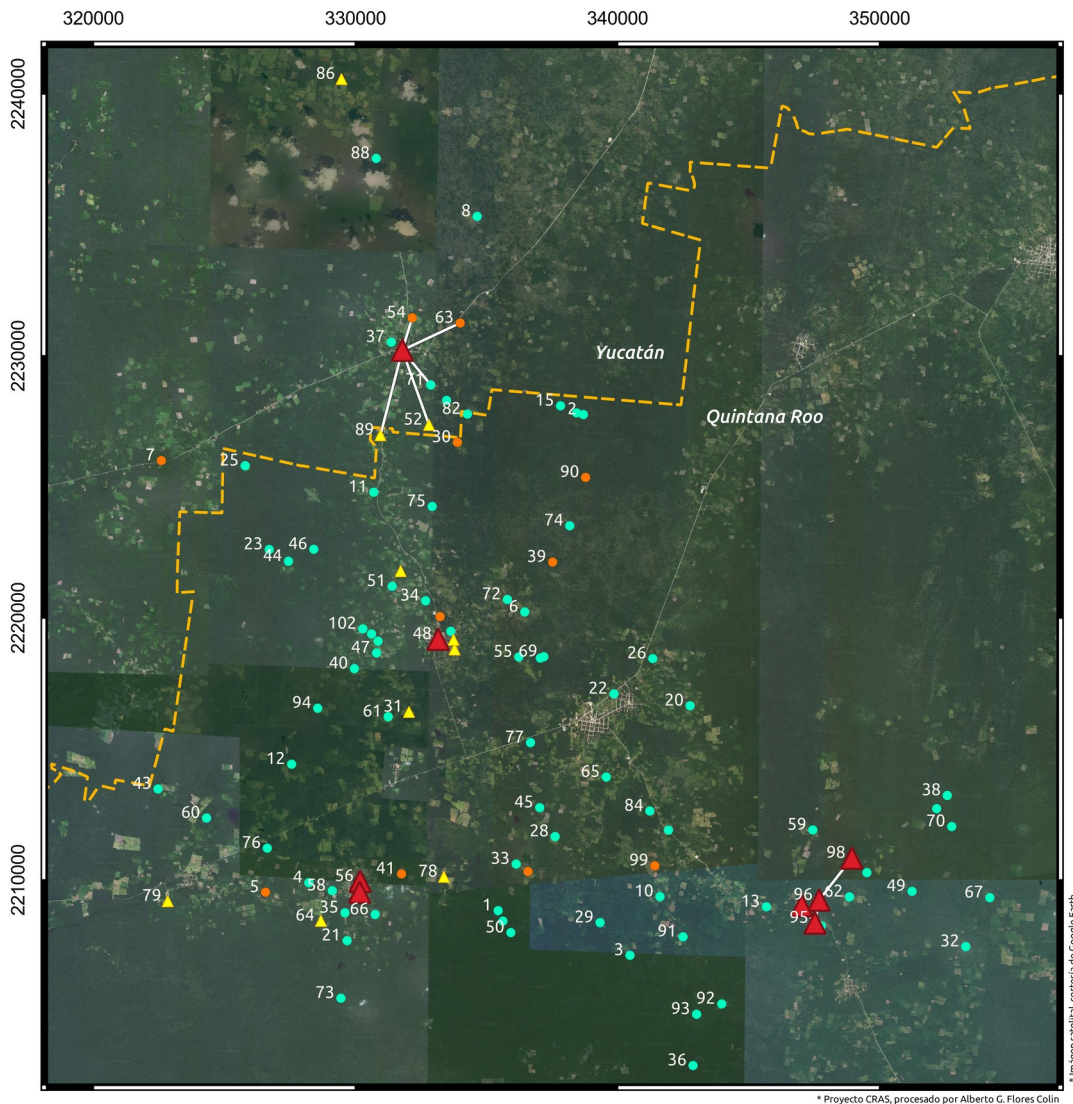
Como es sabido, después del Clásico Tardío, las Tierras Bajas del Norte y del Sur tuvieron trayectorias distintas. Si bien el momento y la naturaleza del "colapso" en sur varía si se consideran la historia ocupacional de cada sitio individualmente (Culbert 1988; Folan et al. 2009; Golden y Scherer 2013; Iannone 2005; LeCount 1999; Reents-Budet 1994), se puede ver que el abandono o el decrecimiento significativo de las población ocurrió de manera generalizada en la mayoría de los centros principales para el Clásico Terminal (Desailly-Chanson 2012; Webster 2000).

No obstante, en las Tierras Bajas del Norte, en lugar de experimentar un colapso al final del Clásico Tardío, surgió un Clásico Terminal radicalmente diferente, ya que en muchos sitios éste fue un periodo de apogeo (Masson 2012). Basado en evidencia estratigráfica y arquitectónica, la región de Cochuah parece haber sido una de esas áreas donde parece haber habido una ocupación posterior o tardía al Clásico Terminal, seguida de el gran "boom" que caracterizó a dicho periodo y que es anterior al resurgimiento ocurrido durante el Posclásico (Aimers 2007). Es en este periodo cuando se localizan dos formas arquitectónicas que no parecen estar presentes antes o después de este tiempo, los cimientos de estructuras de frente abierto y cimientos de estructuras circulares. Esta propuesta busca explorar el período inmediatamente

posterior a la despoblación generalizada de la región, cuando las pequeñas poblaciones permanecieron en sitios que fueron abandonados o se mudaron a ellos.



Figura 1. Área de estudio del Proyecto CRAS



### Simbología

- ▲ Rango 1
- ▲ Rango 2
- Rango 3
- Rango 4
- Sacbe

Figura 2. Sitios localizados en el área de estudio del Proyecto CRAS (ver lista en la siguiente página)

#	Sitio	Rango
1	Abuelos	4
2	Balche Prehispanico	4
3	Balche Saban	4
4	Benito Juárez	4
5	Candelaria	3
6	Chakal Ja'as	4
7	Chan Calotmul	3
8	Chan Mahas	4
9	Chumkatzin	4
10	Chumpich	4
11	Cortada	4
12	El Cedralito	4
13	Fortín de Yo'okop	4
14	Fuerte La Aguada	4
15	Fuerte de Balche	4
16	Grup K'an Ni'	2
17	Grupo Chultun	4
18	Grupo Noreste	3
19	Grupo Áak	2
20	Gruta del Alux	4
21	Hopemul	4
22	Huay Max	4
23	Ichbaquil	4
24	Ichmul	1
25	La Esperanza	4
26	La Gruta Huay Max	4
27	La Trinchera	4
28	Las Palmas	4
29	Nenela	4
30	Nohcacab	3
31	Noojol Yodzonot	2
32	Palomar	4
33	Pancho Villa	4
34	Parcela Escolar	4
35	Parcela escolar	4
36	Piimmul	4
37	Poxil	4
38	Ramonal (Saban)	4
39	Ramonal Este	3
40	Ramonal Poniente	4
41	Ramonal Quemado	3
42	Rancho Balche	4
43	Rancho Chankunai	4

#	Sitio	Rango
44	Rancho Guadalupe	4
45	Rancho Rosales	4
46	Rancho San Juan	4
47	Rancho Yodzonot	4
48	Sacalaca	1
49	Sahkabch'en	4
50	Sak Chikin	4
51	San Andres	4
52	San Andrés Ichmul	2
53	San Andrés Norte	2
54	San Cristóbal Ichmul	3
55	San Diego	4
56	San Felipe Grupo Norte	1
57	San Felipe Grupo Sur	1
58	San Fernando	4
59	San Francisco	4
60	San Francisco Tabasco	4
61	San Isidro	4
62	San Isidro (Saban)	4
63	San Juan Ichmul	3
64	San Lorenzo	2
65	San Manuel	4
66	San Nicolás	4
67	San Pablo	4
68	San Pablo	4
69	San Pedro	4
70	San Pedro (Saban)	4
71	San Pedro Ichmul	4
72	San Pedro Sacalaca	4
73	San Salvador	4
74	Santa Cruz	4
75	Santa Elena	4
76	Santa Elena Tabasco	4
77	Santa Rita	4
78	Sisal	2
79	Tabasquito	2
80	Trinchera Sacalaca	4
81	Venadito	3
82	X-ma-Kabba	4
83	Xbequil	4
84	Xkanil	4
85	Xkansep	4
86	Xlapak	2

#	Sitio	Rango
87	Xnicteil	4
88	Xnicteil	4
89	Xquerol	2
90	Xtojil	3
91	Yaxche 1	4
92	Yaxche 2	4
93	Yaxche 3	4
94	Yo'aktun	4
95	Yo'okop	1
96	Yo'okop Grupo B	1
97	Yo'okop Grupo D	1
98	Yo'okop GrupoC	1
99	Yo'pila	3
100	Yodzonot	4
101	Yodzonot Este	4
102	Yodzonot Norte	4

Periodo	Actividad no detectada	Actividad mínima evidenciada	Utilizado/Ocupado Activamente
Formativo Medio <sup>1</sup>	10	14	13
Formativo Tardío	2	12	23
Clásico Temprano	8	18	11
Clásico Tardío	11	23	3
Clásico Terminal	0	1	36
Postclásico <sup>2</sup>	17	8	12

1 No se han documentado hasta la fecha contextos primarios que daten del Formativo Medio; todos los materiales de dicho periodo se han encontrado en contextos secundarios y fue material reutilizado.

2 Casi todas las cerámicas del Postclásico son fragmentos de incensarios relacionados con contextos rituales, en vez de ser ejemplos de cerámica doméstica.

Tabla 1. Periodos de actividad en los sitios Prehispánicos investigados  
(basado en muestras cerámicas excavadas)

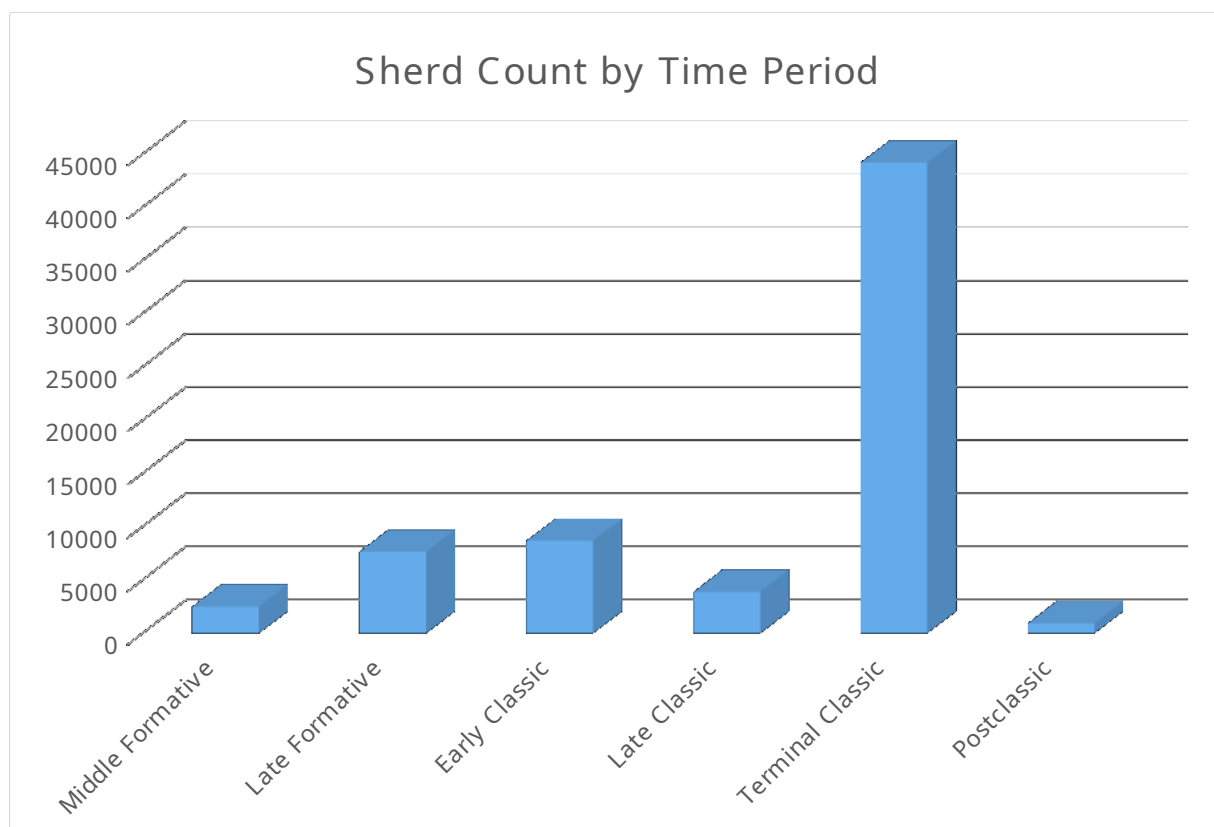


Figura 3. Totales de tiestos cerámicos por periodo, (2000-2022)

El proyecto ahora se refiere a este periodo como una fase tardía del Clásico Terminal, un tiempo que muchos asentamientos no han sido abandonados y tratan de reorganizarse, el cual también se ha identificado en otros asentamientos (Bey et al. 1997). Si bien esta fase del Clásico Terminal Tardío se ha detectado solo en una fracción de los sitios en la región de Coahuah, es necesario estudiarla y comprenderla para ver cómo a las comunidades se esfuerzan por regenerarse luego del colapso de las estructuras sociopolíticas e ideológicas tradicionales (Schwartz 2006), así como para ver por qué ciertas comunidades fueron más resilientes que aquellas que fueron totalmente abandonadas (Wilson 2015).

## **Marcadores arquitectónicos del Clásico Terminal tardío en la Región de Coahuah**

Estas construcciones surgen en el contexto de un periodo con un marcado declive poblacional asociado con el momento en que la arquitectura de estilo Puuc dejó de ser construida y ocupada, incluso antes del abandono que ocurrió durante el Postclásico. En este periodo se nota la aparición de dos nuevas formas de arquitectura en algunos sitios en la región de Coahuah, evidenciada por estructuras de frente abierto (construcciones en forma de C, L o T) y los cimientos de estructura perecedera en forma circular (en lugar de absidales o rectangulares), las cuales son descritas con mayor detalle en la siguiente sección.

### **Cimientos de estructura perecedera circulares**

Este tipo de arquitectura (junto con las estructuras de frente abierto) caracteriza la etapa tardía del Clásico Terminal. En la región de Coahuah, este tipo de cimientos de forma circular (no absidal), tienden a construirse en zonas que podrían considerarse "domésticas", lejos de la arquitectura monumental, aunque ocasionalmente sobre la arquitectura diagnóstica del Clásico Terminal. Hasta ahora, este tipo de construcciones han sido localizadas en 19 sitios de nuestra área de estudio (Flores y Borges 2019; Johnstone 2016).

Estos cimientos de estructura circulares carecen de pisos terminados, incluso algunos yacen sobre afloramientos rocosos bastante irregulares. Las piedras que forman estos cimientos son de forma burda, no están careadas, tienen tamaños variados y hay espacios o "huecos" entre ellas y fueron colocadas individualmente para soportar a una superestructura de material perecedero. Estos cimientos de estructuras perecederas se localizan en grupos, aunque también hay ejemplos aislados. Sus dimensiones varían entre los 9.6 y 19.6 metros cuadrados (*ibid.*, 2016). En comparación con otras estructuras habitacionales, Smyth (1991: 32) encontró que las viviendas mayas tradicionales típicas (absidal con techo de guano o material perecedero) promedian los 53.4 metros cuadrados.

Hasta ahora, se han excavado diez sitios con cimientos de estructuras perecederas de forma circular en la región de Coahuah; Gruta de Alux, Parcela escolar, Sacalaca, San Andres, San Andres Norte y Sisal, además de que se han hecho pozos de prueba en contextos asociados a dichos cimientos para obtener una secuencia estratigráfica que nos pueda ayudar a ubicar cronológicamente este tipo de edificaciones. Al igual que con las estructuras de frente abierto, las cerámicas recuperadas de dichas excavaciones forman parte de la esfera Cehpech del Clásico Terminal, aunque en algunos ejemplos de estas construcciones yacen directamente sobre la arquitectura del Clásico Terminal en estilo Puuc.

Adicionalmente, muchas de estos cimientos contienen pocos artefactos o elementos que son consistentes los restos de un santuario, aunque hay ejemplos que han presentado una abundancia de cerámica y lítica mucho mayor a la que se ha recuperado en otras excavaciones, como ha sido el caso de las excavaciones en Sisal (Shaw 2019). También se han identificado ejemplos, como en Sisal y San Andrés donde estas construcciones están cerca de pozos que pueden haber sido excavados prehispánicamente, proporcionando una fuente de agua disponible y permanente incluso durante un período de sequía (Hodell et al. 1995, 2005 y 2007).

En cuanto a artefactos relacionados con estas construcciones se han identificado metates que hemos observado asociados a áreas adyacentes, pero no en el interior (Johnstone 2016). Otros artefactos relacionados con la mayoría de las estructuras redondas son unas cuantas lascas, fragmentos de lítica y de cuchillos. Respecto a esto, una de estas edificaciones excavada en Sisal, en la temporada 2018, (Estructura N2W2-1) resaltó debido a la cantidad de artefactos que contenía (213 líticas, incluyendo obsidiana y 13,258 tiestos cerámicos).

Sobre estas construcciones, Szymanski (2010) realizó un estudio a profundidad de varios tipos de estructuras circulares en diversos sitios del área maya, aunque la mayor parte de sus ejemplos son construcciones monumentales dedicadas a funciones como la observación astronómica, o los templos dedicados a la deidad del viento Ehecatl; que en poco se asemejan a los cimientos circulares localizadas en nuestra área de estudio. De igual manera, Becker (2015: 99) menciona ejemplos de estructuras circulares, como parte de su trabajo de los antiguos mercados mayas, las cuales serían un tipo de arquitectura más pública y permanente que los ejemplos que hemos documentado en el Proyecto CRAS. No obstante, Szymanski (2010) también incluye algunas construcciones más parecidas a las localizadas en el área de estudio de nuestro proyecto, como la cocina redonda de Joya de Ceren (Valley 1992) y las estructuras domésticas modernas descritas por Wauchope (1935).

En las tierras bajas del norte, se han encontrado ejemplos de arquitectura circular en Uxmal (Kowalski et al., 1996) y Chichén Itzá (Pollock 1936), las cuales parecen haber sido la base de techos cónicos hechos con material perecedero. En Belice, Nohmul (Chase y Chase 1982), Pechtun Ha, Oshon y Obispo (Harrison-Buck 2012) hay también este tipo de cimientos circulares. Con la excepción del uso de piedras careadas en su construcción, estas estructuras son muy similares a las que hemos excavado en el Proyecto CRAS. Sin embargo, en general, se ha postulado que estas construcciones fueron adoratorios, debido a la presencia de incensarios, conchas y otros artículos "rituales" (Harrison-Buck 2012, Johnstone 2016, Pollock 1936).

Hasta antes de 2018, este tipo de artefactos rituales no se habían localizado en las investigaciones de estructuras redondas en la región de Cochuah, sin embargo, en la excavación de la Estructura N2W2-1 de Sisal se localizaron dos trompetas de concha dentro de una segunda estructura circular, adyacente a la excavación, la cual fue parcialmente excavada.

Sin embargo, en el 2019, se excavó el área de esta segunda estructura "circular", revelando que lo que parecía un círculo en superficie eran más bien las partes sobresalientes de un muro en forma de "L" que parece haber sido parte de una construcción de estilo Formativo Tardío. Las conchas de caracol que se localizaron en 2018 en un "rincón" de este muro, posiblemente están asociadas con este periodo temprano y no con la estructura circular excavada en 2018. Debido a que excedía los límites de la excavación, no se pudo ver si este muro era parte de una terraza o plataforma más grande, o bien es un muro formado con piedras reutilizadas de otras construcciones cercanas.

Si bien fue un poco decepcionante que este muro adyacente a la Estructura N2W2-6 no fuera una estructura circular, los estudios de química del suelo sumados a los obtenidos en 2018, proporcionarían una gran extensión donde se podrán investigar las áreas de actividad relacionadas con las estructuras circulares.

En el 2022 se excavó otra estructura circular en Sisal, la Estructura N2W2-3, cerca del muro excavado en 2019, la cual se pensaba que era complemento de esta construcción y quizá parte de un complejo habitacional posiblemente ocupado por miembros de una familia extensa.

Del mismo modo, si estas construcciones tienen funciones separadas y son parte de un mismo hogar, pueden haber servido como estructuras para albergar colmenas, (Bianco et al.2017; Imre et al.2010; Kritsky 2017; Russell 2008: 377-379, 706-707; Schlesinger 2001), haber funcionado como cocina o granero (Smyth 1991) y haber sido complementarias.

Por sus dimensiones pequeñas y su posición periférica, se ha postulado que estos cimientos de estructura precedera con forma circular, también pueden indicar un cambio en la forma de almacenar las cosechas en el caso de que hayan servido como graneros, una de las posibles funciones que pensamos pudieron haber tenido. Basados en los resultados obtenidos hasta ahora, tanto de excavaciones y observaciones, varias de estas construcciones yacen sobre afloramientos de piedra y carecen de piso / base nivelada, por lo que parece poco probable que las estructuras fueran residenciales o sirvieran como cocinas.

Su forma y construcción es similar a la base de los cimientos de los graneros de materiales precederos que se observan en algunas viviendas modernas y en los campos de cultivo del área maya (Smyth 1991). Sin embargo, son más grandes que los graneros promedio que se encuentran en las casas de familias extensas o en las milpas, lo que sugiere que dichos graneros, en caso de serlo, podrían haber servido a varias familias o al menos a grupos familiares extensos que, de manera conjunta, almacenaban ahí sus alimentos.

Tal estrategia colectiva, seguida hasta cierto punto en varios de los ejidos actuales, podría haber ayudado a que "las ganancias y pérdidas individuales estuvieran mediadas por la distribución de los fondos almacenados" (Litka 2013). La excavación de Sisal en 2018 produjo algunas muestras de almidones de maíz antiguo, pero no se encontraron en toda la estructura y la evidencia de una variedad de otras plantas en y alrededor de esta construcción implica que su función no era, al menos no de manera primordial, el almacenamiento de maíz.

Si no fueran graneros o santuarios, también se ha sugerido que podrían haber sido observatorios astronómicos, debido a la forma circular recuerda a otras construcciones como el Caracol de Chichén Itzá (Aveni 2001). Sin embargo, la estructura y techo precedero, así como las piedras burdas con la que están contruidos, hacen que esta opción de observatorios sea poco probable.

Otra posible función para estas estructuras es que hayan servido como apiarios. Russell (2008: 377-379, 706-707) ha descrito este tipo de estructuras, pequeñas y circulares, en el sitio de Mayapán, las cuales sirvieron como base para colmenas. Aunque son circulares y están hechos de piedras burdas y sin labrar como los ejemplos de Cochuah, éstas son significativamente más pequeñas que las estructuras circulares que hemos excavado. Sin embargo, los afloramientos de piedra caliza que se encuentran en algunas de estas construcciones podrían haber servido para apoyar los troncos ahuecados que se utilizan para la producción de miel en el pasado (Kritsky 2017; Schlesinger 2001).

Etnográficamente, dichos troncos se apoyan a lo largo de los lados de una estructura en forma de A, en una construcción sin paredes y bajo el techo de material perecedero (Bianco et al., 2017). Hoy en día, los apicultores mayas tienden a mantener sus apiarios lejos de las zonas residenciales ya que son abejas con aguijón, sin embargo, en el caso de las abejas endémicas de Yucatán que, al carecer de aguijón (*Melipona beecheii*), no habrían sido una amenaza para la población y tener los panales cerca de su residencia habría facilitado el cuidado y la protección de las abejas.

Se han documentado apiarios de abejas sin aguijón en los solares de varias comunidades de Yucatán (Bianco et al., 2017; Russell 2008). Esta ubicación en el solar de las casas también es consistente con la hipótesis de Bianco, Alexander y Rayson (2017), acerca de que las mujeres estaban a cargo de la apicultura de manera cotidiana durante la época colonial.

Imre y otros (2010) proporcionan elementos de los contextos arqueológicos que podrían encontrarse junto con los antiguos colmenares mayas. Entre estos se cuentan las “tapas tipo panucho”, hechas de piedra caliza o coral que servían para sellar las colmenas, aunque en la actualidad también se encuentran ejemplos hechos de madera (Bianco et al., 2017), por lo que tales tapones no necesariamente se conservarían en los contextos.

Este tipo de tapas tipo Panucho se han localizado en los sitios de Buena Vista y Aguada Grande en Cozumel (Batun Alpuche 2009, Friedel 1984), en asociación con apiarios circulares de piedra dentro de los solares (Batun Alpuche 2009). La mayoría de los otros componentes de los apiarios (la palapa misma, bastidores de madera para colmenas, canastas tejidas o discos de madera perforados para colar la miel, y las colmenas) son perecederos, por lo que es difícil esperar su localización. Debido a esto, Imre y otros (2010) sugieren que el uso de muestras palinológicas podría revelar concentraciones inusuales del polen recolectado por las abejas. Las tapas o cerámicas tipo Panucho podrían someterse, en caso de encontrarse, al análisis de residuos de polen o miel.

El sedimento localizado por debajo de las colmenas también puede contener niveles elevados de polen mezclado. Aunque la estructura circular de Sisal no parece ser tener las características de un colmenar, sino que muestra una función más doméstica, se han conservado muestras de suelo de las excavaciones de 2018 para estudios de polen y es la intención de proyecto recuperar muestras para cualquier excavación futura en este tipo de construcciones.

En suma, las implicaciones de la aparición de esta nueva arquitectura, en este momento crítico de la transición de dos periodos son bastante amplias y, hasta ahora, no se ha encontrado un patrón específico, a veces están aisladas, otras en grupo, o bien fueron construidas en sitios grandes y pequeños. Debido a ello, los análisis de las categorías tradicionales de evidencia arqueológica (arquitectura, artefactos visibles, incluidos los análisis cerámicos tipo-variedad [Smith et al., 1960] y el contexto general) no han sido particularmente fructíferos para descubrir cuál fue la función de este tipo de construcciones.

Por ello, se ha venido realizando excavaciones más precisas y detalladas en este tipo de estructuras diagnósticas de este periodo, utilizando el análisis de química del suelo en cuatro ejemplos de este tipo de construcciones del Clásico Terminal

Tardío, con el fin de tener un mayor entendimiento de esta transición crítica en el área, así como para comprender como las mayas habrían sobrevivido en términos políticos y de organización en la producción y almacenamiento de alimentos (ver Schwarz 2013), en tiempos posteriores al colapso de la élite Clásica.

Las estructuras circulares excavadas hasta la fecha, con la excepción del ejemplo de Sisal, no parecen haber tenido una función residencial, ya que a veces fueron construidas directamente sobre afloramientos rocoso bastante irregulares. Hasta ahora mantenemos la hipótesis de que la mayoría pueden haber sido utilizados para el almacenamiento de granos, aunque éstas son más grandes que los graneros de las viviendas familiares extendidas que se observan actualmente en los poblados de la zona maya, aunque puede haber varias funciones incluida la residencial (como el caso de la excavada en Sisal).

Por ello, es crucial entender la función y las actividades e estas construcciones. De igual manera, el proyecto ha propuesto que estas estructuras, junto con las construcciones de frente abierto, representan estrategias adaptativas que permitían a estas comunidades sobrevivir cuando otros grupos contemporáneos no pudieron hacerlo.

### **Justificación de la investigación**

El Proyecto CRAS, junto con otros proyectos del reconocimiento arqueológico regionales, pretende contribuir al conocimiento de los vestigios arqueológicos de la región central de la Península de Yucatán. Proyectos como el de Ecología Humana Regional de Yalahau (Fedick y Morrison 2004; Glover y Amador 2005), el Proyecto Costa Maya en el noroeste de Yucatán (Anderson 2011; Andrews y Robles 2012), así como los primeros sondeos de Sanders (1955a, 1955b, y 1960) y Harrison (1979) son algunos de los pocos trabajos que combinan el análisis regional con el estudio de algunos sitios clave, manteniendo así un balance entre la investigación a nivel intrasitio y regional. Sin embargo, estos proyectos mencionados se han concentrado en la parte norte, este o sur de la península, por lo que el estudio del Proyecto CRAS es clave para comprender una zona poco estudiada y un área transición entre el norte del Petén y las planicies del norte.

Otro estudio que ha desarrollado la perspectiva regional es el conducido por Alexander (2006), quien ha explorado los cambios en los patrones de asentamiento del periodo Postcolombino en Yucatán. Además de lo anterior, el Instituto Nacional de Antropología e Historia, a través de sus varios proyectos que trabajan en el área, continúan estudiando sitios específicos, han documentado algunos sitios o áreas localizadas al norte, suroeste y este del área de estudio, por lo que nuestras investigaciones ayudan a obtener información de esta región que muestra un aparente vacío en muchos de los mapas arqueológicos, pero que, como lo hemos evidenciado, contó con una gran cantidad de asentamientos.

### **Objetivos de investigación**

La temporada de análisis de 2024-2025 tuvo dos objetivos principales, el poder obtener un fechamiento absoluto que nos permitiera tener una cronología precisa de esta fase postmonumental, así como el de poder definir el o los usos de los cimientos de estructura circulares.

### **Análisis de suelos de excavaciones extensivas**

En el 2022 se excavaron cuatro estructuras en dos sitios diferentes en el área de estudio CRAS, las cuales cuentan con ocupaciones de la fase del Clásico Terminal Tardío (Sisal y San Andrés Norte Milpa – Figuras 4 y 5). Se eligieron estos sitios porque ya han sido bien registrados y ambos han estado sujetos a excavaciones previas.

La información obtenida de estas investigaciones resultó en la obtención de datos cerámicos, cronológicos y estratigráficos, los cuales nos han permitido tener una mayor comprensión de los cambios en los asentamientos que ocurrieron en el área a lo largo del tiempo y, específicamente, del periodo de transición del Clásico Terminal al Postclásico. Estos resultados se complementaron con los análisis de las muestras de suelo obtenidas en la Temporada 2022 y que se presentan en el Capítulo 3.

### **Análisis de dos manos de metate de la Operación 11 de Sisal**

El objetivo del estudio fue el de determinar los materiales utilizados para la manufactura de dichas herramientas, con el fin de tener información de la materia prima empleada para la producción artesanal en el sitio de Sisal. Los análisis realizados fueron llevados a cabo en el laboratorio LANCIC del Instituto de Física de la Universidad Nacional Autónoma de México (Capítulo 4).

### **Análisis de isótopos de estroncio en osamentas**

Estos análisis de las dos osamentas localizadas en 2019, en la Operación 8 de Sisal (Figuras 6-8), las cuales fueron encontradas *in situ* y pertenecen al contexto de la estructura circular. Estos estudios especializados se llevaron a cabo en Laboratorio Universitario de Geoquímica Isotópica (LUGIS), en el Instituto de Geofísica de la Universidad Nacional Autónoma de México, en la Ciudad de México y sus resultados se presentan en el Capítulo 5 y 6.

### **Análisis de Carbono 14 de osamentas**

Se llevó a cabo con el análisis de C14 de las dos osamentas localizadas en 2019, en la Operación 8 de Sisal, las cuales fueron encontradas *in situ* y pertenecen al contexto de la estructura circular. Estos estudios especializados se llevaron a cabo en Laboratorio Nacional de Espectrometría de Masas con Aceleradores (LEMA) de la Universidad Nacional Autónoma de México, en la Ciudad de México y sus resultados se presentan en el Capítulo 7.

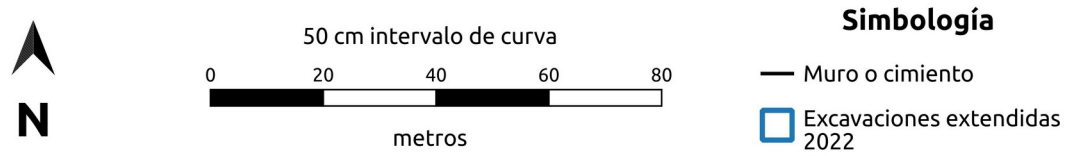
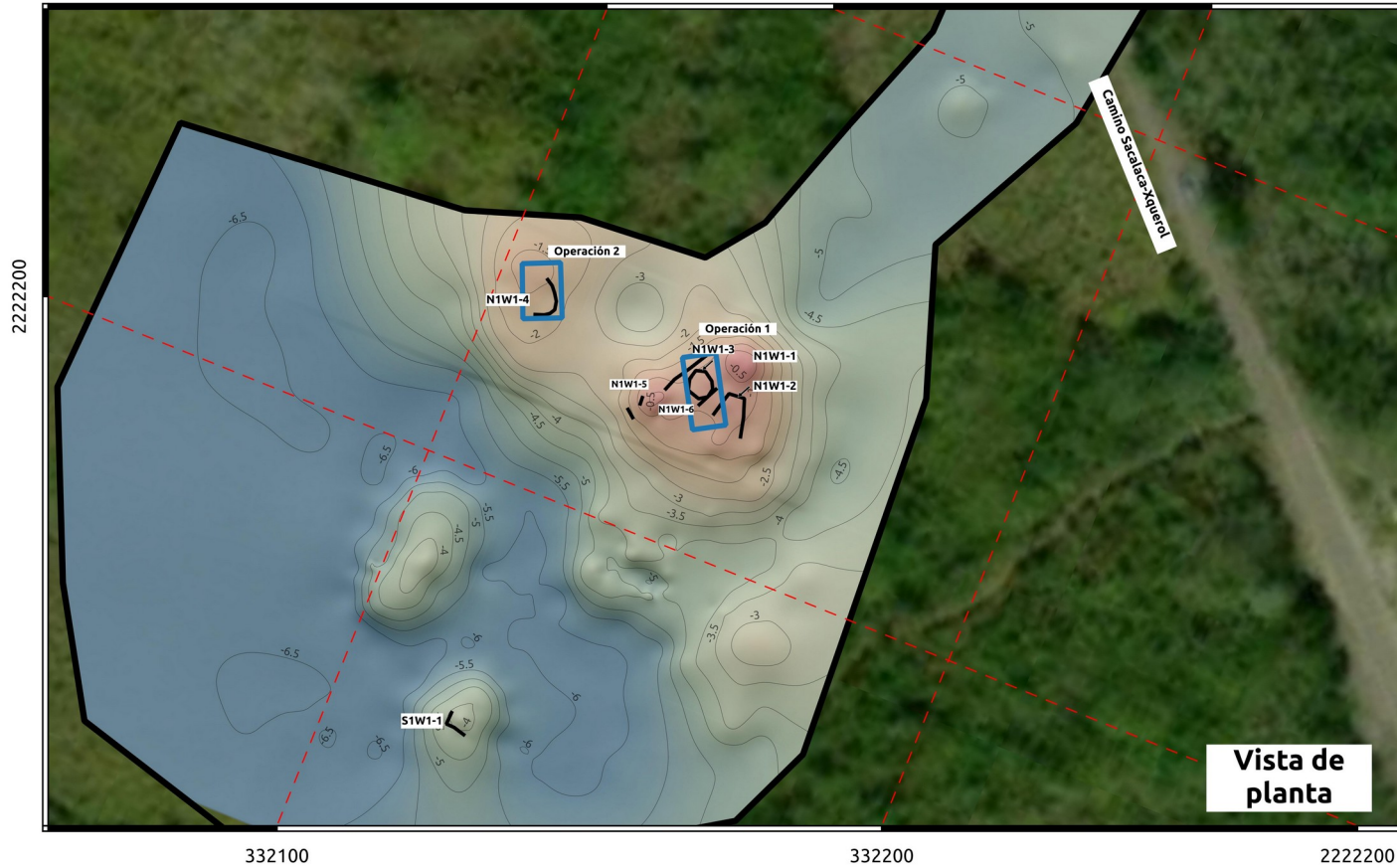
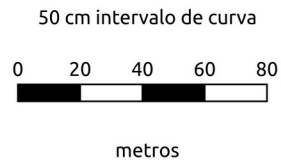
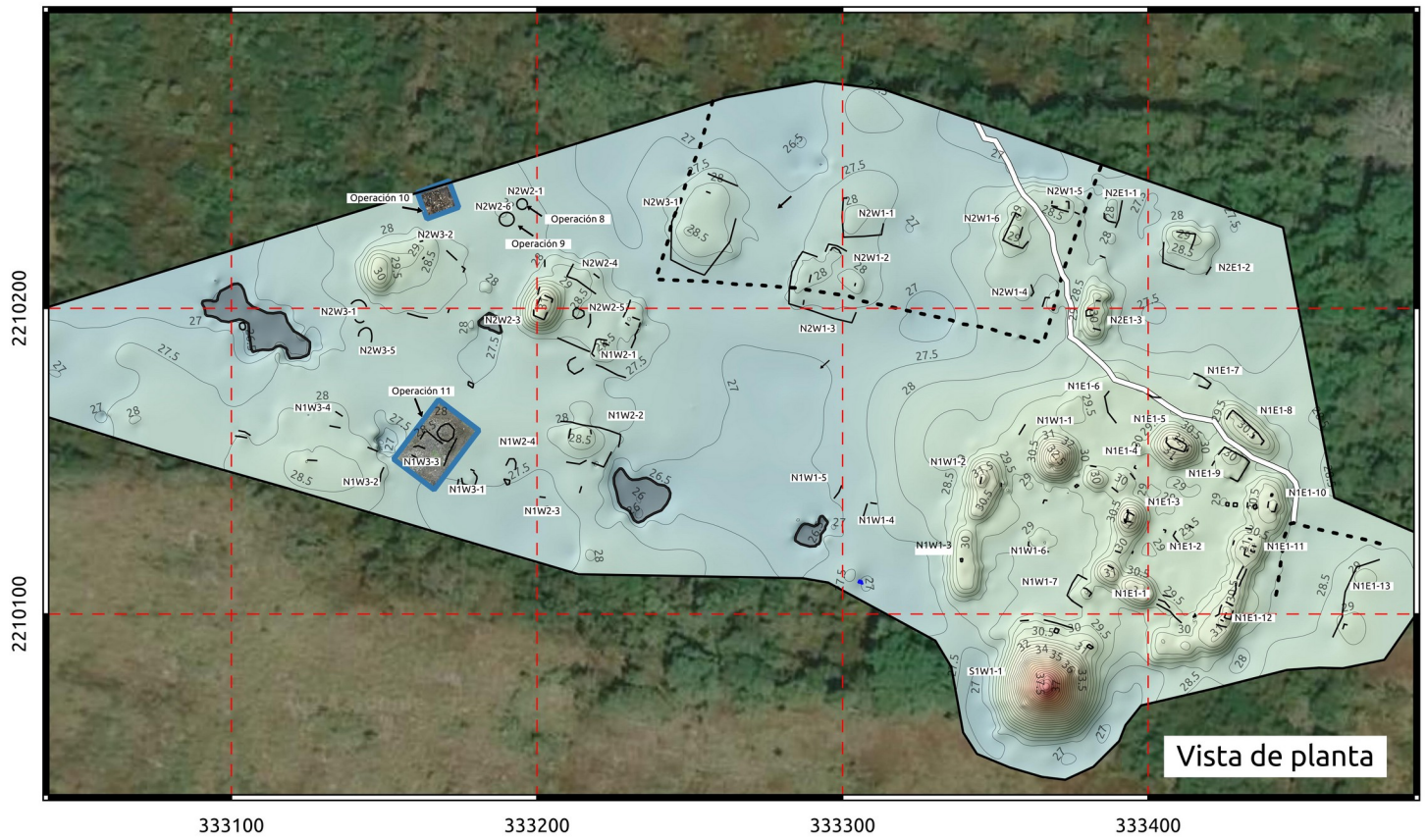


Figura 4. San Andrés Norte (Milpa), Estructuras N1W1-3 y N1W1-4



**Simbología**

- Muro
- - - Albarrada
- == Camino moderno
- Pozo
- Sascabera
- Excavaciones 2022

Figura 5. Sisal, Estructuras N2W2-7 y N1W3-5 y pozos de prueba

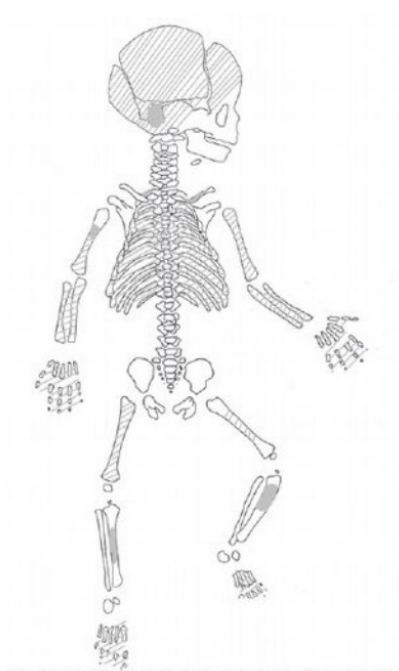


Figura 6. Osamenta del Entierro 1 de la Operación 8 de Sisal, propuesta para análisis de carbono 14 (Figura cortesía Tiesler, Rodriguez y Chi Keb 2018)

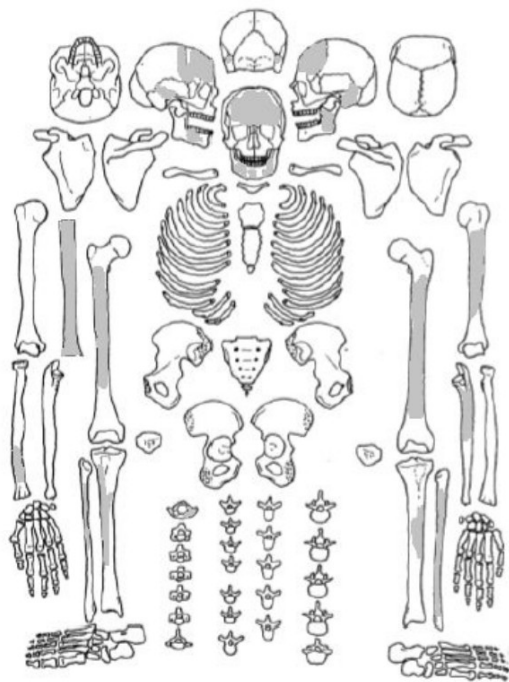


Figura 7. Osamenta del Entierro 2 de la Operación 8 de Sisal, propuesta para análisis de carbono 14 (Figura cortesía Tiesler, Rodriguez y Chi Keb 2018)

MATERIAL ÓSEO DE ENTIERRO 2

1. fragmentos de cráneo
2. fragmentos de mandíbula
3. tercio distal del cúbito izquierdo
4. diáfisis de húmero izquierdo
5. fragmento distal de diáfisis de radio derecho
6. fragmento proximal de diáfisis de fémur derecho
7. fragmentos de diáfisis de fémur izquierdo
8. fragmentos proximales de diáfisis de tibia izquierda
9. fragmentos de diáfisis de tibia derecha

■ área de actividad funeraria

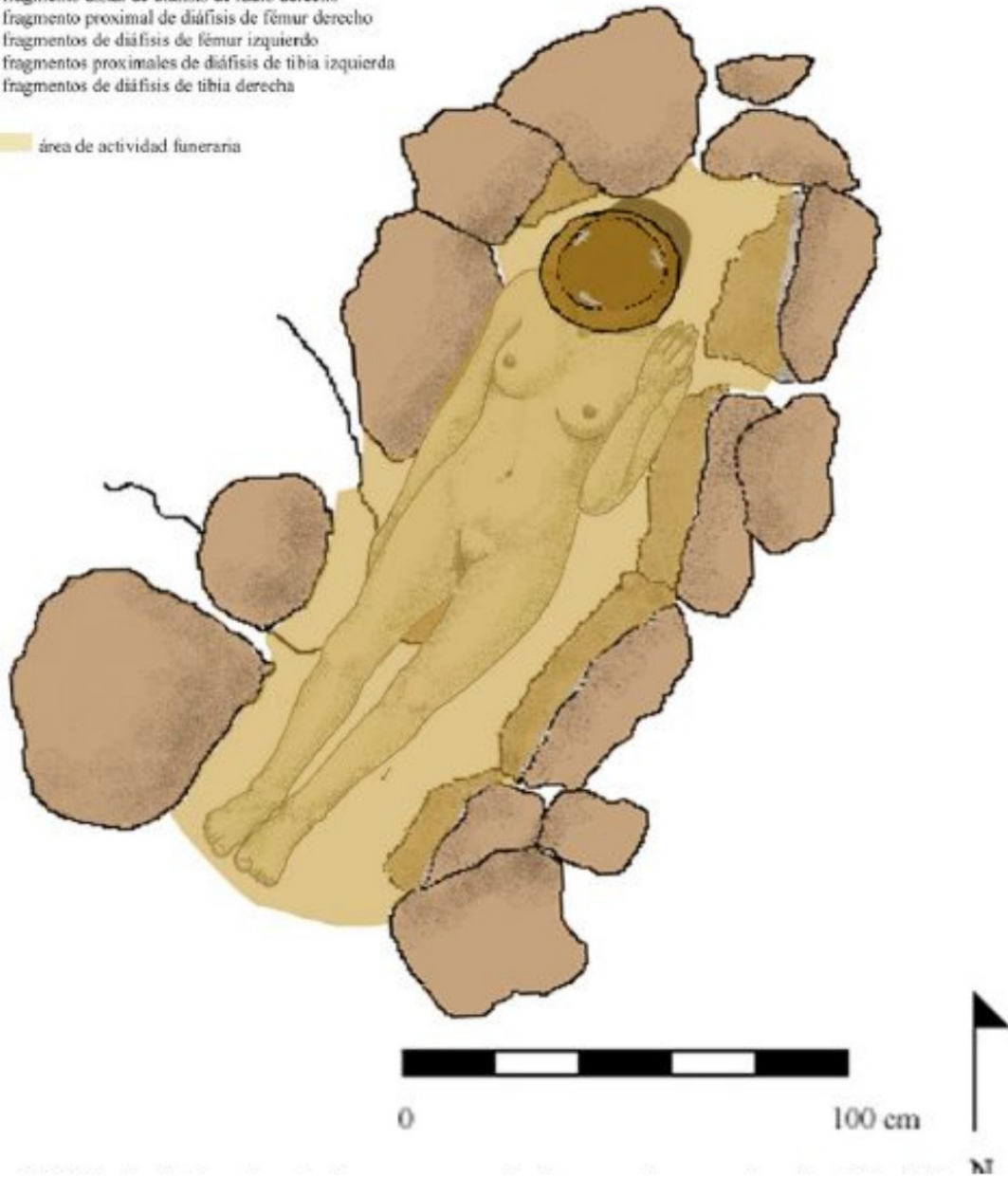


Figura 8. Reconstrucción de Entierro 2 de la Operación 8 de Sisal, propuesta para análisis de carbono 14 (Figura cortesía Tiesler, Rodríguez y Chi Keb 2018)

## Parte 2: Análisis de laboratorio

### Capítulo 3. Análisis de suelo de la Temporada de campo 2022

Alberto G. Flores Colin, Armando Anaya Hernández, Lucero Pech Guillermo y Ximena Pech Ortigón

Con el fin de entender mejor las cuatro estructuras circulares que se investigaron en la Temporada 2022 en los sitios de Sisal y San Andrés Norte Milpa (Shaw y Flores 2023), se realizaron análisis de suelos conocidos como *spot test*. Estos análisis químicos han sido utilizados ampliamente para identificar posibles áreas de actividad, las cuales pueden ser un indicador de la función que tuvieron estos cimientos de estructura perecedera.

#### **El análisis geoquímico**

Este tipo de análisis en contextos arqueológicos se comenzó a utilizar hace más de tres décadas y se derivó de otras disciplinas como la agronomía y la geoquímica, dos disciplinas que cuentan con conocimiento especializado en el enriquecimientos y en las cualidades de los suelos (Barba 1990:195–98; Holliday 2004; Middleton et al. 2010:184–85). Actualmente, la utilización de este tipo de análisis geoquímico se ha extendido en los estudios arqueológicos con resultados bastante exitosos (Barba et al. 2014; Terry et al. 2015).

El principio en que se fundamenta este tipo de análisis es que los pisos y las superficies de ocupación pueden conservar rastros químicos de las actividades humanas que se realizaron sobre ellos (Barba 2007:440–41; Barba et al. 2014:202–03; Middleton et al. 2010:185–86). Esto se debe a que muchas actividades emplean o producen líquidos, los cuales, al derramarse, son absorbidos a través de los poros de la superficie en la que caen, ocasionando que haya un área con un enriquecimiento de los componentes de estos líquidos.

Debido a que son absorbidos en la superficie, estos residuos se pueden preservar por largos periodos después del momento de su deposición y, a menudo, son imperceptibles a simple vista, o bien se observan como manchas en la superficie. Una característica adicional de estos residuos es que, al filtrarse por los poros de las áreas donde caen, permanecen en el mismo sitio en el que se derramaron, por lo que éstos son difícilmente removidos a diferencia de lo que puede ocurrir con otros vestigios arqueológicos (Barba 1990:197, 2007:440–42; Barba et al. 2014:202–03). Por esta razón, estos residuos se pueden considerar como un indicador confiable de las actividades humanas que se realizaron en lugar, lo cual es esencial para conocer la función de áreas/estructuras investigadas y sus contextos inmediatos.

En suma, estos residuos presentan las características esenciales de ser invisibles, intangibles, se mantienen tiempo prologando dentro de los poros de los suelos, pisos o recipientes cerámicos, y, generalmente, son difíciles de remover (Barba et al. 2014:204), características que son de gran ayuda para comprender las actividades que pudieron haber producido este tipo de restos.

Los elementos químicos que se han identificado en los residuos de muchas actividades humanas está el fósforo (P), asociados con la preparación, consumo y disposición de alimentos, el sodio (Na) y potasio (K) con la generación de ceniza en fogones (Middleton y Price 1996; Terry et al. 2000), el hierro (Fe) y mercurio (Hg) en la utilización de pigmentos rituales (Wells et al. 2000), el manganeso (Mn), el zinc (Zn) y el cobre (Cu) relacionados con basureros, tumbas, actividades ceremoniales y celebraciones o banquetes, en tanto que los ácidos grasos, carbonatos, fosfatos, el pH, los residuos proteicos y la colorimetría de los suelos y pisos han servido para identificar distintas áreas de actividad relacionadas con actividades de alimentación, preparación, rituales, entre otras (Anderson et al. 2012; Bair 2010; Barba et al. 1996, 2014; Chase et al. 2015; Coronel et al. 2015; Dahlin et al. 2007; Dahlin 2010; Manzanilla y Barba 1990; Ortiz y Barba 1992; Parnell, Terry, y Nelson 2002; Parnell, Terry, y Sheets 2002; Pecci 2000; Terry et al. 2004; Wells 2004).

Es importante considerar que estos análisis geoquímicos no deben de observarse de manera aislada, sino que deben ser analizados junto con el resto de evidencia arqueológica, como la organización del asentamiento, los restos arquitectónicos, así como la información y distribución de otros materiales tradicionales como la cerámica o la lítica, entre otros (Barba et al. 2014:203; Coronel et al. 2015:92). Aunado a lo anterior, también es necesario contrastar los resultados obtenidos con información procedente de la arqueología experimental, así como de trabajos etnoarqueológicos, los cuales son esenciales para poder comprender e identificar qué actividades pueden dejar determinados residuos en las superficies (Barba et al. 2014; Coronel 2011; Dahlin et al. 2007; Fernández et al. 2002; Middleton y Price 1996).

### **Utilización de análisis geoquímicos en arqueología**

Son varias las investigaciones en arqueología que han aplicado los estudios geoquímicos para la identificación de áreas de actividad relacionadas con la alimentación, producción y consumo de alimentos, así como para la identificación de mercados o áreas de intercambios, además de estudio de prácticas rituales, entre otras temáticas (Barba et al. 2014; Terry et al. 2015).

Ejemplos destacados de investigaciones relacionadas con la alimentación son las realizadas en el complejo de Oztoyahualco y Teopancazco en el Valle de Teotihuacán (Barba et al. 2014; Pecci 2000; Pecci et al. 2010), en donde se pudieron identificar áreas de preparación, cocción y consumo de alimentos, así como las llevadas a cabo en el Sitio El 16, en Chihuahua, en donde se localizaron áreas de almacenamiento, basureros, áreas rituales, de preparación y consumo de alimentos, entre otras (Barba et al. 2014:216–17).

Ejemplo de la aplicación de estas técnicas en vajilla cerámica, son las investigaciones en la cerámica de Axotlan o las llamadas copas pulqueras, en las que se identificaron bebidas ricas en fosfatos y residuos proteicos, entre otros ejemplos (Barba et al. 2014; Pecci et al. 2017). Estos análisis han sido complementados con otros indicadores como restos de almidones y fitolitos que han ayudado a identificar áreas de preparación y consumo de alimentos, como ha sido el caso en varios sitios de Yucatán (Herrera 2018; Matos y Acosta 2016).

Otro de las temáticas recurrentes en las que se han aplicado este tipo de análisis geoquímicos ha sido en la identificación de mercados o áreas de intercambio

(Dahlin et al. 2007; Terry et al. 2015), basados en el planteamiento de que los mercados generan una gran cantidad de desechos orgánicos y cuya evidencia debe permanecer en los pisos de las plazas o superficies donde se establecieron.

Uno de los residuos que ha sido relacionado con la presencia de mercados son los fosfatos, debido a que son indicadores de materia orgánica, ya sea que haya sido procesada, consumida o dispuesta en esas áreas (Barba 1986; Barba y Ortiz 1992; Middleton y Price 1996; Parnell et al. 2001; Terry et al. 2000). El fosfato tiene como característica ser insoluble y resiste la oxidación, la reducción y la lixiviación (Holliday y Gartner 2007; Parnell et al. 2001; Wells 2004), siendo éste un elemento fundamental de los tejidos de seres vivos, en forma de ácidos nucleicos, fosfolípidos, nucleótidos, entre otros (Coronel 2011:92; Terry et al. 2000).

Por ello, los fosfatos están relacionados con la presencia de plantas, madera, huesos, carne y, en general, cualquier otro elemento orgánico. Su presencia se relaciona con el consumo y disposición de productos animales y de plantas. Ejemplos de las investigaciones relacionadas con la identificación de mercados son las llevadas a cabo en sitios como Caracol (Chase et al. 2015), Ceibal (Bair 2010), Chunchucmil (Dahlin et al. 2007), Cobá (Coronel et al. 2015), Mayapán (Bair 2010), Trinidad de Nosotros (Dahlin 2010), Sayil (Terry et al. 2015), entre otros.

Otra temática que ha recibido mucha atención en este tipo de análisis se relaciona con la búsqueda de residuos de actividades rituales, como el caso de las investigaciones en Oztoyahualco y Teopancazco, en el Valle de Teotihuacán (Pecci 2000; Pecci et al. 2010; Ortiz y Barba 1993), o como las llevadas a cabo en la Casa de las Águilas, en el Templo Mayor de Tenochtitlán (Barba et al. 1996), en donde se han encontrado niveles elevados de ácidos grasos y residuos proteicos asociados a altares, así como con otras áreas cercanas a esculturas (de Mictlantecuhtli en el caso de Templo Mayor), quizá relacionadas con rituales de autosacrificio.

Adicionalmente, también se han propuesto que niveles elevados de determinados elementos químicos pueden estar relacionados con actividades rituales, peregrinaciones o ceremonias religiosas, las cuales se llevaban a cabo ocasionalmente en algunas de las plazas asociadas con mercados no permanentes o de baja intensidad (Coronel et al. 2015; Dahlin 2010; Terry et al. 2015). En suma, este tipo de análisis de residuos químicos son de gran utilidad para complementar la información arqueológica tradicional de los contextos arqueológicos investigados, siendo una herramienta de gran utilidad para identificar actividades que se llevaron a cabo e las superficies.

### **Metodología de análisis *spot test***

Con el nombre de *spot test* se conocen a una serie de pruebas semicuantitativas que se caracterizan por ser relativamente simples y de bajo costo, lo cual permite realizar análisis de gran cantidad de cuentas. Los métodos de estas pruebas han sido establecidos por Barba y otros de sus colegas (Barba 2007; Barba et al. 1991, 2012) y ha sido ampliamente utilizada en varias investigaciones arqueológicas, (Barba et al. 1996, 2014; Pecci 2000; Pecci et al. 2010; Ortiz y Barba 1993), como ya se describió en la sección anterior.

Aunque existe otra serie de pruebas más precisas y complejas como la espectrometría de masas (GC-MS o ICP-OES) y la fluorescencia de rayos X, éstas

presentan un costo mayor y, por lo tanto, las áreas de muestreo son más limitadas. Contrario a esto, los *spot test* tienen una mayor ventaja ya que se puede tener una mayor cobertura de área a un costo asequible casi para cualquier investigación. Es de resaltar que los resultados de estos análisis deben ser acompañados por otros indicadores de la arqueología tradicional, como son los elementos arquitectónicos y cerámica, lítica, entre otros.

### **Ácidos grasos**

Se trata de un residuo orgánico, el cual permanece en los pisos o superficies donde se vertieron o derramaron sustancias con contenido de grasa. Este tipo de residuos pudo haber tenido un origen animal o vegetal y se extrae mediante la hidrolización de las grasas con hidróxido de amonio, el cual produce espuma (jabones de amonio), el cual puede cuantificarse de acuerdo a su intensidad (Barba 2007; Barba et al. 1991, 2012). El procedimiento básicamente consiste en calentar la muestra en un tubo de ensayo con cloroformo, la cual después se vierte en un portaobjetos al que se le agregan unas gotas de hidróxido de amonio, lo cual derivará en la formación de burbujas que después se condensan en espuma (ver Figura 5.1).

### **Carbonatos**

Los carbonatos son residuos inorgánicos que pueden ser detectados fácilmente y que indican la utilización de cal, la cual puede haber sido usada en la preparación de alimentos, o bien como material constructivo. Estos indicadores pueden dar cuenta de áreas que estuvieron estucadas o zonas donde se vertían o derraban sustancias enriquecidas con cal, como podría ser el caso del nixtamal. El procedimiento de estas prueba consiste en tomar parte de la muestra y colocarla dentro de un tubo de ensayo, al cual se le agrega una solución de ácido clorhídrico que ocasiona una efervescencia. Dicha reacción efervescente se puede medir en una escala de 5 niveles, aunque se puede agregar un número más (escala de 6) para aquellas muestras que tienen una reacción de efervescencia muy violenta (Barba 2007; Barba et al. 1991, 2012).

### **Fosfatos**

Las pruebas de fosfatos han sido usadas con éxito en varios estudios arqueológicos (Barba et al. 1991; Mejía y Barba 2010), debido a que son muy estables y puede permanecer durante mucho tiempo en los lugares en que fue depositado, por lo que ha sido de gran utilidad para detectar residuos de materia orgánica que son abundantes en fósforo, como los tejidos humanos, desechos de carne, piel, heces, orina, entre otros.

En cuanto al procedimiento, esta prueba se realizó mediante el uso de un colorímetro portátil marca HANNA, modelo Checker HC, el cual usa el método azul heteropolimolibdeno que registra la cantidad de fosfatos presentes en la muestra, medido una medida de partes por millón (ppm). El procedimiento consiste en comparar una muestra de tierra disuelta en agua destilada, la cual es introducida al dispositivo para tomar una primera lectura de referencia.

Posteriormente, una vez registrado el primer parámetro, se retira la muestra y se le añade dos reactivos (una en polvo y otra líquida) y se vuelve a introducir al colorímetro que, después de cinco minutos, devuelve la lectura de las ppm encontradas

en la muestra, lo cual se traduce en la presencia de una coloración azul que se mide en una escala de 0 a 30, siendo el valor más alto el que presenta un color azul más intenso y concentrado (Barba et al. 1991; Barba 2007:442).

### **pH (potencial de hidrógeno)**

De acuerdo con Barba y otros (1991:85–88; 1991:24–26), los altos niveles de pH están relacionadas con la localización de cenizas, ya que éstas aumentan el contenido de iones de hidroxilo. Esto es un indicador de los lugares en donde se realizó la combustión de un material, así como sus alrededores inmediatos y la trayectoria que siguen si es que se barre o se esparcen. Estos valores disminuyen conforme aumenta la distancia del punto donde se realiza la combustión, por lo que los valores más altos sugerirían la zona donde el fuego tuvo mayor intensidad.

Barba (1991:88) también apunta que el área donde se localiza un asentamiento humano presentan niveles más altos de pH que un terreno con poca actividad humana, debido a que en los sitios se realizan diversas actividades que involucran fuego y cenizas, las cuales se esparcen en las inmediaciones y producen el aumento de estos indicadores. El procedimiento para medir el pH consiste en mezclar una cantidad de la muestra con agua destilada, la cual es agitada y después se deja reposar por un corto periodo, para después utilizar un medidor de pH que arroja una lectura dentro de unas escala de 1 a 14.

### **Residuos proteicos**

Este tipo de residuos también son el resultado de materia orgánica y se logra mediante la identificación de los grupos amino de las proteínas, las cuales se encuentran en líquidos como la sangre y en algunos alimentos preparados que incluyan proteínas animales o vegetales. Esta medición se obtiene de la descomposición de los grupos amino mediante una reacción alcalina producida por el gas de amonio (Barba et al. 1991:21–22; Barba 2007:14).

El procedimiento de esta prueba consiste en calentar una muestra mezclada con óxido de calcio y algunas gotas de agua destilada en un tubo de ensayo, al cual se le colocan dos pequeñas tiras de papel indicador de pH. Los resultados se miden con el indicador de papel pH, dentro de una escala del 7 al 12, siendo los valores de 7-7.5 las áreas donde no se encuentran este tipo de residuos.

### **Ausencia de residuos químicos o espacios “vacíos”**

Si bien se han mencionado las posibles implicaciones de las concentraciones de residuos, también es importante resaltar que la ausencia de indicadores también es útil para interpretar las áreas de actividad de contextos del pasado. En este sentido, las plazas, los caminos, las áreas de tránsito, u otras superficies que eran barridas o limpiadas de forma constante, deberían contar con menos residuos y deben aparecer como espacios “en blanco”, donde los niveles de enriquecimiento serían muy bajos o nulos (Barba 1990:200; Coronel et al. 2015:94; Middleton et al. 2010:185–86; Parnell, Terry, y Nelson 2002; Terry et al. 2004; Wells 2004).

Esta “ausencia de enriquecimientos” se debe a que eran áreas con limpieza constante, además de que en estos espacios, principalmente en los destinados al tránsito, no se llevaron a cabo actividades que involucraron la preparación de alimentos,

colocación de ofrendas, etcétera, de manera constante, sino que eran estas áreas eran destinadas al paso de peatones y deberían haber estado libres o “vacías” para permitir el tráfico de los transeúntes. Adicionalmente, las áreas de descanso también presentan niveles bajos de compuestos químicos, ya que dicha actividad no genera muchos residuos, ni siquiera concentraciones de fosfatos en alta cantidad (Barba 1990:200; Barba y Ortiz 1992:77–79; Barba 2007:446).

### **Resultados de análisis de la Operación 1, Estructura N1W1-4, San Andrés Norte Milpa**

En cuanto a la prueba de ácidos grasos se le detectaron ocho zonas con valores altos (Figura 9). Estas zonas, en su mayoría, se localizan dentro de la estructura circular, aunque hay una importante concentración cerca del muro localizado al sureste, el cual pensamos que era una albarrada perimetral. Llama la atención que las áreas con enriquecimientos de ácidos grasos se encuentran cerca del centro de la estructura circular o cerca de los muros que la componen. Dos de estas áreas se encuentran en lo que consideramos pudo haber sido las áreas de entrada, en tanto que otra de éstas se localiza casi al centro. Estas concentraciones pueden estar reflejando el uso continuo de sustancias con alto contenido de grasas en las entradas y el centro, como pudieran ser algunas resinas o comidas grasosas.

De igual manera, es de resaltar la concentración que está en el muro exterior, el cual está localizado al sureste del área excavada y que consideramos fue una albarrada que limitaba la parte sur del área abierta adyacente a la estructura circular. Perimetral en esta área se localiza de forma paralela con tres concentraciones de residuos proteicos. Estas concentraciones pueden indicar el uso de resinas que se quemaron ahí o también pudiera ser un basurero.

Respecto a los carbonatos (Figura 10), los resultados demuestran una homogeneidad en toda la excavación, con valores de 1.5 a 2. Esto puede indicar que toda el área contaba con una capa de *sascab* o estuco, lo cual concuerda con las decenas de fragmentos de estuco descubierto en toda el área de excavación.

Resultó interesante que el área donde se encuentra el metate, no se registró ningún incremento en los niveles de residuos de carbonatos, contrario a lo que suponíamos, ya que era de esperarse la presencia de niveles más altos debido a que se esperaba un contexto de molienda que incluiría el uso de cal. La ausencia de enriquecimientos en esta área puede ser debido a que el metate fue movido de su contexto original, o bien, el metate no fue usado para moler maíz, sino que para otro tipo de material.

Respecto al análisis de fosfatos (Figura 11), resulta notable que el interior de la estructura carezca de concentraciones significativas, con la excepción de un incremento en la sección noroeste. Este hallazgo es relevante, ya que se sitúa en las proximidades del acceso principal y coincide espacialmente con el aumento de ácidos grasos detectado previamente. No obstante, destaca que la mayoría de los valores anómalos se localizan en el exterior de la estructura, donde conforman una disposición semicircular. Este patrón sugiere que dicha área pudo destinarse al procesamiento de materia orgánica o, dada su ubicación en la parte posterior del edificio, al depósito de desechos (basureros). Aunque los niveles detectados no representan los valores máximos, se identifican concentraciones claras en al menos cinco áreas específicas.

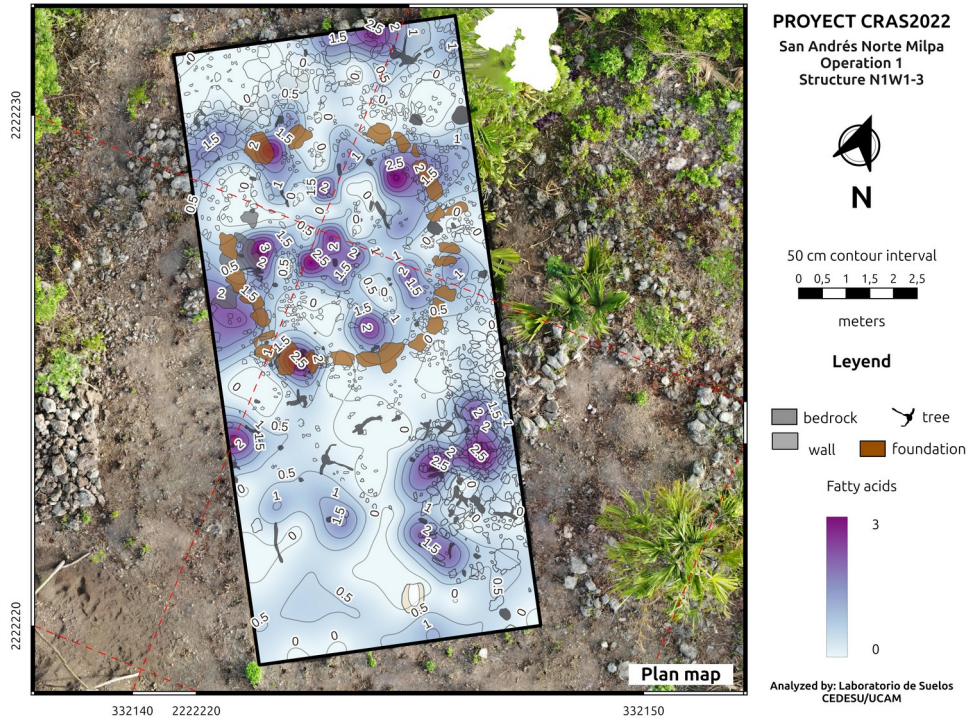


Figura 9. Resultados de análisis *spot test*, ácidos grasos, Estructura N1W1-3

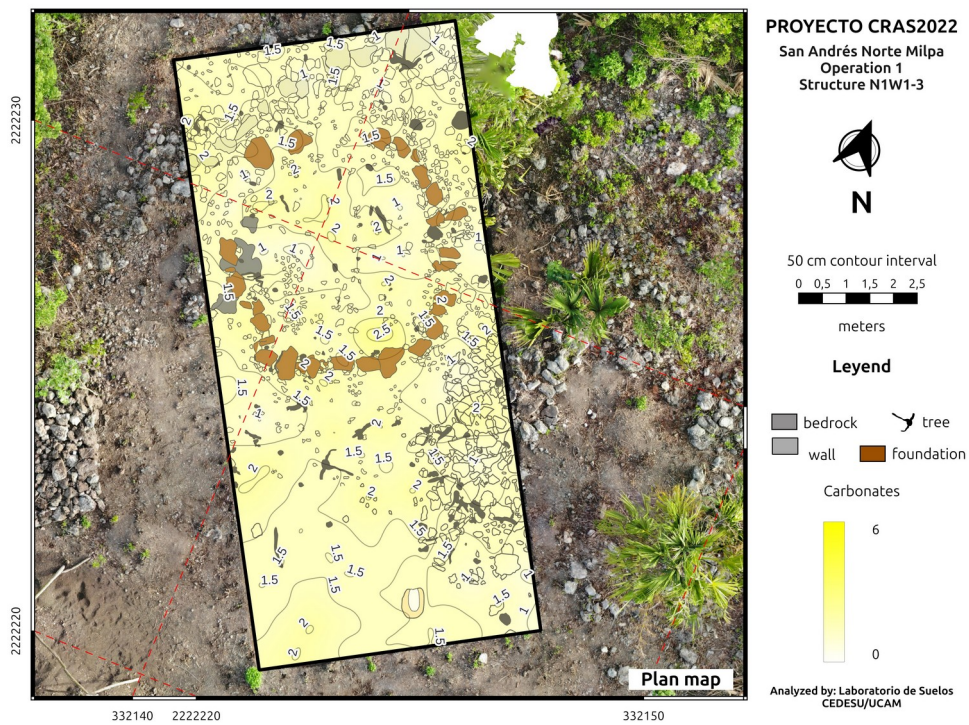


Figura 10. Resultados de análisis *spot test*, carbonatos, Estructura N1W1-3

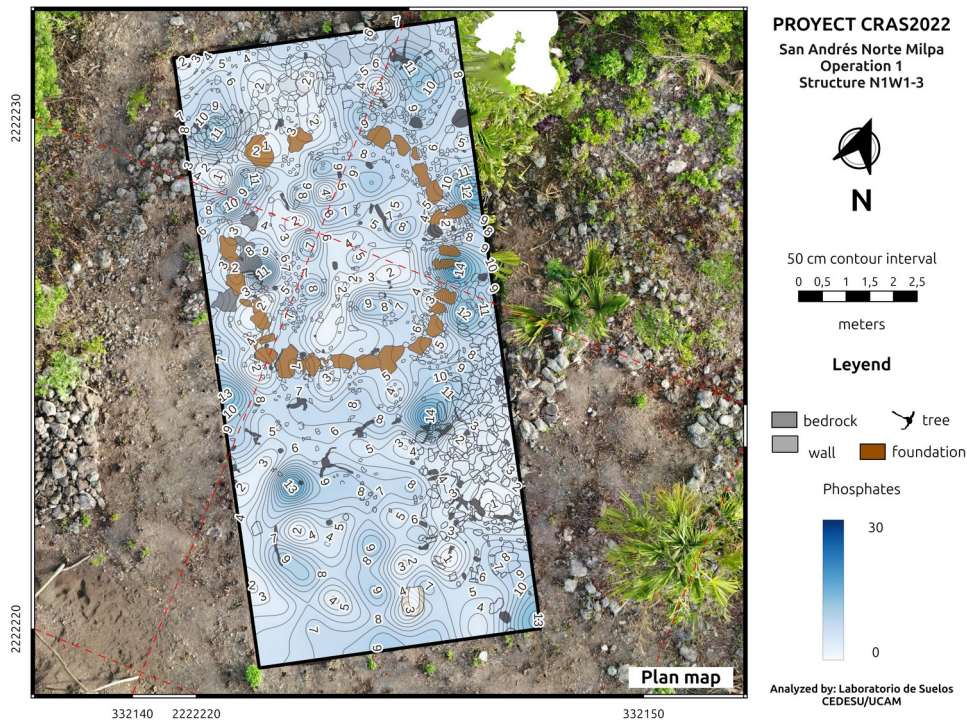


Figura 11. Resultados de análisis *spot test*, fosfatos, Estructura N1W1-3

En cuanto a los valores de pH (Figura 12), se observa un patrón consistente con los hallazgos anteriores: las anomalías se localizan predominantemente en el exterior de la estructura, a una distancia de entre dos y tres metros, con mayor énfasis en el sector sur. Una excepción notable es el enriquecimiento detectado en lo que consideramos el área de acceso, justo donde se identifica una sección faltante en el cimiento. Este dato sugiere la posible presencia de un fogón o brasero de dimensiones modestas que habría servido para iluminar o para marcar la entrada y salida de esta construcción. Si bien los valores no son lo suficientemente elevados para confirmar áreas de quema intensiva, las concentraciones puntuales refuerzan la hipótesis de que el patio sur fue el escenario principal de las actividades domésticas, manteniendo el interior de la construcción libre de actividades que involucraran el uso de fuego.

Respecto a los residuos proteicos (Figura 13), destaca que las mayores concentraciones se sitúan fuera de la estructura, particularmente en el área sureste, en las proximidades de la albarrada. No obstante, se identificaron dos áreas con valores elevados (nivel 9) cerca de los accesos. Resulta significativo que estos puntos coincidan espacialmente con los incrementos de ácidos grasos y fosfatos reportados previamente. Esta correlación triple sugiere la manipulación sistemática de materia de alguna sustancia de materia orgánica, con contenido graso y proteico.

#### **Análisis de áreas de actividad, Estructura N1W1-4**

Los resultados de los análisis químicos revelan una tendencia en el interior de la estructura circular permanece mayoritariamente libre de concentraciones químicas, lo que sugiere un uso habitacional. El enriquecimiento más notable es el de ácidos

grasos que se encuentra cerca de las entradas, las cuales coinciden con las secciones faltantes en el muro del cimiento circular. En estos puntos, la presencia combinada de niveles altos de ácidos grasos y de pH sugiere la existencia de fogones pequeños o incensarios que habrían servido como marcadores lumínicos o simbólicos para acceder o salir de esta construcción.

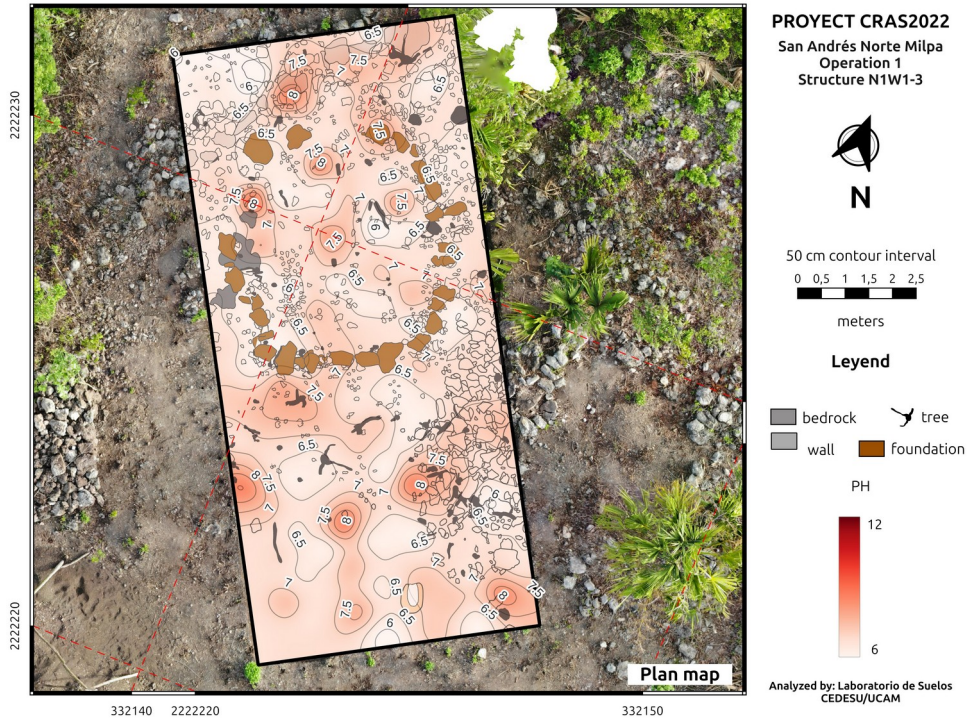


Figura 12. Resultados de análisis *spot test*, pH, Estructura N1W1-3

En contraste con la ausencia de valores elevados en la parte interior de la estructura, en el exterior, el área sur, presenta una actividad geoquímica intensa. Estos incrementos se concentran en la sección adyacente al muro del sureste que delimita la excavación, el cual posiblemente se usó como delimitador o como un muro de protección por los habitantes de la estructura circular.

De acuerdo con los resultados, el área entre la estructura circular y la albarrada funcionó como un espacio de trabajo multifuncional. Al ubicarse a espaldas de la entrada principal, esta zona habría permitido el procesamiento de materia orgánica y el descarte de desechos sin interferir con la circulación ni con el espacio interno, ni con el acceso a la estructura circular (N1W1-4).

### Resultados de análisis de la Operación 2, Estructura N1W1-3, San Andrés Norte Milpa

Se identificaron cuatro áreas de alta concentración de ácidos grasos distribuidas en los sectores al norte y al sur de los cimientos (Figura 14), aunque destaca un área con enriquecimientos en la parte central del área delimita por el cimiento de estructura precedera. Mientras que las concentraciones en el noreste y sureste se localizan sobre afloramientos de

roca madre y escombros (sugiriendo actividades externas), en el interior de la estructura se observan una serie de enriquecimientos alineados que van de norte a sur y que corren paralelos a una sección del cimiento de la estructura predecera.

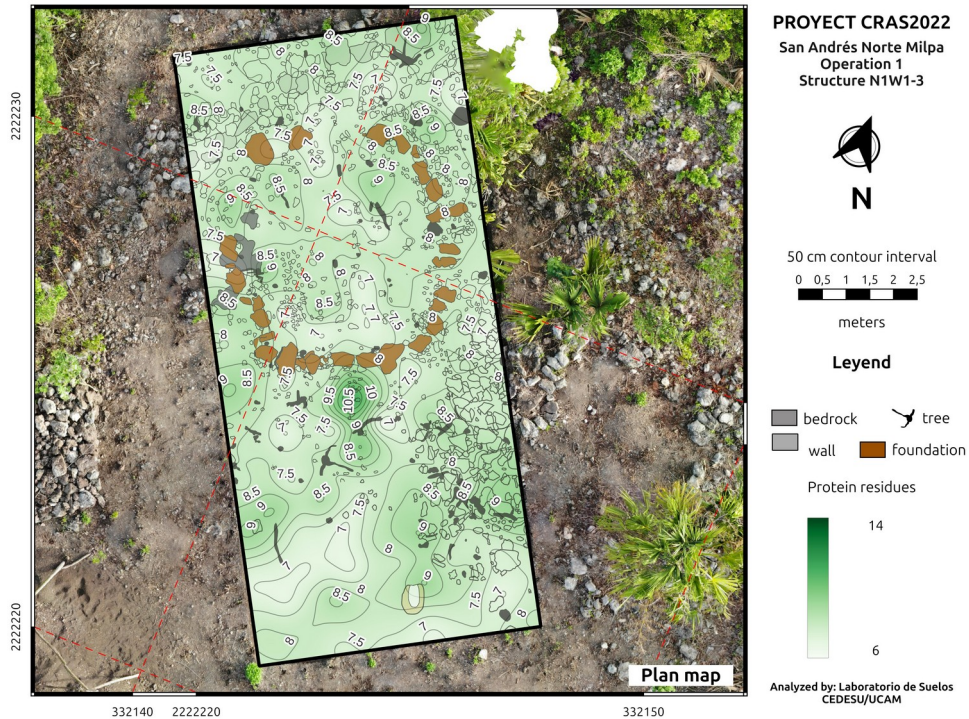


Figura 13. Resultados de análisis *spot test*, carbonatos, Estructura N1W1-3

Por otro lado, el análisis de carbonatos (Figura 15) mostró niveles discretos (máximo de 3) en el sureste y el centro. Aunque estos resultados no son determinantes para la producción de alimentos, la presencia de restos de carbonato de calcio podría estar vinculada a la preparación de estuco o al mantenimiento de la superficie de ocupación de sascab de la estructura.

En lo referente a los fosfatos (Figura 16), en la parte interior se detectaron tres zonas con niveles de entre 14 y 16, las cuales estaban cerca del muro sur, lo que indica el manejo de materia orgánica dentro del área con techo predecero. En la parte exterior, la concentración más intensa de toda la unidad se localizó sobre el afloramiento de roca madre, identificándose claramente como un depósito de desechos orgánicos (posiblemente un basurero).

Es relevante que las anomalías de pH (Figura 17) se concentren precisamente en las zonas de relleno utilizadas para nivelar la roca madre y crear una superficie de ocupación. Se identificaron dos zonas con enriquecimientos principales: uno en el centro de la estructura y otro en el sector este, muy cercanas al muro del cimiento. Si esta construcción era una estructura techada con el frente abierto, el enriquecimiento central sugiere la presencia de un fogón o área donde se produjeron cenizas. La ausencia de variaciones de pH en las áreas de roca madre expuesta indica que estas zonas no estuvieron vinculadas a actividades que involucraran fuego.

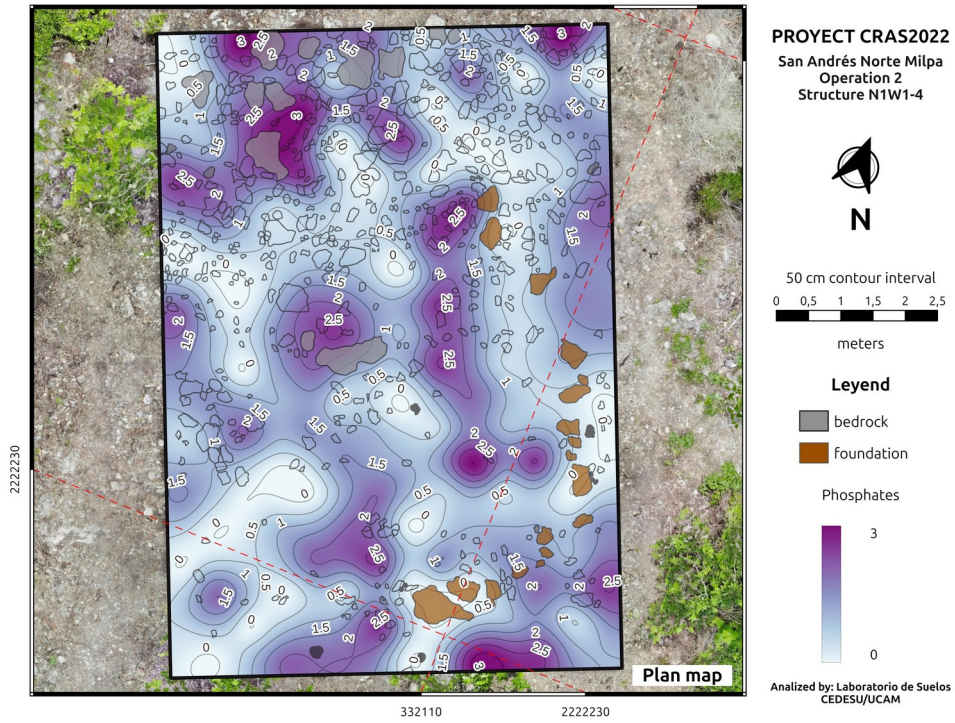


Figura 14. Resultados de análisis *spot test*, ácidos grasos, Estructura N1W1-4

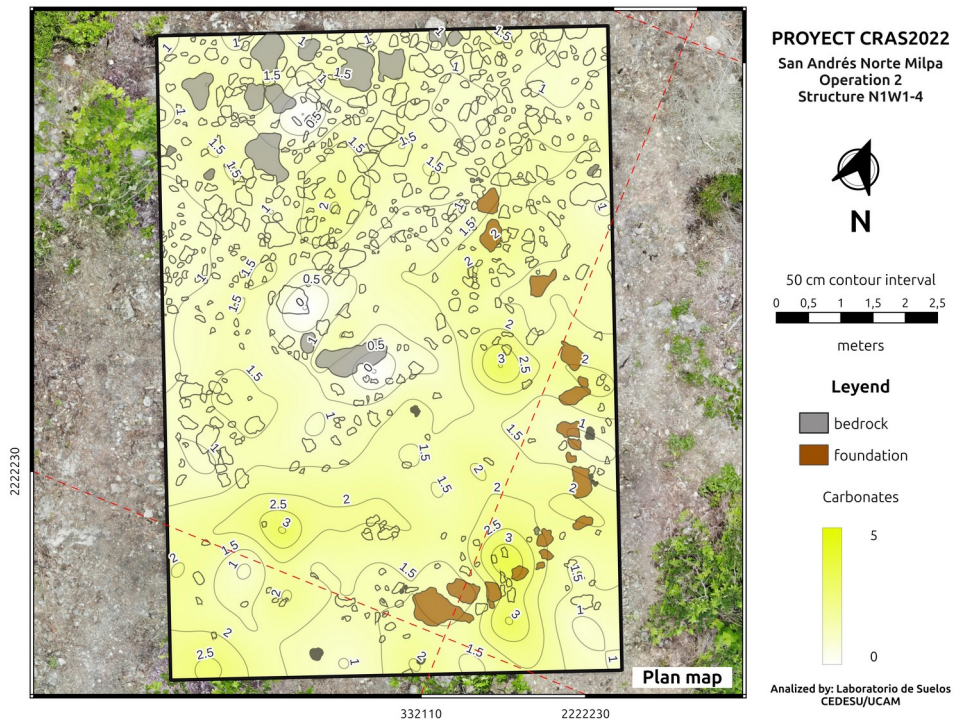


Figura 15. Resultados de análisis *spot test*, carbonatos, Estructura N1W1-4

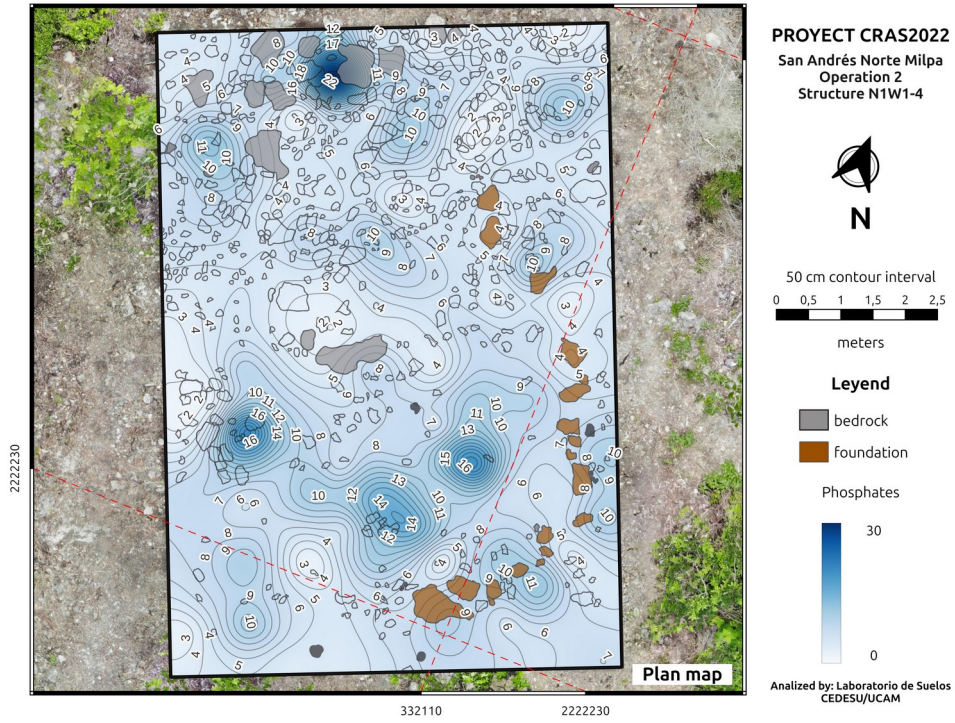


Figura 16. Resultados de análisis *spot test*, fosfatos, Estructura N1W1-4

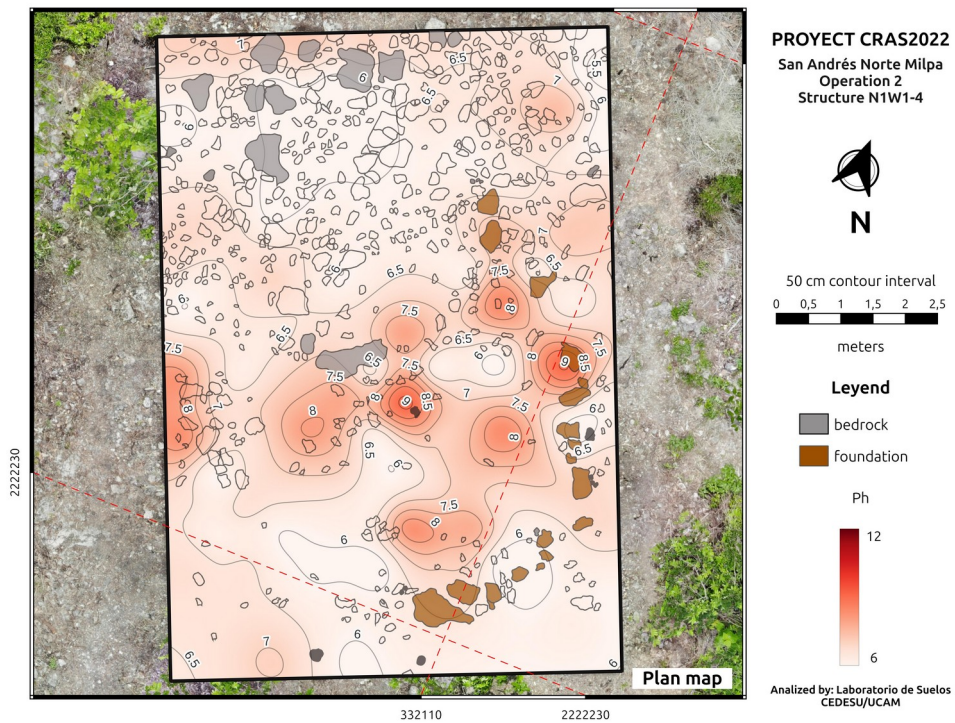


Figura 17. Resultados de análisis *spot test*, pH, Estructura N1W1-4

En cuanto a los residuos proteicos (Figura 18), su ausencia en la mayor parte de la estructura y la roca madre es notable. La única concentración significativa se ubica en la esquina sureste de la excavación, adyacente al muro del cimiento de la estructura perecedera, en su lado exterior, lo que refuerza la idea de una actividad muy focalizada fuera del área interior de la edificación.

### Análisis de áreas de actividad, Estructura N1W1-3

Tras integrar los cinco indicadores químicos, se propone que la estructura no cumplió una función habitacional ni de preparación de alimentos, sino que funcionó como un área de trabajo abierta (posiblemente una palapa). La combinación de niveles elevados de ácidos grasos y pH cerca de los muros sugiere la quema de resinas u otros compuestos con alto contenido en grasa.

Este cimiento parece haber sido diseñado para sostener un techo de material perecedero que permitiera proteger estas actividades de trabajo realizadas en el área, para lo cual se niveló parcialmente el terreno hasta alcanzar el nivel de la roca madre. Las actividades de desecho y procesamiento de sustancias con proteínas se realizaron en el exterior, específicamente en los afloramientos de roca madre y las zonas adyacentes a la parte sur del cimiento de estructura perecedera, justo hacia donde empieza a descender el terreno.

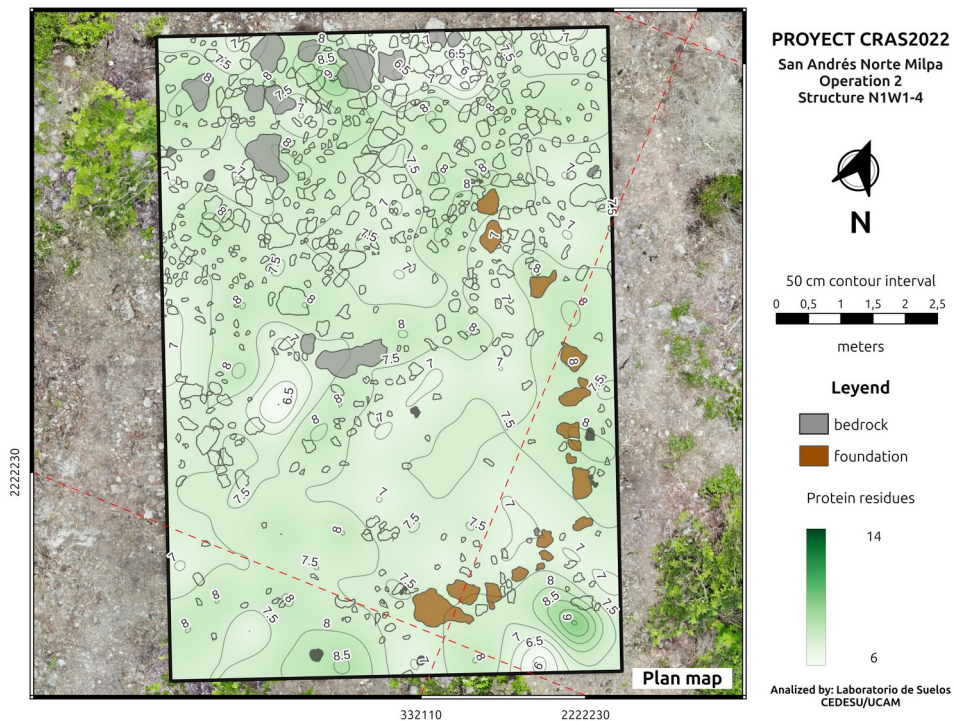


Figura 18. Resultados de análisis *spot test*, residuos proteicos, Estructura N1W1-4

### **Resultados de análisis de la Operación 10, Estructura N2W2-3, Sisal**

El análisis de ácidos grasos resulta de particular interés (Figura 19), ya que una de las concentraciones elevadas de residuos se localiza en una sección faltante del cimiento, en la parte este de la operación, la cual pensamos que puede haber sido la entra a la construcción de tipo pecedero. Asimismo, se detectó otro nivel elevado de residuos en la esquina sureste de la unidad de excavación. Ambas áreas sugieren el enriquecimiento del suelo mediante resinas u otras sustancias orgánicas que dejan residuos grasos.

Por otro lado, los carbonatos (Figura 20) muestran una distribución más o menos homogénea, con ligeras elevaciones hacia el sur. Esto sugiere la presencia de un patio o superficie con concentraciones de sascab o estuco. Es relevante notar que esta área coincide con la entrada de la estructura circular y hacia el área donde existen otras plataformas y edificios, lo que sugiere que la superficie entre éstas pudo contar con un relleno o apisonado de sascab.

Respecto a los fosfatos (Figura 21), se identificaron seis áreas con enriquecimiento intenso (niveles superiores a 20). La mayoría se localiza en el exterior de la estructura circular, aunque dos puntos se ubican sobre el muro del cimiento. Destaca nuevamente una concentración justo en el área del acceso, al este de la unidad, la cual coincide con los resultados obtenidos en la prueba de ácidos grasos.

En lo referente al pH (Figura 22), los niveles más altos se encuentran mayoritariamente fuera de la estructura, con dos excepciones notables; una concentración en el muro noreste y la segunda justo al centro de la estructura circular, donde se registró el valor más alto de todo el contexto.

En cuanto a los residuos proteicos (Figura 23), se observa un incremento en las mismas áreas donde se reportaron fosfatos y ácidos grasos, correspondiente a la sección faltante del lado este de la estructura y que pensamos que pudo haber sido el acceso principal. Existe, además, otra elevación de residuos proteicos en la parte sur, adyacente a una gran roca, mientras que el resto de las unidades mantienen niveles homogéneos. Este enriquecimiento en la parte central es interesante, ya que sugiere la presencia de un fogón o un elemento que involucró la combustión constante y la producción de cenizas, en el centro de lo que fuera la estructura con techo pecedero.

#### **Análisis de áreas de actividad, Estructura N2W2-3**

Resulta significativo que tres de los cinco indicadores químicos (ácidos grasos, fosfatos y residuos proteicos) converjan en el área de acceso del este. Esta correlación indica una actividad intensa relacionada con el manejo de materia orgánica —probablemente vegetales o productos animales altos en grasa y proteína— justo en la entrada de Estructura N2W2-3.

#### **Resultados de análisis de la Operación 11, Estructura N1W3-1, Sisal**

En cuanto a los niveles de carbonatos (Figura 24) se detectó una concentración en el área este de la estructura, justo donde se localiza otro muro que posiblemente es parte de una superestructura de la plataforma sobre la cual se desplanta la Estructura N1W1-3. Este aumento podría deberse a que dicha superestructura contó con un acabado estucado o una capa de sascab. Asimismo, resulta interesante otra concentración de carbonatos en el área sureste de la unidad de excavación, la cual coincide con el hallazgo de dos metates junto con sus respectivas manos. Es probable

que esta zona se destinara al procesamiento de alimentos o materiales que involucraran la molienda y el uso de cal, lo que derivó en una mayor presencia de este tipo de residuos.

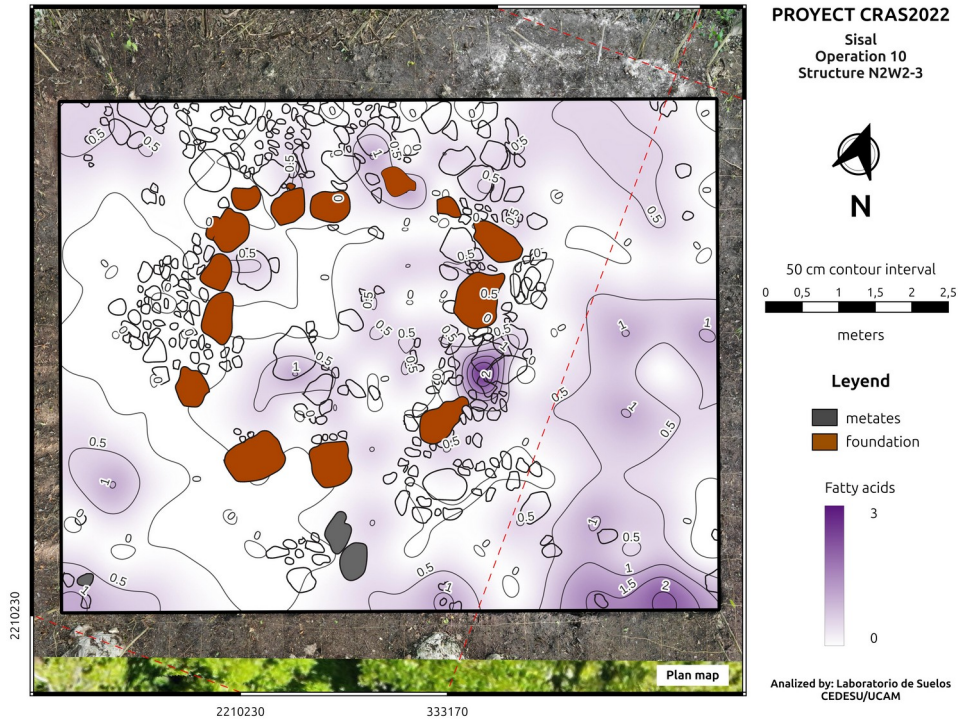


Figura 19. Resultados de análisis *spot test*, ácidos grasos, Estructura N2W2-3

Respecto a los fosfatos (Figura 25), se identificaron seis áreas con valores superiores a 20. Cuatro de ellas se ubican fuera de la estructura circular y están probablemente relacionadas con áreas de actividad externa. Destaca la concentración en el sector sureste de la excavación, justo donde el incremento de fosfatos coincide con la localización de los metates y manos, reforzando la hipótesis de que este espacio fue utilizado para la preparación de alimentos u otras sustancias orgánicas.

Los resultados del pH (Figura 26) presentan un patrón similar. Al igual que con las pruebas anteriores, en el área sureste asociada a los metates se registró un incremento de 8.5. El resto de los niveles altos se localizan al exterior, aunque algunos puntos identificados en el muro posterior y el centro de la unidad alcanzaron valores de 8 y 8.5. Esto último podría indicar la presencia de fuego o actividades que involucraron la producción de cenizas. De estas concentraciones interiores resalta la que se encuentra al sureste, la cual está adyacente al muro del cimentero circular.

En lo referente a los residuos proteicos (Figura 27), se detectó un incremento en el área este, específicamente donde se observa una sección faltante del muro. Por otro lado, tanto el interior y como el exterior de la estructura presentan niveles bajos, aunque existe un ligero aumento en la parte oeste, cerca del muro de la superestructura y la superestructura que coronaba la plataforma.

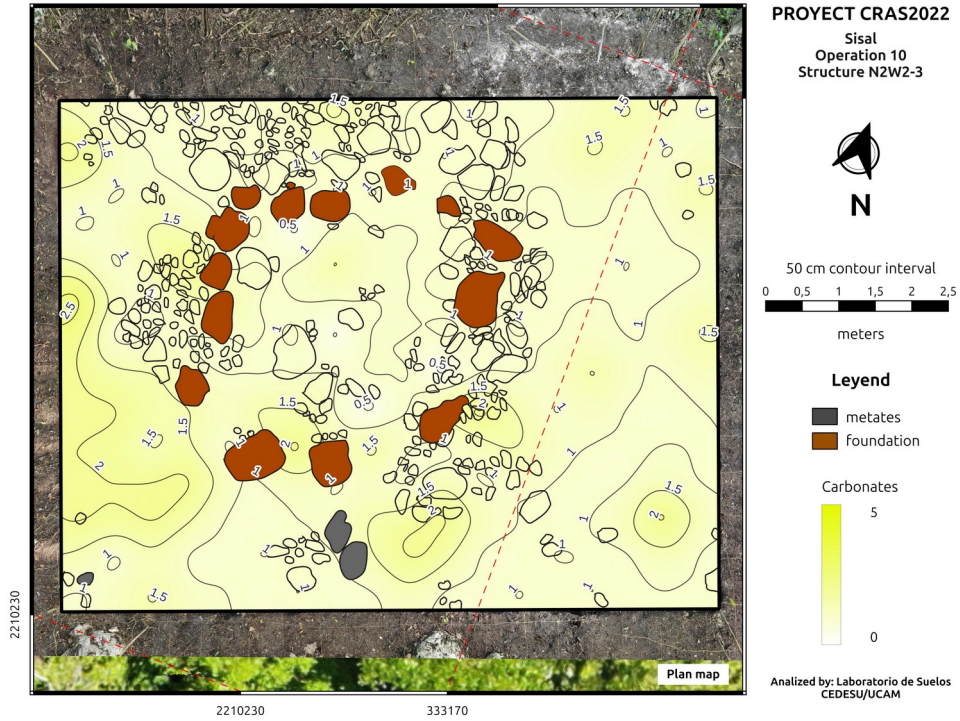


Figura 20. Resultados de análisis *spot test*, carbonatos, Estructura N2W2-3

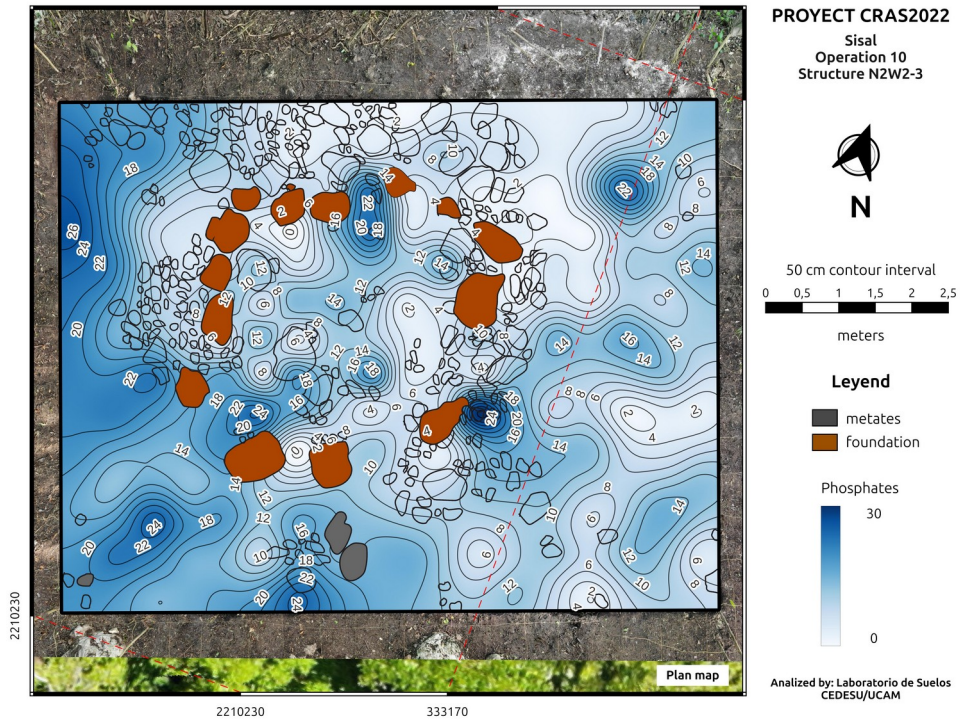


Figura 21. Resultados de análisis *spot test*, fosfatos, Estructura N2W2-3

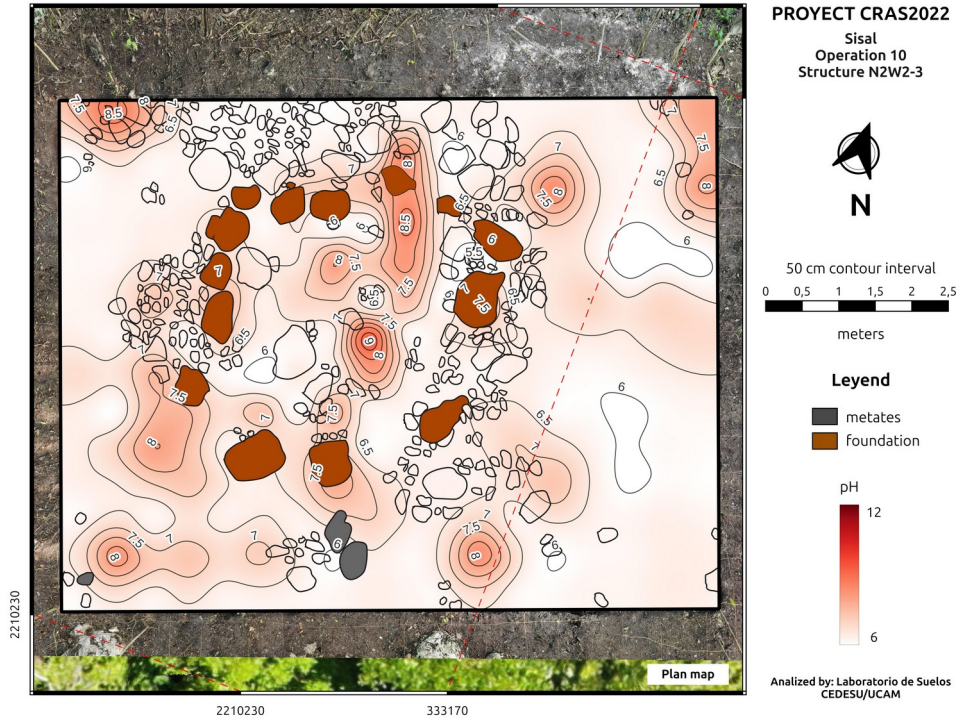


Figura 22. Resultados de análisis *spot test*, pH, Estructura N2W2-3

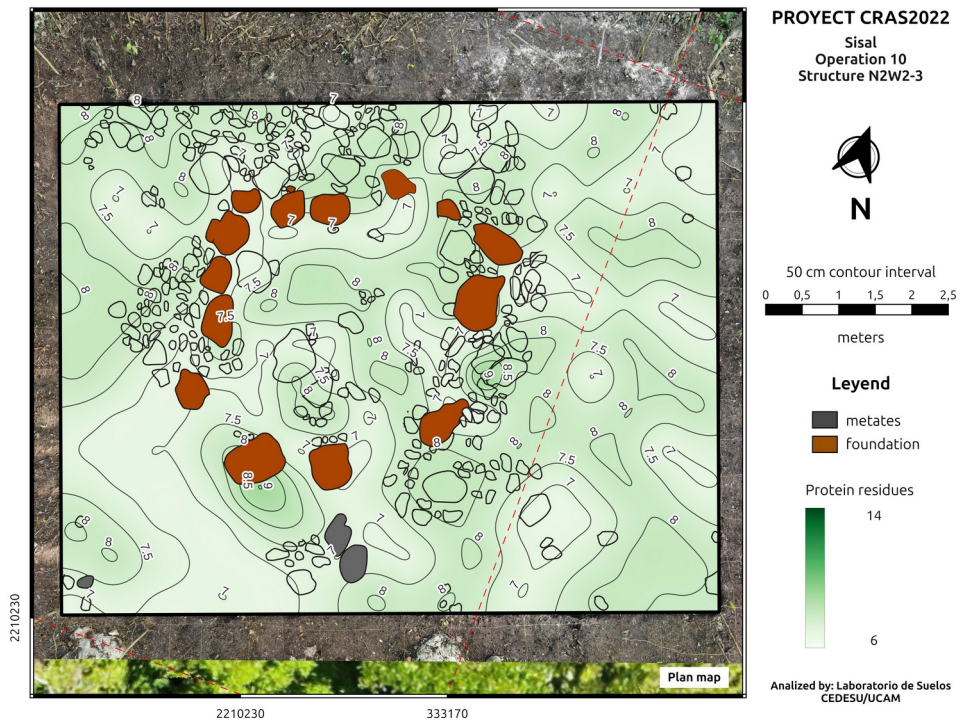


Figura 23. Resultados de análisis *spot test*, residuos proteicos, Estructura N2W2-3

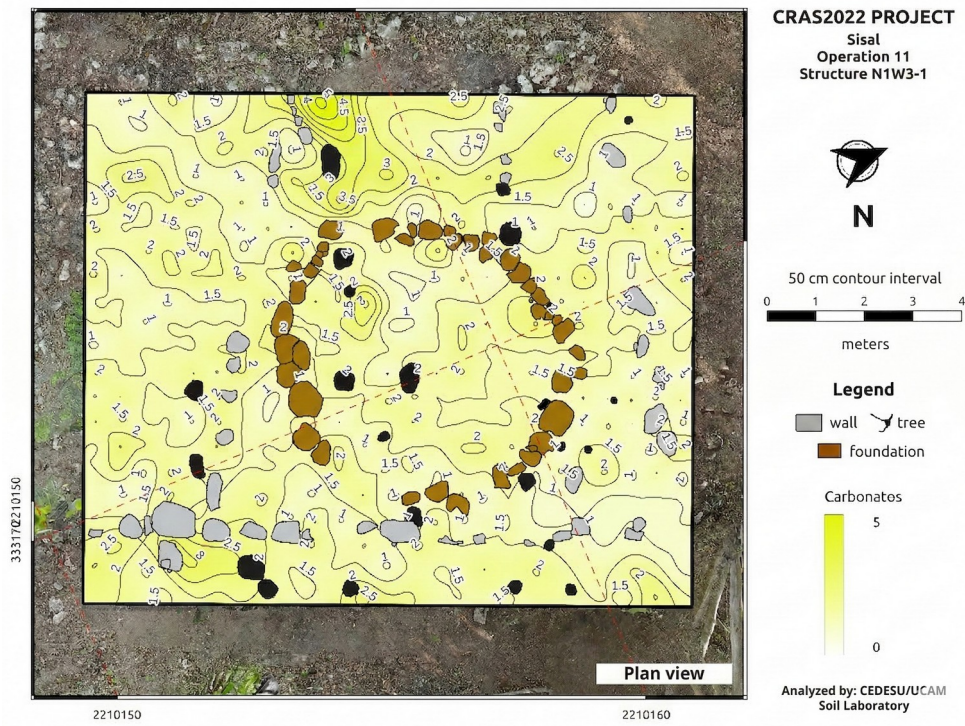


Figura 24. Resultados de análisis *spot test*, carbonatos, Estructura N1W3-1

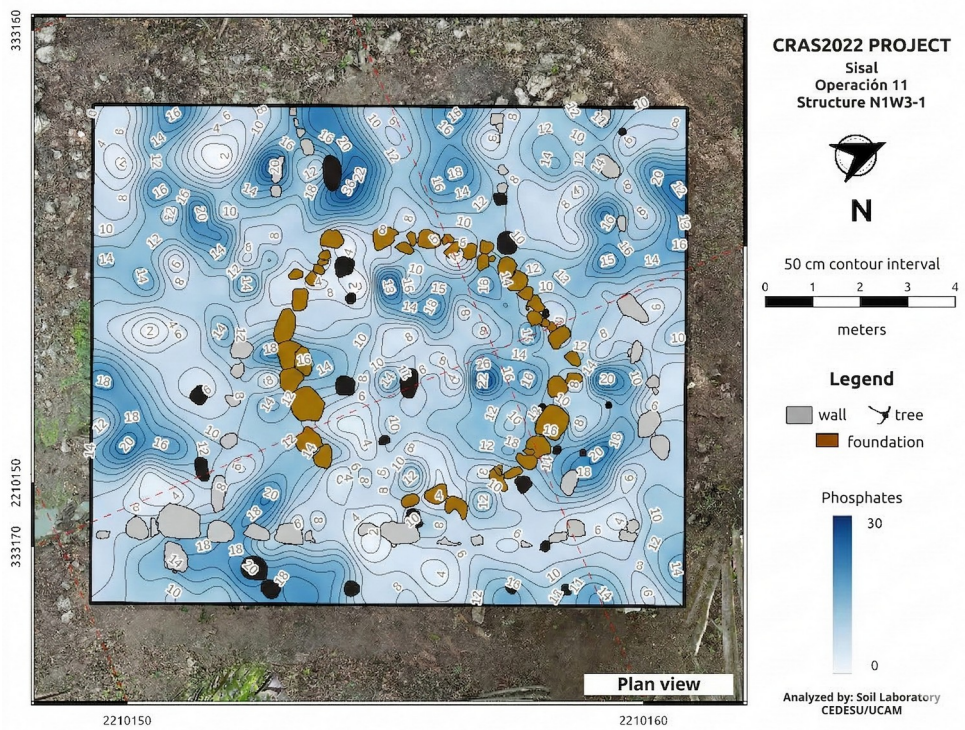


Figura 25. Resultados de análisis *spot test*, fosfatos, Estructura N1W3-1

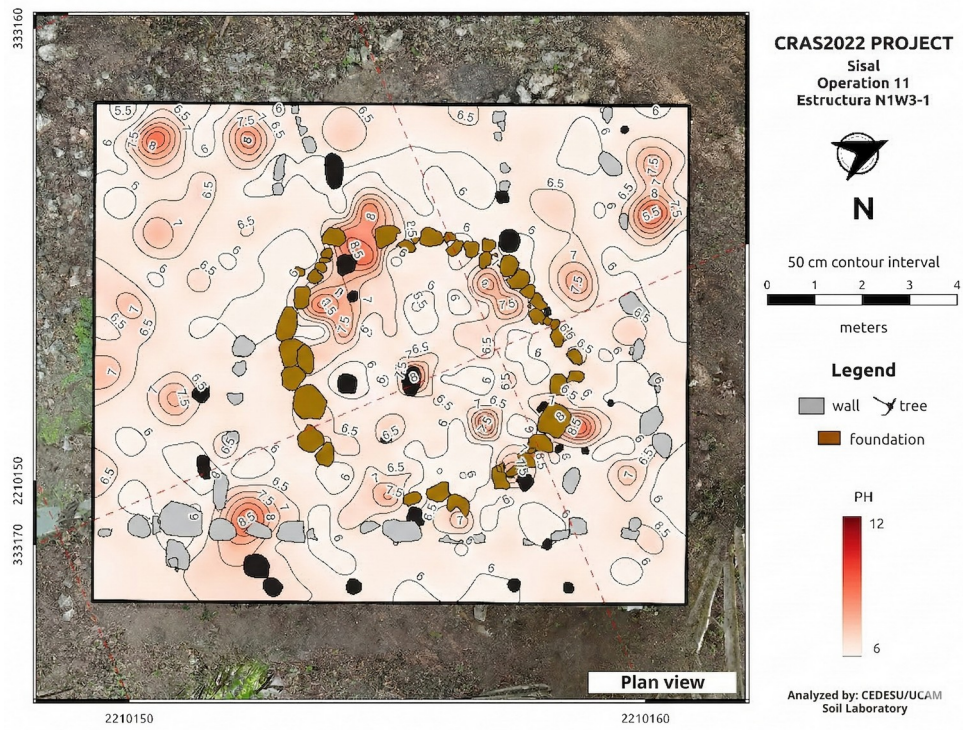


Figura 26. Resultados de análisis *spot test*, pH, Estructura N1W3-1

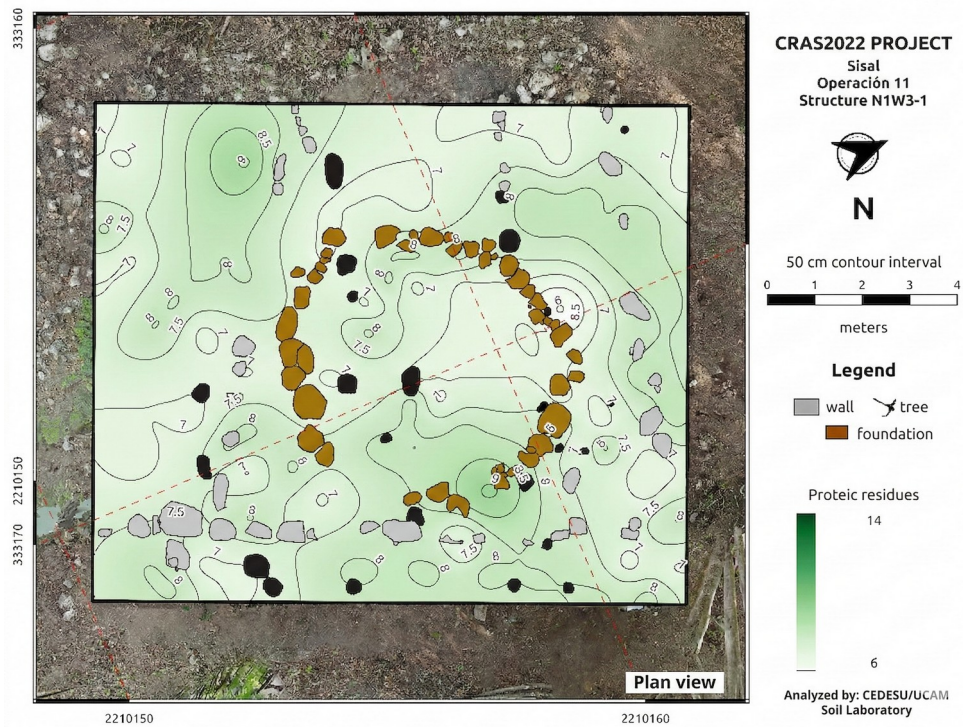


Figura 27. Resultados de análisis *spot test*, residuos proteicos, Estructura N1W3-1

### **Análisis de áreas de actividad, Estructura N1W3-1**

Resulta sumamente interesante dos áreas dentro de esta unidad de excavación; la primera es el área donde se localizaron los metates, al sureste, en tanto que la segunda se localizó al oeste, donde se encontró un muro de otra superestructura. En la primera de éstas, la localizada al sureste, donde se localizaron los metates, se documentaron concentraciones de carbonatos, fosfatos y pH. El contexto arqueológico, con la presencia de un gran metate y dos manos, sugiere que era un área dedicada a la preparación de alimentos para los habitantes de las estructuras circundantes.

Por otro lado, los datos del área oeste, donde se localiza el muro de la superestructura, incluyeron niveles elevados de fosfatos, carbonatos y residuos proteicos. Al coincidir con la ubicación de la superestructura anterior, una posibilidad es que estos sean el resultado del procesamiento de sustancias orgánicas o un basurero que incluyó el uso de fuego.

### **Consideraciones finales**

En términos generales, los análisis geoquímicos realizados en los cimientos de estructuras perecederas de San Andrés Norte Milpa (Operaciones 1 y 2) y Sisal (Operaciones 10 y 11) sugieren que se trata de contextos domésticos destinados a la preparación de alimentos y labores cotidianas. Los resultados no muestran una especialización basada en la preponderancia de un residuo específico; por el contrario, presentan una combinación de los cinco indicadores evaluados mediante *spot test* (ácidos grasos, carbonatos, fosfatos, pH y proteínas).

La presencia constante de estos residuos permite descartar funciones de tránsito o almacenamiento, donde se esperaría la ausencia de ciertas sustancias químicas. En suma, la evidencia apunta a una dinámica de vida habitacional, donde grupos domésticos realizaban actividades de subsistencia y trabajo sin una especialización que trascienda el ámbito del hogar.

## Parte 2: Análisis de laboratorios

### Capítulo 4. Análisis de caracterización de dos piezas de lítica tallada, Operación 11,

#### Sisal

Analizó: Dr. Miguel Pérez, Fís. Alan Nagaya y Arqlga. Thania Ibarra

Revisó: Dr. Oscar G. de Lucio; Dra. Soledad Ortiz Ruiz

Se realizó el análisis para la caracterización de dos *manos de metate* encontradas en la Operación 11 en el sitio de Sisal, Quintana Roo, por parte del proyecto ***Cochuah Regional Archaeological Survey (CRAS)*** durante la temporada de campo 2022. El objetivo del estudio fue el de determinar los materiales utilizados para la manufactura de dichas herramientas, las cuales han sido asociadas a un contexto doméstico. Este estudio permitirá tener información acerca de la materia prima empleada para la producción artesanal en el sitio de Sisal. Los artefactos han sido datados por asociación al material cerámico para el periodo Clásico Tardío-Terminal, y se encontraron en contexto con un metate, en el exterior de la Estructura, la cual se trata de un contexto habitacional. Las dos piezas fueron denominadas ***Mano 1*** y ***Mano 2***, ambas se tratan de artefactos de lítica tallada.

Las técnicas de análisis propuestas por el LANCIC-IF para la caracterización de las piezas arqueológicas en cuestión fueron microscopía óptica (OM), espectroscopía de reflectancia por fibra óptica (FORS), espectroscopía de difracción de rayos X (XRD), espectroscopía de fluorescencia de rayos X (XRF) y espectroscopía infrarroja por Transformada de Fourier (FTIR). La implementación de estas técnicas se realizó directamente en la pieza, sin requerir de ninguna toma de muestras.

#### **Análisis de materiales**

##### *FTIR*

La espectroscopía infrarroja por Transformada de Fourier (FTIR), se basa en la interacción de la radiación infrarroja con la materia, dado que esta radiación es considerada de baja energía, únicamente hace que las moléculas que componen el objeto vibren o roten. La espectroscopía FTIR solo detecta la vibración de las moléculas. El espectro resultante tendrá distintas bandas en posiciones que corresponden a las frecuencias naturales de vibración de la molécula, y que dependen directamente del número de átomos que la componen. Esta técnica permite identificar grupos funcionales de las moléculas que componen un objeto.

Los límites de esta espectroscopía están en el infrarrojo medio ( $4000\text{ cm}^{-1}$  –  $400\text{ cm}^{-1}$ ), y corresponde con el intervalo de trabajo del espectrómetro Bruker Alpha II empleado. Existen distintas técnicas FTIR, sin embargo, en el análisis de minerales la espectroscopía por reflexión es la más común, en esta técnica no se requiere preparación previa de la muestra y es no-intrusiva y no-destructiva. El módulo de reflexión empleado tiene una distancia de enfoque aproximado de 2 cm, y un área de

análisis efectiva de 4 mm de diámetro, con el colimador montado, los espectros se presentan en modo reflectancia, con una resolución de  $4 \text{ cm}^{-1}$ .

### *XRD*

La espectroscopía de difracción de rayos X (*X-Ray Diffraction Spectroscopy*) permite identificar, y en algunas ocasiones cuantificar, fases cristalinas presentes en los objetos estudiados, se basa en la detección de los patrones de interferencia generados por la difracción de los rayos X en los átomos que forman una estructura cristalina. Esta técnica permite identificar los minerales presentes en la muestra, comparando los picos de difracción contra una base de datos previamente establecida.

El laboratorio cuenta con el sistema ARL Equinox 100 de la marca Thermo Fisher Scientific, este sistema contiene un detector curvo sensible a la posición (CPSD) para un análisis estático y simultáneo del patrón de difracción en el intervalo de  $2\theta$  entre  $5^\circ$  y  $110^\circ$ , su configuración permite aplicar la técnica a objetos sólidos sin la necesidad de tomar muestras como puede ser el caso de equipos similares enfocados al estudio de polvos.

### *FORS*

La espectroscopía de reflectancia por fibra óptica (*Fiber Optic Reflectance Spectroscopy*) consiste en iluminar el objeto y registrar la reflexión difusa de luz proveniente del mismo, en la región UV-Vis-NIR, que típicamente es asociada con procesos de absorción debidos a transiciones electrónicas (UV-Vis), sobretonos y bandas de combinación de rotaciones y vibraciones (NIR). En la región visible permite identificar compuestos relacionados con el color, como semiconductores, compuestos con metales de transición o grupos cromóforos. En la región infrarroja permite identificar grupos moleculares como OH, AlOH, FeOH, MgOH,  $\text{CO}_3$  y  $\text{NH}_3$  asociados con grupos minerales como filosilicatos, sulfatos, carbonatos, etc. Esta técnica también permite realizar un análisis colorimétrico de los materiales estudiados. El equipo con el que se cuenta en el laboratorio es el Field Spect 4 de la marca ASD, un sistema portátil con un modo de adquisición sin contacto, que permite la adquisición *in situ* en el intervalo de 350 nm a 2500 nm.

### *XRF*

La espectroscopía de fluorescencia de Rayos X (XRF), se basa en la interacción de Rayos X con los átomos que componen un material. Si el fotón posee energía suficiente, hace que un electrón de una capa interna del átomo sea expulsado, a su vez un electrón de una capa externa ocupa ese hueco, esta transición provoca la emisión de otro fotón cuya energía es característica para cada elemento. Esto nos da como resultado un espectro donde se muestran de manera simultánea los elementos químicos presentes en el objeto estudiado, permitiendo proveer información acerca de su composición química.

La técnica no requiere preparación de la muestra, y la adquisición de los espectros se realiza también sin contacto con el objeto. Para la espectroscopía XRF, es utilizado el sistema XRF SANDRA, que cuenta con una fuente de alto voltaje variable.

## Resultados FTIR

La *espectroscopía FTIR* nos permitió la identificación mineral de las piezas. Se observa que la **mano 1** corresponde a una **roca caliza** (roca compuesta de minerales silicatados como el cuarzo  $\text{SiO}_2$ , carbonatos de hierro  $\text{FeCO}_3$  y calcio  $\text{CaCO}_3$  y óxidos de hierro  $\text{FeO}_2$ ), mientras que la **mano 2** corresponde a una combinación entre **sílex** (polimorfos de cuarzo) y una roca rica en **carbonatos de calcio**.

En el espectro FTIR de la **mano 1** (Figura 28), se observa la superposición de bandas características de sílex y las de un carbonato de calcio. Las bandas de  $2448\text{ cm}^{-1}$  y  $2634\text{ cm}^{-1}$ , corresponden a las bandas *reststrahlen* del carbonato de calcio, la banda  $1415\text{ cm}^{-1}$ , corresponde a  $\nu_3$  del espectro de carbonato de calcio, las bandas  $\nu_2$  y  $\nu_4$  están superpuestas con las bandas de sílex. Las bandas de  $1212\text{ cm}^{-1}$  y  $1021\text{ cm}^{-1}$  corresponden a las bandas *reststrahlen* del espectro de sílex, las bandas de  $870\text{ cm}^{-1}$ ,  $533\text{ cm}^{-1}$  y  $458\text{ cm}^{-1}$  corresponden a flexiones de los átomos de oxígeno de la molécula de sílex.

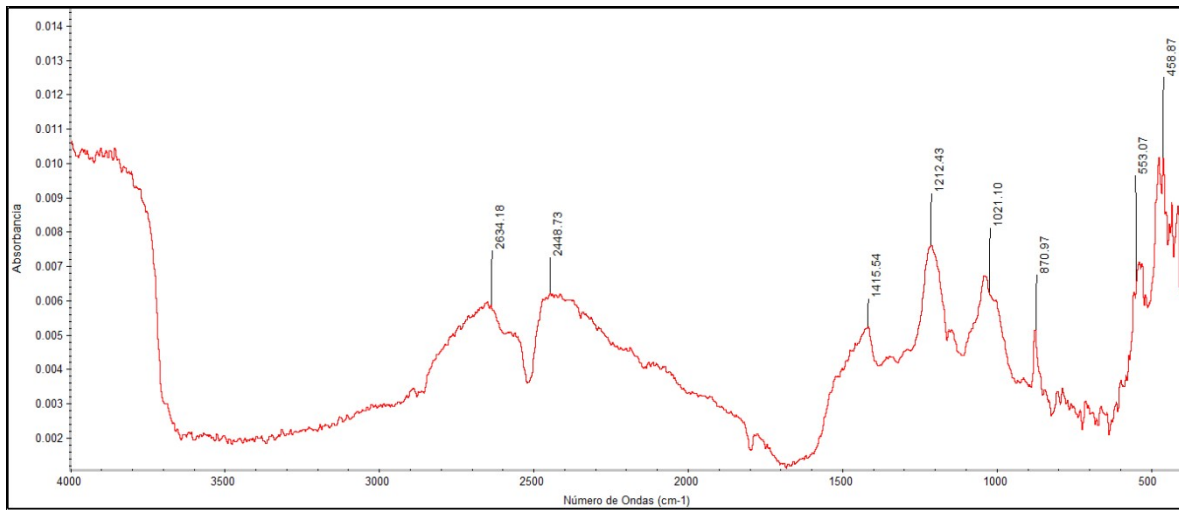


Figura 28. Espectro representativo de la *mano 1*. Punto de análisis 2 de la cara 1

Como referencia se muestran los espectros FTIR correspondientes a un carbonato de calcio sintético (Figura 29) y una muestra de *sílex geológico* (Figura 30), donde se resaltan las principales características espectrales. Las vibraciones moleculares del óxido de hierro no son detectables con la espectroscopía FTIR, pero los datos de XRF confirman su presencia en la roca.

En la **mano 2** se presentan dos tipos de espectros. En las regiones donde la roca está pulida tenemos solo presencia de minerales silicatados (sílex) teniendo espectros como el que se presenta en la Figura 31, que es semejante al espectro del Sílex.

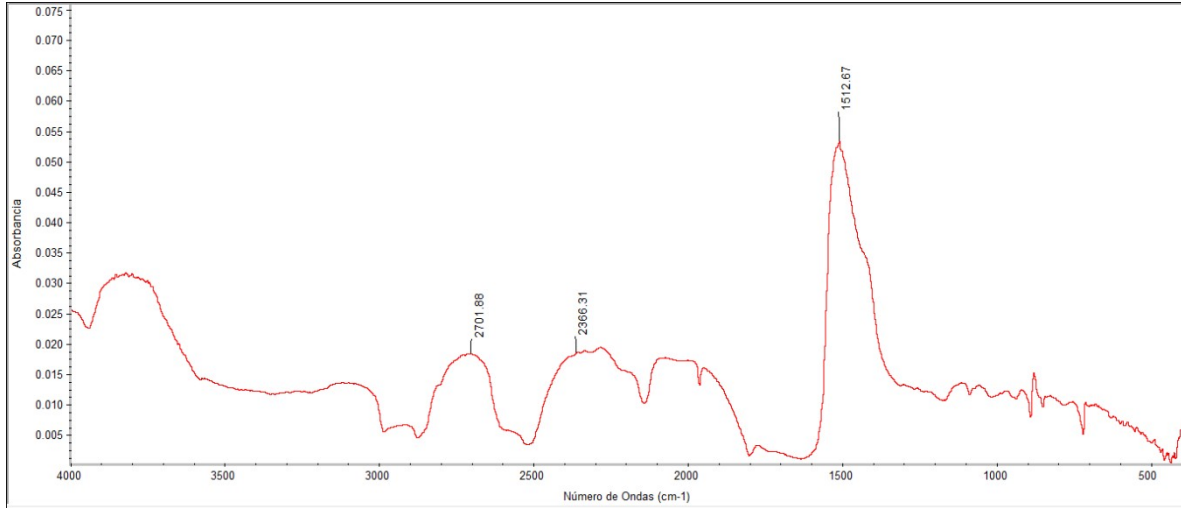


Figura 29. Espectro FTIR de carbonato de calcio sintético, se resaltan las características espectrales identificadas en las *manos*

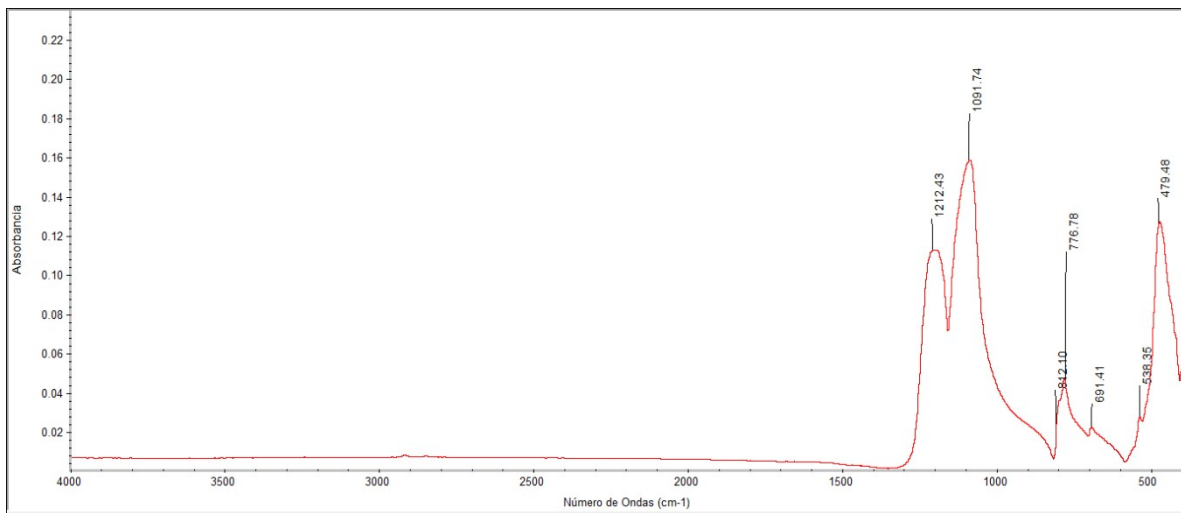


Figura 30. Espectro FTIR de *sílex geológico*, se indican las principales características espectrales

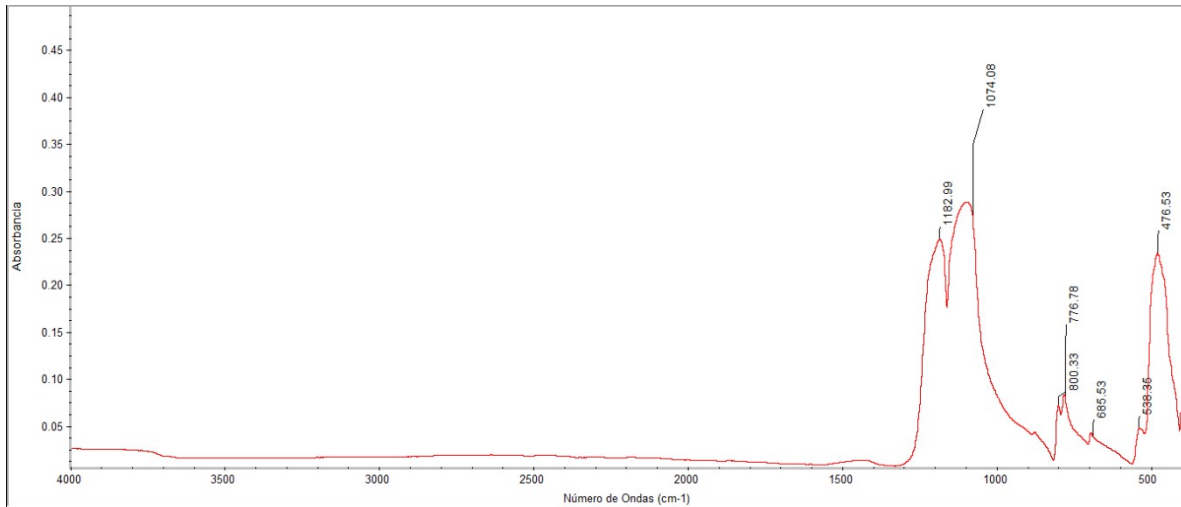


Figura 31. Espectro representativo de la *mano 2*. Punto de análisis 3 de la cara 1

Por otra parte, en las regiones donde la pieza no está pulida, y la textura presenta irregularidades, la roca se comporta como un carbonato de calcio como lo muestra la Figura 32.

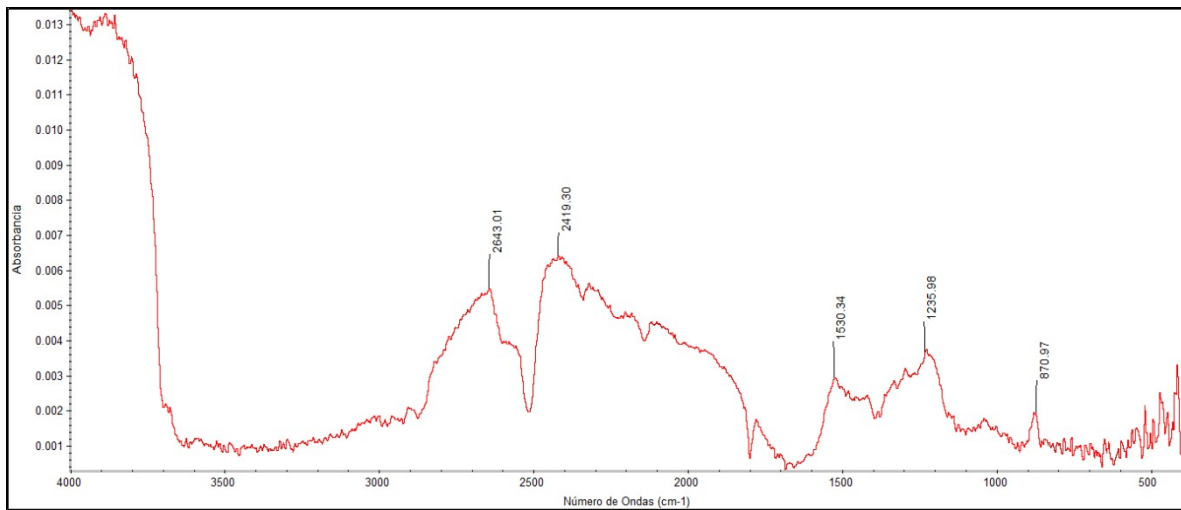


Figura 32. Espectro representativo de la *mano 2*. Punto de análisis 2 de la cara 1

Además de que existen regiones de transición en la roca donde se superponen ambos espectros. Como lo muestra la Figura 33.

### Resultados XRD

Como se mencionó antes, la *mano 1* muestra características espectrales propias de carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ) y cuarzo ( $\text{SiO}_2$ ). El espectro correspondiente a XRD se muestra en la Figura 34. La diferencia en la intensidad del pico cercano a  $50^\circ$  puede deberse a una dirección preferencial del material que compone al objeto, o a una

superposición entre las fases cristalinas. Se intentó aproximar el espectro empleando tarjetas correspondientes a cuarzo y diferentes fases cristalinas de carbonato de calcio, correspondientes a aragonita, vaterita y birunita, el resultado se muestra en la Figura 35.

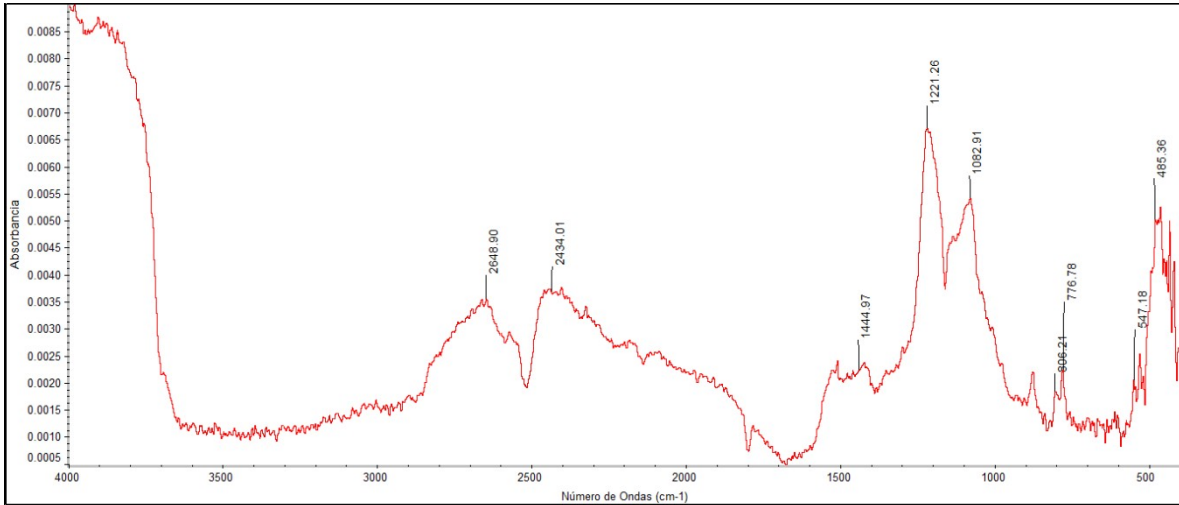


Figura 33. Espectro representativo de la *mano 2*. Punto de análisis 4 de la cara 3

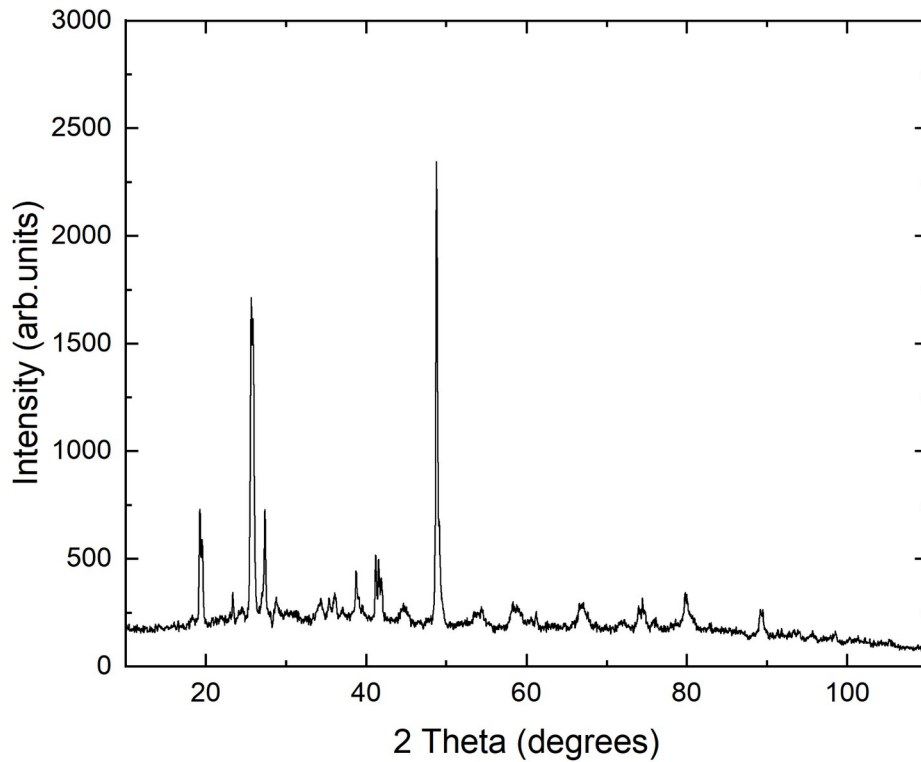


Figura 34. Espectro XRD de la *mano 1*.

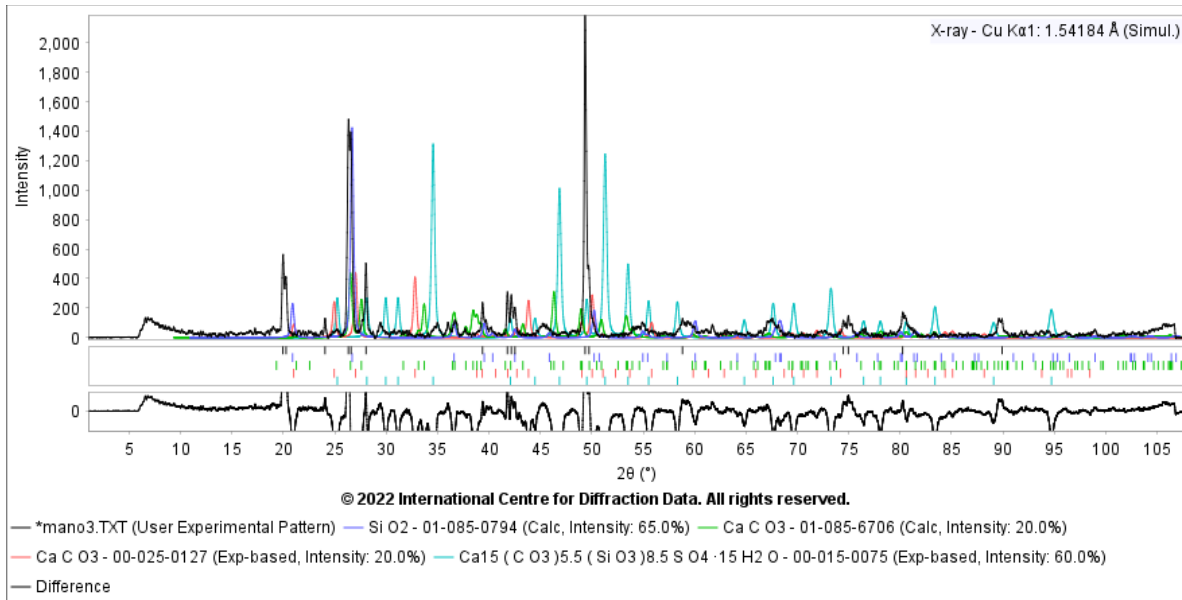


Figura 35. Espectro XRD de la **mano 1** mostrando la información experimental (negro) y la correspondiente a cuarzo (morado), aragonita (verde), vaterita (rojo) y Birunita (cian).

Mientras que para la **mano 2** se observa un espectro XRD (Figura 36) muy similar al de cuarzo (Figura 37), el cual sí se pudo aproximar mediante el código PDF4, como se muestra en la Figura 38.

### Resultados FORS

El análisis de la espectroscopia de reflectancia difusa en la región SWIR permitió identificar diferencias entre la **mano 1** y la **mano 2**, las cuales se distinguen sobre todo en absorciones en las longitudes de onda de 2212 nm, 2252 nm y 2350 nm. Se realizó el análisis colorimétrico para diversos puntos en ambas piezas, a partir de la información de reflectancia en la región visible del espectro. Los resultados se muestran en la Figuras 39 y 40.

Se observan dos conjuntos de datos, correspondientes a cada una de las piezas, con matices similares que se encuentran en la región de los naranjas – ocres. Cada conjunto de datos es angosto, en cuanto a su distribución angular (matiz). Los equivalentes en color Munsell serían para la Mano 1: 7.5YR 4/1 (gris oscuro) y para la Mano 2: 7.5/R 5/2 (café).

### Resultados XRF

Debido a la uniformidad que se observó en los artefactos, se midieron 2 puntos en cada cara de cada una de las manos, obteniendo así un total de 8 mediciones por artefacto. Los datos se presentan por intensidades de los elementos presentes, y no por proporciones o concentraciones elementales.

En la Mano 1, se pudieron identificar Al, Si, K, Ca, Ti, Mn, Fe, Rb y Sr. Se observó una uniformidad en su composición, ya que todos los puntos medidos



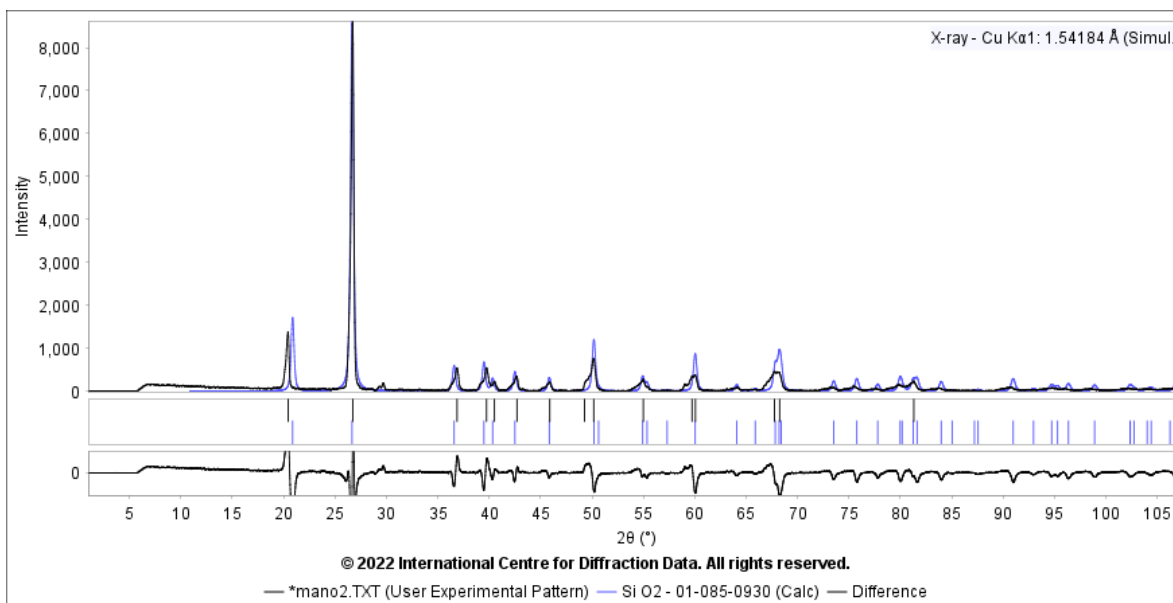


Figura 38. Espectro XRD de la *mano 2* mostrando la información experimental (negro) y la correspondiente a cuarzo (azul).

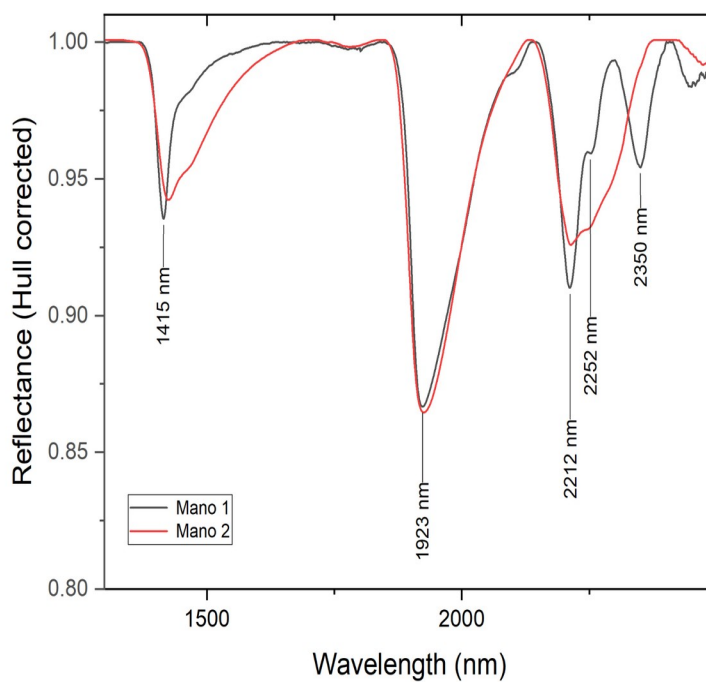


Figura 39. Espectro de reflectancia, donde se comparan las características espectrales de las dos manos

En la Mano 2, se pudieron identificar Al, Si, K, Ca, Ti, Mn, Fe, Rb y Sr. Se observó variación en su composición, con dos tipos de espectros resultantes. En ambos sobresalen las intensidades del Ca y Fe, y se mantienen similares. La intensidad del Si es mayor en los espectros de algunas zonas, y se localizan especialmente en las caras 1 y 3 del artefacto, mientras que en las caras 2 y 4 la intensidad del Si disminuye.

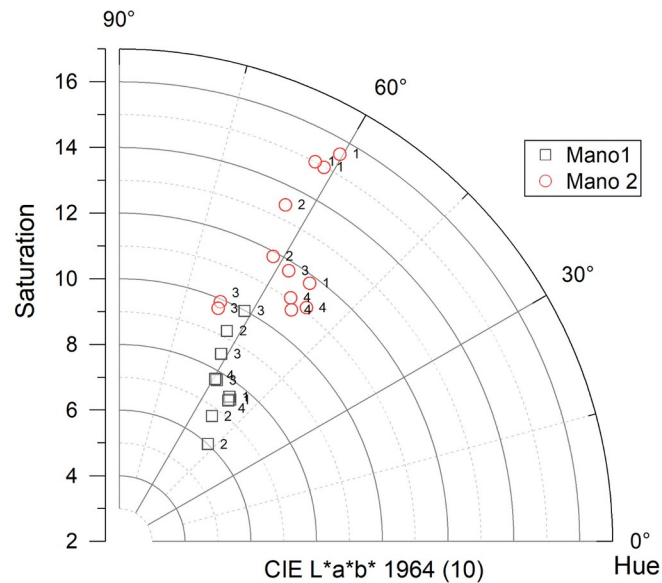


Figura 40. Valores correspondientes a la colorimetría de la mano 1 (cuadros negros) y la mano 2 (círculos rojos) expresados en el espacio de color CIE Lab 1964

Los resultados indican que la **Mano 1** tiene una composición uniforme con altas intensidades de Ca, Si y Fe en todas sus caras.

La **Mano 2** tiene una composición variable, con una alta intensidad de Si en las caras 1 y 3, y menor intensidad de Si en las caras 2 y 4. Esto indica dos composiciones distintas en la pieza. Las zonas de las caras 1 y 3 presentan mayor desgaste por uso. Es posible que se trate de una roca caliza con un nódulo de sílex y que esta erosión de la zona por uso haya dejado expuesto el sílex en estas caras, resultando en intensidades de Si más altas.

### Resultados Microscopía

Los resultados del análisis por microscopía permiten registrar erosión de la superficie, pequeñas fracturas y presencia de partículas blancas que podrían corresponder a la diagénesis del carbonato de calcio, causadas por su contexto de enterramiento sobre sedimentación natural, como se muestra en la Figura 41. En la Figura 42 de la mano 1 se observan los arreglos de cuarzo presentes dentro de la roca caliza correspondiente a la naturaleza geológica de la región. Por último, en la Figura 43, se presenta un detalle del desgaste ocasionado por el uso de la mano de metate.

La mano 2 presenta pequeñas partículas blancas que corresponden a la disolución del carbonato natural y su depósito en los poros de la mano (Figura 44), este depósito al interior de los poros podría estar relacionado al uso de la mano de metate en un contexto como tipo alizador de estuco. Asimismo, se identificaron pequeñas fracturas correspondientes a las características geológicas y mineralógicas de la roca base utilizada en la manufactura de la mano (Figura 45).

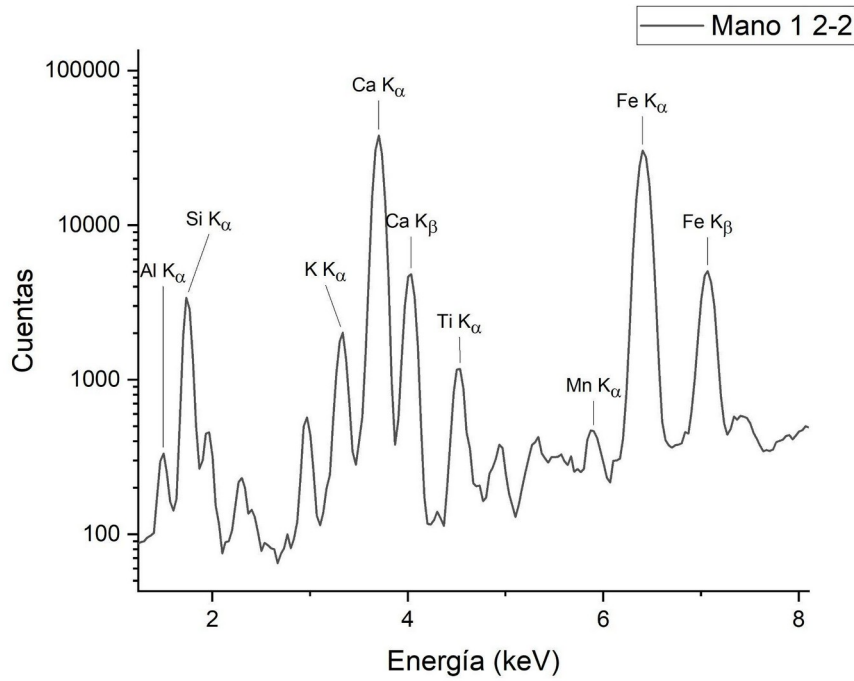


Figura 41. Espectro de XRF de la mano 1

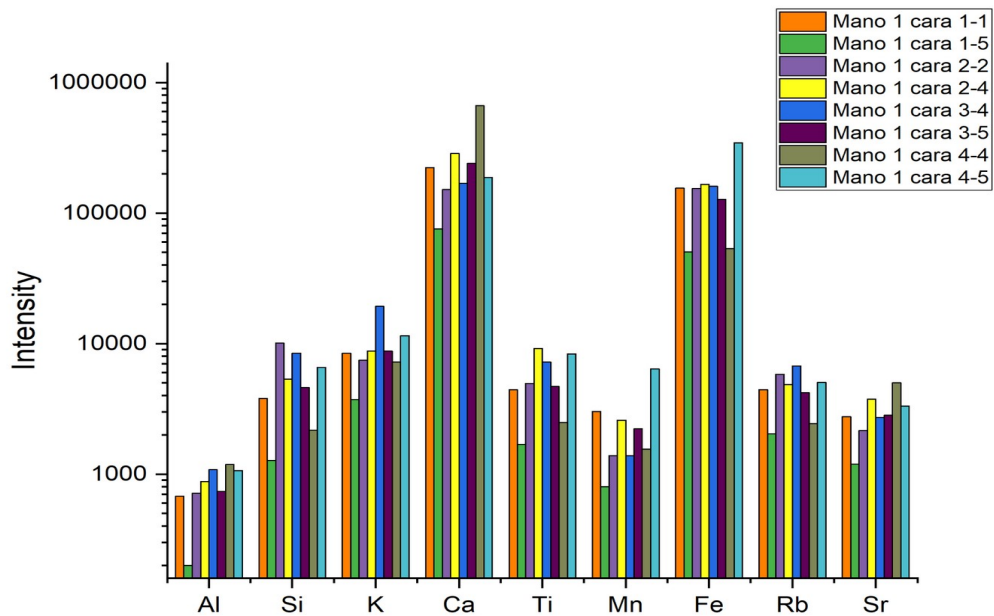


Figura 42. Histograma de elementos representativos para la mano 1

Tabla 2. Intensidades de emisión de la capa K para las mediciones en **Mano 1** por XRF.

Elemento	Al-K	Si-K	K-K	Ca-K	Ti-K	Mn-K	Fe-K	Rb-K	Sr-K
Mano 1 cara 1-1	6.79E+02	3.80E+03	8.42E+03	2.23E+05	4.44E+03	3.02E+03	1.55E+05	4.45E+03	2.75E+03
Mano 1 cara 1-5	2.00E+02	1.28E+03	3.74E+03	7.58E+04	1.69E+03	8.03E+02	5.04E+04	2.04E+03	1.20E+03
Mano 1 cara 2-2	7.15E+02	1.01E+04	7.46E+03	1.51E+05	4.96E+03	1.39E+03	1.54E+05	5.82E+03	2.17E+03
Mano 1 cara 2-4	8.78E+02	5.37E+03	8.80E+03	2.86E+05	9.19E+03	2.59E+03	1.66E+05	4.85E+03	3.77E+03
Mano 1 cara 3-4	1.08E+03	8.44E+03	1.93E+04	1.69E+05	7.24E+03	1.39E+03	1.60E+05	6.74E+03	2.71E+03
Mano 1 cara 3-5	7.38E+02	4.61E+03	8.77E+03	2.40E+05	4.69E+03	2.23E+03	1.28E+05	4.21E+03	2.82E+03
Mano 1 cara 4-4	1.19E+03	2.17E+03	7.22E+03	6.65E+05	2.49E+03	1.55E+03	5.36E+04	2.44E+03	5.02E+03
Mano 1 cara 4-5	1.07E+03	6.58E+03	1.15E+04	1.87E+05	8.37E+03	6.41E+03	3.45E+05	5.04E+03	3.32E+03

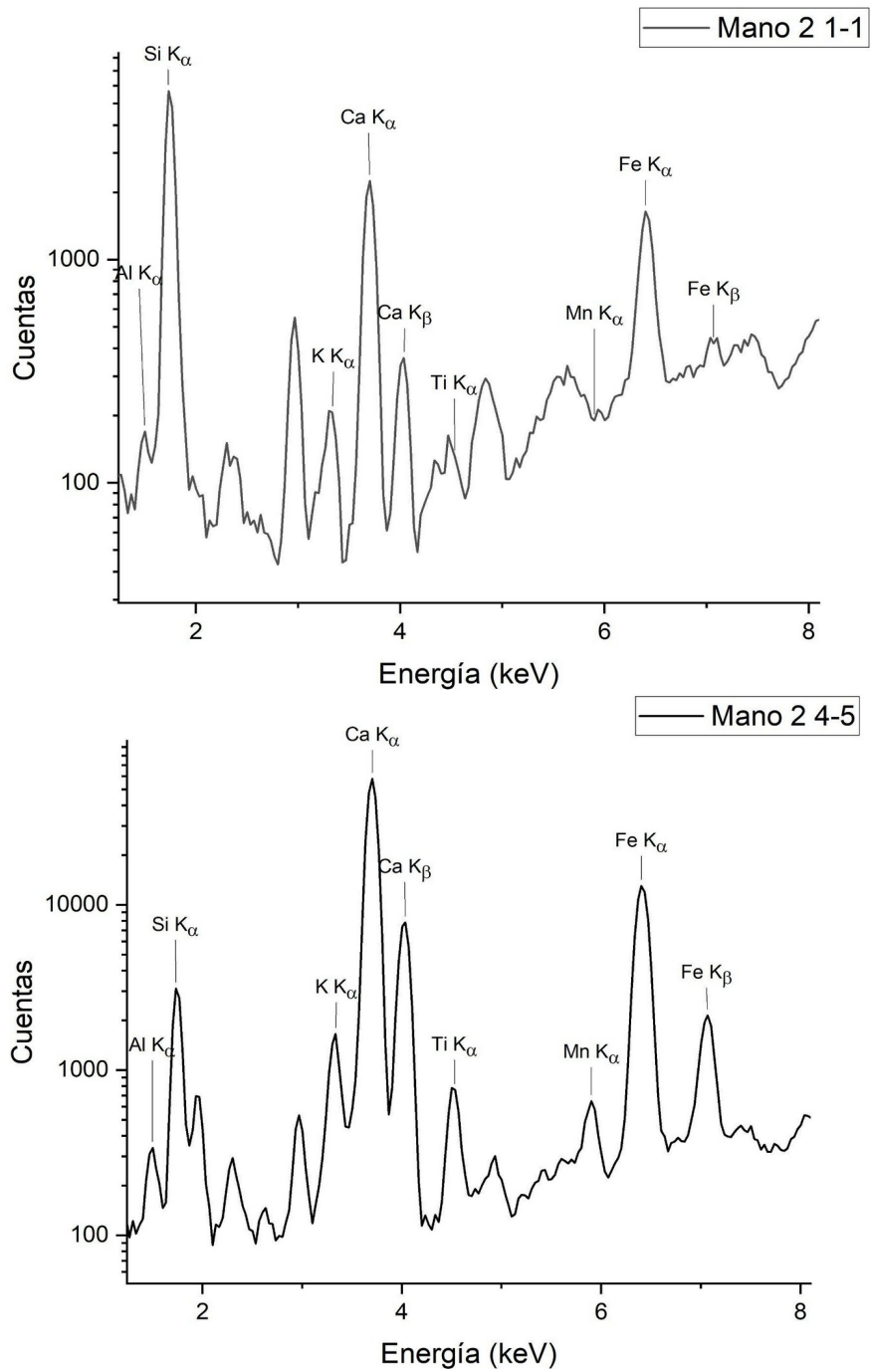


Figura 43. Espectros representativos de XRF de la **Mano 2**.

Tabla 3. Intensidades de emisión de la capa K para las mediciones en **Mano 2** por XRF

Elemento	Al-K	Si-K	K-K	Ca-K	Ti-K	Mn-K	Fe-K	Rb-K	Sr-K
Mano 2 cara 1-1	2.49E+02	1.72E+04	7.05E+02	9.13E+03	3.59E+02	2.76E+02	7.79E+03	5.61E+02	6.57E+02
Mano 2 cara 1-2	6.82E+02	8.19E+03	5.48E+03	1.66E+05	3.12E+03	1.60E+03	7.12E+04	1.31E+03	2.64E+03
Mano 2 cara 2-2	2.33E+02	1.83E+04	5.90E+02	5.01E+03	3.05E+02	2.78E+02	7.10E+03	8.12E+02	1.09E+03
Mano 2 cara 2-4	9.72E+02	5.43E+02	4.38E+03	7.54E+05	6.70E+02	9.94E+02	1.17E+04	5.02E+02	5.68E+03
Mano 2 cara 3-3	4.46E+02	1.77E+04	2.28E+03	5.50E+04	9.87E+02	9.35E+02	2.11E+04	9.43E+02	1.00E+03
Mano 2 cara 3-4	4.61E+02	1.65E+04	1.37E+03	3.08E+04	7.01E+02	3.86E+02	1.37E+04	6.75E+02	1.17E+03
Mano 2 cara 4-2	3.28E+02	1.61E+04	1.19E+03	1.71E+04	4.67E+02	5.35E+02	9.68E+03	7.01E+02	1.06E+03
Mano 2 cara 4-5	7.10E+02	9.46E+03	6.15E+03	2.35E+05	3.24E+03	2.40E+03	6.56E+04	7.98E+02	2.25E+03

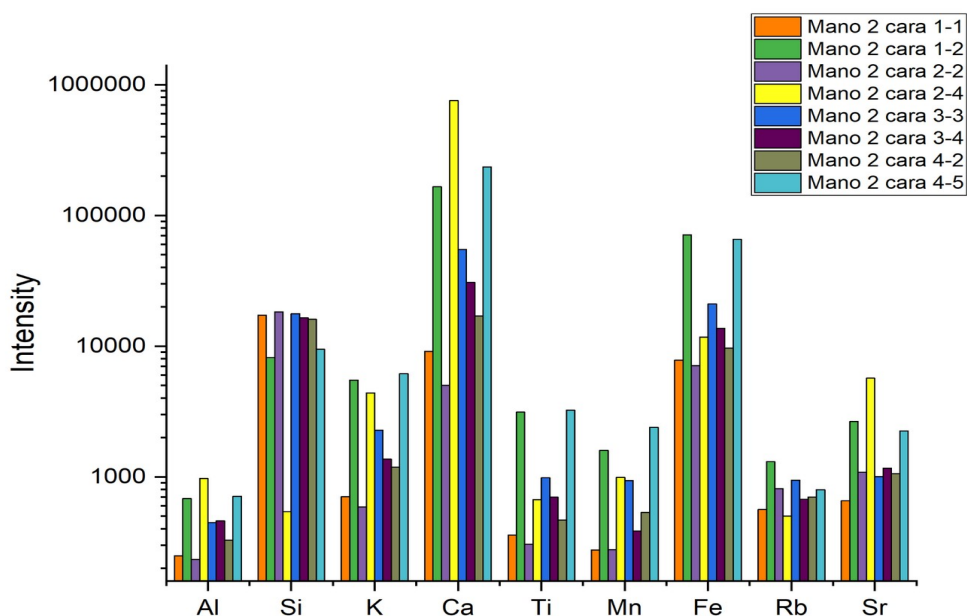


Figura 44. Histograma de elementos representativos para la **mano 1**.

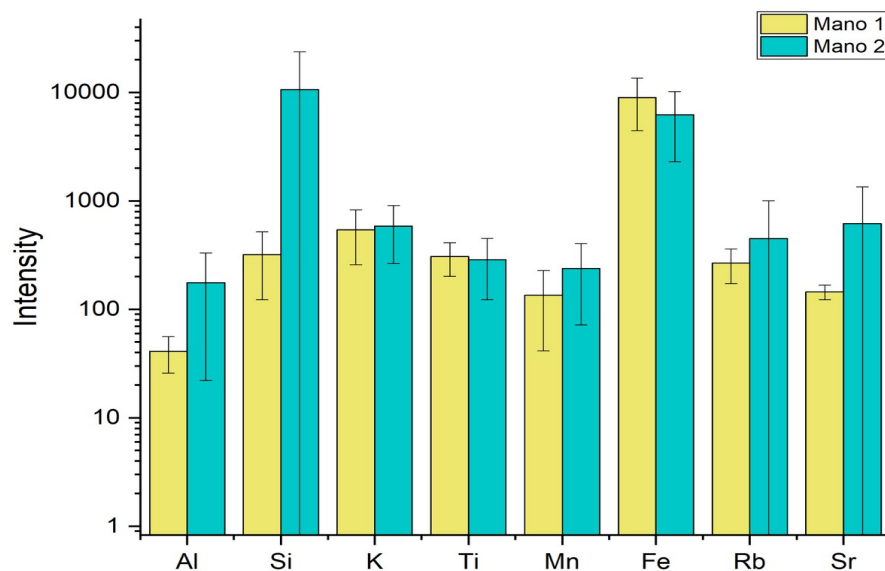


Figura 45. Promedio y desviación estándar de las intensidades por elemento por XRF de las **manos 1 y 2**



Figura 46. Partículas de carbonato de calcio en blanco presentes en la **mano 1**. Identificación en las fotografías: A020

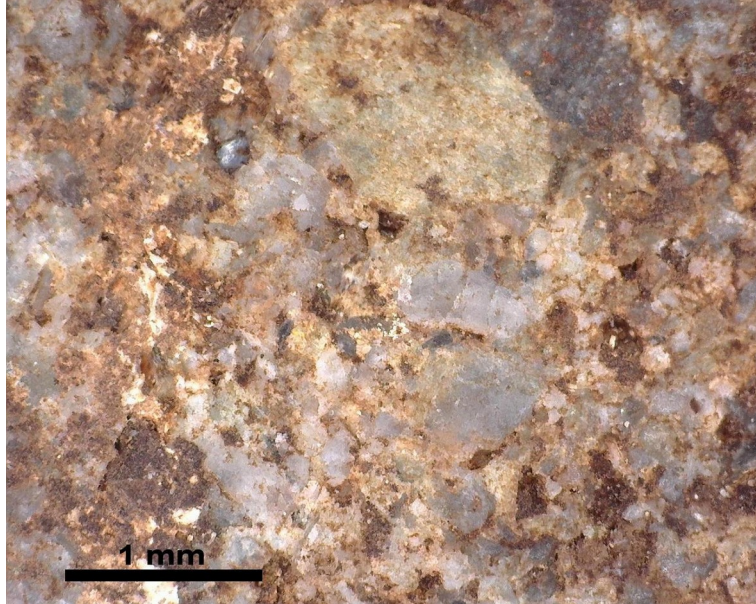


Figura 47. Región de la *mano 1* donde no hay partículas ajenas a ella, se aprecian los cristales de cuarzo en la roca como inclusión junto con una roca de cromita café en la región de menor desgaste. Identificación en las fotografías: A021

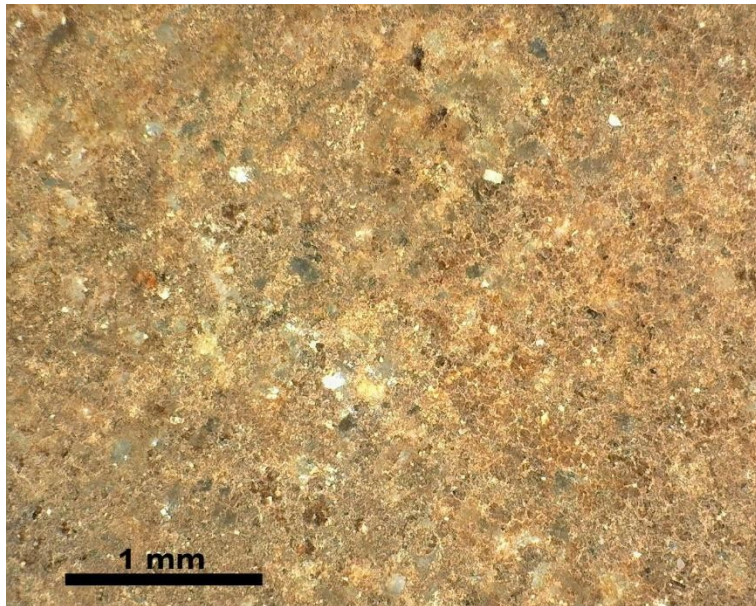


Figura 48. En la región de mayor desgaste en la *mano 1* el tamaño de las partículas de carbonato de calcio es menor al igual que los cristales de cuarzo. Identificativo en las fotografías: A027.

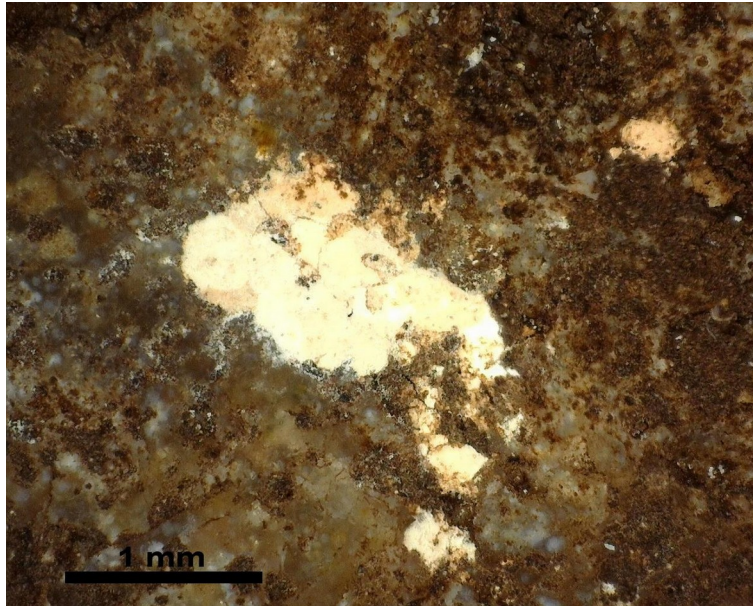


Figura 49. Partículas de carbonato de calcio en blanco presentes en la **mano 2**. Identificación en las fotografías: A003

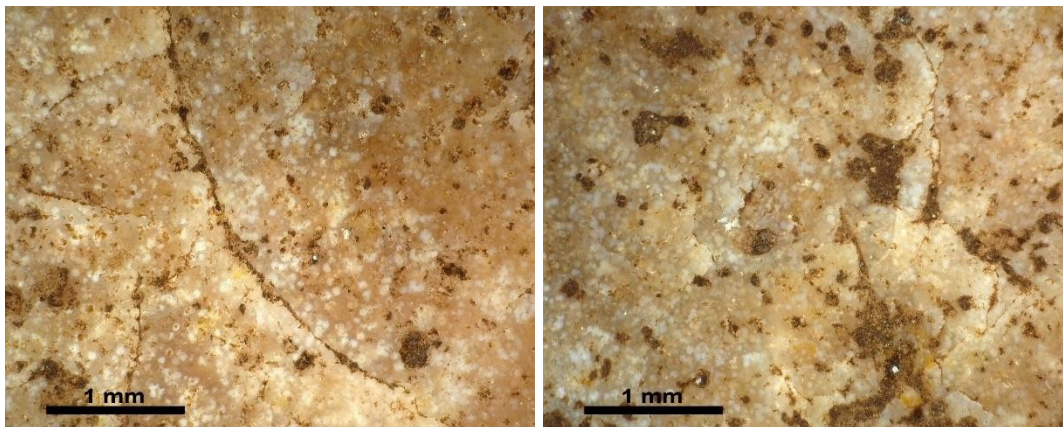


Figura 50. Fractura en la **mano 2**

### Conclusión

Los resultados de la caracterización de las *manos de metate* nos indican que la roca base utilizada para la manufactura de las manos fue una roca caliza silidificada que presenta núcleos de cuarzo y sílex. La **mano 1** presenta una mezcla de calcita con cuarzo de manera uniforme, el área de desgaste fue tallada con la finalidad de usar las características de alisamiento del cuarzo con córtex de caliza en la superficie exterior de la pieza.

En el caso de la **mano 2**, la roca base presenta una composición variable con mayor presencia de cuarzo ( $\text{SiO}_2$ ) o posibles nódulos de sílex en la parte del área de

trabajo donde se localiza el desgaste y en la superficie exterior caras con córtex de caliza.

La presencia de carbonato de calcio como partículas blancas en los poros de las manos de metate pueden estar relacionadas a la actividad llevada a cabo con las *manos*, si bien se encuentran asociados a un metate, las *manos* también pudieron ser utilizadas para moler piedras de cal y preparar o alizar estuco. Sin embargo, las partículas son escasas y no es posible definir la funcionalidad de toda la pieza, en vista del *contexto kárstico* en el cual estuvieron enterradas las manos de metate. Esto podría definirse a partir de la integración de los datos del contexto con la caracterización de las piezas.

### **Agradecimientos**

Este trabajo fue apoyado por el proyecto CONACYT Ciencia de Frontera 2019, número CF-731762. Denominado “PUNTO DE QUIEBRE: Estudio de contextos pirotecnológicos y sus implicaciones arqueológicas, arqueo magnéticas y físicas en la innovación tecnológica de la sociedad Maya prehispánica”

### Parte 3: Análisis de laboratorio

#### Capítulo 5. Análisis isotópico de los entierros de la Operación 8 de Sisal, San Felipe

Dr. Raymundo G. Martínez-Serrano, (Laboratorio Universitario de Geoquímica Isotópica, LUGIS)

Los análisis isotópicos de Sr se realizaron con un espectrómetro de masas con fuente iónica térmica marca THERMO SCIENTIFIC MODELO TRITON PLUS en el Laboratorio Universitario de Geoquímica Isotópica (LUGIS), Instituto de Geofísica, UNAM. El TRITON cuenta con 9 colectores Faraday ajustables y 5 contadores iónicos. Todas las mediciones se hicieron de manera estática.

Las muestras de Sr se cargaron como cloruros sobre filamento doble de renio y se midieron como iones metálicos. En cada corrida se analizaron 60 relaciones isotópicas para Sr. El software integrado arroja *outliers* dependiendo de la estabilidad de la señal durante la adquisición de datos. Los valores ( $1sd = \pm 1\sigma_{abs}$ ) se refieren a los errores durante la medición, en los últimos dos dígitos;  $1SE(M) = 1\sigma_{abs} / \text{raiz } n$ . Todas las relaciones isotópicas de Sr se corrigieron por fraccionamiento de masas vía normalización a  $^{86}\text{Sr}/^{88}\text{Sr} = 0.1194$ . Valores del LUGIS para el estándar NBS 987 (Sr):  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} = 0.710257 \pm 13 (\pm 1\sigma_{abs}, n = 114)$ .

Los blancos analíticos obtenidos en el tiempo de los análisis de las muestras de este trabajo resultaron: 0.60 ng Sr (Tabla 4, Figura 51 y 52).

#### **Agradecimientos**

Al personal del LUGIS que intervinieron en la obtención de datos: A Teodoro Hernández Treviño por la preparación mecánica de las muestras. A Gabriela Solís Pichardo por realizar los trabajos analíticos isotópicos en el laboratorio de química ultrapura y la reducción de los datos. A Gerardo Arrieta García por las mediciones isotópicas. Agradecimiento al LUGIS por el financiamiento parcial de los análisis.

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**  
**Laboratorio Universitario de Geoquímica Isotópica**  
**(LUGIS)**

09/04/2025

Estas tres columnas se utilizaron para crear las gráficas.  
 Cuidado al modificarlas o moverlas.

Muestra	Código (Lugis)	Tipo	87Sr/86Sr	1 sd*	1 SE(M)	n	gramos muestra	Concentración (D.I.) Sr (ppm)	87Sr/86Sr	1 sd	Notas
Std SRM 987	SrT246	standard	0.710273	33	4	59					
1 Sisal-m Lix1	6847 AF ID	esmalte	0.708096	33	4	58	0.00313	135.36	0.708096	0.000033	
2 Sisal-m Lix2	6847 AF ID	esmalte	0.708091	30	4	58	0.00626	155.58	0.708091	0.000030	
3 Sisal-m Res	6847 AF ID	esmalte	0.708101	29	4	58	0.07946	210.4	0.708101	0.000029	
4 Sisal-h	6850 AF ID	hueso	0.708536	33	4	59	0.00952	403.9	0.708536	0.000033	
5 Sisal-cc	6845 AF ID	caracol	0.708707	26	3	57	0.07725	460.4	0.708707	0.000026	conchas de caracoles chicos
6 Sisal-cg	6846 AF ID	caracol	0.708700	25	3	58	0.06929	801.4	0.708700	0.000025	conchas de caracoles grandes

Análisis realizados en un Espectrómetro de masas TRITON PLUS  
 Valor del laboratorio del estándar NBS987:

0.710257 ± 13\* n = 114

1 sd = 1 desviación estándar

\*) En las dos últimas cifras.

1SE(M) = 1sd/raiz n

n = número de relaciones medidas por corrida

D.I. = dilución isotópica

Participación en los trabajos analíticos:

Ing. Teodoro. Hernández Treviño

M.C. Gabriela Solís Pichardo

M.C. Gerardo Arrieta García

Lix 1=           lixiviado 1  
 Lix2 =           lixiviado 2  
 Res =           Residuo del esmalte

El individuo es migrante ya que las firmas isotópicas del hueso y  
 El esmalte del diente no coinciden entre ellas ni con las de las conchas.

Tabla 4. Resultados de análisis isotópicos de Sr, Operación 8, Sisal

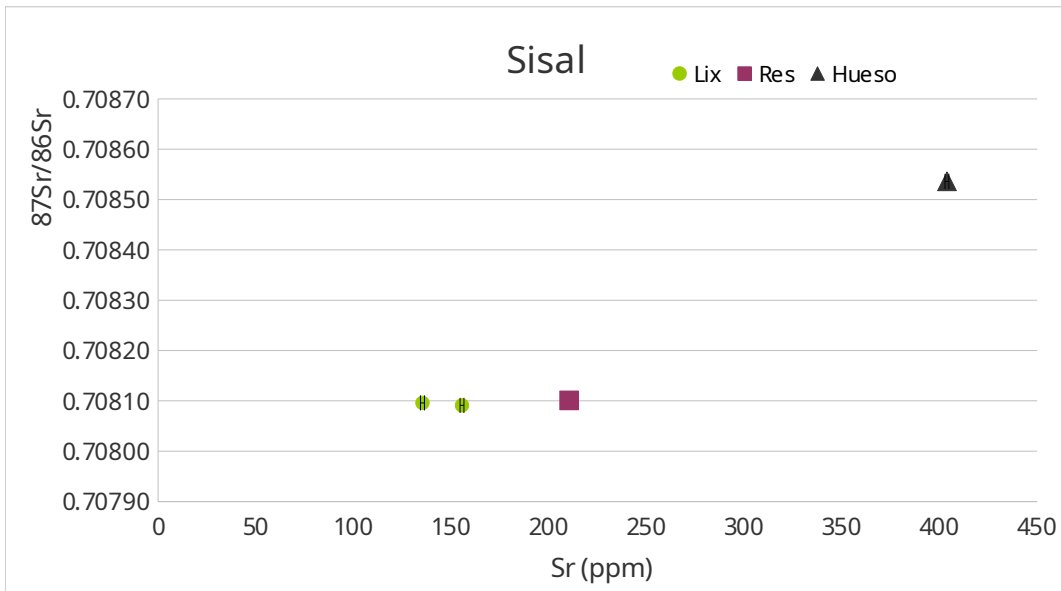


Figura 51. Mestra Sisal: lixiviados, residuo esmalte y hueso

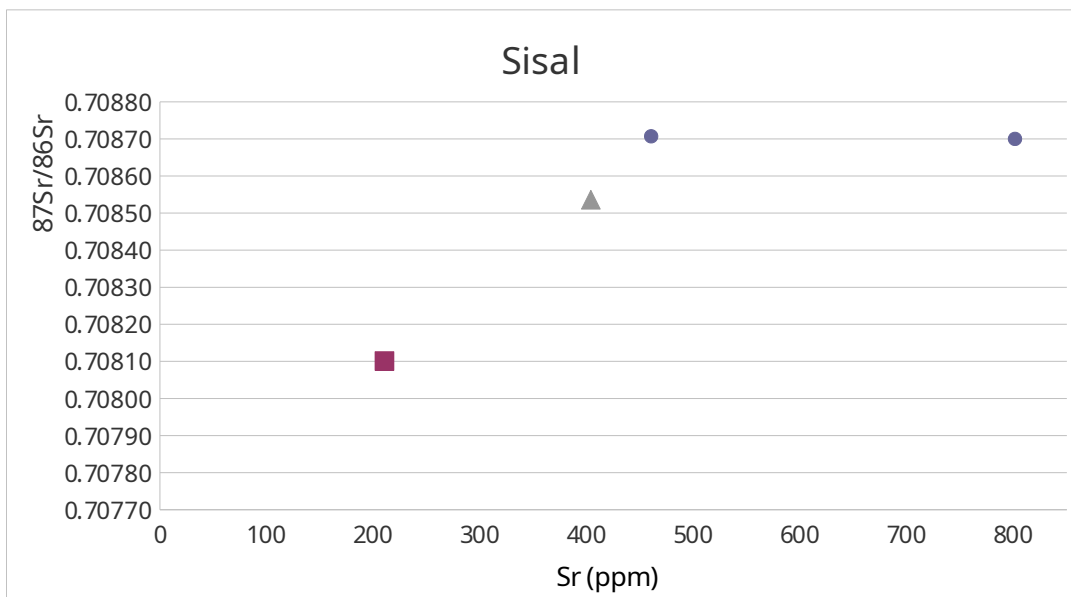


Figura 52. Muestra Sisal: residuo esmalte (cuadro rojo), hueso (triángulo verde) y conchas (círculo azul)

### Parte 3: Laboratorio de análisis

#### Capítulo 6. Interpretación de análisis de isótopos estables ratios ( $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ) de los Entierros 1 y 2, Operación 8, Sisal, San Felipe

Allan Ortega (Centro INAH-Qroo)

De acuerdo con la información entregada por el Laboratorio Universitario de Geoquímica Isotópica que se realizó en dos muestras del entierro 1, siendo una mujer adulta, la cual estaba en compañía de un nonato. A esta persona se analizó un primer molar lo que indicaría que el valor de la proporción de isótopos estables de estroncio - que fue transmitido vía la cadena trófica al esmalte dental- en el lugar de nacimiento y los primeros años de vida. Así mismo, se analizó un fragmento de hueso largo del mismo individuo, y como los huesos tienen una tasa de remodelación, indicaría el valor de la proporción de isótopo estable de estroncio que fue asimilado al cuerpo en los últimos 10 años de la vida del individuo.

En el Tabla 5 se exponen los resultados tanto del esmalte dental como del hueso, además de presentar valores de referencia de  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  para el sitio prehispánico de Sisal, Quintana Roo mediante dos caracoles recuperadas en la excavación. El esmalte dental presentó un valor de  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  igual a 0.708101 ‰ y en el hueso de 0.708536 ‰. El valor local, manifestado por las muestras de caracol es de 0.7087.

Los responsables del análisis<sup>3</sup> otorgan una breve interpretación del lugar de origen de este individuo a lo que mencionan que “El individuo es migrante ya que las firmas isotópicas del hueso y el esmalte del diente no coinciden entre ellas ni con las de las conchas”.

En este sentido, estamos de acuerdo con interpretación que han dado el personal de LUGIS. Para apoyar esta interpretación hemos comparado los datos publicados por Cucina y colaboradores para el sitio de Noh-Bec, el cual está cercano geográficamente a Sisal, Quintana Roo y puede tener el mismo valor de  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  de Noh-Bec. En este sentido la figura 1 muestra los valores locales que van entre .07086 y 0.7088 de acuerdo con lo publicado por Cucina et al y los valores de los caracoles están dentro de este rango. Como es de observar tanto  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  de esmalte y del hueso están por debajo de estos valores, lo que corrobora que esta persona no nació y vivió los últimos 10 de su vida en un lugar distinto a Sisal.

¿En dónde nació esta persona y dónde pasó los últimos 10 años de su vida? Para indagar esto es necesario comparar los valores con valores de referencia, como las expuestas por Price *et al.* (2008). En este sentido valores de 0.7081, que es del esmalte están referidos para la región de La Venta en Tabasco y en Escárcega, Campeche. El valor de 0.7085, que es del hueso, se muestran la región de Nohmul, Belice. ¿Es factible estos dos lugares, su lugar de procedencia isotópica? Una mayor investigación está en proceso y de ello de dará cuenta en próximas publicaciones.

---

3 Dr. Raymundo Martínez Serrano, Ing. Teodoro. Hernández Treviño, M.C. Gabriela Solís Pichardo, M.C. Gerardo Arrieta García,

Tabla 5. Resultados de los análisis practicados en hueso y diente del Entierro 1 del sitio de Sisal para obtener proporciones de isótopos estables de estroncio ( $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ )

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
Laboratorio Universitario de Geoquímica Isotópica  
(LUGIS)

09/04/2025

Muestra	Código (Lugis)	Tipo	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	1 sd*	1 SE(M)	n	gramos muestra	Concentración (D.L. Sr (ppm))	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	1 sd
Std SRM 987	SrT246	standard	0.7103	33	4	59				
1	Sisal-m Lix1	6847 AF ID esmalte	0.7081	33	4	58	0.00313	135.36	0.708096	0.000033
2	Sisal-m Lix2	6847 AF ID esmalte	0.7081	30	4	58	0.00626	155.58	0.708091	0.000030
3	Sisal-m Res	6847 AF ID esmalte	0.7081	29	4	58	0.07946	210.4	0.708101	0.000029
4	Sisal-h	6850 AF ID hueso	0.7085	33	4	59	0.00952	403.9	0.708536	0.000033
5	Sisal-cc	6845 AF ID caracol	0.7087	26	3	57	0.07725	460.4	0.708707	0.000026
6	Sisal-cg	6846 AF ID caracol	0.7087	25	3	58	0.06929	801.4	0.708700	0.000025

Análisis realizados en un Espectrómetro de masas TRITON PLUS  
Valor del laboratorio del estándar NBS987:

$0.710257 \pm 13^* n = 114$

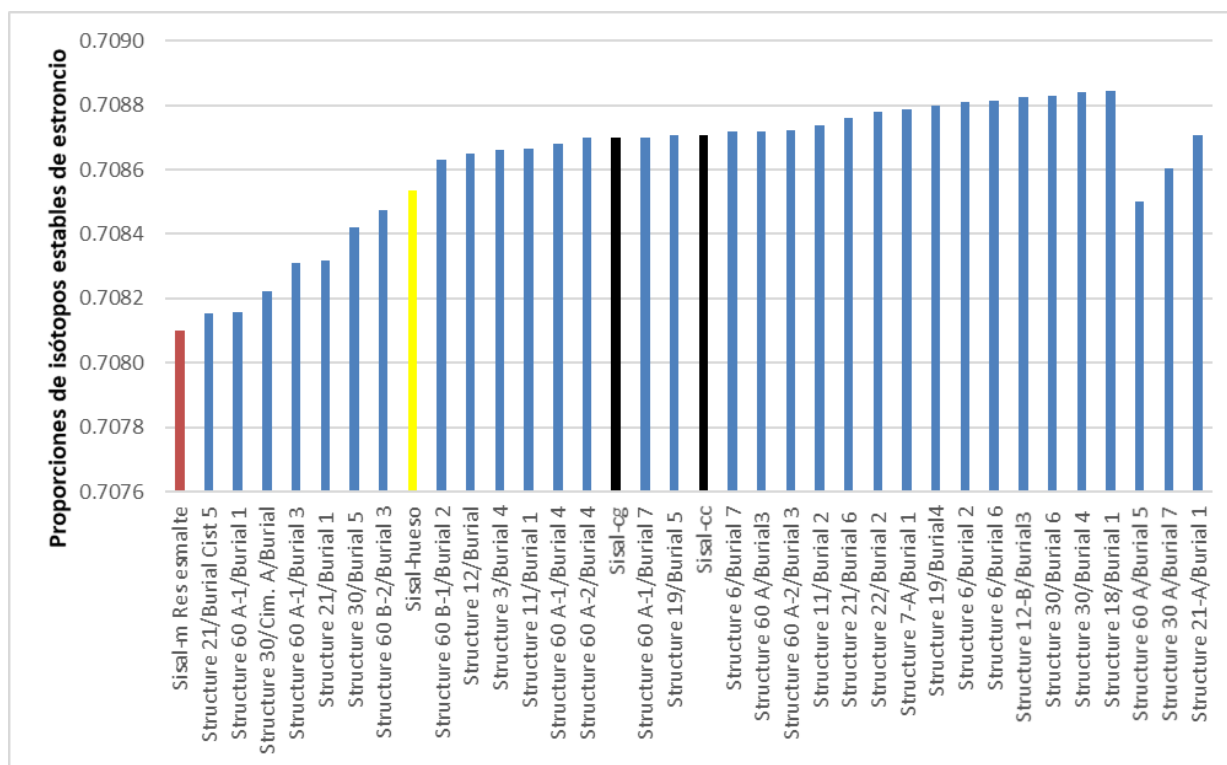


Figura 53. Frecuencia de los valores de  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  para Noh-Bec, Yucatán y Sisal, Quintana Roo.

Barra marrón: esmalte. Amarilla: hueso. Negra: caracoles. Azules individuos del sitio arqueológico de Noh-Bec, Yucatán (Fuente: Cucina *et al.*, 2015).

## Parte 3: Análisis de Laboratorio

### Capítulo 7. Reporte de fechamiento de los entierros de la Operación 8, Sisal, San Felipe

Dra. María Rodríguez Ceja, Laboratorio LEMA, UNAM



Instituto de Física  
Sistema de Gestión de la Calidad



#### REPORTE DE DATACIÓN DE MUESTRAS CON $^{14}\text{C}$

Clave: IF-LEMA-FPS05-01 Fecha de emisión: 2024-02-06 Versión: 5 Página 1 de 7

USUARIO: DR. ALBERTO FLORES COLÍN

NÚM. REPORTE: 169

CONTACTO: [albertoflorescolin@gmail.com](mailto:albertoflorescolin@gmail.com)

FECHA DE REPORTE: 13/12/2024

ELABORÓ: DRA. MARÍA RODRÍGUEZ CEJA

FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA: 22/11/2024

OPERADOR DEL SISTEMA EMA: FIS. ARCADIO HUERTA HERNÁNDEZ

ENCARGADO DEL SEPARADOR ISOTÓPICO: DR. EFRAÍN CHÁVEZ LOMELÍ

REVISÓ Y APROBÓ: DRA. CORINA SOLÍS ROSALES

#### I INTRODUCCIÓN

Se recibieron dos muestras de hueso, para fechar con  $^{14}\text{C}$  por espectrometría de masas con aceleradores (AMS) (Tabla 1).

Tabla 1. Identificación de muestras

Clave Laboratorio	Clave Usuario	Material	Descripción	Sitio
LEMA 2365	Entierro 1	Hueso	Hueso fémur de no nato. Proyecto CRAS 2018	Sisal, Ejido de San Felipe Oriente, Quintana Roo.
LEMA 2366	Entierro 2	Hueso	Op 8. Muestra de fémur.	Sisal, Ejido de San Felipe Oriente, Quintana Roo.

#### II METODOLOGÍA

##### 2.1 Preparación de muestras

Las muestras se limpiaron con agua ultrapura para eliminar sales y otros contaminantes adheridos. Una vez secas se pulverizaron. Luego se sometieron a un procedimiento químico con HCl 0.5 M a temperatura ambiente, para disolver la fase mineral y eliminar los carbonatos. Posteriormente se realizó una limpieza con NaOH 0.1 M a temperatura ambiente para eliminar contaminación orgánica y ácidos húmicos. Finalmente se realizó la gelatinización, mediante un tratamiento ácido con HCl 0.001 M en alta temperatura. El colágeno disuelto se filtró para conservar las fibras mayores a 30 KD, obteniendo así el *colágeno ultrafiltrado*.

##### 2.2 Grafitización

Las muestras fueron procesadas en un Equipo de Grafitización Automatizado AGEIII de Ion Plus, para transformar su contenido de carbono en  $\text{CO}_2$  y luego éste en grafito.

Laboratorio Nacional de Espectrometría de Masas con Aceleradores (LEMA), Instituto de Física. Universidad Nacional Autónoma de México. Circuito de la Investigación Científica s/n, Ciudad Universitaria, CP 04510, Alcaldía Coyoacán, CDMX, México.  
Contacto: (55) 56-22-50-00, extensiones 2126, 2174, 2175 y 2313.  
[corina@fisica.unam.mx](mailto:corina@fisica.unam.mx); [chavez@fisica.unam.mx](mailto:chavez@fisica.unam.mx)





**REPORTE DE DATACIÓN DE MUESTRAS CON <sup>14</sup>C**

Clave: **IF-LEMA-FPS05-01** Fecha de emisión: 2024-02-06 Versión: 5 **Página 2 de 7**

**2.3 Análisis por Espectrometría de Masas con Aceleradores**

Se realizó el análisis de <sup>14</sup>C, <sup>13</sup>C y <sup>12</sup>C del grafito obtenido mediante AMS. Se utilizó un equipo Tandetrón de *High Voltage Engineering Europa* (HVVE), con un acelerador de 1 MV de energía. A partir de los valores obtenidos, se calculó la *Edad Radiocarbono o Convencional* (<sup>14</sup>C), dada en años antes del presente (a.P.), es decir, antes de 1950. La *Edad Radiocarbono* fue corregida por fraccionamiento por  $\delta^{13}C$  a partir del cociente de <sup>13</sup>C/<sup>12</sup>C en la muestra.  $\delta^{13}C$  es un valor medido en grafito y podría haber sufrido un fraccionamiento adicional.

**2.4 Calibración**

La *Edad Radiocarbono* fue corregida por las variaciones del <sup>14</sup>C en la atmósfera, con el programa OxCal v4.2.4 (<https://c14.arch.ox.ac.uk/oxcal/OxCal.html>; Bronk Ramsey, 2013), utilizando la curva de calibración *IntCal20* (Reimer et al, 2020). Se obtuvo la *Edad calibrada antes del presente*, dada en años *cal a.P.*, y la *Edad calendario*, dada en años calibrados antes de Cristo (*cal a.C.*) o después de Cristo (*cal d.C.*). Se calcularon los intervalos más probables, con los niveles de confianza del 68% (1 $\sigma$ ) y del 95% (2 $\sigma$ ).

**III RESULTADOS**

En la Tabla 2 se presentan los resultados de las muestras fechadas. Adicionalmente se analizaron estándares de edades conocidas proporcionados por el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA), para verificar su reproducibilidad en nuestro laboratorio (Tabla 3).

**Tabla 2.** Resultados \*

Clave LEMA	Fracción fechada	Edad <sup>14</sup> C Años (a.P. $\pm$ 1 $\sigma$ )	Edad calibrada (años) Nivel de confianza	
			1 $\sigma$ (68%)	2 $\sigma$ (95%)
LEMA 2365.1.1	Colágeno ultrafiltrado	1056 $\pm$ 35	1047 – 924 cal a.P.	1058 – 916 cal a.P.
			903 cal d.C.- 1026 cal d.C.	892 cal d.C. – 1035 cal d.C.
LEMA 2366.1.1	Colágeno ultrafiltrado	1144 $\pm$ 35	1173 – 973 cal a.P.	1177 – 958 cal a.P.
			778 cal d.C.- 977 cal d.C.	773 cal d.C. – 992 cal d.C.

- \*La representatividad de la muestra no es responsabilidad del Laboratorio.
- \*Los resultados obtenidos amparan únicamente la muestra ensayada.
- \* Este informe de resultados sólo puede ser reproducido en su totalidad.
- \* El laboratorio no se hace responsable de la información proporcionada por el cliente que pueda afectar la validez de los resultados.

Laboratorio Nacional de Espectrometría de Masas con Aceleradores (LEMA), Instituto de Física, Universidad Nacional Autónoma de México. Circuito de la Investigación Científica s/n, Ciudad Universitaria, CP 04510, Alcaldía Coyoacán, CDMX, México.  
Contacto: (55) 56-22-50-00, extensiones 2126, 2174, 2175 y 2313.  
[corina@fisica.unam.mx](mailto:corina@fisica.unam.mx); [chavez@fisica.unam.mx](mailto:chavez@fisica.unam.mx)





**REPORTE DE DATACIÓN DE MUESTRAS CON <sup>14</sup>C**

Clave: **IF-LEMA-FPS05-01** Fecha de emisión: 2024-02-06 Versión: 5

Página 3 de 7

**Tabla 3.** Estándares de referencia del OIEA

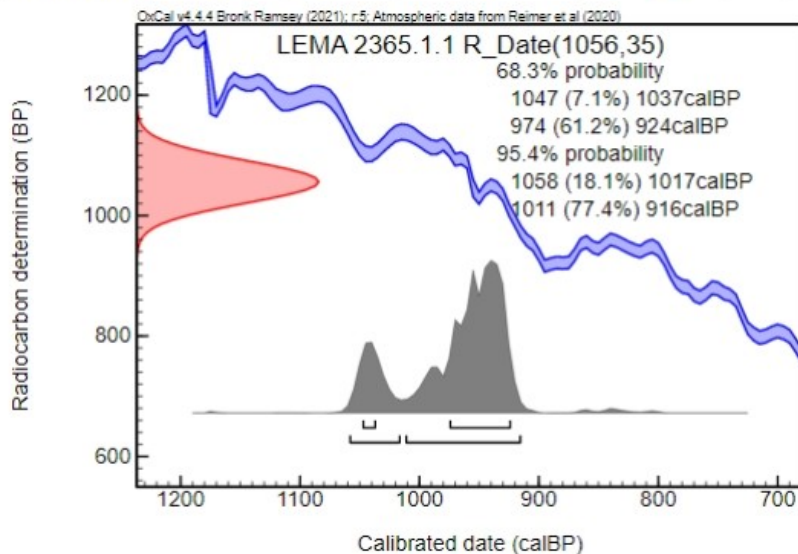
Muestra	Material	Edad certificada (años a.P. ± 1σ)	Edad Medida (años a.P. ± 1σ)
C3	Celulosa	-2071 ± 30	-2104 ± 34
C5	Madera	11788 ± 40	11737 ± 40
C7	Ácido oxálico	5642 ± 30	5641 ± 40

**CALIBRACIÓN**

- LEMA 2365.1.1  
Edad: 1056 ± 35 A.P.

CALIBRACIÓN cal AP

Name	Unmodelled (BP)				Controls		
	from_68.3	to_68.3	from_95.4	to_95.4	Select	Page	Edit
R_Date LEMA 2365.1.1	1047	924	1058	916	<input checked="" type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>



Laboratorio Nacional de Espectrometría de Masas con Aceleradores (LEMA), Instituto de Física, Universidad Nacional Autónoma de México. Circuito de la Investigación Científica s/n, Ciudad Universitaria, CP 04510, Alcaldía Coyoacán, CDMX, México.  
Contacto: (55) 56-22-50-00, extensiones 2126, 2174, 2175 y 2313.  
[corina@fisica.unam.mx](mailto:corina@fisica.unam.mx); [chavez@fisica.unam.mx](mailto:chavez@fisica.unam.mx)





Instituto de Física  
Sistema de Gestión de la Calidad



**REPORTE DE DATACIÓN DE MUESTRAS CON <sup>14</sup>C**

Clave:

IF-LEMA-FPS05-01

Fecha de emisión

2024-02-06

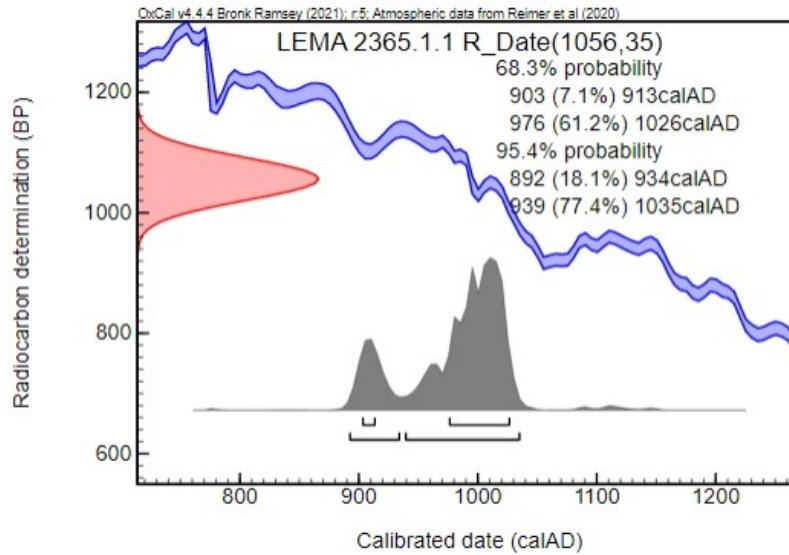
Versión:

5

Página 4 de 7

CALIBRACIÓN a.C.- d.C.

Name	Unmodelled (BC/AD)				Controls		
	from_68.3 to_68.3	from_95.4 to_95.4	Select	Page	Edit		
R_Date LEMA 2365.1.1	903	1026	892	1035	<input checked="" type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>



Laboratorio Nacional de Espectrometría de Masas con Aceleradores (LEMA), Instituto de Física, Universidad Nacional Autónoma de México, Circuito de la Investigación Científica s/n, Ciudad Universitaria, CP 04510, Alcaldía Coyoacán, CDMX, México.  
Contacto: (55) 56-22-50-00, extensiones 2126, 2174, 2175 y 2313.  
[corina@fisica.unam.mx](mailto:corina@fisica.unam.mx); [chavez@fisica.unam.mx](mailto:chavez@fisica.unam.mx)





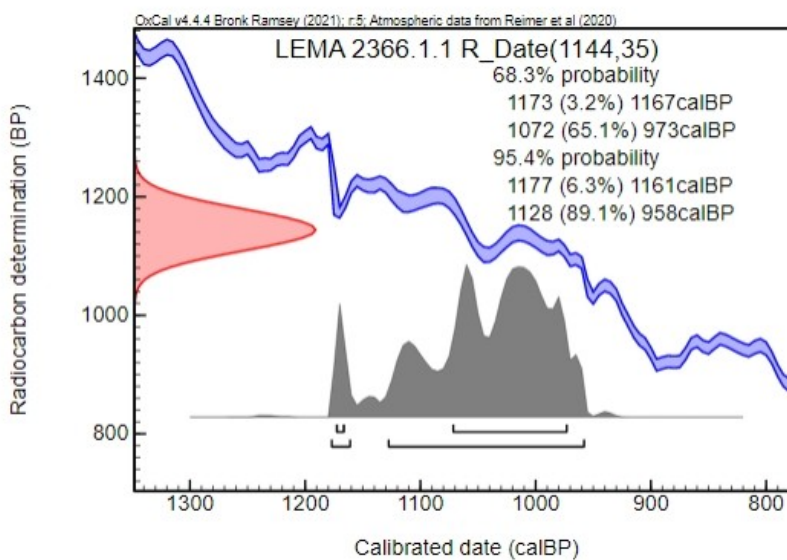
**REPORTE DE DATACIÓN DE MUESTRAS CON <sup>14</sup>C**

Clave: **IF-LEMA-FPS05-01** Fecha de emisión: 2024-02-06 Versión: 5 **Página 5 de 7**

- 2. LEMA 2366.1.1  
Edad: 1144 ± 35 A.P.

CALIBRACIÓN cal AP

Name	Unmodelled (BP)				Controls		
	from_68.3 to_68.3	from_95.4 to_95.4	Select	Page	Edit		
R_Date LEMA 2366.1.1	1173	973	1177	958	<input checked="" type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>



Laboratorio Nacional de Espectrometría de Masas con Aceleradores (LEMA), Instituto de Física, Universidad Nacional Autónoma de México. Circuito de la Investigación Científica s/n, Ciudad Universitaria, CP 04510, Alcaldía Coyoacán, CDMX, México.  
Contacto: (55) 56-22-50-00, extensiones 2126, 2174, 2175 y 2313.  
[corina@fisica.unam.mx](mailto:corina@fisica.unam.mx); [chavez@fisica.unam.mx](mailto:chavez@fisica.unam.mx)





Instituto de Física  
Sistema de Gestión de la Calidad

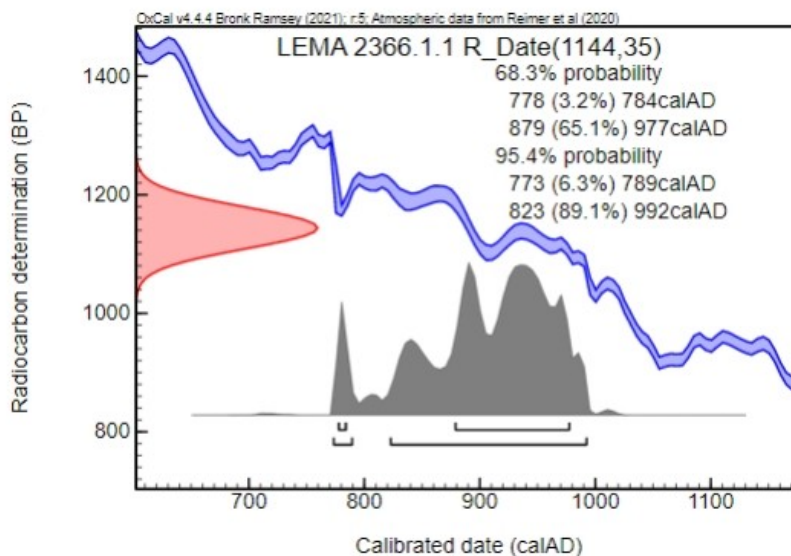


**REPORTE DE DATACIÓN DE MUESTRAS CON <sup>14</sup>C**

Clave: **IF-LEMA-FPS05-01** Fecha de emisión: 2024-02-06 Versión: 5 **Página 6 de 7**

CALIBRACIÓN a.C. - d.C.

Name	Unmodelled (BC/AD)				Controls		
	from_68.3 to_68.3	from_95.4 to_95.4	Select	Page	Edit		
R_Date LEMA 2366.1.1	778	977	773	992	<input checked="" type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>



Laboratorio Nacional de Espectrometría de Masas con Aceleradores (LEMA), Instituto de Física, Universidad Nacional Autónoma de México. Circuito de la Investigación Científica s/n, Ciudad Universitaria, CP 04510, Alcaldía Coyoacán, CDMX, México.  
Contacto: (55) 56-22-50-00, extensiones 2126, 2174, 2175 y 2313.  
[corina@fisica.unam.mx](mailto:corina@fisica.unam.mx); [chavez@fisica.unam.mx](mailto:chavez@fisica.unam.mx)





Instituto de Física  
Sistema de Gestión de la Calidad



**REPORTE DE DATACIÓN DE MUESTRAS CON  $^{14}\text{C}$**

Clave:

IF-LEMA-FPS05-01

Fecha de emisión

2024-02-06

Versión:

5

Página 7 de 7

**IV ANEXO: FOTOGRAFÍAS**

LEMA 2365



LEMA 2366



**V REFERENCIAS**

Reporte de edades de radiocarbono: Stuiver y Polach (1977).

1. Bronk Ramsey, C., & Lee, S. (2013). Recent and Planned Developments of the Program OxCal. *Radiocarbon*, 55(2-3), 720-730.
2. Reimer PJ, Austin WEN, Bard E, Bayliss A, Blackwell PG, Ramsey CB, Butzin M, Cheng H, Edwards RL, Friedrich M, Grootes PM, Guilderson TP, Hajdas I, Heaton TJ, Hogg AG, Hughen KA, Kromer B, Manning SW, Muscheler R, Palmer JG, Pearson C, Van der Plicht J, Reimer RW, Richards DA, Scott EM, Southon JR, Turney CSM, Wacker L, Adolphi F, Büntgen U, Capano M, Fahrni SM, Fogtmann-Schulz A, Friedrich R, Köhler P, Kudsk P, Miyake F, Olsen J, Reinig F, Sakamoto M, Sookdeo A, Tálamo S. (2020). The intcal20 northern hemisphere radiocarbon age calibration curve (0–55 CAL kbp). *Radiocarbon* 1–33.
3. Stuiver, M. y Polach, H.A. 1977. Discussion: Reporting of  $^{14}\text{C}$  data. *Radiocarbon* 19; 355-63.

**Aviso de Privacidad Simplificado**

El Instituto de Física de la UNAM, es responsable del tratamiento de sus datos personales para su registro en calidad de estudiante asociado, académico, personal del Instituto de Física, conferencista o invitado externo (nacional o extranjero), visitante, proveedor o cliente de servicios universitarios.

Para cumplir las finalidades necesarias anteriormente descritas u otras aquellas exigidas legalmente o por las autoridades competentes podrá transferir sus datos personales. Podrá ejercer sus derechos ARCO en la Unidad de Transparencia de la UNAM, o a través de la Plataforma Nacional de Transparencia. <https://www.plataformadetransparencia.org.mx/>

El Aviso de Privacidad Integral se puede consultar en el sitio web. <https://www.fisica.unam.mx/privacidad/integral.php?lang=es>

Laboratorio Nacional de Espectrometría de Masas con Aceleradores (LEMA), Instituto de Física. Universidad Nacional Autónoma de México. Circuito de la Investigación Científica s/n, Ciudad Universitaria, CP 04510, Alcaldía Coyoacán, CDMX, México.

Contacto: (55) 56-22-50-00, extensiones 2126, 2174, 2175 y 2313.

[corina@fisica.unam.mx](mailto:corina@fisica.unam.mx); [chavez@fisica.unam.mx](mailto:chavez@fisica.unam.mx)



## Parte 4: Análisis de laboratorio

### Capítulo 8. Consideraciones finales

Alberto G. Flores Colin and Justine M. Shaw

Las excavaciones llevadas a cabo los sitios que ya habían sido previamente mapeados pero no excavados, en los ejidos de Sacalaca y San Felipe, han sido bastante productivas y nos han ayudado a comprender y complementar la secuencia ocupacional de la región, labor que el proyecto ha venido realizado a lo largo de diversas temporadas y que demuestra la complejidad de asentamiento en la región de Cochuah, cambiando poco a poco la visión de que se trata de un área con copos sitios como se aprecia en muchos mapas arqueológicos.

De igual manera las excavaciones llevadas a cabo en los sitios de San Andrés Norte Milpa y Sisal han ayudado a comprender mejor uno de las líneas de investigación llevadas a cabo por el proyecto en los últimos años: los cimientos de estructura perecedera como marcadores de una fase tardía del Clásico Terminal. Estas excavaciones extensivas, complementadas con una serie de análisis de laboratorio, como son análisis de suelo tipo spot test y caracterización de tipos de piedra, nos han ayudado a entender la dinámica y las posibles funciones que tuvieron estas construcciones.

Los datos obtenidos de las cuatro excavaciones extensivas llevadas a cabo esta temporada, aunado a los resultados del análisis de suelos, sugieren que estas construcciones tuvieron una actividad de tipo doméstico; ninguna de ellas muestra señales de ser una estructura especializada en una producción de algún producto, o bien que hayan sido almacenes o apiarios, como habíamos planteado al inicio de la investigación. De igual forma la caracterización de las de los manos de metate hay un dado a comprender mejor el tipo de material y la tecnología doméstica que se empleó en estas edificaciones de tipo perecedero.

Adicionalmente, los análisis de radiocarbono llevados en acabo en las osamentas encontradas en la Operación 8 de Sisal, han venido a corroborar la temporalidad que habíamos sugerido para este tipo de construcciones: una fase tardía del Clásico Terminal. Como habíamos venido observando en otros contextos del área de estudio, este tipo de construcciones, edificadas con piedras reutilizadas de fases anteriores y colocadas si arreglo y sobre construcciones o espacios más tempranos, parecen ser un marcador temporal y diagnóstico de esta fase tardía del Clásico Terminal.

De igual manera, los resultados de los análisis de isótopos estables a la osamenta encontrada en la Operación 8 de Sisal, han mostrado que se trataba de un migrante, una persona que había nacido en el área sur de la península y que había llegado al área unos pocos años antes de que falleciera. Esto también viene a corroborar lo que se había planteado para esta fase tardía del Clásico Terminal, cuando parece haber un abandono o decaimiento poblacional de los asentamientos y una posterior reocupacion por pobladores no locales que construyeron los cimientos de estructuras perecederas.

En suma, tanto las excavaciones como los análisis ha sido de gran utilidad para comprender mejor la historia ocupacional de la región, así como las actividades domésticas de los pobladores que reocuparon gran parte de los sitios anteriores., para ese entonces en proceso de abandono y deterioro. Futuros trabajos en el área comprobarán y corroborarán si este fenómeno se extiende en otros asentamientos o bien se trata de un proceso más localizado, lo cual será esencial para entender los cambios poblacionales y culturales por los que pasó la región de Cohcuah.

## Referencias citadas

- Aimers, James J. 2007 What Maya collapse? Terminal Classic variation in the Maya lowlands. *Journal of Archaeological Research* 15(4):329–377.
- Alexander, Rani T. 2006 Maya settlement shifts and agrarian ecology in Yucatán, 1800-2000. *Journal of Anthropological Research* 62:449–470.
- Anderson, David S. 2011 XTOBO, Yucatan, Mexico, and the emergent Preclassic of the northern Maya lowlands. *Ancient Mesoamerica* 22:301–322.
- Anderson, David S., Douglas A. Bair, y Richard E. Terry 2012 Soil geochemical analyses at the Preclassic site of Xtobo, Yucatan, Mexico. *Ancient Mesoamerica* 23:365–377.
- Andrefsky, William 1998 *Lithics: Macroscopic Approaches to Analysis*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Andrews, Anthony P., E. Wyllys Andrews, y Fernando Robles Castellanos 2003 The northern Maya collapse and its aftermath. *Ancient Mesoamerica* 14:151–156.
- Aveni, Anthony F. 2001 *Skywatchers: A Revised and Updated Version of Skywatchers of Ancient Mexico*. University of Texas Press, Austin.
- Bair, Douglas A. 2010 *The Dirt on the Ancient Maya: Soil Chemical Investigations of Ancient Maya Marketplaces*. Tesis doctoral, Brigham Young University, Provo.
- Barba, Luis 1986 La química en el estudio de áreas de actividad. En *Unidades habitacionales mesoamericanas y sus áreas de actividad*, editado por Linda Manzanilla, pp. 21–39. Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F. 1990 El análisis químico de pisos de unidades habitacionales para determinar sus áreas de actividad. En *Etnoarqueología: Coloquio Bosch-Gimpera*, pp. 177–200. Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F. 2007 Chemical residues in lime-plastered archaeological floors. *Geoarchaeology* 22:439–452.
- Barba, Luis, y José Luis Córdoba 1991 El potencial de hidrógeno en la arqueología. *Antropológicas* 6:84–92.
- Barba, Luis, y Agustín Ortiz 1992 Análisis químico de pisos de ocupación: un caso etnográfico en Tlaxcala, Mexico. *Latin American Antiquity* 3:63–82.

Barba, Luis, Agustín Ortiz, y Alessandra Pecci 2014 Los residuos químicos. Indicadores arqueológicos para entender la producción, preparación, consumo y almacenamiento de alimentos en Mesoamérica. *Anales de Antropología* 48(1):201–239.

Barba, Luis A., Agustín Ortiz, K. F. Link, L. L. Luján, y L. Lazos 1996 Chemical analysis of residues in floors and the reconstruction of ritual activities at the Templo Mayor, Mexico. ACS Publications, Washington, D.C.

Barba, Luis, Roberto Rodriguez, y José Luis Córdoba 1991 Manual de técnicas microquímicas de campo para la arqueología. Instituto de Investigaciones Antropológicas, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F.

Barba, Luis, Roberto Rodriguez, José Luis Córdoba, Martín Terreros, Alessandra Pecci, y Agustín Ortiz Butrón 2012 Manual de procedimientos para el estudio de residuos químicos en pisos y cerámicas arqueológicas (Revisión 2012). Texto inédito, México, D.F.

Batun, Adolfo A. I. 2009 Agrarian Production and Intensification at a Postclassic Maya Community, Buena Vista, Cozumel, Mexico. Tesis doctoral, University of Florida, Gainesville.

Becker, Marshall Joseph 2015 Ancient Maya markets: architectural grammar and market identifications. In *The Ancient Maya Marketplace: The Archaeology of Transient Space*, edited by Eleanor M. King, pp. 90-110. University of Arizona Press, Tucson.

Bey, George III, Craig A. Hanson, y William M. Ringle 1997 Classic to Postclassic at Ek Balam, Yucatan: architectural and ceramic evidence for defining the transition. *Latin American Antiquity* 8(3):237-254.

Bianco, Briana, Rani T. Alexander, y Gary Rayson 2017 Beekeeping practices in modern and ancient Yucatan: going from the known to the unknown. In *The Value of Things: Prehistoric to Contemporary Commodities in the Maya Region*, edited by Jennifer P. Mathews and Thomas H. Guderjan, pp. 87-103. University of Arizona Press, Tucson.

Cedillo, Luciano 1993 Estuco: informe de los métodos desarrollados en México. En *Conservación arqueológica in situ: memoria de las reuniones 6-13 de abril de 1986*, editado por M. A. Corzo, pp.96–103. INAH-Instituto Getty de Conservación, México.

Cedillo, Luciano, G. García Lascurain, y L. de L. Herbert 1997 Trabajos de conservación en zonas arqueológicas del área maya. *Temas Probl.* 42:125.

Chase, Adrian F., Diane Z. Chase, Richard E. Terry, J. M. Horlacher, y Arlen S. Chase 2015 Markets among the Ancient Maya. In *The Ancient Maya Marketplace: The*

Archaeology of Transient Space, edited by Eleanor M. King, pp. 226-250. University of Arizona Press, Tucson.

Coronel, Eric G. 2011 Geochemical Analysis of Ancient Activities at Two Plazas in Coba, Mexico. Tesis doctoral, Brigham Young University, Provo.

Coronel, Eric, Scott Hutson, Aline Magnoni, Christopher Balzotti, A. Ulmer, y Richard Terry 2015 Geochemical analysis of Late Classic and Post Classic Maya marketplace activities at the plazas of Cobá, Mexico. *Journal of Field Archaeology* 40:89–109.

Cucina, Andrea, T. Douglas Price, E. Magaña Peralta, y T. Sierra Sosa 2015 Crossing the peninsula: the role of Noh Bec, Yucatán, in ancient Maya Classic period population dynamics from an analysis of dental morphology and Sr isotopes. *American Journal of Human Biology* 27:767–778.

Culbert, T. Patrick 1988 The collapse of Classic Maya civilization. In *The Collapse of Ancient States and Civilizations*, edited by Norman Yoffee and George Cowgill, pp. 69-101. University of Arizona Press, Tucson.

Dahlin, Bruce H., Douglas Bair, Timothy Beach, Matthew Moriarty, y Richard Terry 2010 The dirt on food: ancient feasts and markets among the Lowland Maya. In *Pre-Columbian Foodways*, pp. 191–232. Springer, New York.

Dahlin, Bruce H., Christopher T. Jensen, Richard E. Terry, David R. Wright, y Timothy Beach 2007 In search of an ancient Maya market. *Latin American Antiquity* 18:363–384.

Desailly-Chanson, Yann 2012 Political Shifts and Collapse at the Royal Court of Sak Nikte' During the Late Classic Period. Tesis doctoral, Yale University, New Haven.

Fedick, Scott L., y Bethany A. Morrison 2004 Ancient use and manipulation of landscape in the Yalahau region of the northern Maya lowlands. *Agriculture and Human Values* 21:207–219.

Fernández, Fabiola G., Richard E. Terry, Takeshi Inomata, y Markus Eberl 2002 An ethnoarchaeological study of chemical residues in the floors and soils of Q'eqchi' Maya houses at Las Pozas, Guatemala. *Geoarchaeology* 17:487–519.

Flores, Alberto G., y Jorge L. Borges Barrientos 2019 San Andres. In *Annual Report of the Cochuah Regional Archaeological Survey's 2018 Field Season*, edited by Justine M. Shaw, pp. 66-70. College of the Redwoods, Eureka.

Flores, Colin A. G., y S. A. Badillo 2018 Noojol Yodzonot. En *Reporte Anual del Proyecto de Reconocimiento Arqueológico de la Región de Cochuah, Temporada 2018*, editado por Justine M. Shaw, pp. 52–55. College of the Redwoods, Eureka.

Flores Colin, Alberto G., K. Hughes, S. A. Badillo, y O. Gambino 2019 Continuación de mapeo de Yodzonot-San Isidro (Noojol Yodzonot). En Reporte Anual del Reconocimiento Arqueológico de la Región de Coahuah (CRAS), Temporada 2019, editado por Justine M. Shaw, Alberto G. Flores Colin y Alejandra Badillo Sánchez, pp. 134–141. College of the Redwoods, Eureka.

Folan, William J., Armando Anaya Hernandez, Ellen R. Kintz, Laraine A. Fletcher, Raymundo Gonzalez Heredia, Jacinto May Hau, y Nicolas Caamal Canche 2009 Coba, Quintana Roo, Mexico: a recent analysis of the social, economic and political organization of a major Maya urban center. *Ancient Mesoamerica* 20(1):59–70.

Freidel, David, y Jeremy A. Sabloff 1984 *Cozumel: Late Maya Settlement Patterns*. Academic Press, Orlando.

Golden, Charles, y Andrew K. Scherer 2013 Territory, trust, growth, and collapse in Classic period Maya kingdoms. *Current Anthropology* 54(4):397-435.

Harrison, Peter D. 1979 The Lobil Postclassic Phase in the southern interior of the Yucatan Peninsula. In *Maya Archaeology and Ethnohistory*, edited by Norman Hammond and Gordon R. Willey, pp. 189–207. University of Texas Press, Austin.

Herrera, P. E. M. 2018 *Actividades y espacios domésticos no elitarios en Sihó, Yucatán, durante el clásico tardío-terminal. Una aproximación multivariable para su identificación*. Tesis doctoral, Universidad Autónoma de Yucatán, Mérida.

Hodell, David, Mark Brenner, y Jason H. Curtis 2005 Terminal Classic drought in the northern Maya lowlands inferred from multiple sediment cores in Lake Chichancanab (Mexico). *Quaternary Science Reviews* 24:1413-1427. 2007 Climate and cultural history of the northeastern Yucatan Peninsula, Quintana Roo, Mexico. *Climatic Change* 83:215-240.

Hodell, David, Jason H. Curtis, y Mark Brenner 1995 Possible role of climate in the collapse of the Classic Maya civilization. *Nature* 375(1):391-394.

Holliday, Vance T. 2004 *Soils in Archaeological Research*. Oxford University Press, New York.

Holliday, Vance T., y William G. Gartner 2007 Methods of soil P analysis in archaeology. *Journal of Archaeological Science* 34:301–333.

Horowitz, Rachel A., y Grant S. McCall 2019 Lithic technologies in sedentary societies. *Journal of Archaeological Research* 27:1–53.

Iannone, Giles 2005 The rise and fall of an ancient Maya petty royal court. *Latin American Antiquity* 16(1):26-44.

Imre, Dylan M., Lisa Young, y Joyce Marcus 2010 Ancient Maya beekeeping (ca. 1000–1520 CE). *University of Michigan Undergraduate Research Journal* 7:42–50.

Johnstone, Dave P. 2016 The dating and function of circular structures. In *Annual Report of the Coahuah Regional Archaeological Survey's 2014 Field Season*, edited by Justine M. Shaw, pp. 538-543. College of the Redwoods, Eureka.

Johnstone, Dave, R. J. P. Huerta, y M. Bradford 2019 Parcela Escolar, Estructuras N10W1-2 y N8E1-2, Operaciones 4 y 5. En *Reporte Anual del Reconocimiento Arqueológico de la Región de Coahuah (CRAS), Temporada 2019*, editado por Justine M. Shaw, Alberto G. Flores Colin y Alejandra Badillo Sánchez, pp. 241–255. College of the Redwoods, Eureka.

Kowalski, Jeff Karl 2006 ¿Destrucción? Una interpretación de Uxmal, Chichén Itzá y el abandono de las ciudades del Puuc. En *Los Mayas de Ayer y Hoy: Memorias Del Primer Congreso Internacional de Cultura Maya*, pp. 561-583. CONACULTA-Instituto Nacional de Antropología e Historia, Mérida.

LeCount, Lisa J. 1999 Polychrome pottery and political strategies in Late and Terminal Classic Lowland Maya society. *Latin American Antiquity* 10 (3):239-258.

Manzanilla, Linda, y Luis Barba 1990 The study of activities in Classic households: two case studies from Coba and Teotihuacan. *Ancient Mesoamerica* 1:41–49.

Matos, C. M. L., y G. O. Acosta 2016 El patio, un estudio etnoarqueológico de actividades:: conjunción interpretativa de análisis químicos de suelos y gránulos de almidón. *Temas Antropológicos Revista Científica de Investigación Regional* 38:41–48.

Mejía, E. P. C., y Luis A. P. Barba 2010 El análisis de fosfatos en la arqueología. Historia y perspectivas. *Anales de Antropología* 25.

Middleton, William D., Luis Barba, Alessandra Pecci, James H. Burton, Agustín Ortiz, L. Salvini, y R. R. Suárez 2010 The study of archaeological floors: methodological proposal for the analysis of anthropogenic residues by spot tests, ICP-OES, and GC-MS. *Journal of Archaeological Method and Theory* 17:183–208.

Middleton, William D., y T. Douglas Price 1996 Identification of activity areas by multi-element characterization of sediments from modern and archaeological house floors using inductively coupled plasma-atomic emission spectroscopy. *Journal of Archaeological Science* 23:673–687.

Ortiz Butrón, Agustín, y Luis Barba 1992 Estudio químico de los pisos del Satunsat en Oxkintok, Yucatán. En *Oxkintok* 4, pp. 119-126. Misión Arqueológica de España en México, Madrid. 1993 La química en el estudio de áreas de actividad. En *Anatomía de un conjunto residencial teotihuacano en Oztoyahualco*, Volumen 2, editado por Linda Manzanilla, pp. 617-660. Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F.

Parnell, Jacob J., Richard E. Terry, y Charles Golden 2001 Using in-field phosphate testing to rapidly identify middens at Piedras Negras, Guatemala. *Geoarchaeology* 16:855–873.

Parnell, Jacob J., Richard E. Terry, y Payson Sheets 2002 Soil chemical analysis of ancient activities in Ceren, El Salvador: a case study of a rapidly abandoned site. *Latin American Antiquity* 13:331–342.

Pecci, Alessandra 2000 Análisis químico de pisos y áreas de actividad. Estudio de caso en Teopancazco, Teotihuacan. Tesis doctoral, Facultad de Filosofía y Letras, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F.

Pecci, Alessandra, Agustín Ortiz Butrón, y Luis Barba 2017 Los residuos químicos de la producción de pulque. *Etnoarqueometría y arqueología experimental*. *Anales de Antropología* 51:39–55.

Pecci, Alessandra, Agustín Ortiz Butrón, Luis Barba, y Linda Manzanilla 2010 Distribución espacial de las actividades humanas con base en el análisis químico de los pisos de Teopancazco, Teotihuacan. VI Coloquio Bosh Gimpera, pp. 453–478. UNAM, México.

Pollock, Harry E. D. 1936 *The Casa Redonda at Chichén Itzá, Yucatan*. Contributions to American Archaeology No. 17. Carnegie Institution of Washington, Washington, D.C.

Price, T. Douglas, James H. Burton, Paul D. Fullagar, Lori E. Wright, Jane E. Buikstra, y Vera Tiesler 2008 Strontium isotopes and the study of human mobility in ancient Mesoamerica. *Latin American Antiquity* 19:167–180.

Reents-Budet, Dorie 1994 *Painting the Maya Universe: Royal Ceramics of the Classic Period*. Duke University Press, Durham.

Renfrew, Colin 1984 *Approaches to Social Archaeology*. Harvard University Press, Cambridge.

Russell, Bradley W. 2008 *Postclassic Maya Settlement on the Rural-Urban Fringe of Mayapan, Yucatan, Mexico*. Tesis doctoral, University of Albany, State University of New York, Albany.

Schlesinger, Victoria 2001 *Animals and Plants of the Ancient Maya: A Guide*. University of Texas Press, Austin.

Schwartz, Glenn M. 2006 From collapse to regeneration. In *After Collapse: The Regeneration of Complex Societies*, edited by Glenn M. Schwartz and John J. Nichols, pp. 3-17. University of Arizona Press, Tucson.

Shaw, Justine M. 2019 Sisal, estructura N2W2-1, operación 8. En *Reporte Anual del Proyecto de Reconocimiento Arqueológico de la Región de Coahuah, Temporada 2018*, editado por Justine M. Shaw, pp.196–236. College of the Redwoods, Eureka. 2020 Sisal, operación 9. En *Reporte Anual del Reconocimiento Arqueológico de la Región de Coahuah (CRAS), Temporada 2019*, editado por Justine M. Shaw, Alberto G. Flores Colin y Alejandra Badillo Sánchez, pp.270–284. College of the Redwoods, Eureka.

Shaw, Justine M., y Alberto G. Flores Colin (editores) 2023 *Reporte Anual del Reconocimiento Arqueológico de la Región de Coahuah (CRAS), Temporada 2022*. College of the Redwoods, Eureka.

Shaw, Justine M., Alberto G. Flores Colin, y Alejandra Badillo Sanchez (editores) 2020 *Reporte Anual del Reconocimiento Arqueológico de la Región de Coahuah (CRAS), Temporada 2019*. College of the Redwoods, Eureka.

Shaw, Justine M., Thania Estefania Ibarra Narváez, y Alberto G. Flores Colin 2011 Sisal, operación 4. En *Reporte Anual del Reconocimiento Arqueológico de la Región de Coahuah (CRAS), Temporada 2010*, editado por Justine M. Shaw, pp.241–243. College of the Redwoods, Eureka.

Smith, Robert E., Gordon R. Willey, y James C. Gifford 1960 The type-variety concept as a basis for the analysis of Maya pottery. *American Antiquity* 25(3):330–340.

Smyth, Michael P. 1991 *Modern Maya Storage Behavior: Ethnoarchaeological Case Examples from the Puuc Region of Yucatan*. University of Pittsburgh *Memoirs in Latin American Archaeology* No. 3. University of Pittsburgh, Pittsburgh.

Szymanski, Jan 2010 Round structures in Pre-Columbian Maya architecture. *Polish Contributions in New World Archaeology* 2:35-71.

Terry, Richard E., Douglas A. Bair, y Eric G. Coronel 2015 Soil chemistry in the search for ancient Maya marketplaces. In *The Ancient Maya Marketplace: The Archaeology of Transient Space*, edited by Eleanor M. King, pp. 138–167. University of Arizona Press, Tucson.

Terry, Richard E., Fabiola G. Fernández, Jacob J. Parnell, y Takeshi Inomata 2004 The story in the floors: chemical signatures of ancient and modern Maya activities at Aguateca, Guatemala. *Journal of Archaeological Science* 31:1237–1250.

Terry, Richard E., S. D. Nelson, J. Carr, Jacob J. Parnell, P. J. Hardin, M. W. Jackson, y Stephen D. Houston 2000 Quantitative phosphorus measurement: a field test procedure for archaeological site analysis at Piedras Negras, Guatemala. *Geoarchaeology* 15:151–166.

Wauchope, Robert 1935 *Modern Maya Houses: A Study of Their Archaeological Significance*. Carnegie Institution of Washington, Washington, D.C.

Webster, David L. 2000 The not so peaceful civilization: a review of Maya war. *Journal of World Prehistory* 14(1):65–119.

Wells, E. Christian 2000 Pottery production and microcosmic organization: the residential structure of la Quemada, Zacatecas. *Latin American Antiquity* 11:21–42.  
2004 Investigating activity patterns in Prehispanic plazas: weak acid-extraction ICP–AES analysis of anthrosols at Classic Period El Coyote, Northwestern Honduras. *Archaeometry* 46:67–84.

Wilson, Geoff 2015 Community resilience and social memory. *Environmental Values* 24:227–257.