



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE YUCATÁN
FACULTAD DE CIENCIAS ANTROPOLÓGICAS

PROCESOS ECONÓMICOS
EN LAS TIERRAS BAJAS DEL NORTE DURANTE
EL CLÁSICO TARDÍO (550/600 - 750/800 D.C.)
UN ACERCAMIENTO TEÓRICO-METODOLÓGICO A LA
PRODUCCIÓN Y USO DE INSTRUMENTOS DE MOLIENDA
EN SIHÓ

TESIS

PARA OPTAR AL GRADO DE
DOCTOR EN CIENCIAS ANTROPOLÓGICAS

PRESENTA:

LORENZO PUJOL PIZÀ

COMITÉ DE TESIS

DRA. LILIA FERNÁNDEZ SOUZA

DR. RAFAEL COBOS PALMA
DR. ANDREA CUCINA TIDEI

MÉRIDA, YUCATÁN, MÉXICO
2018



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE YUCATÁN

FACULTAD DE CIENCIAS ANTROPOLÓGICAS

**PROCESOS ECONÓMICOS
EN LAS TIERRAS BAJAS DEL NORTE DURANTE
EL CLÁSICO TARDÍO (550/600 - 750/800 D.C.)
UN ACERCAMIENTO TEÓRICO-METODOLÓGICO A LA
PRODUCCIÓN Y USO DE INSTRUMENTOS DE
MOLIENDA EN SIHÓ**

TESIS

**PARA OPTAR AL GRADO DE
DOCTOR EN CIENCIAS ANTROPOLÓGICAS**

PRESENTA:

LORENZO PUJOL PIZÀ

COMITÉ DE TESIS

DRA. LILIA FERNÁNDEZ SOUZA

DR. RAFAEL COBOS PALMA

DR. ANDREA CUCINA TIDEI

MÉRIDA, YUCATÁN, MÉXICO

2018



UADY
UNIVERSIDAD
AUTÓNOMA
DE YUCATÁN

**FACULTAD DE CIENCIAS
ANTROPOLÓGICAS**

UNIDAD DE POSGRADO
E INVESTIGACIÓN

**FACULTAD DE CIENCIAS ANTROPOLÓGICAS
DOCTORADO EN CIENCIAS ANTROPOLÓGICAS**

NOMBRE DEL ALUMNO: LORENZO PUJOL PIZÀ

NOMBRE DE LA TESIS: PROCESOS ECONÓMICOS EN LAS TIERRAS BAJAS DEL NORTE
DURANTE EL CLÁSICO TARDÍO (550-600-750 D.C.). UN ACERCAMIENTO TEÓRICO METODOLÓGICO
A LA PRODUCCIÓN Y USO DE INSTRUMENTOS DE MOLIENDA EN SIHO

COMITÉ DE DEFENSA DE TESIS

1. DRA. LILIA FERNÁNDEZ SOUZA

2. DR. RAFAEL CÓBOS PALMA

3. DR. ANDREA CUCINA TIDEI

4. DRA. M^ª ALEJANDRA ESPINOSA VÁZQUEZ

5. DR. JAVIER REYES TRUJQUE

Agradezco el apoyo brindado por el Consejo Nacional de Ciencias y Tecnología (CONACYT) por haberme otorgado la beca N° 331881 durante el período agosto 2014-julio 2018, para la realización de mis estudios de Doctorado que concluyen con esta tesis como producto final del Doctorado en Ciencias Antropológicas de la Universidad Autónoma de Yucatán.

Declaro que esta investigación es de mi propia auditoría, a excepción de las citas de los autores mencionadas a lo largo de ella. Así también declaro que este trabajo no ha sido presentado previamente para la obtención de ningún título

Agradecimientos

A mi padre, quien desde el silencio me dio su apoyo sin pedir nada a cambio.

A mi amiga y tutora Lilia Fernández Souza que a pesar de los rocosos y a la par amenos debates, siempre aportó una duda razonable para seguir trabajando. A mi amigo Javier Reyes y su familia por su confianza y al equipo de CICORR-UAC por su acogida en Campeche. A Alejandra Espinosa, quien desde el principio me acompañó en fructíferas salidas de campo aportando detalles para una tesis mejor estructurada. Al Dr. Andrea Cucina por el aprendizaje que me ha brindado para desarrollar la metodología estadística. Al Dr. Rafael Cobos, cuyos debates y conocimientos han enriquecido el proceso de esta tesis. A mis compañeros de fatiga Andrej y Merli, conformamos una triada y una primera generación de doctorantes que nunca olvidaré. Al Dr. Barba Pingarrón y a la Red CAICPC por los medios y la confianza aportada. Al Dr. Marcos Pool Cab y a todo el personal de la Facultad de Ciencias Antropológicas de la UADY por fortalecer la base sin la cual no hubiese sido posible desarrollar esta tesis.

En memoria de Christopher Gotz, su entusiasmo y aliento fueron fundamentales.

A mi madre y hermana que, en la distancia, han soportado todo lo bueno y lo malo que ha surgido en el camino.

A mi compañera de vida, Adela Vázquez. A mi amigo Felipe Trabanino. A Josep Ligorred, Martí Coromina, Joan Serra, Guillem Tenas, Beatriz Escalante por su amistad sincera, su paciencia y por abrirme un espacio de acogida, El Casal Català de la Península de Yucatán A.C. , que ha sido testigo de este arduo proceso. A Eduardo Pérez de Heredia, Claudia García y Malen por estar siempre ahí y hacer que me sienta parte de la familia. A Juan Illescas, Rodrigo Liendo, Alejandro Ashley y Xixili Fernández.

A la comunidad de ejidatarios de Maxcanú y al pueblo de Sihó.

A todas las que, de una u otra manera, han estado acompañándonos. Gracias.

Índice

1	Introducción	15
2	Estado de la cuestión en la investigación arqueológica de las herramientas de molienda en mesoamérica	17
3	Modelos teóricos aplicados al análisis económico	21
4	Teoría para una arqueología de la producción social	27
4.1	La reproducción de las condiciones materiales (OT – FT – MT – P)	29
4.2	Marco arqueológico y etnográfico de procesos de producción y uso de herramientas de molienda. Del contexto geológico a la elaboración y uso del producto resultante	38
4.2.1	Obtención de la materia prima	38
4.2.2	Elaboración de los artefactos	39
4.2.3	Uso y mantenimiento de los artefactos	41
4.3	Objetivos de la investigación	43
5	Metodología arqueológica para el análisis funcional de los artefactos líticos	44
5.1	Sistema de catalogación de los objetos arqueológicos	46
5.2	Metodología técnica aplicada	48
5.3	Metodología estadística	49
5.4	Primer nivel de análisis: propiedades petrográficas	52
5.5	Segundo nivel de análisis: morfométrico y morfotécnico	56
5.6	Tercer nivel de análisis: experimentales de molienda y percusión	64
5.6.1	Procesos de fabricación y uso de las herramientas líticas de molienda. Del contexto geológico a la obtención de la herramienta	66
5.6.1.1	Obtención y transformación de la materia prima	67
5.6.1.2	Uso de las herramientas de molienda	70
5.7	Breve historia de las intervenciones arqueológicas en Sihó	71
5.8	El contexto cronológico y arqueológico	71
5.9	Caracterización y localización de la muestra arqueológica	72
5.10	Sistemas de muestreo y caracterización de la muestra geológica de referencia	82

6	El contexto geográfico y geofísico	85
6.1	El espacio geográfico	85
6.2	El espacio geofísico	88
6.2.1	Formaciones cretácicas	91
6.2.2	Formaciones paleógenas	92
6.2.3	Formaciones neógenas	95
7	Primer nivel de análisis: características y propiedades petrográficas de los recursos líticos de caliza	98
7.1	Análisis elementales de los circundatos, arteusos y artefactos líticos	98
7.1.1	Muestra de referencia geológica	99
7.1.2	Cantos rodados arqueológicos (materias primas, alisadores, percutores y alisadores-percutores)	100
7.1.3	Manos de metate	102
7.1.4	Metates	104
7.1.5	Maceradores	106
7.2	Los recursos geológicos secundarios	108
7.3	Comparación litológica de los recursos geológicos secundarios	117
7.4	Comparación litológica de los recursos geológicos primarios	118
7.5	La selección de las características petrográficas de las materias primas aportadas a los artefactos	120
8	Segundo nivel de análisis: morfométrico y morfotécnico de los artefactos	125
8.1	Análisis morfométrico	125
8.1.1	Metates	125
8.1.2	Manos de metate	126
8.1.3	Alisadores	127
8.1.4	Alisadores-percutores	128
8.1.5	Percutores	129
8.2	Análisis morfotécnico	130
8.2.1	Morfometrías técnicas	130
8.2.1.1	Metates	131
8.2.1.2	Manos de metate	132
8.2.1.3	Alisadores	134
8.2.1.4	Alisadores-percutores	135

8.2.1.5	Percutores	137
8.2.2	Las alteraciones funcionales	138
8.2.2.1	Alisadores	139
8.2.2.2	Alisadores-percutores	140
8.2.2.3	Manos de metate	141
8.2.2.4	Percutores	142
9	Tercer nivel de análisis: experimental	149
10	La distribución espacial de los factores de la producción	150
11	Procesos de producción y uso de los artefactos de molienda en el asentamiento de Sihó durante el Clásico Tardío (550/600 - 750/800 d.C.)	153
11.1	La explotación de las materias primas en Sihó	153
11.1.1	Recursos geológicos secundarios	153
11.1.2	Recursos geológicos primarios	156
11.1.3	Recursos geológicos de adscripción dudosa	158
11.2	La fabricación de los artefactos de molienda en Sihó	160
11.3	El uso de los artefactos de molienda en Sihó	169
12	Lugares y encuentros de los arteusos y artefactos en Sihó durante el Clásico Tardío (550/600 - 750/800 D.C.)	171
13	Conclusiones	174
14	Bibliografía	177
15	Anexos	201

Índice de tablas

Capítulo 4

1. Tiempos de trabajo para la fabricación de implementos de molienda.
2. Vida útil de los implementos de molienda.
3. Periodicidad de los trabajos de mantenimiento de los implementos de molienda.

Capítulo 5

4. Ítem de identificación funcional de los objetos arqueológicos.
5. Estados de preservación de los materiales arqueológicos.
6. Litotipos identificativos de los materiales arqueológicos.
7. Tamaño absoluto de las partículas contenidas en las rocas (TAP).
8. Concentración de partículas presentes en las rocas (CP).
9. Fórmulas de cálculo de las esfericidades de los clastos.
10. Concentraciones de partículas contenidas en los litotipos calcáreos.
11. Parámetros tridimensionales de las caras de los objetos arqueológicos.
12. Ubicación de la cuantificación tridimensional de las superficies activas de trabajo.
13. Parámetros de ubicación por caras de las alteraciones funcionales de trabajo.
- Tabla 14. Descripción de las alteraciones funcionales básicas de los objetos arqueológicos.
15. Tipología de las trazas de trabajo en los objetos arqueológicos.
16. Tipología particularizada de las fracturas y de los agregados de granos.
17. Adaptación a la escala Gpa de las durezas de los materiales experimentales.
18. Muestra numérica y proporcional de metates enteros localizados por estructuras.
19. Muestra numérica y proporcional de manos de metate localizadas por estructuras.
20. Muestra numérica y proporcional de alisadores localizados por estructuras.
21. Muestra numérica y proporcional de percutores localizados por estructuras.
22. Muestra numérica y proporcional de alisadores-percutores localizados por estructuras.
23. Muestra numérica y proporcional de maceradores localizados por estructuras.
24. Muestra numérica y proporcional de materias primas (cantos rodados y fragmentos de roca) localizadas por estructuras.

25. Muestra de artefactos y arteusos sometidos a análisis petrográficos.
26. Muestra de artefactos y arteusos sometidos a análisis morfométricos y morfotécnicos.
27. Muestra de circundatos geológicos de referencia sometidos a análisis petrográficos.
28. Coordenadas geográficas de los lugares de muestreo de los arteusos geológicos de referencia analizados.

Capítulo 7

29. Análisis de covariancia elemental sobre la muestra arqueológica y geológica.
30. Análisis univariante sobre la muestra de referencia elemental.
31. Análisis comparativo de variancia entre la muestra de la ladera oeste con las de la ladera norte.
32. Análisis comparativo de variancia entre la muestra del llano, de la ladera norte (BJ) y del sur-suroeste (S-SO).
33. Análisis de variancia poblacional del silicio sobre la muestra de rodados arqueológicos.
34. Análisis de variancia poblacional del silicio sobre la muestra de rodados arqueológicos y materiales geológicos de referencia.
35. Análisis de significancia de la variancia poblacional elemental entre la muestra geológica de referencia y la de rodados arqueológicos.
36. Análisis de variancia poblacional del silicio sobre la muestra de manos de metate.
37. Análisis de variancia poblacional del silicio sobre la muestra de manos de metates y materiales geológicos de referencia.
38. Análisis de significancia de la variancia poblacional elemental entre la muestra geológica de referencia y la de manos de metate.
39. Análisis de variancia poblacional del silicio sobre la muestra de metates.
40. Análisis de variancia poblacional del silicio entre la muestra de metates y materiales geológicos de referencia.
41. Análisis de significancia de la variancia poblacional elemental entre la muestra geológica de referencia y la de los metates.
42. Análisis de variancia poblacional del silicio sobre la muestra de maceradores.
43. Análisis de variancia poblacional del silicio entre la muestra de maceradores y materiales geológicos de referencia.

44. Análisis de significancia de la variancia poblacional elemental entre la muestra geológica de referencia y los maceradores.
45. Sumario estadístico descriptivo de los índices Cailleaux de cantos rodados arqueológicos y rodados naturales de Sihó y Ticul.
46. Análisis de significancia de la variancia poblacional entre los índices Cailleaux de cantos rodados arqueológicos y rodados naturales de Sihó y Ticul.
47. Correlación lineal entre los índices Cailleaux de los rodados arqueológicos y cantos rodados naturales de la falla de Ticul.
48. Sumario estadístico descriptivo de los índices Cailleaux de rodados arqueológicos de Sihó y Uaymil, y de cantos naturales de la playa Acapulquito.
49. Análisis de significancia de la variancia poblacional entre los índices Cailleaux de los rodados arqueológicos de Sihó y Uaymil, y los naturales de la playa Acapulquito.
50. Análisis de dependencia entre litotipos secundarios de Ticul e ítems artefactuales.
51. Probabilidad general de asociación entre proporciones de partículas y artefactos.
52. Probabilidad particular de asociación entre litotipos y artefactos.
53. Probabilidad e intensidad de asociación entre granulometrías e ítems artefactuales.
54. Probabilidad particular de asociación entre granulometrías y artefactos.
55. Micro durezas de los artefactos mediante escala Gpa.
56. Probabilidad e intensidad de asociación entre durezas e ítems artefactuales.
57. Probabilidad particular de asociación entre micro durezas y artefactos.

Capítulo 8

58. Variabilidad métrica de las morfometrías absolutas de los metates.
59. Variabilidad métrica de las morfometrías absolutas de las manos.
60. Variabilidad métrica de las morfometrías absolutas de los alisadores.
61. Variabilidad métrica de las morfometrías absolutas de los alisadores-percutores.
62. Variabilidad métrica de las morfometrías absolutas de los percutores.
63. Variabilidad métrica de las áreas activas de los metates.
64. Probabilidad de dependencia entre las áreas activas y las áreas superficiales totales de los metates.
65. Variabilidad métrica de las áreas activas de las manos de metate.
66. Sumario descriptivo y cotejo de dependencia entre la longitud de las manos y la anchura de las superficies de trabajo de los metates.

67. Variabilidad métrica de las áreas activas de los alisadores.
68. Variabilidad métrica de las áreas activas de los alisadores-percutores.
69. Variabilidad métrica de las áreas activas de los percutores.
70. Porcentajes de caras afectadas por las distintas alteraciones funcionales.
71. Análisis invariantes de normalidad de las alteraciones funcionales de trabajo de los alisadores.
72. Probabilidad e intensidad de asociación entre las alteraciones funcionales de trabajo y las caras de los alisadores.
73. Análisis invariantes de normalidad de las alteraciones funcionales de trabajo de los alisadores-percutores.
74. Probabilidad e intensidad de asociación entre las alteraciones funcionales de trabajo y las caras de los alisadores-percutores.
75. Análisis invariantes de normalidad de las alteraciones funcionales de trabajo de las manos de metate.
76. Probabilidad e intensidad de asociación entre las alteraciones funcionales de trabajo y las caras de las manos de metate.
77. Análisis invariantes de normalidad de las alteraciones funcionales de trabajo de los percutores.
78. Probabilidad e intensidad de asociación entre las alteraciones funcionales de trabajo y las caras de los percutores.

Capítulo 10

79. Probabilidad e intensidad de asociación entre los factores económicos y las estructuras.
80. Análisis invariantes de normalidad en la aparición de los factores económicos en función de las estructuras.

Índice de figuras

Capítulo 4

1. Diagrama de la producción de los artefactos líticos.

Capítulo 5

2. Método analítico-funcional.
3. Delimitación de las caras del objeto arqueológico.
4. Orientación analítica de los objetos arqueológicos.
5. Orientación analítica de los objetos arqueológicos asimétricos.
6. Orientación analítica de las áreas activas de los objetos arqueológicos.
7. Clasto calcáreo de Sihó con primera modificación mecánica.
8. Canto rodado de la playa Acapulquito.
- 9 (a, b). Implementos experimentales de molienda.
- 10 (a, b). Proceso de molienda experimental.
- 11 (a, b, c, d, f). Grupos de estructuras analizados de Sihó.
12. Metate de Sihó
- 13 (a, b). Manos de metate de Sihó.
- 14 (a, b). Alisadores de Sihó.
- 15 (a, b). Percutores de Sihó.
- 16 (a, b). Alisadores-percutores de Sihó.
17. Macerador de Sihó.
18. Canto rodado de Sihó.

Capítulo 6

19. Localización geográfica del sitio de Sihó.
20. Geomorfología de la Península de Yucatán.
21. Clasificación geológica de la Península de Yucatán.
22. Columna estratigráfica de la Península de Yucatán.

Capítulo 7

23. Análisis de componentes principales elementales.
24. Análisis de componentes principales elementales entre la muestra de rodados arqueológicos y la de referencia geológica.
25. Análisis de componentes principales elementales entre la muestra de manos de metate y la de referencia geológica.
26. Análisis de componentes principales elementales entre la muestra de metates y la de referencia geológica.
27. Análisis de componentes principales elementales entre la muestra de maceradores y la de referencia geológica.
- 28 (a, b). Izquierda (a): vista de pájaro de la zona del muestreo Howard. Derecha (b): corte vertical en el punto de muestreo.
- 29 (a, b). Izquierda (a): general del área del muestreo Howard. Derecha (b): detalle del área del muestreo.
- 30 (a, b). Cantos rodados aluviales de Sihó usados como *manuports*.
31. Relación proporcional entre cantos rodados naturales y clastos angulosos de la falla de Ticul.
32. Comparaciones métricas absolutas entre clastos angulosos y cantos rodados naturales de la sierra de Ticul y de Sihó.
33. Correlación gráfica entre índices de esfericidad de cantos rodados arqueológicos de Sihó y cantos geológicos de Ticul.
- 34 (a, b). Canto rodados arqueológicos (*manuports*) de playa.
- 35 (a, b). Izquierda (a): depósito geológico secundario de playa. Derecha (b): afloramiento conglomerático primario.
36. Correlación gráfica entre índices de esfericidad de los cantos arqueológicos de Uaymil y Sihó, y los rodados de la playa Acapulquito.
37. Correlación gráfica porcentual entre litotipos secundarios de Ticul y los rodados arqueológicos de Sihó.
- 38 (a, b, c, d). Comparación petrográfica entre metates y materiales de referencia del de Sihó.
39. Análisis de dispersión entre proporciones de partículas y artefactos.
40. Análisis de dispersión entre tamaños de partículas y artefactos.

Capítulo 8

41. *Box plot* descriptivo de las frecuencias métricas absolutas de los metates.
42. *Box plot* descriptivo de las frecuencias métricas absolutas de las manos de metate.
43. *Box plot* descriptivo de las frecuencias métricas absolutas de los alisadores.
44. *Box plot* descriptivo de las frecuencias métricas absolutas de los alisadores-percutores.
45. *Box plot* descriptivo de las frecuencias métricas absolutas de los percutores.
46. *Box plot* descriptivo de las frecuencias métricas de las áreas activas de los metates.
47. Histograma de distribución de frecuencias métricas de las áreas activas de los metates.
48. *Box plot* descriptivo de las frecuencias métricas de las áreas activas de las manos de metate.
49. *Box plot* de comparación entre la longitud de las manos y la anchura de las superficies de trabajo de los metates.
50. *Box plot* descriptivo de las frecuencias métricas de las áreas activas de los alisadores.
51. *Box plot* descriptivo de las frecuencias métricas de las áreas activas de los alisadores-percutores.
52. *Box plot* descriptivo de las frecuencias métricas de las áreas activas de los percutores.

Capítulo 9

- 53 (a, b, c). Trazas experimentales de uso por percusión.
- 54 (a, b). Trazas experimentales de uso por percusión.
- 55 (a, b, c, d). Trazas arqueológicas de uso por percusión.
- 56 (a, b). Trazas experimentales de producción por percusión.
- 57 (a, b, c). Trazas arqueológicas de producción por percusión.
58. Trazas de uso durante la molienda experimental.
59. Trazas de uso durante la molienda experimental.
- 60 (a, b). Trazas arqueológicas de uso mediante molienda.

Capítulo 10

61. Localización por estructuras de los factores económicos.

Capítulo 11

62. Localización de los depósitos geológicos secundarios de Bioclastos Seyba.

63 (a, b). Fuentes de recursos geológicos primarios.

64. Modelo *site catchment* de las áreas de apropiación de recursos líticos de Sihó.

65 (a, b). Herramientas de pedernal para el ciselado de soportes líticos.

66 (a, b). Artefacto alisador con aparentes modificaciones funcionales.

67 (a, b). Metate y detalle de superficie pasiva lateral.

68. Metate con superficies pasivas pulidas.

69 (a, b). Alteraciones por fractura (preforma de mano).

70. Alteraciones por piqueteado (preforma de mano).

71. Alteraciones por pulido o alisado (preforma de mano).

1 Introducción

Las categorías de análisis tienen que desarrollarse como un instrumento teórico-metodológico que nos dote de una capacidad explicativa, ligándonos a lo que el objeto como unidad de análisis, experimentó a lo largo de su proceso de fabricación, distribución y uso. Esta concepción nos lleva a la inevitabilidad del estudio económico utilizando unidades de análisis que nos permitan una mayor comprensión de las dinámicas en las que las sociedades del pasado se vieron envueltas.

El camino que hemos escogido se centra en una propuesta metodológica basada en el desarrollo de unas categorías económicas que se hacen eco del dinamismo material de la reproducción de las condiciones sociales. Lo que buscamos es reflejar la ubicación que estas categorías teóricas ocupan en el desarrollo de la reproducción social, es decir, la manera en que se organizan en cuanto a objetos, sujetos a relación. Para posibilitar la explicación de dicha relación creemos necesario el análisis funcional de las propiedades materiales (variables independientes) intrínsecas de los objetos arqueológicos sujetos a estudio, ya que creemos que estas propiedades dan cuenta de ellos como medios de trabajo. A nuestro entender se trata de propiedades objetivas efectivas de una herramienta consideradas por la sociedad en un sentido económico. Las características físicas que estos instrumentos desarrollan en su proceso de producción y de uso (efectividad tecnológica y trazas consecuentes) tienen que ver, a nuestro entender, con las propiedades independientes de las materias. Las trazas consecuentes son observables de forma empírica y tenemos que desarrollar experimentalmente la efectividad para sugerir propuestas o modelos de productividad económica. Estos análisis se tendrán que imbricar a nivel metodológico con las relaciones materiales que los objetos arqueológicos -desde las materias primas hasta los artefactos- adoptan en el espacio y en el tiempo.

La propuesta de un planteamiento metodológico en un proceso de investigación tiene que desarrollarse dentro de un cuadro epistemológico que conciba a nivel teórico los alcances inferenciales para una objetivación de la cosa analizada como un marco límite a los errores de la comprensión. El objetivo metodológico en su caso, no reside en la búsqueda de certezas, sino más bien en aproximaciones probabilísticas que reduzcan las accidentalidades azarosas causadas por nuestra percepción.

El estudio de la industria lítica tiene que ir dirigido a establecer las relaciones materiales que la hicieron posible, en lo que concierne a la distribución locacional

técnica o división técnica del trabajo, adoptada por los objetos en el proceso de producción. En este sentido hay que dotarnos de un espectro de cualidades contempladas como variables independientes que nos sirvan para una contrastación entre datos. Los análisis petrográficos para el estudio funcional de la industria lítica van encaminados en ese sentido. La naturaleza petrográfica de un artefacto lítico materializa su capacidad de transformación sobre otras materias y en cada una de las etapas de trabajo en la que participa. De tal manera que, a través del análisis funcional de la industria lítica de los contextos arqueológicos y sus interacciones, queremos indagar sobre los procesos de trabajo implicados en la fabricación de los instrumentos de molienda en Sihó, durante el Clásico Tardío.

2 Estado de la cuestión en la investigación arqueológica de las herramientas de molienda en mesoamérica

En la arqueología mesoamericana, los estudios enfocados en las estrategias de producción, uso y distribución de herramientas de molienda (Clark 1989; Del Águila Flores 1993; García 1967; Hayden 1987; Horsfall 1987; Nelson 1987; Rathje 1980; Spink 1986; Rodríguez-Yc 2013; Searcy 2005; Ward 2013; Yacubic 2014) han tenido un menor desarrollo en comparación a los estudios de los instrumentos líticos tallados de sílex u obsidiana (Aoyama 1993, 1999, 2000, 2001, 2007, 2009; Braswell 1997; Braswell y Glascock 1998; Clark 1981, 1982, 1988, 1989; Crabtree 1968; Dockall y Shafer 1993; Hirth 2009, 2011; Moholy-Nagy 1990, 2003; Pastrana 1986, 2011; Shafer y Hester 1991; Sidrys *et al.* 1976). Tampoco han sido muchas las investigaciones (Hirth 2009, 2011) que reflejen las condiciones sociales del trabajo en las actividades de la producción lítica.

Respecto a la Península de Yucatán y el resto del área maya, estos estudios aún están por realizarse para muchos de los sitios registrados en el territorio; aún con este vacío de documentación se pueden destacar numerosos estudios que empezaron a hacerse eco sobre este tipo de industria. Los primeros análisis realizados sobre instrumentos de molienda en el área maya fueron llevados a cabo por Gustav Stromsvik en la década de los años treinta del siglo XX en Chichén Itzá (1931) y Calakmul (1935). Básicamente se trató de análisis descriptivos y clasificatorios de las herramientas de trabajo de molienda con los que se intentaría establecer alguna delimitación cronológica de los sitios. Esta tendencia seguiría a lo largo de los años cuarenta y cincuenta, con trabajos en Uaxactún (Kidder 1947) o Piedras Negras (Coe 1959), aportándose algunas inferencias de carácter económico en alusión a la función base a la forma de las herramientas de molienda. En los años sesenta y setenta le siguen otros estudios tipológicos y descriptivos de Tatiana Proskuriakoff (1962) de metates de Mayapán; estudios morfológicos como los de Willey (1972) y Willey *et al.* (1965) en Bartron Ramie (Belice) y en Altar de los Sacrificios (Guatemala), de Miller (1972) en Tulum y Tanach o estudios morfo-funcionales como los de Garduño (1974) en Cobá. En la década de los ochenta del siglo XX en adelante, empezaron a realizarse estudios morfométricos y contextuales más sistemáticos, como los de Ruiz Aguilar (1986) en Tikal, de Maldonado (1984, 1995) en Aké y Ucanhá o de Cervera (1996) en Isla Cerritos, con aportaciones de carácter socio-económico. Maldonado desarrollaría

categorías de edificios en relación al número de metates localizados, tratándose de los primeros intentos de desarrollar alguna explicación de carácter económico en relación al uso y distribución de los metates en contextos habitacionales para Yucatán. Le siguieron otros trabajos de Gallareta (1984) en Cobá (Quintana Roo), Rathje (1980) en Piedras Negras y Calakmul, Clark (1988) en La Libertad (Chiapas), Horsfall (1987) en Guatemala o Spink (1986) en Copán (Honduras), que también documentarían regularidades morfométricas de los metates vinculándolos a su función contextual y/o al estatus social.

A partir de los años ochenta empezaron a desarrollarse los análisis traceológicos para el área mesoamericana (Clark 1988, Hayden, ed. 1987; Mirambell 1994), con algún precursor en la segunda mitad de los sesenta (Mirambell 1964) contemporáneo a la primera publicación de “La tecnología prehistórica” de Semenov (1981[1964]). Estos estudios se complementarían con otros realizados para el suroeste de los Estados Unidos (Adams 1988, 1989, 1993, 1999, 2002), en el contexto de los debates tecno-metodológicos de consolidación de la disciplina entre Keeley (1974) y Tringham et al. (1974) por la viabilidad de los métodos de observación microscópica: altos *versus* bajos aumentos. Las consecuencias de tales debates se centrarían en la fiabilidad de los micro pulidos como herramienta de identificación funcional, destacando la necesidad de buscar variables causales de las huellas en los procesos de corte, abrasión o percusión, su descripción y la cuantificación de sus rasgos (Martín 2008). Para el contexto maya tenemos ejemplos en trabajos sobre elaboración y uso de artefactos de talla, molienda o percusión, del sitio de La Libertad en Chiapas (Clark 1988). También los de Hayden (ed. 1987) sobre producción y función de instrumentos de molienda en Guatemala. Son de consideración los estudios de Adams (1988, 1989, 1993, 1999, 2002), por su desarrollo metodológico de observación empírica de las trazas de trabajo sobre artefactos arqueológicos de molienda y su análisis experimental y comparativo mediante metates replicados. Todas estas investigaciones se apoyarían en variables contextuales y formas de uso detectadas a nivel etnológico.

Varios investigadores (Nelson 1987; Clark 1988, 1989; Braswell 1997; Braswell y Glascock 1998) abordaron el estudio tecnológico de los desechos de talla para comprender cómo se llevaban a cabo los procesos de producción y uso del instrumental lítico en el desarrollo de las cadenas operativas implicadas. Estudios realizados en el sitio del Clásico Tardío de San Martín Jilotepeque (Guatemala) o en el Colhá (Belice) del Postclásico Temprano (Braswell 1997; Braswell y Glascock 1998) pusieron en

evidencia la necesidad de un estudio integral de los procesos y resultados del trabajo, tanto a nivel de los artefactos elaborados como en el caso de los desechos de talla. Estos autores han enfatizado la importancia del análisis funcional y contextual de los restos de actividad lítica determinando, en muchos ejemplos observados, su reformatización como preforma objeto de trabajo o su reuso como instrumento. Braswell (1997) recalca la imperiosa necesidad de recolectar y clasificar toda la materia lítica, ya que para la comprensión de la secuencia operativa de las actividades de reducción, es tan importante el estudio funcional de los instrumentos formatizados como el de los desechos y su relación espacial.

Cabe comentar distintos trabajos con carácter contextual y morfo-funcional como los de Del Águila Flores (1993) en Balberta y el Anonal, los de Kaneko (2003) en Yaxchilán (Chiapas), los de Delu (2007) en Cayo Coco (Belice), los de Glynn (2011) en Santa Rita Corozal (Belice), los de Morán (2012) en Cotzumalguapa (Guatemala), los de Ward (2013) en Pacbitun (Belice), los de Vargas (2010) en el sitio de Cerro Barajas (Guanajuato), los Yacubic (2014) en Zacpetén (Guatemala), los de Mijangos (2014) en Salinas de los Nueve Cerros (Guatemala) o los Searcy (2005) en Cerén (Salvador) con algunas aportaciones experimentales.

Con el cambio de siglo ha habido un incremento de los análisis contextuales y tecnológicos sobre instrumental de molienda en contextos arqueológicos de las tierras bajas mayas del norte de Yucatán: Götz (2001, 2005) en Dzibilchaltún, Komchén, Xcambó, Misnay y Kaua; Carrillo (2004) en Labná; Pat (2006); Peniche y Fernández (2004) y Fernández (2010) en Sihó. El objetivo de estos estudios ha sido el de realizar una comparación contextual entre los metates registrados en áreas de los distintos yacimientos, en función del tipo de estructura a la que estaban asociados. Proponen un método para distinguir contextos primarios de actividad de molienda de los que no lo son, mediante un análisis del estado de fragmentación, de la posición y la ubicación de los instrumentos en el espacio. Según estos investigadores, este método plantea la posibilidad de considerar determinadas estructuras con asociación de artefactos de molienda, como estructuras de trabajo más o menos especializadas.

Estos estudios ponen el acento en que estas áreas de actividad de molienda y su producción están relacionadas con estructuras definidas como unidades de habitación y con las necesidades básicas de consumo alimentario de la unidad doméstica. Sin embargo, la variedad de estructuras que los autores (Carrillo 2004; Fernández 2010; Götz 2001, 2005; Pat 2006) han documentado y la gran cantidad de instrumentos de

molienda de tamaño significativo con elevados grados de desgaste, formando contextos primarios, parece que pueden apuntar a considerables grados de producción o a largos periodos de ocupación. La cantidad de artefactos y arteusos en un área de actividad está relacionada con el volumen de producción y tiene implicaciones directas en la evaluación de la cantidad de especialización y de la fuerza de trabajo necesaria para operar con estos medios de producción (Risch 1995, 1998) en unos tiempos determinados de ocupación. A esta ecuación habría que añadirle los índices de desgaste del soporte material de las herramientas y habría que esperar, según la temporalidad de la ocupación, que existiera una menor variabilidad en las alteraciones de los instrumentos de trabajo en ocupaciones de corta duración (Nelson y Lippmeier 1993; Risch 1995, 1998; Schlanger 1991). A parte de la temporalidad de la ocupación, consideramos importante la relación con la propia intensidad de la producción y que se refleja en los tiempos de uso continuo del instrumento, factor que podemos aproximar hipotéticamente mediante experimentación y cotejo etnográfico.

El panorama de estudios sobre producción, uso y distribución de artefactos de molienda en contexto mesoamericano se ha visto ampliado por numerosas investigaciones realizadas al suroeste de los Estados Unidos y Norte de México. Ejemplos son los estudios de Nelson y Lippmeier (1993) que relacionan pautas de ocupación y usos del suelo con la morfometría de los artefactos de molienda de distintos sitios, de Palomas Creek (Nuevo México), del 600 al 1200 a.C.; los de Stone (1994), Fratt y Biancanello (1993) o Bostwick y Burton (1993), enfocados en las estrategias de apropiación y maximización de recursos líticos en sitios del Clásico Hohokam (1150-1450 a.C.) de la Cuenca de Phoenix (Arizona) o de Homol'ovi III en la cuenca del Pequeño Río Colorado (Arizona); las investigaciones de Van Pool y Leonarde (2002) sobre estrategias de producción especializada de metates en la región de Casas Grandes al norte de Chihuahua (México), durante el período Medio (1200-1450 a.C.); estudios de Mauldin (1993) sobre la relación entre morfometría de los artefactos de molienda y la intensificación de la agricultura en sitios de Pine Lawn Valley en Nuevo México; o análisis experimentales de forma-función en procesos de molienda de alimentos y sobre estrategias de subsistencia en el centro (Wright 1993) y suroeste de los Estados Unidos (Adams 1988, 1989, 1993, 1999, 2002), etc.

3 Modelos teóricos aplicados al análisis económico

Desde la arqueología espacial se han desarrollado distintas hipótesis centradas en las relaciones que las comunidades humanas establecen con su entorno ambiental y entre ellas mismas. David Clarke (1977) conceptualizó a nivel metodológico, distintos niveles de análisis de las relaciones humanas en el espacio: macro (región), semi-micro (sitio y entorno circundante) y micro (interno al sitio).

Desde la Nueva Arqueología se plantearon algunos modelos a nivel macro, como la Teoría del Lugar Central (Crumley 1979) mediante la aplicación de mallas hexagonales o los fundamentados en polígonos de Thiessen (Renfrew 1976) mediante trazados perpendiculares en los puntos medios entre sitios. En ambos casos se buscaría determinar las áreas de influencia económica y política entre los sitios, desde una óptica de organización estructural jerarquizada de los territorios, aunque de forma más evidente en la Teoría del Lugar Central (Zapatero y Burillo 1988).

De un nivel macro a micro, Schiffer (1990), preguntándose sobre la variabilidad arqueológica en los sistemas culturales del pasado, desarrolló un modelo integral que enfatizaba los procesos de producción de los artefactos, en un contexto sistémico, pasando por la obtención de las materias primas, manufactura de los artefactos, uso, mantenimiento y abandono. El transporte y el almacenamiento de los objetos serían actividades que conllevan un traslado temporal y espacial, y que pueden darse aisladamente o de forma combinada, en y con los procesos implicados. El contexto sistémico se centraría en el estado de un elemento que participa de un sistema conductual y el contexto arqueológico describe los materiales que han pasado por un sistema cultural determinado. En una línea parecida, Schlanger (1991) usa el concepto de cadena operativa teorizado por Leroi-Gourhan en los años 40 del siglo XX, interesado por la conducta humana en sus vertientes técnicas, económicas y sociales (Risch 1995). En la cadena operativa, la sucesión de fases técnicas también arranca de la explotación de las materias primas líticas hasta el abandono del artefacto, y metodológicamente la reconstrucción de estas operaciones se desarrolla base a la experimentación y su análisis contextual.

El análisis espacial también puede vincularse a la teoría del diseño eficiente (Adams 1993, 1999, 2002; Horsfall 1987, Nelson y Lippmeier 1993; Stone 1994), con una premisa básica según la que las herramientas se fabrican para solucionar necesidades funcionales emanadas de la economía, de la política o de otras relaciones sociales

(Adams 2002). Las necesidades funcionales ya estarían implicadas desde la obtención de la materia prima, en cuanto a sus propiedades, pasando por la elaboración del artefacto, por su eficiencia en el uso y por su durabilidad (Nelson y Lippmeier 1993; Stone 1994). Según estos autores, un diseño eficiente puede mejorar las prestaciones de una herramienta, con la posibilidad de reducir los tiempos invertidos en los procesos de uso en función del resultado obtenido y en el mantenimiento del instrumento. Consecuentemente, un diseño eficiente de las herramientas también condicionaría la necesidad de obtención de materias primas y los tiempos de trabajo implicados. En este caso, la experimentación arqueológica (Adams 1988, 1989, 1993, 1999, 2002) y el análisis contextual (Adams 1988, 1989, 1993, 1999, 2002; Horsfall 1987, Nelson y Lippmeier 1993; Stone 1994), también se ejecutan a nivel metodológico.

Otros modelos a nivel macro y semi-micro, dentro del *Site Catchment Analysis*, han tratado de establecer vinculaciones entre los asentamientos y la productividad económica del territorio (Zapatero y Burillo 1988), introduciendo variables temporales vinculadas a distancias geográficas. Por ejemplo, Pètrequin y Jeunesse (1995) o Grooth (1994), han planteado ratios espaciales concéntricas de explotación de materias, desde los sitios o punto central donde tiene lugar la transformación de los arteusos y el uso de los artefactos. El primer intervalo de captación implica un área hasta unos 10 km del sitio (*site territory*), que puede ser recorrida caminando en dos horas aproximadas. Esta franja hipotética formaría parte del territorio vinculado directamente con el sitio y añade sus áreas inmediatas. Una segunda zona de acción abarca de los 10 km hasta los 30 km y puede ser compartida por varias comunidades (*home range*). Estas distancias también pueden alcanzarse a pie en una jornada de seis a ocho horas.

No obstante, estos modelos como en los anteriores, han presentado deficiencias relacionadas con la “representatividad de los datos, sincronía y rango de los asentamientos” (Zapatero y Burillo 1988: 56), sin tener en cuenta factores de decisión o intencionalidad social (Risch 1995) y en los que es difícil establecer los dinamismos históricos de las relaciones humanas. A pesar de su intento por comprender los procesos de formación del registro arqueológico, desde la explotación de las materias primas hasta el abandono, y que se tiene en cuenta la selección social y sus prioridades, en forma de soluciones conductuales satisfactorias ante determinadas contingencias ambientales o políticas (Horsfall 1987), ésta se sigue limitando a un abanico determinado de factores cartesianos. Estos se expresarían por la lejanía a las áreas de explotación de materias primas o por las dificultades en forma de costes que sostiene la

producción. En este caso, la distancia entre asentamientos y fuentes o las características geomorfológicas (topografía, orografía, etc.) de los territorios, se mantienen como causa independiente del incremento de los costes de producción, resultando determinante en la selección de los materiales y en sus procesos de transformación por parte del grupo. De tal modo que el desarrollo tecnológico se sigue manifestando funcional y racionalmente, como el sistema adaptativo de una cultura a su medio ambiente, y sin desarrollar de forma clara la manera ni las causas con la que esta variabilidad artefactual se vincula a factores sociales, económicos, culturales o individuales (Risch 1995).

Otros preceptos teórico-metodológicos se han relacionado a modelos económicos de rango medio o *Site Catchment*, como el comentado, intentando desarrollar hipótesis que aporten datos vinculados a decisiones sociales sobre la captación de los recursos líticos. El modelo se centra en los diferentes niveles de asequibilidad social de los recursos en un territorio geográfico y se desarrolla como una relación entre su disponibilidad y su selección social. De tal forma se trataría de una escala de probabilidades, más que de certezas sobre los lugares de extracción de materias primas (Risch 1995, 1998; Risch y Martínez Fernández 2008), basándose en cotejos entre las propiedades petrográficas de los artefactos arqueológicos y de las rocas naturales disponibles en el entorno. Otro factor de importancia es que a este modelo o precepto metodológico se le pueden insertar factores físicos (distancias), geomorfológicos (topografía, orografía, etc.) o temporales, con dependencia de las variables estrictamente arqueológicas y manifestadas por las propiedades intrínsecas de los materiales seleccionados.

A pesar de las diferencias y limitaciones metodológicas, y de forma más o menos directa, de todos estos modelos se sustrae una premisa compartida por nosotros con ciertos matices; por un lado que los procesos de producción adoptan una magnitud holística partiendo de la explotación de las materias primas hasta el descarte de los artefactos una vez amortizados y que las comunidades humanas asentadas en un territorio explotan y usan materiales naturales disponibles en su entorno. Nosotros a ello le añadiríamos que su explotación se da, siempre y cuando estos materiales aporten cualidades funcionales determinadas por sus características petrográficas intrínsecas, seleccionadas a nivel social. Base a esta premisa de la selección, se contempla la posibilidad de otras formas de adquisición de objetos valorados por sus cualidades, como el intercambio, los regalos, tributos, etc., tratándose de relaciones sociales de distribución que pueden llegar a transformar ciertas relaciones de producción en determinadas condiciones históricas. No obstante, esto no pone en duda la necesidad de

una apropiación social previa de las materias (Risch 1995) en un u otro contexto de producción que intervenga en la distribución de éstas. Consecuentemente, estas situaciones particulares tendrán que ser determinadas previamente desde la arqueología y categorizadas mediante la teoría económica.

Desde distintos campos de los estudios sociales, Childe (1935, 1951) y Durkheim (1933) consideraron que la producción artesanal especializada actuaba como un indicador de la sociedad compleja. Para Childe, una actividad artesanal a tiempo completa se reflejaba en una economía urbana que integraba áreas rurales y ciudades. Durkheim consideraba que los trabajos artesanales especializados estimulaban la interdependencia y solidaridad social. Todos estos procesos conllevarían un aumento en la productividad económica que liberaría fuerza de trabajo para destinarla a actividades distintas en forma de especialización artesanal, generándose transformaciones en la organización de la sociedad en forma de división del trabajo. Estos cambios se manifestarían en la apropiación y acumulación de riqueza por parte de determinados sujetos, tratándose de incentivos que catapultarían el desarrollo económico de la sociedad.

Desde planteamientos similares, Kenneth G. Hirth (2009, 2011) desarrolla dos hipótesis basadas en las categorías económicas del productor y del producto. Según la primera y para el artesanado mesoamericano, el limitado sistema de mercados, el coste energético del transporte de productos o los beneficios marginales, fueron factores que determinarían la transformación de la actividad económica doméstica en la que éste se sustentaba. Según este enfoque, el artesanado no sería especializado, con una producción a tiempo parcial y en conjunto con el resto de prácticas económicas domésticas. Más que una especialización individual, se trataría de la habilidad individual de un agente dedicado a una actividad en particular y que cuando termina, regresa al resto de obligaciones comunitarias (Hagstrum 2001).

Base a la premisa del producto, la especialización artesanal mesoamericana se destinaría a la producción de bienes para el intercambio y no tanto para el consumo doméstico (Clark 1995; Costin 1991; Hirth 2009, 2011; Manzanilla 2009). El trabajo se basaría en la relación entre productores y consumidores, en el lugar donde se lleva a cabo y en la forma de circular los productos. La relación entre productores y consumidores se manifestaría en una interdependencia entre los conjuntos domésticos, como reflejo de la solidaridad orgánica de Durkheim (1933). Esta relación se puede

vincular a la integración que Childe (1935, 1951) plantea, para una economía urbana compleja entre áreas rurales (productoras) y ciudades (consumidoras).

Hirth (2011) establece una distinción entre la producción para uso y la producción para el intercambio. La primera manifiesta la producción *ad hoc* que satisface las necesidades individuales, y la segunda es la producción artesanal especializada destinada a la venta o al intercambio. Considera que es difícil establecer un correlato directo entre lo que sería una producción especializada y una de utilitaria con el registro material disponible, aunque según Clark (1989), la escala cuantitativa de la producción puede plantearse como un factor diferenciador entre ambas. Por otro lado, los productos fabricados por especialistas tienden a una mayor estandarización morfológica que los que no lo están (VanPool y Leonard 2002).

Otros han tratado de solventar esta dicotomía (Costin 1991; Costin y Hagstrum 1995; Rice 1991; VanPool y Leonard 2002: 713; Hirth 2006, 2011), contemplando la especialización como un intervalo entre productores no especialistas que manufacturan para su propio uso, a productores especialistas que elaboran bienes para un grupo específico de consumidores. Según VanPool y Leonard (2002) las variaciones en los atributos que condicionan la utilidad de las herramientas son menores cuando los especialistas producen herramientas para el intercambio, que cuando las producen para sí mismos. De tal forma que la estandarización de los artefactos se presenta como un continuo definido por una tendencia hacia una homogeneidad morfológica (Rice 1991; VanPool y Leonard 2002): 1. Estandarización como resultado (uniformidad en acto) *en cuanto al valor de producción aportado en la fabricación del artefacto*¹. 2. Estandarización como proceso (desarrollo de la uniformidad a lo largo del tiempo), *en forma de valor de uso particularizado a una actividad concreta que modifica el artefacto de manera regular o estandarizada*².

En la primera situación, la especialización no implica de forma directa la elaboración o el uso de medios de trabajo estandarizados; no está determinada exclusivamente por el proceso de producción, y también se desarrolla como manifestación fenomenológica en la que intervienen aspectos ideonormativos o estéticos (Nelson y Lippmeier 1993; Risch 1995) plasmadas en el producto. Estos aspectos son los que más intervendrán en el nivel de estandarización morfométrica, haciendo variar de tal modo la dimensión económica de la estandarización de la producción (Risch 1995).

¹ Las cursivas son nuestras.

² Las cursivas son nuestras.

En la segunda, la estandarización de la función únicamente se puede vincular a los medios instrumentales, por eso y a diferencia de los productos de consumo, son los más adecuados para determinar la especialización del trabajo (Rich 1995), aunque su identificación como instrumentos específicos (Clark 1989) o estandarizados (Rich 1995), no implica directamente una división social del trabajo. En este sentido, la hipótesis de la estandarización de VanPool y Leonard (2002) no puede ser aplicada a atributos intencionalmente estandarizados, y por sí sola aunque se aplique sobre atributos afectados por la estandarización mecánica, no es suficiente para estimar la organización especializada de la producción. Necesitaremos establecer la relación contextual de estos medios de trabajo en los espacios de producción (Clark 1981, 1989), la estandarización de dichos espacios y su relación con el grado de estandarización funcional de los instrumentos contenidos, así como su relación con los espacios de distribución y consumo (Clark 1989). Además será pertinente establecer las transformaciones en el tiempo de estos medios (herramientas y espacios de trabajo), para intentar determinar si se está dando un cambio hacia una división social del trabajo y la producción de plusvalía (Risch 1995).

4 Teoría para una arqueología de la producción social

En un sentido epistemológico pensamos que hay que apostar por una integración dialéctica entre el proceso histórico y la forma de abordar el conocimiento: el camino que tiene que tomar el desarrollo teórico-metodológico de las categorías analíticas que usamos para explicar los procesos de reproducción social y la propia dinámica dialéctica que adopta la transformación de las condiciones objetivas.

Creemos que los objetos arqueológicos adoptan una doble dimensión de análisis y resultan sujetos u objetos, según se plantee el orden dialéctico de la relación en la que están inmersos: de fuera hacia dentro juegan como sujetos ensimismados, determinados a una acumulación histórica de transformaciones materiales; de dentro hacia fuera, para sí mismos se comportan como objetos de relación implicados en procesos relacionales del devenir social. El objeto como sujeto se desarrolla como manifestación de lo fenomenológico concreto, emanado de las relaciones materiales que lo dotan de cualidad o valor social; el objeto como objeto es en su relación absoluta con las características independientes de la materia³ que lo hacen apropiado para variadas funciones en uso y en relación con otros objetos.

La particularización del objeto se da como “la síntesis de determinaciones múltiples o unidad de lo diverso” (Marx 1989[1857]: 21) y que a nuestro entender se encuentra detrás del origen del concepto. En sí mismo como síntesis y para sí mismo como antítesis de otras determinaciones en el proceso de producción de la materialidad y de la gestación del conocimiento. De igual forma que en sociedad producimos objetos y sujetos, producimos ideas y conceptos. Ideas, sujetos y objetos cargados de determinaciones múltiples y que, como productos y productores en palabras de Kosik (1967[1963]: 12), “se diluyen, pierden su fijeza, su naturaleza y su pretendida originariedad, para mostrarse como fenómenos derivados y mediatos, como sedimentos y productos de la praxis social de la humanidad”. En esta praxis social es donde radica la reproducción de las condiciones objetivas y las subjetivas.

En esa determinación acumulada en los objetos nos enfrentamos con la objetivación misma de las relaciones sociales (Lull 2005), en un encuentro con objetos determinados que se desarrollan como sujetos de determinación de otras relaciones, pues “habilitan gestos, pensamientos y acciones que marcarán el rumbo y la instrucción de nuevas

³ En nuestro sujeto de estudio se concretan como las propiedades petrológicas de los instrumentos de trabajo de percusión y abrasión.

manos y pensamientos” (Lull 2005: 8). Ambas afirmaciones expresan esta dialéctica manifiesta de los objetos en el devenir de la producción global y se aproximan a Marx (1989[1857]: 188, 189) cuando escribió, en su “Contribución crítica de la Economía política”, sobre la unidad de la producción como proceso y acto incesante en el que el productor se desenvuelve como producto y el producto como productor, en forma de unidad de contrarios.

Con estos postulados nos queremos acercar a la alteridad del proceso material y de conocimiento hacia lo concreto mediante la relación efectiva y dinámica entre los objetos u objetivos, con el resto de los sujetos -de análisis-, y viceversa. Creemos que aquí reside lo que Kosik (1967[1963]: 13) define como “el mundo de la praxis humana”, una forma de aprendizaje de la realidad social para transformarla en base a la unidad no identitaria entre el objeto y el sujeto.

El despliegue metodológico en un proceso de estudio de las fuentes arqueológicas tiene que reflejar el desarrollo de mecanismos que aúnan de forma sintética las categorías analíticas expresadas por y para los objetos sujetos a observación. Las variables de análisis que determinan los artefactos arqueológicos en sí mismos (morfología) resultan dependientes como factores de su propia caracterización particular (función), por lo que su correlación directa no será válida, ya que caemos en el riesgo de una tautología al tratarse de una relación entre dos fenómenos particulares. Apostamos por una pesquisa de correlatos mediante variables independientes que dimensionen al objeto para sí mismo en sus planos de expresión material pero que no estén fenomenológicamente contenidos en el artefacto en sí. De tal modo, hay que ubicarse en factores que manifiestan una alteridad objetiva de las distintas propiedades materiales y características físicas contenidas en los artefactos previos a su expresión fenomenológica pero que, sin embargo, den cuenta de ella. La selección de estas propiedades objetivas de los materiales dota de sentido económico a la producción de artefactos en las prácticas sociales. De tal manera que nos queremos acercar metodológicamente a la descomposición de la *cosa* sujeta a estudio, acogiendo los planteamientos teórico-filosóficos desarrollados por Kosik en la “Dialéctica de lo concreto” (1967[1963]). Se trata de la disección analítica y experimental de los materiales arqueológicos sujetos a estudio en sus expresiones materiales y fenomenológicas emanadas, que se concretizan en su producción y que, sin embargo, se pueden ver alteradas por el uso. Así mismo se trata del análisis de las propiedades

funcionales que otorgan las características independientes de los materiales y que condicionarán la fabricación y la utilidad de los artefactos en otros procesos de producción.

4.1 La reproducción de las condiciones materiales (OT – FT – MT – P)

“La producción en general es una abstracción, pero una abstracción racional en la medida en que destaca efectivamente los rasgos comunes, los fija y de este modo nos libra de la repetición. Sin embargo, ese carácter general o esos rasgos comunes que permiten destacar la comparación, forman ellos mismos un conjunto muy complejo cuyos elementos divergentes revisten determinaciones diversas. Estos caracteres pueden pertenecer a todas las épocas o ser comunes sólo a algunas”. (Marx 1989[1857]: 137).

Toda sociedad está constituida de hombres y mujeres (sujetos) y objetos (Castro *et al.* 1996; Lull 2005, 2007; Lull y Micó 2007) representantes de las fuerzas productivas (FFPP) o condiciones objetivas (materiales). Sujetos y objetos se relacionan mutuamente, reproduciendo las condiciones que dotan de contenidos y posibilidades materiales al mismo devenir social. “Son a la vez causa y consecuencia” (Lull y Micó 2007: 241) de las mismas condiciones objetivas que los generaron. Un Marx joven aún, apuntaría en esa dirección cuando afirmaba que la producción materializaba objetos para el uso y consumo de los sujetos, así como de sujetos que darían cuenta de los objetos (Marx 1989[1857]). También cuando ponía las condiciones objetivas en la base de toda reproducción social, al manifestar que el punto de partida estaba en “la producción socialmente determinada de individuos [...] que producen en la sociedad”⁴ (Marx 1989[1857]: 136). Marx, al referirse a esa producción socialmente determinada, ya estaba poniendo el énfasis en las condiciones objetivas previas de todo proceso social necesarias para la génesis del individuo como un producto histórico.⁵

⁴ Hemos modificado el orden gramatical del texto original.

⁵ Esta concepción se alejaría de la génesis individual de estas condiciones (Marx 1989[1857]) que defendían autores liberales de la economía política como Smith (1794[1776]) o Ricardo (1993[1817]). Ambos antepondrían el individuo respecto al proceso histórico como motor de todo desarrollo o relación social, naturalizando su estado y su ser esencial, válgase la redundancia. El individuo se postulaba como factor universal en el núcleo de las relaciones sociales maximalizadas a relaciones de intercambio mercantilistas. Esta centralidad del ser individual parte, en cierta medida, de la concepción aristotélica que manifestaba la naturalización de las aptitudes personales como causa de la desigualdad entre ricos y pobres, o entre hombres y mujeres (Aristóteles 1910[336-323 a.C.]).

Para que la sociedad pueda desarrollarse en toda su capacidad debe darse sobre tres niveles básicos: la producción de sujetos, la producción de objetos y la producción de mantenimiento de sujetos y objetos (Castro *et al.* 1996, 2002, 2004; Lull 2005). Estos tres momentos del proceso reproductivo son los encargados de dotar y mantener las condiciones objetivas de la vida social.

Las fuerzas productivas se desarrollan en el proceso incesante y determinado que adoptan los factores o categorías de la producción mediante el trabajo humano: objetos de trabajo (OT), medios de trabajo (MT) y fuerza de trabajo (FT). Éste se puede ejemplificar con una primera modelización teórica en base a la *ley de marras*: $TR + MT + T \rightarrow P$ (Barceló 1981; Barceló i Argemí 1984) y con su posterior desarrollo en el paradigma básico de la producción: $OT + MT + FT \rightarrow P$ (Lull 2005, 2007; Risch 1995; Risch 1998, 2002). Básicamente, de ambos modelos se desprende que la tierra es generadora de energía y en conjunto con el resto de elementos naturales socialmente utilizables; que los medios de trabajo actúan como elementos de ahorro o incremento de energía; que el ser humano actúa como generador independiente de energía y que el producto se desarrolla como condición indispensable de toda acción económica (Risch 1995; Risch 1998, 2002). Sin embargo, su lectura unívoca puede caer en razonamientos tautológicos por lo que no pueden ser tratados a manera de ley nomotética, sino como una forma de pensar la dinámica estructural en la que se desarrolla el proceso económico (Risch 1995).

La tierra y los elementos naturales constituyen base y límite, sin ellos se carece de toda substancia material que sustente la reproducción de la vida humana. En este sentido Aristóteles o los fisiócratas daban el significado de lo verdaderamente económico (lo productivo) a la actividad básica que permitía la tierra.⁶ El primero conceptualizaba la agricultura, la ganadería, la caza o la pesca dentro del sistema de producción doméstica (*oikos*) como lo verdaderamente natural y necesario para la sociedad (Aristóteles 1910[336-323 a.C.]; Lull y Micó 2007). Los fisiócratas, prístinos en plantear intentos de sistematización económica, consideraban exclusivamente la tierra y sus actividades derivadas (agrícola, ganadera, forestal o minera) como generadores de energía (plusvalía) en forma de producto neto (productividad) que circula socialmente (Luxemburg 1912; Quesnay 1972[1758-1759]; Viñas 1974). Sin

⁶ En sintonía similar, pero considerando al trabajo como generador de valor económico, estaban Kautsky (2015[1899]) o Barceló y Argemí (1984) al hablar de la fortaleza autosuficiente de la comunidad campesina medieval o primitiva a la que la tierra y sus recursos, mediante domesticación y transformación (Luxemburg 1912), suministraban lo necesario para su reproducción vital.

embargo, ambos desdeñaban actividades como el comercio, la usura, el trabajo asalariado o industrial (Aristóteles 1910[336-323 a.C.]; Quesnay 1972[1758-1759]) como formas crematísticas de enriquecerse a costa de los otros sin producir contrapartidas (Aristóteles 1910[336-323 a.C.]) o por tratarse de actividades de transformación y movimiento de productos sin incrementarse su base disponible (Quesnay 1972[1758-1759]; Viñas 1974).

La tierra como materia edafológica no necesita de tal trabajo previo para poner en acto su potencia energética, es decir, no tiene que ser objeto de trabajo alguno ya que los elementos vegetales en la base de la cadena trófica crecen de forma natural en combinación con las condiciones atmosféricas. Si lo es, entonces puede maximizar su capacidad en forma de plusvalía generada⁷. De tal manera, deviene naturaleza trabajada y sujeto de la producción. Con la capacidad energética absoluta de la tierra, sin que exista una acción antrópica que interponga medios y fuerza de trabajo o en otras palabras, trabajo, no es posible tal productividad⁸. Las materias primas tienen que haber sufrido una transformación previa como objetos de trabajo para desarrollarse en acto y adoptar su valor de uso (Marx 1986[1885])⁹, cualificándose también como sujeto de la producción. En términos energéticos absolutos, a diferencia del suelo agrícola, los recursos inorgánicos -incluso los de combustión- no aumentan el balance energético disponible de la sociedad (Risch 1995). Cuando la tierra es tratada como objeto de transformación sujeta al trabajo humano, nos aporta materias prima. Sin embargo, como objeto de trabajo no se comporta como éstas, ya que la tierra sólo resultará materia

⁷ En este sentido, la diferencia entre inversión de energía y energía acumulada en forma socialmente útil en el producto resultante permite diferenciar entre actividades excedentarias y deficitarias desde una perspectiva energética (Risch 1995).

⁸ Por esta razón, a nuestro entender, el concepto de recurso natural, contiene una contradicción inherente en su conceptualización. La dimensión que adopta el término recurso tiene su umbral si se aplica de forma unívoca y directa al concepto de espacio natural, como opuesto que se contrapone a lo social o "cultural". Tradicionalmente se ha considerado al medio natural como representante ideal del espacio físico aportador potencial de recursos, en un sentido cartesiano. Sin embargo en esta manera de proceder, parece que estas manifestaciones conceptuales ya estarían ubicadas *a priori* en la racionalidad social pretérita expresada por cada individuo, en forma de unidad psíquica o conductual. Contrariamente consideramos que el espacio que dispone recursos es en cuanto a espacio producido socialmente o en proceso de sociabilización. Esta conceptualización del espacio como recurso solo puede ser en función de que tenga lugar la reproducción social en y con el medio físico, ya que previamente son cosas materiales no sujetivadas, fuera de nuestro alcance conceptual como sociedad. De esta forma entendemos al espacio natural sociabilizado y transformado en forma de recurso, como una dimensión socio-económica que se desarrolla expansivamente en lo tecno-productivo, circunscrito en lo fenomenológico, pero con especificidades limitantes que le son propias en lo natural (geología, climatología, oceanografía, etc.).

⁹ "Por el contrario, cuando el objeto sobre el que versa el trabajo ha sido ya, digámoslo así, filtrado por un trabajo anterior, lo llamamos materia prima. Es el caso, por ejemplo, del cobre ya arrancado al filón para ser lavado. Toda materia prima es objeto de trabajo, pero no todo objeto de trabajo es materia prima. Para ello es necesario que haya experimentado, por medio del trabajo, una cierta transformación" (Marx 1986[1885]: 117).

prima en el único caso que se dé una dislocación en su camino de producción, como material para la construcción, cantería, metalurgia, etc. Lo relevante, sin que tenga lugar tal separación, es la ubicación de la tierra como factor instrumental en la dinámica de la producción, adoptando propiamente un sentido económico en el trabajo agrícola. Podemos decir que mediante el trabajo previo de adecuación (limpieza de piedras y maleza, allanado, aterrazado, canalizado, arado, etc.) se comportará como objeto de trabajo pero que devendrá un medio en cuanto a su uso para la agricultura (Marx 1986[1885]) en forma de campo, milpa o huerto. Esta interacción entre tierra en un sentido absoluto y sociedad, resulta mediatizada por los implementos técnicos y la fuerza de trabajo que intervienen en su transformación como materia edafológica que, como objeto, es sometida a trabajo y se convierte en sujeto de la producción.

Sólo mediante una aproximación arqueológica indirecta a los medios técnicos usados podemos tratar de hipotetizar sobre posibles rendimientos energéticos de lo producido pero no de lo consumido por la fuerza de trabajo (Risch 1995) ni de qué aportes energéticos totales dispusieron. En este sentido ahondaríamos en una tautología por la imposibilidad metodológica de abordar el consumo desde el análisis de la materialidad, ya que como tal implica su desaparición del plano social; solamente podemos contemplar sus manifestaciones indirectas (ej. patologías nutricionales). Se trata, como ya se ha apuntado, de evitar la confusión entre unidad e identidad en el ciclo de la producción/consumo (objeto/sujeto) como si se tratara de en un sistema funcional que tiende al equilibrio. Por esta razón no se puede reducir lo humano o la sociedad y sus necesidades a una simple máquina térmica (Risch 1995) si sólo tenemos en cuenta la fertilidad del suelo en términos absolutos (Marx 1986[1885]) y olvidamos su potencial particular de generar una plusvalía mediante aportaciones tecnológicas o por el incremento de la fuerza de trabajo.

Operando de tal forma no nos apartamos del mundo de los animales en la discusión de la escisión entre lo natural y lo social ya que el ser humano no se concreta exclusivamente por lo económico si lo concebimos por sí solo como transformación de la materia (Risch 1995; Kosik 1967[1963]), aunque esta haya generado y trascienda la existencia de lo social con toda su manifestación fenomenológica. Nos encontramos con la necesidad de dimensionalizar lo económico en respuesta a la necesidad de la sociedad por dotarse de los implementos materiales que sostengan su mantenimiento y desarrollo en su devenir histórico. Dicho de otro modo, cada formación social se determina por la reproducción de sus condiciones objetivas y subjetivas. En palabras de Risch (1995: 7)

“lo social comprende y excede lo económico” pero este último nos aproxima al primero por medio del análisis de los ciclos de transformación y consumo de la materia en el espacio-tiempo por parte de los seres humanos.

Consecuentemente nos decantamos a establecer una diferencia ontológica en cuanto a lo social del concepto de producción para establecer una separación con el mundo natural. Esta diferencia recae en la imposibilidad de plantear para el mundo de los animales la reproducción constante de sus condiciones materiales, ya que consideramos que con un simple uso de un palo (herramienta) para un consumo individual satisfactorio de termitas, entre otros implementos, etc. (Watts 2008), no es suficiente para expresar la dimensión social de una especie. A ello le añadimos la necesidad de que se desarrolle un uso de instrumentos para la fabricación de otros instrumentos de trabajo y que su uso no se limite a la fase final del consumo. La manifestación del hecho social tiene que materializarse por la reproducción de sus condiciones objetivas en un proceso de acumulación y superación dialéctica en lo material, separándose de tal modo de lo propiamente natural.

El cambio, en la concepción absoluta de la tierra¹⁰, o del objeto de trabajo no dislocado, como generador de productividad llega con “La Riqueza de las Naciones” de Smith (1794[1776]) al introducir la noción de trabajo, tanto agrícola como manufacturero, como fuente de valor encargado de surtir “aquellas cosas necesarias y útiles para la vida” -mercancías- (Smith 1794[1776]: 1). Una inflexión respecto a los fisiócratas es la caracterización de la producción de plusvalía en base las categorías básicas de coste de producción emplazado a la fuerza de trabajo, beneficio y renta de la tierra que para Smith (1794[1776]) determinan el valor de cambio de los productos (mercancías). Esto se significaría con la fórmula $V+P$, donde V representa el capital variable o la parte del capital invertida en salarios desde una óptica capitalista liberal y P la plusvalía (Luxemburg 1912). De tal modo que desaparece la circulación de capital productivo (capital fijo o constante) sin que tenga lugar la renovación o mantenimiento de las condiciones tecnológicas -producción de mantenimiento de los objetos- en todos los sectores económicos, pues lo expresado en cada una de estas variables son factores amortizados totalmente por la sociedad. Con esta paradoja se induce a la producción

¹⁰ Esta visión de la tierra como generador universal de energía socialmente aprovechable es compartida por numerosas sociedades agrícolas como la maya. Reflejo sería lo aportado en la primera parte del *Popol-Vuh* (Anónimo XVII d.C.): “los cuatro lados, las cuatro esquinas, midiendo, los cuatro postes, dividiendo la cuerda, estirando la cuerda en el firmamento, en la tierra, los cuatro lados, las cuatro esquinas. Son los hombres del maíz, el producto de este campo de maíz cósmico -absoluto-, quienes finalmente proporcionan sustento a los dioses”.

desde la nada. En contraposición, los fisiócratas sí que consideran el capital fijo para la agricultura; sin embargo, el capital circulante o variable (mercancías) que no compensa el desgaste de los instrumentos o de la fuerza de trabajo, sólo lo consideran para la manufactura (Luxemburg 1912).

Para los economistas liberales, como apuntaba Marx (2007[1857-1858]), el producto se presenta en un sentido unívoco como resultado y no como integrante del proceso de producción en general. Por lo tanto, el incremento o reducción de los costes de producción implican más que una particularización de la división del trabajo en un proceso concreto, como mencionaba Smith (1794[1776]). Hay que valorar el espectro global del consumo productivo de medios y fuerza de trabajo como resultados de procesos de trabajo anteriores (Marx 1986[1885]; Luxemburg 1912), en función del costo de su producción y mantenimiento como fuerza productiva. Sin embargo, el valor real no está contenido exclusivamente en los costos de producción mediata, sino más bien en los costes de producción socialmente acumulada en un sentido abstracto y también, según Smith (1794[1776]), en la potencialidad de generar nuevos valores de uso en otros procesos económicos.

De la mano de Marx (2007[1857-1858]) nos llega la evolución del concepto de trabajo,¹¹ al introducir al proceso de producción -de *capital* (*P*)- la relación entre el objeto de trabajo y el trabajo mismo, es decir la relación entre la fuerza de trabajo y los instrumentos sobre las materias primas ($OT - T (ft/mt) \dots \rightarrow P \dots$). Con esta aclaración Marx nos quiere abstraer el trabajo en abstracto del concreto en cualquier forma particular de producción (Marx 2007[1857-1858]). Volviendo a la fórmula anterior, entraría en juego el valor del capital constante (*C*) como renovación de los medios de trabajo (Luxemburg 1912) y fuerza de trabajo: $C+V+P$, que en los términos formulados por Marx (2007[1857-1858]) equivaldrían al objeto de trabajo en su relación con el trabajo mismo. Como insinuaría Marx (1986[1885]: 116), el trabajo en concreto expresado en $T \dots \rightarrow P$ se desarrolla como una manera particular de organizarse social e históricamente en lo que concierne a la “producción de valores de uso u objetos útiles” pero que “no cambia de carácter, de un modo general” (*ibídem*). Por ejemplo la fabricación de mercancías en un sentido capitalista liberal. Ésta adoptaría la fórmula $V+P$ integrada en lo abstracto de la producción y se expresaría como $C+V+P$ en una

¹¹ Nos acogemos a la concepción de trabajo como aquella actividad que representa un consumo de energía en forma de fuerza de trabajo o de tecnología, realizada en tiempo y espacio y con una finalidad social y productiva: $\dots T (ft/mt) \dots \rightarrow P \dots$ (Marx 1986[1885], II).

exposición marxista del capitalismo o $T \dots \rightarrow P$ en OT - T (ft/mt)... $\rightarrow P \dots$ en una definición universal de la producción social, independientemente de la situación histórica en particular.

Marx denota cierta ambigüedad en la definición de la categoría de producto en las “Grundrisse” (Marx 2007[1857-1858]) dimensionándolo en el momento de sublimación del consumo individual del objeto, apartándolo del ciclo de producción. En “El Capital”, aunque sin negar lo apuntado, también contempla al producto como condición del proceso de trabajo en su dimensión de valor de uso, pero pierde su significado cuando adopta el de medio de producción y por lo tanto sin salirse del ciclo de producción (Marx 1986[1885]). En el proceso de producción la acción de la fuerza de trabajo mediante un instrumento sobre el objeto de trabajo lo transforma en un producto (Marx 1986[1885]). Lo que antes era *abstracción* (dinamismo) pasa a ser concreción en cuanto a producto en acto de consumo individual o en cuanto a valor de uso en otra actividad. De tal manera que el trabajo actúa como proceso de consumo de los objetos de trabajo y de los medios aplicados (ft/mt), aunque se trate de un consumo productivo distinto al consumo individual. En consecuencia, el consumo productivo de la fuerza de trabajo permite que se la dimensione como medio del trabajo energéticamente consumido en el transcurso de la producción. En lo referente al resultado de la producción (P), en el consumo individual se manifiesta como producto de consumo donde se regenera al sujeto como fuerza de trabajo -producción de mantenimiento de los sujetos- y en el consumo productivo el resultado se desarrolla como objeto de consumo (Marx 1986[1885]).

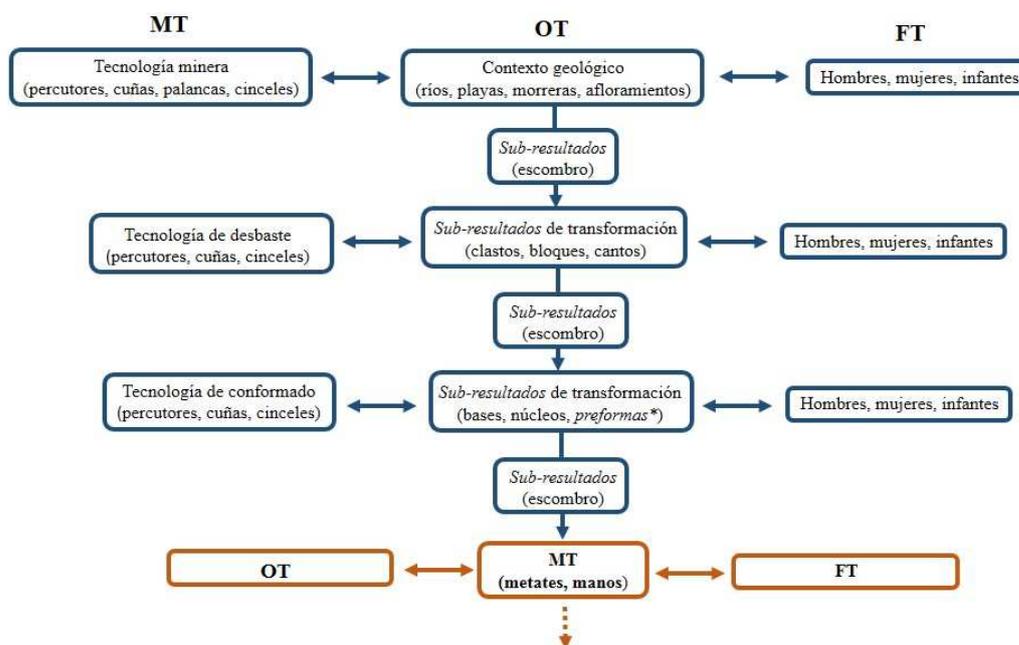
A pesar de esta aparente indefinición, superada en el Capital, Marx enfatiza la importancia de los medios de producción en los que incluye tanto los objetos como los medios instrumentales mediatizados en y por el trabajo. Se trata de una novedad en el estudio económico que contempla al trabajo como un factor absoluto cuando el nivel tecnológico de una sociedad resulta inalterado (Risch 1995). La única forma de generar un incremento en la producción, en este caso, es aumentando la fuerza de trabajo en cuanto al tiempo y a su cantidad (Marx 1986[1885]); en esta situación se trataría de plusvalía absoluta. Por el contrario, mediante un desarrollo de los medios de trabajo se consigue un aumento tanto de la producción como de la productividad, en forma de plusvalía relativa (Marx 1986[1885]; Risch 1995), aspecto que no está en contradicción con el incremento de la fuerza de trabajo. Tales formas de organizar la producción se darán en función del nivel de desarrollo de sus condiciones objetivas y responderán a

momentos históricos particulares en determinadas formaciones sociales, que en su caso tendríamos que dilucidar.

Este paradigma presenta cierta debilidad ontológica si se desarrolla de forma mecánica e unívoca ($A \rightarrow B$), de la producción (productor) al consumo (producto) o solo como trabajo en concreto, con el riesgo de convertirse en un planteamiento tautológico como pasa con los apriorismos maximalistas o liberales. Como tal se le niega al resultado de la producción su posibilidad de renovación constante en un proceso integral de reproducción, cambio y concreción de las condiciones materiales. El resultado final de un ciclo económico sólo tiene significado en su dimensión de producto de consumo individual, siendo así cuando se determina su especificidad como objeto amortizado. Pero en el marco del proceso de producción la calidad de un resultado material que adopta valor de uso en otro proceso no le confiere la propiedad de producto, ya que este sólo se sublima en y como objeto de consumo individual, quedando fuera del ciclo económico (Marx 2007[1857-1858]). Su razón de ser queda relegada a su calidad como herramienta (MT), como materialidad susceptible a ser transformada (OT) o como fuerza de trabajo (FT) que aporta, independientemente de las condiciones históricas, su propio autoconsumo energético expresado como trabajo en algún otro proceso de la producción.

La estructura básica de este modelo de análisis establece una concatenación de procesos de producción, en la que los objetos de trabajo adoptan su cualidad por ser el factor económico que se modifica en cada fase y que se supera al entrar en un nuevo proceso económico, en forma de medio de trabajo usado, hasta el consumo individual del producto (fig.1). La dimensión que un objeto adopta en cada uno de los procesos de producción la tenemos que conceptualizar como un factor dinámico en un proceso de uso que se concreta y es superado en otro proceso de producción. Podemos hablar entonces de una revalorización sucesiva del resultado objeto de trabajo en otro proceso, “en un movimiento espiral permanentemente abierto aunque no necesariamente progresivo” (Lull 2005: 18), ya que en el momento del ciclo económico el producto se comportará como objeto de consumo productivo.

Figura 1. Diagrama de la producción de los artefactos líticos.



Nota. Elaboración propia.

En este modelo de desarrollo incesante en tiempo y espacio, la lógica del proceso se convierte en dialéctica en la relación material en la que cada uno de los factores se encuentra, es decir, en su relación cualitativa y cuantitativa en uno u otro proceso de producción y revalorización. Cualitativa en el sentido de una particularización material y superación en otro proceso de producción; cuantitativa respecto a la cantidad de trabajo social, medida en tiempo de trabajo necesario para la revalorización constante de la materialidad. Tales procesos son sucesivos pero no unívocos, pueden variar manifestándose en los distintos factores de la producción o no intervenir en algún momento del proceso productivo. La capitalización individual de los bienes producidos serían factores de alteración, contrarios al proceso de reposición de los factores de la producción. Usando una jerga liberal, asistiríamos a la reposición del capital fijo en forma de valor de uso consumido (alimentos y medios de trabajo) para la revalorización de los sujetos como fuerza de trabajo; o al determinismo de la mercancía como capital circulante en forma de productos excedentarios privatizados que pueden llegar a desarrollarse como valores de cambio en determinadas condiciones históricas.

4.2 Marco arqueológico y etnográfico de procesos de producción y uso de herramientas de molienda. Del contexto geológico a la elaboración y uso del producto resultante

4.2.1 Obtención de la materia prima

En la organización de las prácticas económicas por parte de una formación social, los procesos de transformación de los arteusos líticos pueden haberse realizado en el mismo contexto geológico primario, después de la extracción de bloques de la cantera o en el asentamiento después de su traslado. En varios sitios arqueológicos mayas como Calakmul (Gallegos Gomora 1994), Cobá (Gallareta 1984; Navarrete et al. 1979; Villa Rojas 1985), Nakbé (Titmus y Woods 2002), Tikal (Ruiz 1985) o Dos Pilas (Navarrete y Lujan 1963), se documentó la presencia de canteras estandarizadas para la extracción de lajas de caliza con las que se fabricaron estelas. Otras hipótesis (Gallareta 1984) apuntan a la posible obtención de clastos, en el asentamiento de Cobá, de los volados de laja calcárea que quedan en las sascaberas una vez agotadas, para la fabricación de artefactos de índole arquitectónica. En Australia central y sud-este se registraron procesos de extracción y preparación de preformas o esbozos de bloques de arenisca para la fabricación de metates y manos, extraídos de canteras mediante percusión directa o cuñas (Field *et al.* 2003; McBryde 1997).

Otra forma plausible de organización de estos trabajos es a partir de la explotación de materiales petrológicos secundarios fragmentados de forma natural (raíces, cambios de temperatura, efecto del agua, etc.), que presenten características volumétricas y físicas apropiadas para la elaboración de los resultados buscados. Como pasa en el caso de los contextos geológicos primarios, esta forma de explotación puede haberse realizado alejada o próxima a los asentamientos, según la disponibilidad y la selección social de los materiales, o complementando procesos operativos en un mismo contexto (Schiffer 1990). En casos etnográficos ejemplificados por Hayden (1987) en las Tierras Altas Mayas de Chiapas y Guatemala, donde los procesos de trabajo implicados en la fabricación de metates de basalto discurren desde la obtención de los clastos en los lechos de los ríos, pasando por un desbaste inicial (estillado) en el mismo contexto de captación de la materia prima, y un posterior preformateo (repellado) y acabado (afinado) en el taller del asentamiento. En el sitio arqueológico de la Libertad en

Chiapas, la obtención de cantos rodados fluviales para ser usados como manos de metate o de manuports, según Clark (1988) fue una práctica recurrente. En el centro y el sur-este de la Península Ibérica, la obtención de grandes clastos fluviales, fue la práctica habitual en la explotación de materias primas líticas para la fabricación de metates de vaivén, por parte de las comunidades meseteñas o argáricas del segundo milenio a.C. (Cruz 2006-2007; Risch 1995, 1998).

Bostwick y Burton (1993) documentan en las canteras de basalto vesicular de los Hohokam, en el Rio Nuevo de Phoenix, las primeras fase de reducción de los soportes para elaborar metates, mediante desbaste y piqueteo. Schlanger (1991), en el yacimiento de Salmón Ruin en Nuevo México, registra una acumulación importante de metates en diversos estadios de fabricación, configurando el proceso a partir de la obtención del clasto en bruto.

4.2.2 Elaboración de los artefactos

El proceso de desbastado (estillado, según terminología de Hayden 1987) consiste en la preparación de los bloques una vez extraídos del medio geológico, para elaborar las preformas de los artefactos antes de su proceso de acabado. En esta etapa de la cadena operativa se eliminan los sobrantes del soporte hasta dejar delimitada una preforma que recoge unas dimensiones mínimas suficientes, parejas a las que tendrán en su caso las manos de metate, para permitir su manejabilidad. En este proceso también se adecuan morfológicamente las caras activas de los artefactos. Según la organización técnica del trabajo, el proceso de desbastado puede tener varios tiempos; primero con una fracturación más basta, usando percutores y/o cincelería de mayor tamaño.

Durante el proceso de desbaste inicial pueden jugar una gran variedad de instrumentos, la mayor parte líticos, desde martillos o mazas con o sin ranuras para el mango, cuñas, cinceles, picos o azuelas. Lo que se hace de difícil explicación es la combinación técnica de estos instrumentos en relación al tipo de material a trabajar, ya sea por la naturaleza (tenacidad-cohesión) de las rocas o por el tamaño y forma de los bloques una vez separados del manto rocoso. Estas variables pueden condicionar el tipo de tecnología empleada y la forma de organizar los procesos de trabajo.

Para el ciselado (repellado 1, según terminología de Hayden 1987) de las superficies de las preformas macrolíticas es necesario usar herramientas con filos cortantes,

elaboradas con materiales silíceos duros como el pedernal o la obsidiana. Varios investigadores han documentado en contextos primarios cantereros (Calakmul: Morley 1947 y Gallegos Gomora 1994; Mitxla: Ruiz 1983; Oaxaca: Holmes 1895 y Ruiz 1983) una variedad instrumental de pedernal, obsidiana y alguna rocas metamórfica, que posiblemente fueron usados en los procesos de extracción de material lítico calizo o que intervinieron en la confección y mantenimiento de herramientas para dicha actividad: hachas y azuelas pulidas de diorita (Holmes 1895), bifaciales y lascas de pedernal o navajas obsidiana, etc.

El proceso de piqueteado (repellado 2, según terminología de Hayden 1987) es el que se encarga de eliminar las aristas que quedan en la preforma por la acción de las herramientas de percusión y/o corte, durante el proceso de desbastado del bloque de piedra. El piqueteado consiste en una percusión múltiple a corta distancia y en ángulos aleatorios (Wright 1992), regular e intensa, sin aplicar una gran fuerza con el artefacto percutor. Esta acción también suaviza las irregularidades presentadas por el material pétreo en su estado natural, como las porosidades, las betas de impurezas o de cristalización de algunos minerales, que pueda contener. Este piqueteado ayuda a terminar de formatizar el artefacto para adecuarlo a la morfología y morfometría de la base de trabajo del metate.

Durante el pulido (afinado, según terminología de Hayden 1987) tiene lugar el nivelado final de las irregularidades sobrantes del anterior proceso de piqueteado¹². El pulido se puede desarrollar de varias maneras; accionando un herramienta lítica abrasiva encima de las superficies del artefacto o a la inversa, frotando el mismo artefacto sobre una superficie mayor como la de un metate o sobre otra superficie abrasiva, de tal forma que se puede ejercer mayor presión y acelerar el proceso¹³.

Según estimaciones etnográficas, arqueológicas y experimentales, la duración de los trabajos pueden variar en función del material soporte, de las herramientas empleadas o del grado de elaboración del artefacto (tab.1). En la mayoría de ejemplos etnográficos o experimentales no se han documentado tiempos de trabajo menores a una jornada (Delgado 2008; Risch 1995), para la obtención y modificación de los clastos, independientemente del material pétreo usado.

¹² Realizar o no el pulido puede relacionarse con las características petrológicas de los materiales y con ciertas condiciones socio-económicas que determinen su ejecución.

¹³ Este supuesto maximalista puede ser válido en función de la organización particular de las prácticas económicas, por parte de una formación social.

Tabla1. Tiempos de trabajo para la fabricación de implementos de molienda.

Casos	Tipo	Roca	Artefacto	Herramientas	Tiempos	Bibliografía
Kanuri (Nigeria)	Etngr.	Granito	Metate/mano	Líticas	1 - 2 jornadas	Gronenborn (1994)
Oaxaca (México)	Etngr.	¿Basalto/granito?	Metate/mano	Metálicas	17:75 horas	Cook (1982)
Tierras Altas Mayas	Etngr.	Basalto	Metate/mano	Líticas	5 – 14 horas	Hayden (1987)
Argar	Exp.	Conglomerado/esquistos psamítico y/o granatífero	Metate	Líticas	1 jornada	Risch (1995)
Neolítico (Turquía)	Exp.	-	Metate	Líticas	9:50 horas	Hersh (1981)
Heládico griego	Exp.	-	Metate	Líticas	2:20 horas	Runnels (1981)
Neolítico (Francia)*	Arq.	-	-	-	2h. – 1j.	Pètrequin y Jeunesse (1995)
Neolítico (Alemania)*	Arq.	-	-	-	2h. – 1j.	Grooth (1994)

*Not. *Solo alude a la obtención de materia prima. Modificado de Delgado (2008).*

4.2.3 Uso y mantenimiento de los artefactos

En la vida de uso de los implementos de molienda, interviene la durabilidad o la resistencia a la abrasión de los materiales líticos, cuando se da el contacto entre implementos instrumentales. La acción tribológica o deformación de los materiales sometidos a presiones dinámicas, en el caso de las herramientas abrasivas, implica la pérdida superficial de materia. Esto se vincularía con la reducción volumétrica del soporte y con la transformación de la rugosidad microtopográfica superficial del material lítico (Delgado 2008; Delgado et al. 2008). El desarrollo de la rugosidad de la superficie activa de los instrumentos de molienda, depende del tipo de sustancia que se somete a la abrasión. Cuando la molienda empieza, los puntos de contacto entre la superficie del metate y la superficie de la mano, quedan minimizados por el tamaño o volumen del elemento molido. A medida que la molienda avanza, estos puntos de contacto se amplían y la erosión superficial aumenta (Delgado 2008). La durabilidad de los artefactos de molienda depende sustancialmente del tipo y estado de la roca con los que están elaborados. El volumen será otro factor a considerar en el caso que se trate de

un mismo material. A nivel etnográfico se han documentado varias temporalidades de vida en uso (tab.2).

Tabla 2. Vida útil de los implementos de molienda.

Casos	Tipo	Roca	Años (metates)	Años (manos)	Bibliografía
Hopis (Arizona)	Etnogr.	Basalto	43	22	Barlett (1933)
kanuri (Nigeria)	Etnogr.	Granito	55	22	Gronenborn (1994)
Darfur (Sáhara)	Etnogr.	Arenisca	5-15	1-2	Holter y Schön (1988)
Tierras Altas Mayas	Etnogr.	Basalto negro/basalto blanco	30-100/15-30	-	Horsfall (1987)
Guatemala	Etnogr.	-	20	-	Hayden (1987)
Mesoamérica	Etnogr.	Granito	15	-	Cook (1970)
Mamprusi (Ghana)	Etnogr.	Arenisca	25-50	17-25	Risch (com. pers.)
Arqueométrico	Exp.	Arenisca	1 cm/año	-	Wright (1993)

Nota. Modificado de Delgado (2008).

Las características físico-químicas de las sustancias molidas también pueden alterar la resistencia de los materiales líticos soportes, facilitando su grado de erosión tribológica mediante la acción cinemática, tratándose de un condicionante en la necesidad periódica de mantenimiento funcional de la herramienta. Este reavivado funcional mediante piqueteado también causa pérdidas en el material soporte y puede intervenir en la fractura final del soporte (Risch 1995; Delgado 2008; Wright 1993), cuando está significativamente gastado o incluso antes, en el caso de existencia de grietas. La mayor o menor necesidad de mantenimiento técnico de las superficies activas puede estar vinculada a la intensidad del trabajo de molienda. Sin embargo, su ejecución real puede variar más en función del valor social que se le da a la producción de mantenimiento de las herramientas (Risch 1995), que a las propias necesidades técnicas del trabajo o a su valor de uso (tab.3). En el caso de los tiempos de amortización de los artefactos (tab.2), también puede deberse a dicho valor social, determinando el valor de uso o el tiempo variable de vida en activo.

Tabla 3. Periodicidad de los trabajos de mantenimiento de los implementos de molienda.

Casos	Tipo	Roca	Artefacto	Herramientas	Tiempos	Bibliografía
Hopis (Arizona)	Etnogr.	Basalto	Metate	Líticas	5 días	Bartlet (1933)
Kütahya (Turquía)	Etnogr.	-	Metate	Líticas	6 días	Hersh (1981)
Darfur (Sáhara)	Etnogr.	Arenisca	Metate/mano	Líticas	2/3 veces al mes	Holter y Schön (1990)
Tierras Altas Mayas	Etnogr.	Basalto	Metate	Líticas	3 meses	Hayden (1987)
Mayas de San Mateo	Etnogr.	-	Metate	Líticas	3 veces al año	Horsfall (1987)
Hoggar (Argelia)	Etnogr.	-	Metate	Líticas	10 días	Amoureti (1986)
Arqueométricos	Exp.	-	Metate	Líticas	6 horas	Adams (1988)

Nota Modificado de Delgado (2008).

4.3 Objetivos de la investigación

El planteamiento de los objetivos de la tesis se ha establecido en función del desarrollo teórico y conceptual previo, que dimensiona metodológicamente las categorías de análisis utilizadas en la investigación.

Objetivo general

Partiendo de estas premisas metodológicas, buscamos reconocer las prácticas socio-económicas implicadas en la producción y uso de instrumentos de molienda de caliza o el contexto social de la producción.

Objetivos específicos

Los objetivos particulares que aportan la dimensión analítica a nuestro objetivo general buscan determinar:

1. Qué se transforma (modificación de la materia como objeto de trabajo).
2. Como se produce (medios instrumentales de trabajo).
3. Para qué se produce (resultados materiales o productos).

5 Metodología arqueológica para el análisis funcional de los artefactos líticos

El estudio económico de las sociedades en el pasado se debe realizar a través de un análisis de la transformación del mundo físico, causante de la materialidad arqueológica en la actualidad y sobre la que el investigador/a dirige su “mirada empírica”.¹⁴ Como manifestaron Gándara (1982) o Binford (1988) en su momento, los objetos arqueológicos constituyen un registro estático pero de naturaleza cambiante, están insertos y forman parte de nuestro segmento temporal, por eso su única descripción no constituye en sí misma un estudio del pasado (Pie y Vila 1991).

De tal forma, el planteamiento metodológico-funcional de Semenov (1981[1964]) para el análisis de las huellas de trabajo, no se limitaba exclusivamente a su reconocimiento y descripción formal y funcional (Vila i Mitjà 1991, 2002), sino que pretendía un recorrido más largo: el de la identificación, como resultado de una metodología concreta, del trabajo y de la organización social de sus condiciones dinámicas, introduciendo la aplicación de las técnicas de observación y experimentación a las necesidades de la metodología científica. Hacia esta finalidad y de acuerdo con Gassiot (2002), resulta necesario articular el análisis funcional como método arqueológico de observación empírica de lo concreto y el uso del análisis económico como teoría cobertura, destinada a trascender estos contextos particulares e integrarlos “con el conjunto de la acción social en la que se insertan” (Gassiot 2002: 31).

El desarrollo de una metodología arqueológica tiene que seguir un doble recorrido interrelacionado (Risch 2002). Primero, el de una reflexión económico-teórica que busque explicar históricamente los procesos de producción, distribución y consumo de la materialidad social. De tal modo que en el análisis histórico hay que jerarquizar las fuentes arqueológicas en un intento por determinar su situación en dichos procesos (Lull 1988). Segundo, el de un análisis funcional que particularice cuantitativa y cualitativamente las diferentes determinaciones materiales manifiestas en la globalidad social -dimensionables en cuanto a factores de la producción-, mediante técnicas compatibles de observación independiente de análisis empírico y experimental. En este sentido, el método de análisis aplicado sobre el registro lítico tiene que tener prevista la contrastación con otros elementos del registro empírico (Pie y Vila 1991).

¹⁴ Aplicación de los distintos métodos de observación y/o herramientas experimentales.

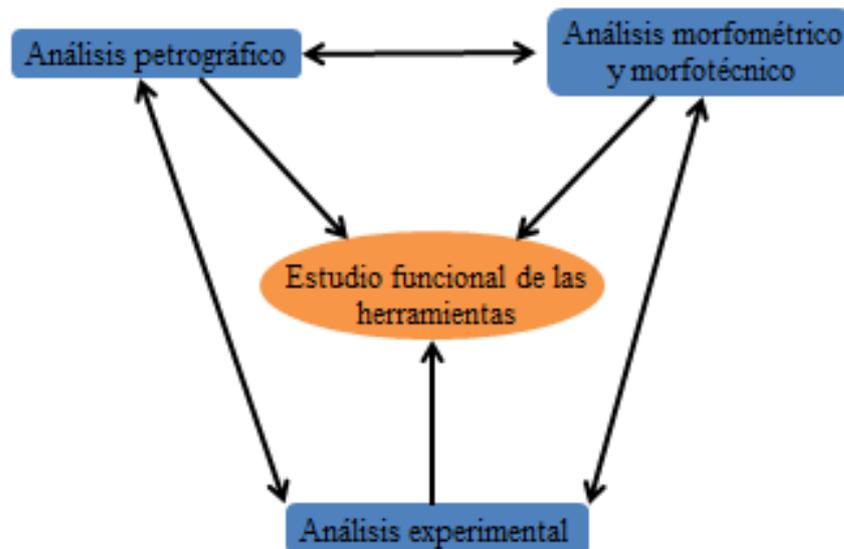
Las categorías analíticas materiales (OT, MT, FT) como herramientas de caracterización económica pueden ser dimensionadas metodológicamente con las variables analíticas que nos ofrecen los planos de expresión objetual como *circundatos*, *arteusos* y *artefactos*¹⁵ (Lull 1988, 2007). La cualidad expresada por los objetos nos puede ofrecer información de distinta índole según planteemos lo que queramos saber de ellos. Como artefactos aportan datos referentes a las técnicas de fabricación que los posibilitaron y datos sobre los procesos de trabajo en los que participaron como expresión del medio instrumental de las sociedades. En su dimensión de arteusos nos proporcionan información sobre las materias primas escogidas para su transformación en los procesos de trabajo en las que estuvieron implicadas y de las propiedades funcionales que aportaron a los artefactos. Como circundatos nos brindan información ecológica del medio natural que delimita o condiciona lo social. Entendemos que este último plano de análisis quedaría fuera de las prácticas socioeconómicas en cuanto a que su génesis fisicoquímica no ha sido producida propiamente en sociedad. Sin embargo, metodológicamente lo tenemos en cuenta ya que aporta esas características naturales como propiedades de las materias primas que pueden ser seleccionadas socialmente y que dan cualidad a su plano de expresión como arteuso y significado en su plano de artefacto. Todas estas dimensiones se cualifican desde un planteamiento económico en cuanto a objetos que proceden de una selección, apropiación o transformación por parte de una sociedad dada, ofreciéndonos variables independientes de análisis a partir de las propiedades naturales físicas y químicas de los materiales con los que están hechos. Los objetos pueden participar de las variables que enmarcan las distintas dimensiones al no ser excluyentes entre ellas (Lull 2007), pero no todas las dimensiones definen por igual a los objetos por lo que no ofrecen la misma cantidad y cualidad de información.

Los planos de expresión objetual, en su dimensión teórica como factores de la producción, nos dan apoyo categórico para desarrollar el método de análisis con el que se quiere obtener el máximo de información de los objetos arqueológicos (fig.2). El método consta de tres niveles interrelacionados en el marco del estudio funcional de los medios de trabajo: 1. Análisis de las propiedades petrográficas; 2. Análisis de las características morfológicas, morfométricas y morfotécnicas; 3. Análisis experimental. Consideramos que estos niveles analíticos no pueden limitarse a una simple descripción

¹⁵ Creemos que ayudan a una superación de la clásica dicotomía entre naturaleza y cultura expresada a nivel arqueológico por las categorías de artefacto/ecofacto.

formal de propiedades, características o cualidades morfológicas de los artefactos, ya que de por sí lo hace la geología, la física o la estética del arte. Nos tienen que aportar datos propiamente arqueológicos que sirvan como marcos de inferencia para proponer hipótesis económicas de explicación de los procesos sociales.

Figura 2. Método analítico-funcional.



Nota. Modificado de Risch (1995).

5.1 Sistema de catalogación de los objetos arqueológicos

El método de inventariado y descripción de la muestra arqueológica sujeta a nuestro análisis se ha desarrollado genéricamente siguiendo la propuesta planteada por Risch (1995). Sin embargo se han realizado ciertas modificaciones en función de simplificar la propuesta original para concretarla a las características particulares del método de estudio que proponemos y a la muestra analizada.

A cada uno de los objetos analizados se le ha dotado de un número que nos sirve para definir su individualidad objetual dentro de la muestra arqueológica. A todos se los ha clasificado usando su localización por estructura e ubicación por lote arqueológico. Con el factor Ítem nos referimos a los distintos objetos de la muestra, en función de las atribuciones funcionales observadas en sus superficies activas y pasivas, a nivel macroscópico (tab.4). Determinados artefactos han sido asignados apriorísticamente a un tipo director reconocido, formal y funcionalmente vinculado a algunas actividades

particularizadas. Tal es el caso del ítem asignado a las manos de metate (MUE) y a los metates (MET), en función de la cinemática concreta condicionada por su vinculación tecnológica complementaria.

Tabla 4. Ítem de identificación funcional de los objetos arqueológicos.

Ítem	Abreviatura	Características funcionales
alisador	ALS	Trazas de abrasión.
alisador-percutor	APE	Trazas de abrasión y percusión.
canto rodado	CAR	Presencia de superficies naturales.
artefacto o arteuso indefinible	IND	Sin superficies activas observables. Posible materia prima.
macerador	MAZ	Procesado de fibras vegetales.
metate	MET	Presencia de trazas de abrasión y desgaste en la cara anversa.
mano de metate	MNO	Presencia de trazas de abrasión en la cara anversa y/o reversa. Pueden presentar huellas de percusión en las caras superiores e inferiores (reavivado de superficies de metates).
percutor	PEC	Caracterizado exclusivamente por trazas de percusión.
pedra	PIE	Sin huellas de trabajo. Posible materia prima o procedente de la base geológica.
pesa de red	PRD	Presencia muescas laterales para su amarre.
pedra ovoide o esférica pequeña	POT	Con trazas trabajo.

El estado de conservación de los materiales arqueológicos se define a partir de la preservación de sus distintas caras (tab.5).

Tabla 5. Estados de preservación de los materiales arqueológicos

Alteración	Abreviatura
cara reversa no se conservada	ENA
cara izquierda no conservada	END
cara derecha no conservada	ENI
cara anversa no conservada	ENR
cara inferior no conservada	ENS
cara superior no conservada	ENN
ítem entero	ENT
conservación parte inferior pieza	FGI
conservación parte medial pieza	FGM
conservación parte superior pieza	FGS
fragmento menor a 1/3	FGT
conservación parte medial e inferior	FMI
conservación parte superior y medial	FSM

El tipo básico de materia prima lítica que caracteriza a los objetos arqueológicos se define mediante las siguientes nomenclaturas: basalto (BAS) y caliza (CAL). La clasificación de las muestras arqueológicas de caliza mayoritarias en el registro empírico (tab.6), se ha particularizado siguiendo un criterio base a la textura de deposición de los sedimentos (Adams et al. 1997; Embry y Klovan 1971).

Tabla 6. Litotipos identificativos de los materiales arqueológicos

Litotipo	Abreviatura
<i>grainstone</i>	GRS
<i>packstone</i>	PKS
<i>wakestone</i>	WKS
<i>mudstone</i>	MDS
<i>boundstone</i>	BDS
crystalina	CRS

5.2 Metodología técnica aplicada

Los métodos técnicos aplicados para el análisis de los materiales líticos han sido dispuestos por el Centro de Investigación en Corrosión (CICORR), vinculado a la Universidad Autónoma de Campeche (UAC).

Para identificar y cuantificar químicamente los materiales, para detectar posibles fuentes de origen, se ha usado el sistema de fluorescencia de rayos x SANDRA - IF UNAM. Esta técnica nos detecta los elementos traza de la muestra analizada y su proporción en partes por millón (ppm) y las fracciones resultantes se han transformado a porcentajes para su trato estadístico.

En la caracterización petrográfica e identificación traceológica hemos utilizado un microscopio estereoscópico Carl Zeiss - Stemi 305 y un microscopio óptico de luz polarizada Carl Zeiss - Axioskop 40 pol. La determinación de las características petrográficas de dureza material ha sido mediante el uso de un microdurómetro portátil Leeb Dispositivo de impacto D - ET-500.

Para el procesado estadístico de los datos arqueométricos hemos utilizado un software libre: Paleontological Statistics software package for education and data analysis (PAST 3.20) (Hammer *et al.* 2001).

5.3 Metodología estadística

La hipótesis nula de partida sugiere que los valores cuantitativos o cualitativos observados, proceden de muestras cuyas poblaciones teóricas de partida son muy similares que responden a una intencionalidad de la acción social que los determinó. Es decir, que la probabilidad de aparición de un determinado valor, es la misma que tiene cualquiera de los valores. De tal manera que no habría una diferencia entre la muestra arqueológica y la supuesta población original, basada en una distribución teórica normal o no distorsionada por los efectos del azar (Barceló 2007). Si los datos observados varían al azar de forma homogénea, diremos como hipótesis alternativa que tal diferencia apunta a una acción social del pasado no intencional, rechazándose la hipótesis nula de salida.

Cuando hablamos de medir la intencionalidad o aleatoriedad de la acción social en el pasado, nos referimos a cuantificar la variabilidad de los efectos observados que dicha acción provocó sobre la materialidad objetual (Barceló 2007). Esto parte del supuesto que una población de datos homogénea está formada por las consecuencias materiales de una única acción, correspondiendo con nuestra hipótesis nula. Si se observa variabilidad esta se explicará por la heterogeneidad de dicha la acción social en el pasado, enfatizando nuestra hipótesis alternativa (Barceló 2007). La hipótesis de intencionalidad la establecemos para todos y cada uno de los niveles del análisis funcional y de la obtención de las materias sobre los que aplicamos los distintos estadísticos de contrastación cuantitativa y/o cualitativa.

En los análisis de variancia para establecer hipotéticas poblaciones de porcentajes químicos (c.7), hemos utilizado análisis de covariancia para discernir aquellos elementos con mayor variabilidad cuantitativa dentro de la muestra arqueológica y de referencia. La covarianza es una medida de la variación común de dos variables relacionadas y expresaría el grado y tipo de su relación, como también manifiesta el análisis de correlación lineal (Barceló 2007; Madrigal 1998; van Emden 2008), tratándose de conceptos equivalentes. Se establece a partir del promedio de las diferencias o desviaciones de cada medición química respecto a su correspondiente

media (Barceló 2007). Con los elementos que han presentado mayor covarianza hemos realizado las pruebas gráficas de componentes principales que ilustran las distintas concentraciones de valores según su variable o propiedad química.

Para la correlación nos hemos centrado en la de Spearman (c.7), donde mejor se ajusta la intensidad de la relación lineal (Barceló 2007) entre índices de esfericidad de los cantos rodados arqueológicos y los de referencia geológica. La selección del estadístico se debe a que no conocemos ni la media ni la desviación típica de la población teórica, sea arqueológica o geológica, por lo que la prueba resulta útil al no usar las medidas de tendencia central, sino las diferencias de magnitud entre una variable y otra (Barceló 2007). La hipótesis nula que se baraja entonces es la de no relación lineal o de independencia entre conjuntos, a partir del umbral teórico de aceptación del 0.05 (5%).

La variancia sobre poblaciones individuales con un rango inferior a 40 valores (Madrigal 1998), se ha calculado mediante el test de Shapiro-Wilk, que aporta una medición sobre la incertidumbre de la hipótesis nula de independencia, o de no alteración de la muestra base a la población teórica esperada¹⁶. Hemos optado por esta prueba ya que trabaja bien cuando las muestras cuantitativas (c. 7 y 8) presentan distribuciones de frecuencias poco normalizadas (Barceló 2007), como se da en la mayoría de nuestros casos. Cuando las muestras eran inferiores a 15 individuos se utilizó el test de permutación de Monte Carlo aplicado a la prueba de Anderson-Darling. La prueba opera basándose en la probabilidad de no observación de diferencias, sobre 10000 repeticiones aleatorias de combinaciones semejantes de valores (Barceló 2007). Este test también se ha aplicado en análisis cualitativos del capítulo 8 y 10, teniendo en cuenta que el número de valores responde a los niveles de cada factor y no a la cantidad real de individuos o artefactos.

Para analizar dos medidas distintas de una misma población de artefactos y su distribución no esté muy normalizada, hemos usado el estadístico no paramétrico de Wilcoxon del test de datos pareados, base a la hipótesis nula de igualdad entre medias. Con un valor de probabilidad menor al 5% habría que considerar que las diferencias pudieron deberse al azar, independientemente de las diferencias objetivas entre las medidas de la misma población de individuos (Barceló 2007).

¹⁶ Aludimos a la modificación azarosa del estado original de la población arqueológica, posiblemente afectada por procesos tafonómicos o antrópicos postdeposicionales.

En los análisis de variancia con asociaciones de más dos poblaciones o variables, hemos utilizado el estadístico de la ANOVA. En el caso de que las variables sean cuantitativas, el estadístico compara la variancia entre las medias de las distintas poblaciones (Madrigal 1998), con la variancia que debería observarse en el caso que la hipótesis nula fuese verdadera. Cuando se busca la relación entre variables cuantitativas y cualitativas, el análisis coteja la variancia entre medias de una misma variable cuantitativa vinculada a los distintos niveles del factor cualitativo (Barceló 2007; Madrigal 1998). Si el valor de probabilidad es mayor a 0.05 (5%), diremos que la variancia de cada nivel es distinta y por lo tanto hay una relación entre poblaciones. Cuando el valor sea menor al 5%, entonces diremos que tenemos una relación de dependencia entre el factor y la variable causal. Para jerarquizar en qué poblaciones o niveles del factor se da la menor variabilidad o la mayor relación de dependencia, aplicaremos análisis de variancia mediante matrices *post hoc* de Tukey. Estas se encargan de comparar las medias de los distintos niveles o valores, por pares de propiedades o variables (Barceló 2007), siguiendo el mismo criterio probabilístico base a la hipótesis nula de independencia.

Al enfrentarnos con análisis de variancia u asociación entre dos propiedades cualitativas (c. 7), usaremos el test del χ^2 o el de Fischer base a la hipótesis nula de independencia entre la variable causal y el efecto o factor observado. El χ^2 permite comparar las frecuencias observadas, con las frecuencias esperadas que teóricamente debería haber en cada nivel. El test de Fischer se basa en la corrección de Yates aplicada al test del χ^2 , cuando tenemos menos de 20 individuos o el valor de la frecuencia esperada es menor a 5 (Barceló 2007; Madrigal 1998). Ambas pruebas consideran la probabilidad existente en que la diferencia de las frecuencias observadas en cada grupo fue provocada por efectos del azar (Barceló 2007).

Para los cotejos entre más de dos variables y/o factores cualitativos (c. 8 y 10), la tabla de contingencia apunta a su dependencia cuando el factor causado explica las diferentes frecuencias con que aparecen esas calidades en cada uno de sus niveles (Barceló 2007). Base a la hipótesis nula de no asociación o independencia. La tabla opera con el test del χ^2 , pero como que en la mayoría de nuestros análisis cualitativos disponemos de menos de 5 frecuencias esperadas en cada nivel del factor, nos centramos en la permutación de Monte Carlo asociada al estadístico. Si la probabilidad es menor al 5%, se debe a que la variable cualitativa tiene una frecuencia de valores distinta en cada nivel (Barceló 2007; van Emden 2008), por lo que se da una

dependencia entre la variable causal y el efecto observado. Como en el caso del test de Monte Carlo y el de Fischer, el número de valores no corresponde con la cantidad de artefactos, sino a los distintos niveles de cada factor. La tabla de contingencia se vincula al estadístico de la V de Cramer, basado en el χ^2 , que actúa como una medida de la intensidad de la dependencia entre las propiedades causales y sus efectos. Se expresa con un valor entre el 0 y el 1, que cuando es menor a 0.6, se considera que a pesar que se den indicios de dependencia entre variables, la intensidad de ésta es escasa (Barceló 2007).

5.4 Primer nivel de análisis: propiedades petrográficas

Este primer nivel de análisis va dirigido a responder el primero de los objetivos particulares, partiendo de la caracterización de las materias primas en su plano de arteusos mediante el análisis de las características petrográficas (físicas y químicas) de los artefactos arqueológicos.

Las características petrográficas físicas que caracterizan los soportes materiales, como las microtopografías superficiales que presentarán las caras activas de las herramientas de molienda, están relacionadas directamente con su propiedad o efectividad abrasiva. La durabilidad de los materiales se manifiesta por su resistencia tribológica a la fricción o percusión (fatiga) y está determinada por la cohesión y dureza de los granos de mineral (Adams 1988, 1989, 1993, 2002; Delgado 2008; Georges et al. 2004) de las materias primas líticas. La cantidad y el tamaño de los granos o fósiles pueden condicionar la transmisión de las fuerzas internas, condicionando la aparición de las fracturas. Por ejemplo, la orientación de las partículas o cristales es un factor muy importante en la forma y facilidad en la que se fracturan los soportes pétreos (Delgado et al. 2008; Risch 1995).

Otra característica implica a las dimensiones o masa que los materiales pueden presentar de forma natural y que pueden determinarse mediante índices de esfericidad de los clastos, tratándose de aspectos que pueden condicionar la sujeción o la manejabilidad del artefacto. De tal modo, entendemos que estas propiedades funcionales de las materias primas líticas están estrechamente vinculadas a la productividad económica de los instrumentos de trabajo.

Para discursar sobre la efectividad abrasiva de los artefactos en el presente trabajo, nos hemos centrado exclusivamente en dos variables analíticas mediante el uso de

microscopía estereoscópica que permite la observación volumétrica del objeto. También se ha usado el microscopio petrográfico de luz polarizada sobre lámina delgada. Las variables valoradas son el tamaño absoluto de las partículas y su concentración en las rocas (tab.7 y 8).

Tabla 7. Tamaño absoluto de las partículas contenidas en las rocas (TAP).

TAP	Granulometría
Muy fino (mf)	$\varnothing < 0,5 \text{ mm}$
Fino (f)	$0,5 \text{ mm} < \varnothing < 1 \text{ mm}$
Medio (m)	$1 \text{ mm} < \varnothing < 5 \text{ mm}$
Grueso (g)	$5 \text{ mm} < \varnothing < 30 \text{ mm}$

Nota. Se dimensiona por la granulometría máxima y mínima en micras de las partículas contenidas por cm^2 .

Tabla 8. Concentración de partículas en las rocas (CP).

CP
70 - 100 %
50 - 70 %
30 - 50 %
0 - 30 %

Nota. Esta variable se estima mediante gráficos de estimación visual de porcentajes de contenidos existentes en las rocas (Franco y Gonzalo 2000; Risch 1995).

La durabilidad de los materiales es la segunda propiedad petrográfica analizada, que se centra en la resistencia de los soportes a la fricción y percusión sobre otros materiales. La variable tenida en cuenta es la dureza de las rocas y la cohesión de los granos. La dureza se valora por la media ponderada entre micro-durezas de los granos y quedaría expresada por la ecuación: $D = (d_a \cdot \%a) + (d_b \cdot \%b) + (d_c \cdot \%c) \dots / 100$

En este caso, a, b, c serían los minerales componentes de la roca; %a, %b, %c los porcentajes de cada mineral; y d_a, d_b, d_c los valores absolutos de micro-dureza a partir

de la escala Gpa (Mineral microhardness-Gpa) (Broz et al. 2006; Delgado et al. 2008). Para obtener técnicamente la micro dureza de los minerales se ha empleado el microdurómetro portátil.

La cohesión entre los granos se ha estimado de forma empírica, mediante de pequeñas incisiones con una herramienta punzante y su observación con microscopio estereoscópico, y cualitativamente se describe en su caso como alta, media o baja. Sin embargo, en el caso de las calizas, los cristales de calcita están poco cohesionados en comparación a los minerales constituyentes de otras rocas, como las cuarcíticas (Delgado 2008). En nuestros casos no vamos a usar sistemáticamente esta variable, ya que no presentan diferencias muy aparentes en toda la muestra y nos basaremos en los criterios generales planteados por López (1977).

Por otro lado, el análisis petrográfico también puede ayudarnos a abordar las hipotéticas fuentes de aprovechamiento de los materiales constitutivos de los objetos arqueológicos en su plano analítico como circundato. La primera fase del análisis parte del reconocimiento químico elemental, mediante técnicas de análisis elementales cualitativos y cuantitativos por fluorescencia de rayos x u otros métodos petrográficos como el Microscopio estereoscópico o el petrográfico, de los litotipos que caracterizan a las materias primas. Sin embargo hay que tener en cuenta que con el simple reconocimiento de tipos líticos no es suficiente porque éstos se pueden encontrar en distintos depósitos, sean primarios o secundarios, que pueden determinar diferentes estrategias de explotación por parte de las comunidades (Risch 1995, 1998).

Una manera para diferenciar los depósitos geológicos es con la aplicación de los índices de esfericidad (tab 9), siempre y cuando se mantenga en el objeto arqueológico una superficie natural (Cruz Sánchez 2006/2007; Risch 1995, 1998) que se desarrolla únicamente en los materiales erosionados de los depósitos secundarios.

Tabla 9. Fórmulas de cálculo de las esfericidades de los clastos.

Índice Cailleux	$A_i = (L + l) : 2E$
Índice Lütting	$\pi = E : L \cdot 100$

Nota. La L representa el eje mayor, la l el eje menor y la E el grosor de los clastos (Cailleux 1951; Cruz Sánchez 2006/2007; Delgado 2008; Lütting 1956; Risch 1995, 1998).

El índice Cailleux considera las tres dimensiones del objeto a diferencia del de Lütting que solo tiene en cuenta dos de ellas, expresando mejor las afectaciones naturales de erosión que alteran a las rocas. Ambas ecuaciones se correlacionan de manera inversamente proporcional ya que en el índice Cailleux los valores crecen en relación a la disminución de la esfericidad y en el de Lütting lo hacen en función de su incremento (Cailleux 1951; Delgado 2008; Lütting 1956; Risch 1995, 1998).

En los depósitos primarios las propiedades superficiales de los materiales no han sufrido tal proceso de erosión. En esta circunstancia, exclusivamente será posible proponer hipótesis sobre las áreas de captación base a la composición y cuantificación elemental o de partículas contenidas. No obstante hay que considerar los límites en estas aproximaciones, ya que las características físicas y/o químicas de los contenidos de los depósitos geológicos pueden diferir aunque se trate del mismo material (Risch 1995, 1998). Para clasificar y caracterizar estas rocas a nivel petrográfico, se ha valorado su textura de deposición sedimentaria calculando su porcentaje en granos o partículas (Adams et al. 1997; Embry y Klovan 1971)¹⁷. Las proporciones se han determinado mediante gráficos de estimación visual de porcentajes (Franco y Gonzalo 2000; Risch 1995) y se han correlacionado con los criterios de clasificación cuantitativa utilizados por Adams *et al.* (1997) y Embry y Klovan (1971) (tab.10). Un aspecto importante a tener en cuenta es que los criterios clasificatorios los comparten muchas de las rocas analizadas, por lo que se dan clasificaciones compartidas de una misma muestra. Estos análisis también se han aplicado sobre los materiales geológicos secundarios, aportando mayor detalle a su caracterización petrográfica y a su hipotético origen de explotación como materia prima.

¹⁷ En el término de granos o partículas utilizado por Embry y Klovan (1971) para las texturas de deposición sedimentaria, se incluyen los componentes aloquímicos como los bioclastos, peloides, ooides e intraclastos, que son constituyentes del sustrato carbonatado, desarrollados en la misma cuenca de sedimentación (Adams et al. 1997). También se incluyen los fragmentos de rocas previas, los litoclastos y los agregados de granos. Los primeros son sedimentos o fragmentos detríticos terrígenos originados por la alteración de rocas ígneas, sedimentarias o metamórficas anteriores (Adams et al. 1997). Los segundos se tratan de sedimentos previos que han sido litificados y redepositados en la cuenca de sedimentación y los terceros son agregados de partículas observables, cementadas mediante cristales micríticos o esparíticos (Adams et al. 1997). La micrita se caracteriza por cristales menores a 5 μm y la esparita mayores a 5 μm (Adams et al. 1997). Sin embargo Tucker (1991) establece una clasificación intermedia de 5-10 μm como microesparita y la esparita superaría las 10 μm .

Tabla 10. Concentraciones de partículas contenidas en los litotipos calcáreos.

Litotipo	%
<i>Grainstone</i> (GRS)	70 – 100
<i>Packstone</i> (PKS)	50 – 70
<i>Wakestone</i> (WKS)	30 – 50
<i>Mudstone</i> (MDS)	0 - 30

5.5 Segundo nivel de análisis: morfométrico y morfotécnico

La implementación técnica la podemos circunscribir empíricamente mediante análisis arqueológicos directos de los objetos como artefactos. La forma que adopta la producción parte previamente de la selección petrográfica de las materias primas (Risch 2002), condicionantes de los procesos de trabajo implicados en su transformación mediante el uso de herramientas. Dicha combinación determinará la fabricación del artefacto y su variable estandarización morfométrica y morfotécnica.

Todos los niveles de estandarización están estrechamente vinculados al grado de especialización que adopten los procesos de trabajo implicados en la fabricación de las herramientas. La estandarización morfométrica se da previamente en el momento de la producción de los artefactos y se desarrolla a lo largo de su vida utilitaria, a diferencia de la morfotécnica que exclusivamente tiene lugar en el momento de su uso. Una paradoja con la que nos encontramos es que las características originarias morfométricas se van diluyendo por la erosión del soporte material tras los reiterados procesos de trabajo al que está expuesto, desarrollándose las métricas técnicas. De tal forma que la cuantificación de las características del objeto como producto terminado resulta sesgada, ya que estos se presentan en la mayoría de casos arqueológicos como medios de trabajo usados.

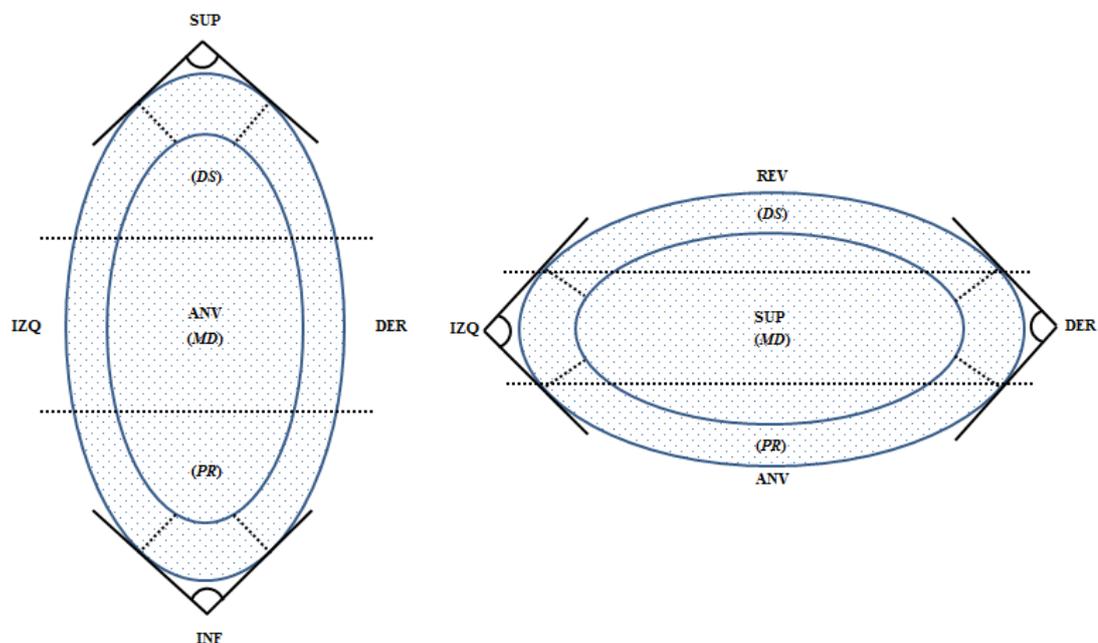
Durante los trabajos se desarrollan las distintas alteraciones de la materia que se expresan como trazas de producción sobre el objeto de trabajo o como huellas de uso sobre las herramientas. Estas marcas de actividad pueden ser analizadas, aunque en muchos casos puede resultar complicado discernirlas propiamente ya que las de uso pueden esconder las de producción cuando la intensidad del desgaste global es significativa. La expresión funcional que se manifestará en la estandarización morfotécnica de las superficies activas de las herramientas (Risch 1998), se puede

estimar mediante el cotejo de variables morfométricas de las caras activas de trabajo, en relación con el análisis traceológico de las alteraciones de trabajo.

Los parámetros morfométricos y morfotécnicos se dimensionan en las distintas caras ubicadas en el objeto, en función del sistema de orientación adoptado para su análisis. El sistema usado y que exponemos a continuación, se justifica por ser un método de medición y caracterización lo más independiente posible del objeto, procurando obtener el máximo de características volumétricas mediante su tridimensionalización en un espacio vectorial. De tal forma que se integra al objeto dentro de un prisma ideal, que permite la vinculación de características cuantitativas métricas, tanto del volumen del objeto y de sus áreas de alteración, con factores de naturaleza traceológica. La cuantificación de estos parámetros se ha realizado en milímetros.

Por criterio de convención, las caras que caracterizan a los objetos son la anversa (ANV), la reversa (REV), la superior (SUP), la inferior (INF), la derecha (DER) y la izquierda (IZQ) (fig.3). La delimitación de las caras se realiza por los puntos de contacto en la superficie de los objetos, con las tangentes que forman un ángulo de 45° respecto a los ejes X, Y y Z que dimensionalizan a cada cara en el prisma (Risch 1995).

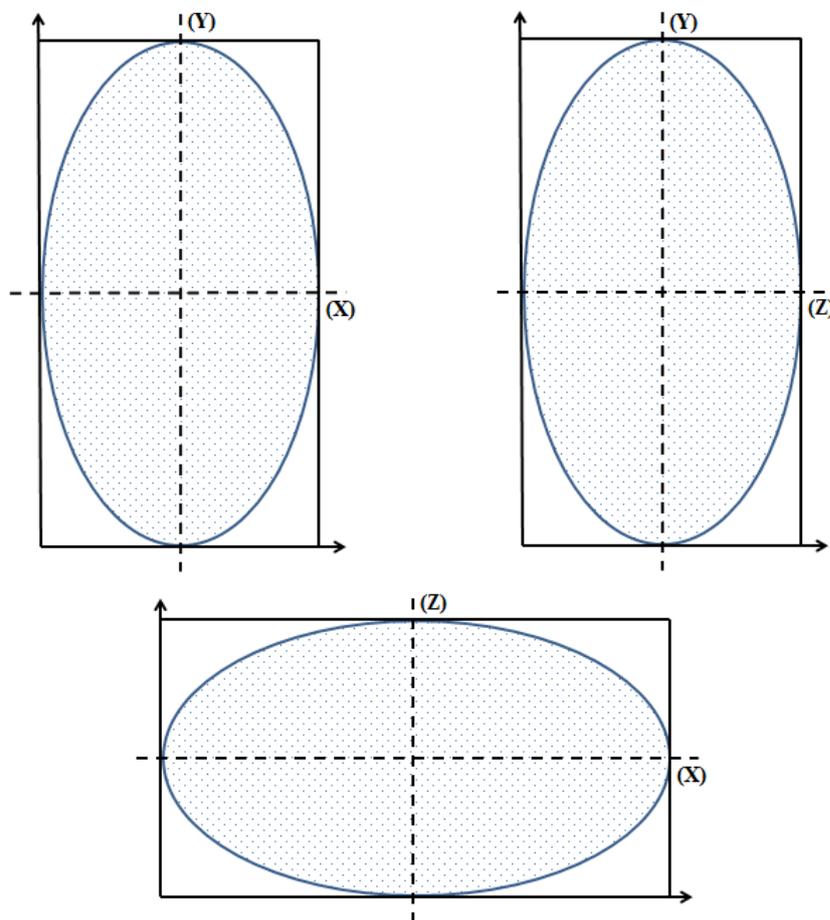
Figura 3. Delimitación de las caras del objeto arqueológico.



Nota. Modificado de Risch (1995).

La cuantificación morfométrica del volumen mínimo de los objetos dimensionados dentro del prisma, se ha realizado en función del sistema de coordenadas Y (eje longitudinal), X (eje transversal) y Z (eje profundidad), cuyo punto cero se encuentra en el centro de gravedad del prisma (Risch 1995) (fig.4). Los criterios morfométricos generales de orientación de los objetos, establecen que el eje longitudinal y el eje transversal se ubican respectivamente, de modo vertical y horizontal, hacia el observador/a, por lo que la suma de ambos criterios expresan el grosor en función de la rotación del objeto (Risch 1995).

Figura 4. Orientación analítica de los objetos arqueológicos.

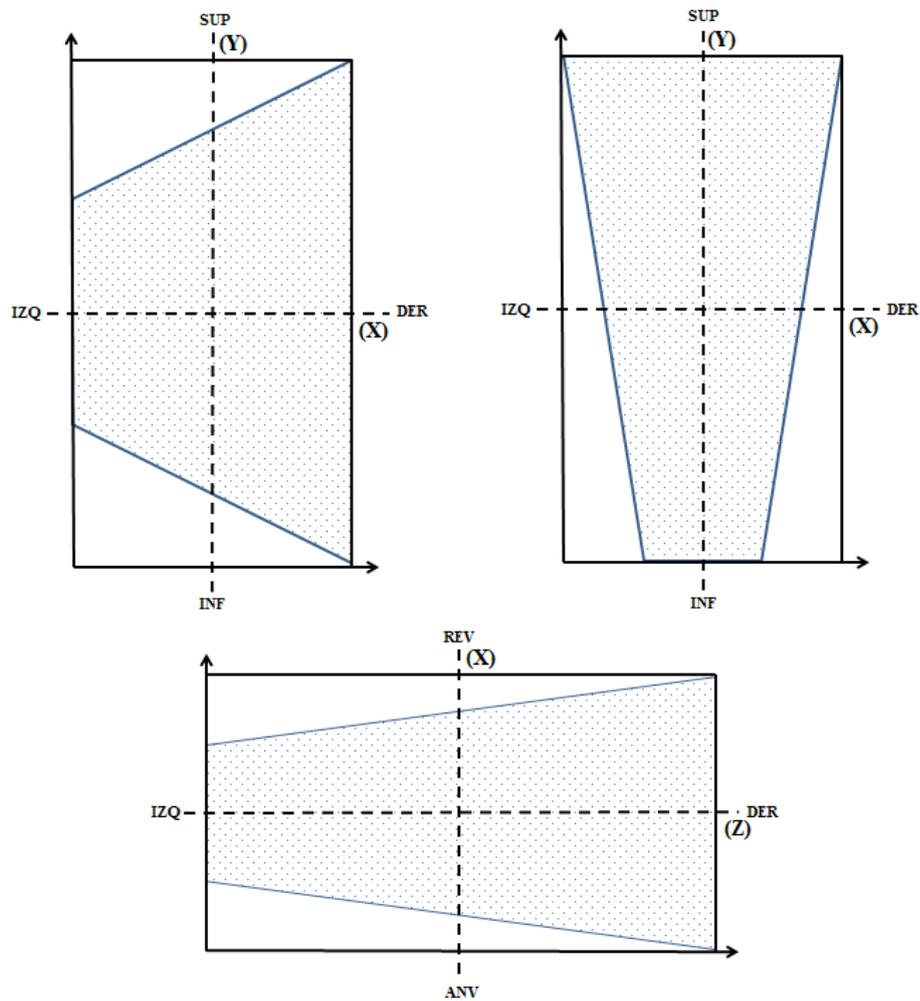


Nota. Modificado de Risch (1995).

En el caso de las piezas asimétricas, los criterios morfométricos seguidos establecen que la sección máxima del objeto en el eje transversal (mayor anchura) se sitúa en la

parte derecha del eje longitudinal, que la sección máxima en el eje longitudinal (mayor longitud) se dispone en la parte superior del eje transversal y que la sección máxima del eje de profundidad (mayor grosor) se ubica en la parte derecha del eje transversal (fig.5).

Figura 5. Orientación analítica de los objetos arqueológicos asimétricos.

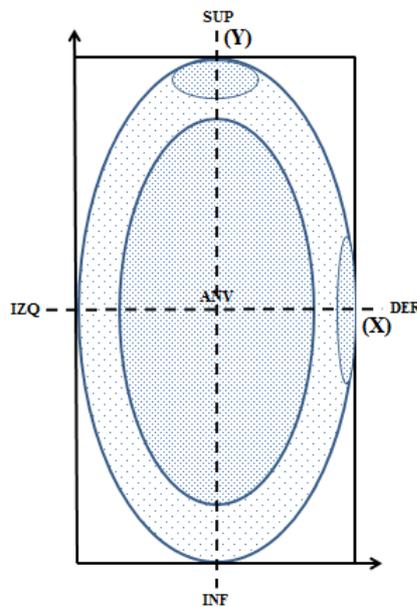


Nota. Modificado de Risch (1995).

Los objetos fracturados, en los que su parte preservada pueda ser dimensionada en relación al original hipotético, el fragmento se posicionará base a los criterios preestablecidos. Los restos que no puedan ser orientados en función de su posición

original, jerárquicamente se van a situar en la cara anversa, superior o derecha, y en el caso de los artefactos simétricos, cualquier posición es correcta. Para los criterios funcionales de orientación, la superficie activa se va a situar en la cara anversa, superior o derecha (Risch 1995) (fig.6).

Figura 6. Orientación analítica de las áreas activas de los objetos arqueológicos.



Nota. Modificado de Risch (1995).

Las variables cuantitativas que engloban las medidas básicas de los objetos analizados, son la longitud, la anchura y el grosor máximo. Los parámetros tridimensionales que manifiestan cuantitativamente y de forma particularizada las dimensiones de las caras de los objetos son (tab.11):

Tabla 11. Parámetros tridimensionales de las caras de los objetos arqueológicos.

X	Y	Z
ANV X	ANV Y	SUP Z
REV X	REV Y	INF Z
SUP X	DER Y	DER Z
INF X	IZQ Y	IZQ Z

El análisis morfotécnico implica la cuantificación tridimensional (morfometría técnica) de las áreas de trabajo donde se localizan las alteraciones funcionales, en relación a la orientación del objeto dentro del prisma ideal (tab.12). La morfometría de las áreas de trabajo se ha desarrollado mediante la medición vectorial (X, Y, Z) que define la anchura, longitud y profundidad de las caras activas.

Tabla 12. Ubicación de la cuantificación tridimensional de las superficies activas de trabajo.

X	Y	Z
Activa ANV X	Activa ANV Y	Activa ANV Z
Activa REV X	Activa REV Y	Activa REV Z
Activa SUP X	Activa SUP Y	Activa SUP Z
Activa INF X	Activa INF Y	Activa INF Z
Activa DER X	Activa DER Y	Activa DER Z
Activa IZQ X	Activa IZQ Y	Activa IZQ Z

Las variables funcionales que manifiestan la utilidad de las distintas caras de los artefactos, describen a nivel macro y con criterios establecidos empíricamente, las huellas de trabajo observadas en sus superficies (tab.13).

Tabla 13. Parámetros de ubicación por caras de las alteraciones funcionales de trabajo.

Función ANV
Función REV
Función SUP
Función INF
Función DER
Función IZQ

El análisis morfotécnico conlleva una descripción macroscópica de las características funcionales genéricas en base a criterios preestablecidos que describen las utilidades de las caras (tab.14). Estas se rigen en función de las huellas que definen los procesos de trabajo (percusión o abrasión) de los artefactos o de las características tafonómicas

(naturales o antrópicas) observadas. Hemos ordenado los criterios cualitativos básicos que describen las trazas funcionales de percusión o abrasión, según si son de orden activo o pasivo; es decir, si provienen de acciones de producción sobre los arteusos objeto de trabajo, o por el uso de los artefactos como medios de producción.

Tabla 14. Descripción de las alteraciones funcionales básicas de los objetos arqueológicos.

Trazas funcionales	Abreviatura
superficies naturales sin huellas de trabajo	A
superficies fracturadas por procesos postdeposicionales	RO
superficie trabajada por fricción (huellas producción)	PU
superficie trabajada por percusión (huellas producción)	TR
superficie con huellas de uso por fricción	AL
superficie con huellas de uso por percusión y sin fracturas	GA
superficies con huellas de uso por percusión con fracturas	GO

La observación de las características morfotécnicas se realiza a nivel macroscópico y mesoscópico, y sirve para asignar a los objetos en distintas categorías (ítems) en relación a los procesos de trabajo que pudieron alterar las superficies de sus caras activas. La descripción detallada de las huellas de trabajo utiliza una tipología traceológica (tab.15), desarrollada a nivel experimental, etnográfico y arqueológico por varios investigadores (Adams 1988, 1989, 1993, 1994, 1999; Delgado 2008; Hayden, ed. 1987; Risch 1995; Semenov 1981[1964]; Sussman 1988).

Tabla 15. Tipología de las trazas de trabajo en los objetos arqueológicos.

Tipología traceológica	Abreviatura	Bibliografía
huellas lineares	HLN	Adams (1989, 1994, 1999); Delgado (2008); Grace (1989); Risch (1995); Sussman (1988); Masur-Franchomme (1981); Semenov (1981)
fosas	FSA	Adams 1989, 1994; Hayden 1987; Risch 1995
nivelado o aplanado de los granos	NVL	Adams (1989); Delgado (2008); Risch (1995)
agregados de los granos	AGG	Adams 1983, 1989, 1994; Hayden 1979, 1987; Risch 1995; Sussman 1988
fracturas	FRC	Hayden 1979, 1987; Risch 1995; Sussman 1988

Usando los criterios descriptivos aportados por los autores mencionados, los agregados de granos localizados en las caras de los artefactos pueden concretarse como desintegración o de disgregación de los mismos. En las fracturas también se ha realizado una descripción más detallada de la diversidad que presentan (tab.16).

Tabla 16. Tipología particularizada de las fracturas y de los agregados de granos.

Tipos de agregados de granos	Abreviatura	Bibliografía
desintegración de granos	DSG	Adams 1983, 1989, 1994; Hayden 1979, 1987; Risch 1995; Sussman 1988
disgregación de granos	DGR	Adams 1983, 1989, 1994; Hayden 1979, 1987; Risch 1995; Sussman 1988
Tipos de fracturas	Abreviatura	Bibliografía
melladura escalonada	MSC	Risch 1995; Sussman 1988
triturado	TRT	Risch 1995; Sussman 1988
fractura invasiva	FRI	Hayden 1979, 1987; Risch 1995

Las fracturas por melladura escalonada se caracterizan por una terminación en ángulo recto, cuando la lasca se desprende del soporte durante la percusión sobre materiales duros o rígidos, como la piedra, el hueso o el asta, etc. (Risch 1995; Sussman 1988). Los triturados se generan mediante la pulverización de los granos minerales de la superficie del soporte (Risch 1995; Sussman 1988). Las fracturas invasivas se desarrollan a partir de un punto de impacto en la superficie, con una ampliación a medida que se alejan de la zona de percusión (Risch 1995; Sussman 1988). La aparición de las fracturas depende del ángulo de percusión y de la fuerza o presión ejercida, en función del material procesado, y en muchas ocasiones pueden llegar a confundirse con roturas causadas durante la post-deposición (Risch 1995).

Las huellas por agregados se forman por la disgregación o desintegración de conjuntos de granos, causando la aparición de fosillas y de partículas desgastadas de mineral (Adams 1989; Risch 1995), que dan un aspecto rugoso a la superficie afectada (Risch 1995; Hayden 1987). Adams (1994) apunta que en el contacto entre las rocas se genera la fractura de la red de granos, liberándose energía calórica, causando el

desprendimiento de material superficial de los soportes. Según Risch (1995), el factor determinante en la aparición de las fosillas sería la cohesión entre granos y su tamaño. La formación de ambos tipos de trazas vinculadas, se ha documentado en percutores basálticos usados para el reavivado de áreas activas de metates (Hayden 1987) y en artefactos abrasivos para el molido de granos, cereales, minerales o conchas (Adams 1994).

Las nivelaciones o aplanados de granos minerales resistentes, desarrollan su aspecto al desaparecer la microtopografía irregular superficial de la roca, pudiendo generarse cierto lustre (Adams 1989; Delgado 2008; Risch 1995). Su formación es característica de procesos de fricción entre rocas con una diversidad de materiales intermedios (cereales, minerales, etc.), cuando las cotas altas de estos granos no penetran dentro los intersticios (Adams 1994; Delgado 2008; Risch 1995).

La visibilidad de las huellas lineares es limitada en materiales líticos como la caliza silificada, al presentar superficies ásperas y rugosas (Risch 1995). En estos casos pueden llegar a desaparecer por los sucesivos procesos abrasivos a los que se someten las superficies activas de molienda, al no ser trazas acumulativas (Sussman 1988). Según Masur-Franchomme (1981), en la formación de estas trazas interviene el estado superficial o micro-relieve de los soportes pétreos y la granulometría de los minerales constituyentes. En este sentido, Semenov (1981) apunta como causa de formación los procesos de trabajo sobre materiales duros como la piedra. Adams (1989, 1994, 1999) también considera su aparición en la molienda de sustancias semiduras como los granos de cereal, u otras más duras como los minerales arcillosos y cerámicos o las conchas. Sin embargo, como pasa con otras trazas, también pueden deberse a las condiciones post-deposicionales de los artefactos arqueológicos (Risch 1995). Otro factor de análisis de las huellas lineales reside en su orientación sobre la superficie del soporte, que define el sentido cinemático de la molienda (Grace 1989).

5.6 Tercer nivel de análisis: experimentales de molienda y percusión

El sistema de replicación experimental se sostiene en que las condiciones de observación y medición han de ser sistemáticas, lo más independientes a la percepción del investigador, y que sus variables de análisis puedan aplicarse de forma generalizada a la materialidad arqueológica, desvinculándose lo máximo del estado concreto del registro empírico (Pie y Vila 1991). El método tiene que cuantificar y contrastar

regularidades materiales mediante arqueometría y replicación experimental con las propiedades funcionales de los objetos arqueológicos de nuestra muestra y discernir aquellos casos en que las regularidades materiales arqueológicas puedan tener relación con nuestros ejemplos experimentales. Los datos experimentales independientes se plantean como variables instrumentales de contrastación con nuestros casos arqueológicos, útiles para intentar realizar estimaciones hipotéticas sobre productividad e inversión de trabajo en la elaboración de los productos.

Los resultados de una experimentación funcional no debe considerarse una prueba en sí misma para la verificación de hipótesis, por lo que se debe mantener una continua revisión del método al proporcionar simplemente criterios de contrastación de variable fiabilidad (Laborda 2010; Gijn 1989). Los resultados de la experimentación arqueológica actúan como indicadores de una correlación unívoca de causa-efecto, pero la causalidad en el desarrollo de la materialidad arqueológica no siempre puede ser determinada por la correlación establecida de forma experimental (Laborda 2010). De tal forma que únicamente podremos establecer a nivel arqueológico las variables dependientes o las consecuencias de los procesos de trabajo en los objetos arqueológicos. Las variables independientes externas al objeto arqueológico sólo las podremos hipotetizar mediante analogía de similitud de consecuencias en la experimentación continua (González e Ibáñez 2004).

En el proceso de experimentación funcional tiene que darse un control de los aspectos que intervienen, por un lado las variables independientes causales (propiedades de las materias primas, gesto y tiempo de trabajo) y por otro las dependientes (huellas de trabajo) (Martín 2008). Aún de acuerdo con la mayoría de estos factores causales, consideramos que el tiempo invertido en la actividad o el gesto de trabajo no resultan variables totalmente independientes de los procesos, ya que las propiedades de los materiales soporte de las herramientas y su morfometría condicionará a ambas. Si existe una alta resistencia a la fricción entre dos implementos complementarios de piedra (mano y superficie de molienda), por su rugosidad superficial condicionada por la orientación de los minerales o por el grado de cohesión y dureza de los granos de mineral, ésta afectará la cinemática (sentido y repeticiones) de la acción. Lo mismo se da con la morfometría del instrumento que intervendrá en la manejabilidad, en el movimiento y en la fuerza de aplicación sobre la acción. No obstante, hemos apuntado los limitantes que presenta esta variable respecto a su correlación con el registro arqueológico. La consideración del tiempo y el gesto, como variables independientes,

tiene significado a nivel experimental, ya que éste se centra particularmente en un tipo de movimiento cinemático causante de una determinada traza. Sin embargo, en un proceso de trabajo real estos factores son mutables ya que el resultado material que se busca a nivel productivo nada tiene que ver con los que plantea un experimento funcional, por lo que la categorización de las variables pueden resultar divergentes entre ambos casos.

En la formación de las alteraciones tampoco hay que olvidar la posibilidad de una diversidad de causas, como las alteraciones postdeposicionales o factores accidentales durante el uso, en el desarrollo de huellas similares (Laborda 2010). Así como en una experimentación podemos controlar el universo de variables independientes, a nivel arqueológico sólo disponemos de una parte de la población de manifestaciones consecuentes sobre los materiales. Este sesgo empírico reafirma que la experimentación arqueológica de descarte y limitación de errores en cuanto a las variables materiales, tiene que ser constante en el proceso de investigación.

5.6.1 Procesos de fabricación y uso de las herramientas líticas de molienda. Del contexto geológico a la obtención de la herramienta

El desarrollo del programa experimental de fabricación y uso de instrumentos de molienda se divide en cuatro etapas: tres de campo y una de laboratorio.

1. Obtención de los clastos adecuados para la fabricación de los implementos de molienda.
2. Procesos de fabricación del metate y de la mano.
3. Procesos de uso de los instrumentos de molienda.
4. Comparación funcional entre herramientas experimentales y arqueológicas.

Estas etapas de análisis buscan dar cobertura a dos objetivos:

1. Análisis de los mecanismos de formación de las huellas de trabajo causadas durante el proceso experimental de fabricación y uso de los instrumentos de molienda.
3. Propuesta de usos que han podido formar las huellas de trabajo arqueológicas.

5.6.1.1 Obtención y transformación de la materia prima

Los parámetros básicos que han condicionado la pesquisa del arteuso, son: la mínima presencia de grietas naturales, la menor cantidad de vetas o inclusiones fosilíferas que alteraren la homogeneidad del material, y una morfometría natural del soporte que se adapte a las dimensiones promedias mínimas de longitud, anchura y grosor, de los metates registradas en Sihó. Las medidas totales aproximadas del clasto seleccionado antes del desbastado inicial, eran de 1000 mm aproximados de longitud, entre 500 y 700 mm de anchura, y entre 120 y los 200 mm de grosor (fig.7). El clasto usado para la fabricación de la mano tenía una longitud aproximada de 400 mm y una anchura y grosor, alrededor de los 200 mm (fig.8). Para la obtención de los arteusos se requirió de unas dos horas aproximadas por los alrededores del sitio.

Figura 7. Clasto calcáreo de Sihó con primera modificación mecánica.



La dificultad y necesidad de tiempo para realizar las primeras etapas de desbastado bruto y adelgazamiento, usando instrumentos de percusión de caliza, nos llevó al uso de instrumental mecánico moderno (esmeriladora). Por esta razón no se han tenido en cuenta el tiempo destinado a estas etapas. Únicamente estimamos el tiempo de preparación de las superficies activas de trabajo mediante piqueteado, usando cantos rodados de caliza. La selección del canto rodado usado como percutor experimental

parte de la similitud funcional con un canto arqueológico del sitio de Sihó. Se trata de un rodado calcáreo recogido en la playa Acapulquito de Campeche. Su morfometría es de 155 mm de longitud, 89 mm de anchura y 79 mm de grosor.

Figura 8. Canto rodado de la playa Acapulquito.



Nota. Cara anversa.

La roca calcárea que caracteriza el soporte material de los arteusos y de los instrumentos de percusión, con los que se fabricaron las herramientas experimentales de molienda, tienen una presencia de granos o partículas entre el 10 y el 20%. Sin embargo en el caso de los arteusos, contiene algunas cantidades de partícula fósiles con tamaño absoluto mayor que en el percutor. En ambos casos, la fábrica de los cristales hexagonales de calcita es isótropa con una orientación poco determinada.

Los resultados del micro-durómetro sobre el soporte del metate y de la mano, es de 642 (escala HLD), tratándose del mismo material. En el caso de los cantos usados como percutores, el valor de micro-dureza es de 545. Los resultados se han aplicado a la fórmula $D = (da \cdot \%a) / 100^{18}$, partiendo de los valores de la escala Gpa (Mineral

¹⁸ Donde **a** es el mineral principal componente de la roca (calcita), **%a** representa al porcentaje de mineral, y **da** los valores absolutos de micro-dureza de la caliza¹⁸ (Delgado 2008; Delgado et al. 2008).

microhardness-Gpa) (Broz et al. 2006), y nos marcan una menor dureza en los percutores no muy distante a la de la mano y el metate (tab17).

Tabla 17. Adaptación a la escala Gpa de las durezas de los materiales experimentales.

Artefactos	Fórmula	Resultados Gpa
Metate/mano	$D = (642 \times 1.49) / 100$	9.57
Percutor	$D = (545 \times 1.49) / 100$	8.12

Las medidas absolutas mínimas y de las áreas activas del metate y la mano experimentales, han sido establecidas dentro de las frecuencias métricas de los artefactos arqueológicos. Las medidas del soporte del metate oscilan entre los 450 y los 500 mm de longitud, entre los 350 y los 400 mm de anchura, y entre los 120 y 180 mm de grosor. La superficie activa de trabajo mide 300 mm de longitud y 200 mm de anchura, equivaliendo a 60000 mm^2 de área. La mano de metate fabricada es de 200 mm de longitud y 100 mm de anchura y grosor (fig.9). Los tiempos destinados para ambos artefactos fueron de unas 4 horas. La estimación de esta temporalidad es arbitraria, en función de los objetivos metodológicos de la experimentación, y no tienen que ver con los tiempos reales que pudieron destinarse a la fabricación de los artefactos arqueológicos.

Figura 9 (a, b). Implementos experimentales de molienda.



Nota. Izquierda (a): metate. Derecha (b): preforma de mano.

5.6.1.2 Uso de las herramientas de molienda

El programa experimental de molienda mediante el uso del metete y de la mano fabricados, se dividió en dos etapas (fig.10): 1) la molienda de maíz seco para extraer harina y 2) la molienda de maíz nixtamalizado para la obtención de masa o harina húmeda.

Figura 10 (a, b). Proceso de molienda experimental.



Nota. Izquierda (a): molienda de maíz seco. Derecha (b): molienda de maíz nixtamalizado.

Cada una de las etapas de molienda a cubrir fue de 10 horas aproximadas. La primera fase de molienda de maíz seco, tuvo una duración exacta de 10 horas, 34 minutos y 49 segundos. Esta fase se dividió en 9 sub-etapas temporales. En la segunda fase se molió maíz nixtamalizado y se contabilizó el tiempo en 10 sub-etapas, en un tiempo total de 9 horas, 39 minutos y 53 segundos.

Una de las razones que implicó el desarrollo de cada etapa de molienda en los tiempos comentado, se debió a la necesidad de adoptar suficiente habilidad cinemática en la actividad experimental. No hay que olvidar que se tratan de tiempos experimentales, sin la experiencia continua que implica una molienda ordinaria en algún contexto etnográfico o del pasado. La variabilidad en tiempos de trabajo en estos casos es importante, ya que pudieron intervenir un sinnúmero de factores como la habilidad, la substancia molida, las medidas de las herramientas o los materiales con las que se fabricaron. De tal forma que no podemos aplicar directamente las ratios de los tiempos experimentales, con los ejemplos arqueológicos. Otro factor a tener en cuenta radica en

la capacidad de formación de trazas de uso, que en la práctica experimental de molienda está condicionada por la duración de los tiempos de trabajo aplicados.

5.7 Breve historia de las intervenciones arqueológicas en Sihó

Fuentes coloniales ya citan el sitio de Sihó con distintos nombres; Zihó, Cihoo o Sihochak (Fernández 2010). Durante el siglo XIX, Stephens recorrió el sitio en 1841, describiendo algunas estructuras y estelas del Grupo Central (Cobos *et al.* 2004; Fernández 2010; Pantoja y Gamboa 2008). En 1893 el sitio es visitado por Teobert Maler, documentando gráficamente y mapeando los contenidos arquitectónicos (5 estructuras) y escultóricos del mismo Grupo Central (Cobos *et al.* 2004; Fernández 2010; Pantoja y Gamboa 2008).

En el siglo XX, trabajos de Pollock y Shook, Barrera Rubio, Dunning y Andrews, o Huchim y Covarrubiras, caracterizan más detalladamente los elementos arquitectónicos y escultóricos del sitio (Cobos *et al.* 2004; Fernández 2010; Pantoja y Gamboa 2008). Entre los años 2001 y 2003 del presente siglo hasta la actualidad, se viene realizando la investigación de Sihó dentro del proyecto “El surgimiento de la Civilización maya en el occidente de Yucatán: Los orígenes de la complejidad social de Sihó”, a cargo del Dr. Rafael Cobos y de la Dra. Lilia Fernández Ochoa. Hasta la fecha, el programa del proyecto ha incluido el levantamiento topográfico y registro sistemático de las estructuras del sitio, y la excavación horizontal y vertical mediante pozos de sondeo de cinco grupos de estructuras. Hay que comentar los trabajos de salvamiento realizados por el INAH Yucatán en 2007, a cargo del Dr. Luís R. Pantoja Díaz, a causa de la ampliación de una granja avícola situada en los terrenos donde se encuentra Sihó (Pantoja y Gamboa 2008).

5.8 El contexto cronológico y arqueológico

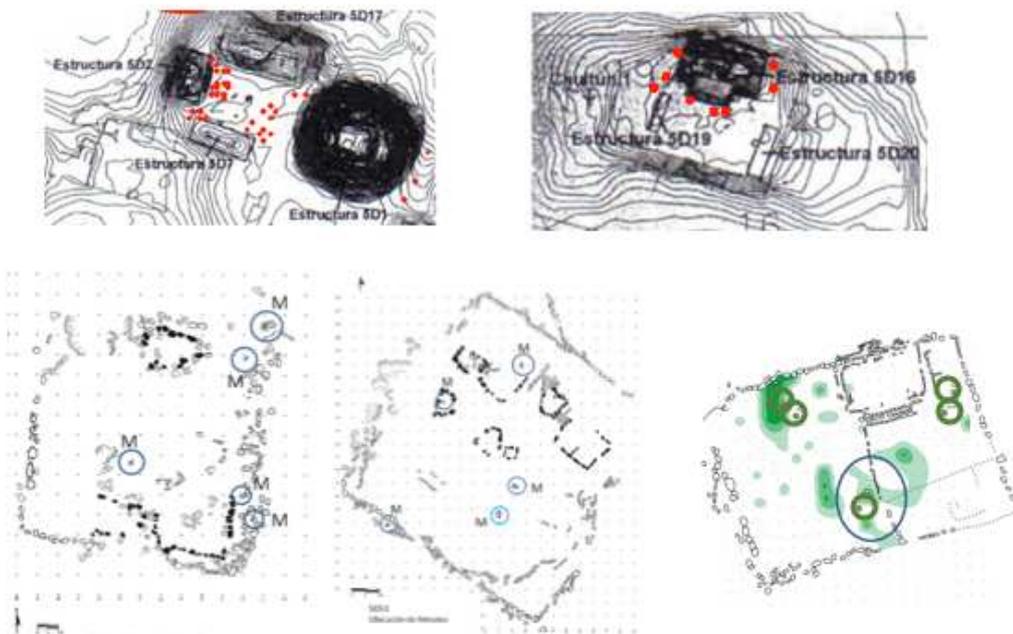
El análisis cerámico de Sihó plantea una cronología relativa de su ocupación prístina del sitio en el Preclásico Medio (600/500 – 200/100 a.C.), hasta el Clásico Tardío-Terminal (550/600 - 750/800 d.C.) cuando tiene lugar el apogeo y desarrollo de la estructura visible del sitio en la actualidad (Fernández 2010; Jiménez 2007). Sin embargo y según Pat (2006), el momento de uso de la mayoría de los metates contextualizados habría tenido lugar durante el Clásico Tardío. Los estudios cerámicos

(Jiménez *et al.* 2006; Jiménez 2007) apuntan a una ocupación de Sihó durante el florecimiento del Clásico, que fue contemporánea a la de otros sitios cercanos del occidente peninsular como Oxkintok o Chunchucmil.

5.9 Caracterización y localización de la muestra arqueológica

La muestra estudiada hasta el momento abarca un total 185 artefactos, de los que 85 son metates, y los 100 restantes son objetos sin huellas de trabajo aparentes o posible materia prima, manos, maceradores, artefactos alisadores, de percusión y de uso mixto. En la medida de lo posible se ha intentado que el muestrario analizado fuese lo más representativa de sus características funcionales y de su hipotético origen de abastecimiento como materia prima. La mayoría de los artefactos préniles de la muestra analizada provinene de los grupos Central, 5D16, 5D53/54, 5D57/58 y 5D72/72 (fig.11).

Figura 11 (a, b, c, d, f). Grupos de estructuras analizadas de Sihó



Nota. Superior izquierda (a): grupo Central. Superior derecha (b): grupo 5D16. Inferior izquierda (c): grupo 5D57/58. Inferior centro (d): grupo 5D53/54. Inferior derecha: grupo 5D72/73. Puntos rojos y círculos (metates).

En el caso de los metates (fig.12), los datos arqueológicos han sido obtenidos de Pat (2006) y nos hemos centrado en los conservados íntegramente y recuperados en contexto primario (Götz 2001, 2005), a razón de un análisis morfométrico y morfotécnico menos sesgado. Hay que añadir que la localización de los metates trasciende las estructuras y grupos de donde provienen el resto de materiales estudiados, abarcando una gran cantidad de unidades del sitio (tab.18).

Figura 12. Metate de Sihó



Tabla 18. Muestra numérica y proporcional de metates enteros localizados por estructuras.

Ítem	Estructura	Nº	%
MET	4D	1	1.18
MET	5C	1	1.18
MET	5D17	1	1.18
MET	5D111	1	1.18
MET	4C	1	1.18
MET	6D9	1	1.18
MET	5D125	1	1.18
MET	4D10	1	1.18
MET	5D92	1	1.18
MET	6D17	1	1.18
MET	5D57	1	1.18
MET	5D77	1	1.18
MET	5D60	1	1.18
MET	5D42	1	1.18
MET	5C21	1	1.18
MET	4C2	1	1.18
MET	5D22	1	1.18
MET	5C22	1	1.18
MET	6D20	1	1.18
MET	5D105	1	1.18
MET	5C11	1	1.18
MET	5C1	1	1.18
MET	5D48	1	1.18
MET	6D1	1	1.18
MET	5D127	1	1.18
MET	6E1	1	1.18
MET	5C9	1	1.18
MET	5D73	2	2.35
MET	6D19	2	2.35
MET	5D15	3	3.54
MET	4C1	3	3.54
MET	4C15	3	3.54
MET	5D	3	3.54
MET	4D5	3	3.54
MET	5C7	3	3.54
MET	5D46	4	4.72
MET	5D53	5	5.9
MET	5D2	6	7.08
MET	5C19	6	7.08
MET	5D7	7	8.26
MET	5D16	8	9.44
	Total	85	100

Los datos del resto de artefactos se han obtenido mediante su análisis directo en el laboratorio de arqueometría de la facultad de Ciencias Antropológicas de la Universidad Autónoma de Yucatán. El estado de conservación en estos casos, presentaba variables grados de alteración.

Un total de 25 artefactos han sido asignados al ítem de manos de molienda (fig.13). Los artefactos están asignados directamente a estructura, con algunos ejemplos no contextualizados de forma clara (tab.19).

Figura 13 (a, b) Manos de metate de Sihó.



Nota. Izquierda (a): N° 356 - A65 cara anversa. Derecha (b): N° 376 - CA64 cara anversa.

El estado de conservación del soporte de las manos de metate de la muestra arqueológica es variado. El 36% se encuentran enteros, el 12% conservan la parte superior de la pieza, el 24% mantiene la parte superior y medial, el 4% también mantiene ambas partes pero sin la cara superior, un 4% que no conserva la cara inferior, un 4% que únicamente conserva un fragmento de la parte superior derecha y un 16% que mantiene menos de un tercio de su integridad.

Tabla 19. Muestra numérica y proporcional de manos de metate localizadas por estructuras.

Ítem	Estructura	N°	%
MNO	5D16	5	20
MNO	5D2	6	24
MNO	5D53	2	8
MNO	5D19	1	4

MNO	5D7	1	4
MNO	5D58	1	4
MNO	5D155	1	4
MNO	5D212	1	4
MNO	5D269	1	4
MNO	5D98	1	4
MNO	5D41	1	4
MNO	-	4	4
	Total	25	100

El segundo grupo de asignación corresponde a los objetos caracterizados de forma exclusiva por procesos de abrasión o alisado (fig.14). El cómputo de artefactos mejor determinados en esta función asciende a 21 artefactos (tab.20). A este grupo hay que asignarle una muestra de 6 objetos, cuyo origen fueron cantos rodados naturales de depósitos geológicos secundarios¹⁹. Concretamente estos últimos artefactos provienen de la estructura 5D2 (3 un.), 5D58 (1 un.), 5D16 (1 un.) y 5D7 (1 un.).

Figura 14 (a, b). Alisadores de Sihó.



Nota. Izquierda (a): N° 364 – CA257reversa. Derecha (b): N° 322 cara anversa.

El estado de preservación del soporte de estos artefactos también es diverso. El 38.10% se conservan enteros, el 9.52% no conservan la cara inferior, el 9.52% no conservan su cara reversa, el 4.76% solamente conserva la parte superior de la pieza, el 4.76% preserva su parte media y superior, y otro 4.74% no presenta la cara izquierda. Queda el 28.57% de artefactos que conservan menos de una tercera parte del soporte.

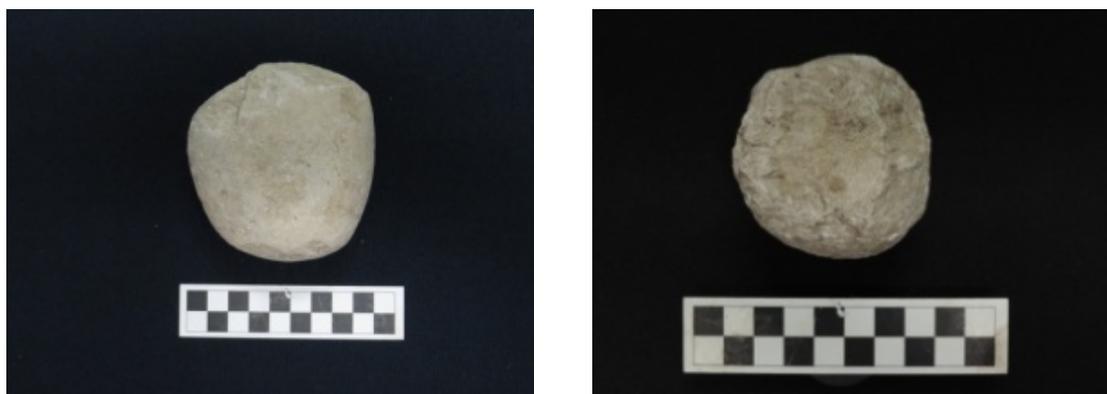
¹⁹ Clark (1988) define estos artefactos como *manuports*. Esta caracterización genérica se puede aplicar también a los usados como percutores o con funcionalidad mixta.

Tabla 20. Muestra numérica y proporcional de alisadores localizados por estructuras.

Ítem	Estructura	Nº	%
ALS	5D16	4	19.05
ALS	5D2	6	28.57
ALS	5D7	3	14.29
ALS	5D20	3	14.29
ALS	5D54	1	4.76
ALS	5D53	1	4.76
ALS	5D58	1	4.76
ALS	-	2	4.76
	Total	21	100
ALS		15	71.43
ALS-CAR		6	28.57

El tercer grupo comprende los artefactos percutores (fig.15). Un total de 5 artefactos ha sido asignado con este ítem y se localizaron en la estructura 5D16, 5D72, 5D7 y 5D2 (tab.21). Dos artefactos de la muestra conservan caras naturales que confirman su origen geológico secundario. De esta muestra, el 40% de los artefactos se encuentran en buen estado de preservación con el soporte entero, otro 40% conservan la parte superior y medial, y 10% que solo conserva la parte superior de la pieza.

Figura 15 (a, b). Percutores de Sihó.



Nota. Izquierda (a): N° 9 - CA155 cara anversa. Derecha (b): N° 307 cara anversa.

Tabla 21. Muestra numérica y proporcional de percutores localizados por estructuras.

Ítem	Estructura	Nº	%
PEC	5D2	2	40
PEC	5D7	1	20
PEC	5D16	1	20
PEC	5D72	1	20
	Total	5	100
PEC		3	60
PEC-CAR		2	40

El cuarto es el de los instrumentos mixtos en su función de alisadores y percutores (fig.16). Un total de 34 objetos arqueológicos forman parte de este grupo, tratándose del que más cantidad de casos dispone (tab.22). Una porción importante de 11 artefactos (32.35%) de esta muestra funcional, consta de cantos rodados geológicos que fueron usados de forma mixta.

Figura 16 (a, b). Alisadores-percutores de Sihó.



Nota. Izquierda (a): Nº 333 - AB94 cara anversa. Derecha (b): Nº 313 - A58 cara anversa.

El estado de conservación de la muestra es significativamente bueno con la presencia del 67.65% de los artefactos enteros. Se han documentado un 20.59% de artefactos prácticamente enteros a los que les falta algún fragmento de la cara superior, reversa o inferior. Un 8.82% que conservan su parte superior y medial, y un 2.91% que solamente conserva su cara superior.

Tabla 22. Muestra numérica y proporcional de alisadores-percutores localizados por estructuras.

Ítem	Estructura	Nº	%
APE	5D16	13	38.24
APE	5D2	12	35.39
APE	5D20	2	5.88
APE	5D7	1	2.94
APE	5D19	1	2.94
APE	5D72	1	2.94
APE	5D58	1	2.94
	PLTF	1	2.94
APE	-	2	5.88
	Total	34	100
APE		23	67.65
APE-CAR		11	32.35

El quinto grupo de artefactos son los maceradores (fig.17), tratándose en total de 4 individuos (tab.23). Un 75% conservan menos de una tercera parte del soporte y un 25% se mantiene entero.

Figura 17. Macerador de Sihó.



Nota. Nº 6 - CA172 cara anversa.

Tabla 23. Muestra numérica y proporcional de maceradores localizados por estructuras.

Ítem	Estructura	Nº	%
MAZ	5D53	1	25
MAZ	5D16	1	25
MAZ	5D2	2	50
	Total	5	100

El sexto conjunto corresponde a los objetos que no presentan huellas de trabajo observables en sus caras por lo que se pueden considerar materia prima aportada al sitio (fig.18; tab. 24). Se trata de un total de 11 objetos de los que el 81.82% son cantos rodados y un 18.18% son fragmentos de roca. Un 72.73% de cantos se conservan enteros, un 9.09% conserva la parte superior y medial, y a los 2 fragmentos no se les ha asignado estado de preservación.

Figura 18. Canto rodado de Sihó.



Nota. N° 418 - F214 cara anversa

Tabla 24. Muestra numérica y proporcional de materias primas (cantos rodados y fragmentos de roca) localizadas por estructuras.

Ítem	Estructura	Nº	%
CAR	5D16	3	27.27
CAR	5D2	1	9.09
CAR	5D7	1	9.09
CAR	5D72	1	9.09
CAR	5D73	1	9.09
CAR	5D58	2	18.18
IND	5D19	1	9.09
PIE	5D2	1	9.09
	Total	11	100

A nivel petrográfico se han aplicado métodos técnicos de análisis químicos elementales cualitativos y cuantitativos mediante fluorescencia de rayos x, sobre el total de 30 muestras arqueológicas, entre cantos rodados con o sin alteraciones, manos, metates y maceradores (tab.25). Las microdurezas se han establecido sobre 15 artefactos, tratándose de manos, alisadores, alisadores-percutores y maceradores, y de cada artefacto se han sacado varios puntos para una mayor significancia estadística (tab.25). Para los cálculos de índices de esfericidad se han utilizado todos los cantos rodados arqueológicos, con y sin alteraciones funcionales, de la muestra de Sihó. Además se calcularon las esfericidades de una muestra de artefactos elaborados con cantos rodados provenientes del sitio costero de Uaymil, para compararlos con un grupo reducido de rodados arqueológicos de Sihó, con características petrográficas similares (tab.25).

Tabla 25. Muestra de artefactos y arteusos sometidos a análisis petrográficos.

Ítem	FRX	MD	IE
CAR arq/SH	11		22/4
CAR arq/UY			36
MNO	8	8	
MET	8		
ALS		4	
APE		2	
MAZ	3	1	
Total	30	15	62

Nota. Fluorescencia de rayos x (FRX), micro durezas (MD) e índices de esfericidad (IE).

A nivel morfométrico se ha establecido la medición de los 181 artefactos de la muestra arqueológica (cantos rodados y rocas sin alteraciones funcionales aparentes, alisadores, percutores, alisadores-percutores y metates), pero para su análisis estadístico solo se han contemplado los artefactos con estimación morfométrica absoluta posible (tab.26). En lo morfotécnico, respecto a las medidas de las superficies activas afectadas por huellas de trabajo, se ha establecido el mismo criterio (tab.26). En este caso también se han descontado los 11 objetos sin alteraciones funcionales (cantos rodados y fragmentos de roca) y los maceradores. El descarte de los maceradores es por su deficiente estado de preservación y por no formar parte de los objetivos de la tesis, aunque sí que se han valorado para el estudio sobre el origen de las materias primas. A nivel traceológico más detallado solamente se ha podido analizar algún individuo percutor y algunas manos de metate, por lo que no se puede considerar a priori que sean significativos de toda su muestra (tab.26).

Tabla 26. Muestra de artefactos y arteusos sometidos a análisis morfométricos y morfotécnicos.

Ítem	Morfometría	Morfometría técnica	Traceología
CAR	9		
IND	1		
PIE	1		
MNO	17	18	3
MET	85	85	
ALS	14	14	
APE	34	34	
MAZ			
PEC	5	5	1
Total	166	156	4

5.10 Sistemas de muestreo y caracterización de la muestra geológica de referencia

La recogida selectiva de muestras geológicas de referencia (afloramientos y depósitos secundarios) mediante prospección de campo, se ha realizado para disponer de una representación lo más amplia posible de contextos litológicos que caracterizan las tres formaciones geológicas principales de la Península de Yucatán (Carrillo Puerto,

Chichén Itzá e Icaiché)²⁰. La muestra geológica de referencia utilizada para los análisis elementales, consta de un total de 23 individuos prospectados en los contextos apuntados.

Para el muestreo sistemático y selectivo de los materiales contenidos en los depósitos secundarios se ha utilizado el "método de área" (Howard 1993). Este sistema consiste en registrar X clastos con tamaños -o índice de esfericidad- y propiedades petrológicas, similares a los detectados a nivel arqueológico, en un área igual o superior a 2,5 veces el diámetro máximo del clasto más grande en el punto de muestreo (Howard 1993; Risch 1995, 1998). En total se han realizado tres muestreos Howard; uno en las inmediaciones del sitio de Sihó, otro en la ladera norte de la falla de Ticul y el tercero en un contexto geológico secundario de playa (Acapulquito, Campeche). La elección de este método se debe a que posibilita una selección azarosa y un factor de delimitación arqueométrico con el objetivo de detectar depósitos que ofrezcan buenos niveles de asequibilidad (Risch 1995, 1998).

El cálculo de los índices de esfericidad se ha ejercido sobre el total de cantos rodados obtenidos mediante los muestreos Howard (1993), siendo muchos menos los sometidos a análisis químico mediante fluorescencia de rayos (tab.27). El resto de materiales analizados a nivel elemental son algún rodado secundario aislado, fragmentos de rocas o nódulos de los afloramientos primarios sondeados.

Tabla 27. Muestra de circundatos geológicos de referencia sometidos a análisis petrográficos.

	FRX	IE
CAR/TC	6	32
CAR/SH		177
CAR/Acap.		111
Otras	17	
Total	23	313

Nota. Fluorescencia de rayos x (FRX) e índices de esfericidad (IE).

Un primer conjunto de tres muestras (TOCSH-167, SCB-131 y AFL-149) se prospectó en la formación geológica Carrillo Puerto donde se ubica el sitio de Sihó. El área de prospección se amplió hacia la población de Kopomá con dos muestras (MCD-

²⁰ Las formaciones geológicas expuestas se describen en el apartado del espacio geofísico (6.3).

143 y CCH-164) y a los alrededores de Dzityá, cerca de la ciudad de Mérida, con tres (TOC-161 y TOC-146). Hay que mencionar un grupo de tres individuos (LO-151, LO-137 y LO-140) obtenidos en el límite de la cara oeste de la última estribación de la falla de Ticul, a tocar del municipio de Maxcanú (tab.28).

El segundo conjunto de seis muestras (BJ-134, BJ-158, BJ-80, BJ-83, BJ-89 y BJ-86) obtenidas en el muestreo Howard (1993), proviene del área de prospección de la cara norte más expuesta del último tramo de la falla. Estas pertenecen a depósitos geológicos secundarios desarrollados durante el Pleistoceno y Holoceno, aunque en origen posiblemente formaron parte de afloramientos vinculados a las formaciones Icaiché y Chichén Itzá, localizadas en la falla (tab.28).

Un último conjunto de dos ejemplos (OPCR-38 y OSHCR-47) se obtuvo en los montes asociados a la falla de Ticul, justo detrás de la estribación mencionada, más otros dos (LBN-22 y SY-18) recolectados más al sureste en Sayil y Labná. Todos estos individuos formarían parte de la formación geológica Chichén Itzá (tab.28).

Tabla 28. Coordenadas geográficas de los lugares de muestreo de los arteusos geológicos de referencia analizados.

Ref.	Tipo	Coordenadas
LO-151	CAR	N 20° 34' 02,3" / O 90° 02' 44,9"
LO-137	CAR	N 20° 34' 03,4" / O 90° 02' 42,7"
LO-140	CAR	N 20° 34' 02,4" / O 90° 02' 46,9"
BJ-134	CAR	N 20° 34' 38,9" / O 90° 01' 55,6"
BJ-158	CAR	N 20° 34' 38,6" / O 90° 01' 55,3"
BJ - 80	CAR	N 20° 34' 38,9" / O 90° 01' 55,6"
BJ - 83	CAR	N 20° 34' 38,9" / O 90° 01' 55,6"
BJ - 89	CAR	N 20° 34' 38,9" / O 90° 01' 55,6"
BJ - 86	CAR	N 20° 34' 38,9" / O 90° 01' 55,6"
KC-41	nódulo	N 20° 23' 06,5" / O 90° 05' 41,6"
KC-53	nódulo	N 20° 23' 06,5" / O 90° 05' 41,6"
EG-AFL	frag.	N 20° 34' 39,5" / O 90° 00' 36,0"
LBN-22	frag.	N 20° 10' 20,2" / O 89° 34' 40,2"
SY-18	frag.	N 20° 10' 28,3" / O 89° 39' 09,8"
OPCR-38	frag.	N 20° 31,703' / O 89° 51,647'
OSHCR-47	frag.	N 20° 34' 08,5" / O 89° 58' 00,0"
MCD-143	frag.	N 20.629114 / O -89.930958
CCH-164	frag.	N 20.629114 / O 89.930958
TOC-161	frag.	N 21.0503 / O 89.6786
TOC-146	frag.	N 21.0503 / O 89.6786
TOCSH-167	frag.	N 20° 29' 39,4" / O 90° 10' 36,1"
SCB-131	frag.	N 20° 29' 35,5" / O 90° 10' 30,7"
AFL-149	frag.	N 20° 29' 37,1" / O 90° 10' 26,1"

Se trata de un terreno con limitado relieve cárstico, presencia de cenotes superficiales de boca ancha y pequeñas cuevas freáticas con sifones (Lugo et al. 1992), constituido de pisos rocosos en forma de planadas y altillos (Duch 1988). Presenta altitudes de 1 a 3 metros sobre el nivel del mar y desniveles de 0,5 m en las planadas y de 1 m en los altillos (Duch 1988). Por su lado las pendientes de las planadas son del 1 % y del 5 al 20 % en el caso de los altillos (Duch 1988) (fig.20).

Sihó se ubica a unos 60 kilómetros en dirección este del cuerpo principal occidental de la formación Chichén Itzá que se encuentra al sur y mitad norte de la Península de Yucatán. A nivel topográfico adopta altitudes entre 3 y 100 metros sobre el nivel del mar en dirección este - sudeste. Esta formación presenta una diversidad morfológica considerable entre zonas de llanuras rocosas u onduladas, áreas con lomeríos, planadas, altillos u hondonadas someras (Duch 1988, 1991; Lugo *et al.* 1992). Los desniveles van de 0,5 a 1 metro en el caso de las planadas, de 1 a 5 metros en los altillos, de 5 a 10 metros en las hondonadas, de 3 a 5 metros en los montículos y las lomas de 10 a 20 metros. Las pendientes de las planadas oscilan del 1 al 2 %, en los altillos del 3 al 30 %, los montículos del 80 al 100 %, las lomas del 5 al 20 % y las hondonadas del 30 al 80 % (Duch 1988) (fig.20).

El límite occidental de la falla de Ticul se sitúa a una distancia aproximada de 30 kilómetros del sitio de Sihó en dirección noreste. La falla recorre en dirección sur-suroeste desde la población de Maxcanú (20°24' y 20°50' latitud norte; 89°54' y 90°21' longitud oeste²¹) hasta Oxkutzcab (paralelos 19°57' y 20°22' latitud norte; meridianos 89°21' y 89°41' longitud oeste²²) (Marín *et al.* 2004). La ladera noreste constituye la cara frontal de la falla que asciende con mayor grado de pendiente y la vertiente opuesta es más leve con un relieve ondulado (López 1977). Se trata de una formación que separa la topografía en áreas: al norte una extensa llanura más o menos homogénea con pendiente desde los 50 metros hasta la cota marina y al sur se levantan los lomeríos con pequeños valles (Marín *et al.* 2004) que conforman la sierra de Ticul. La sierra que se orienta de noroeste a sureste tiene una longitud aproximada de 110 a 120 kilómetros (Duch 1991; García y Graniel 2010; López 1977; Marín *et al.* 2004) y su altitud oscila de 50 a 150 metros respecto la planicie (García y Graniel 2010; López 1977; Lugo *et al.* 1992), con alguna elevación máxima de 275 (García y Graniel 2010; Marín *et al.* 2004) a 300 metros sobre el mar (Marín *et al.* 2004). Estas altitudes se encuentran más al sur

²¹ Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos (2009a).

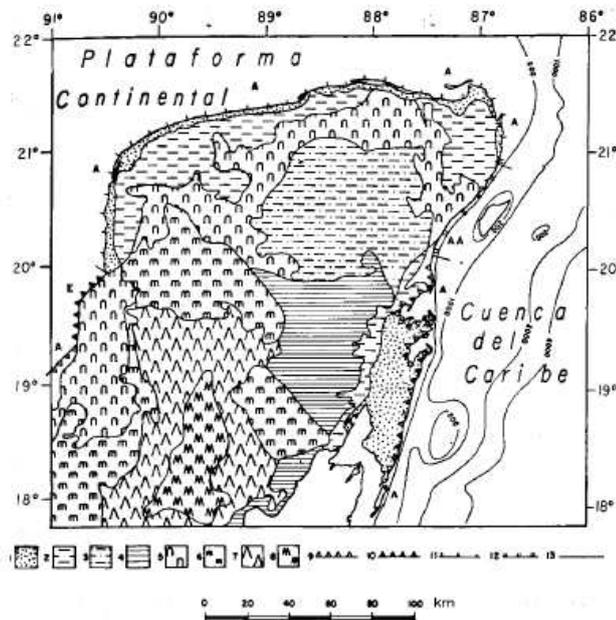
²² Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos (2009b).

en la sierra Bolonchén, asociada a la de Ticul. Se trata de una formación de colinas alargadas y paralelas constituida por camellones²³ y planadas, asociada al sur - sureste a lomeríos bajos con llanuras (Duch 1988, 1991) (fig.20). Contiene sistemas cársticos con numerosas cuevas de desarrollo horizontal, pequeños tiros verticales y salones freáticos amplios conectados por galerías estrechas (Lugo *et al.* 1992).

Los desniveles de las planadas están entre los 40 y 100 metros, los camellones de 60 a 210 metros y las grutas oscilan entre 20 y 100 m de profundidad. Las pendientes de las planadas asociadas a la sierra varían del 40 al 100 % y del 60 al 100 % en el caso de los camellones (Duch 1988) (fig.20).

A unos 40 kilómetros en dirección sureste se encuentra la falla de Hecelchakán asociada a la misma formación Chichén Itzá, donde aflora una sierrita alargada en sentido noreste-suroeste, de unos 500 kilómetros cuadrados aproximados y que muere al mar.

Figura 20. Geomorfología de la Península de Yucatán.



Nota. 1. Planicie de acumulación marina. 2. Planicies estructurales casi horizontales (< 10 m). 3. estructurales casi horizontales (10 - 20 m). 4. Planicies estructurales casi horizontales con lomerios (20 - 50 m). 5. Planicies con lomerios (10 - 50 m). 6. Planicies con lomerios (50 - 100 m). 7. Lomerios menores (100 - 200 m). 8. Lomerios mayores (200 - 350 m). (Lugo *et al.* 1992).

²³ Terrenos cerriles angostos y alargados, con suelos someros y pedregosos (Duch 1988: 182).

6.2 El espacio geofísico

La formación de los suelos que conforman la mayor parte de la Península de Yucatán, tuvo su desarrollo principalmente a lo largo del Paleógeno y Neógeno (Terciario), a partir del Cretácico superior (Dutch 1988; Flores 1974). Se trataron de procesos evaporíticos de deposición de sedimentos marinos de base biológica (moluscos) en forma de capas de plataforma somera en ambientes de supramarea en repetidos ciclos de oscilación del nivel del mar (Marín *et al.* 2004; Tucker 1981). El desarrollo de sedimentación evaporítica sería propiciado por la formación anterior de cuencas de circulación restringida de las aguas oceánicas durante el Cretácico (Marín *et al.* 2004).

Las formaciones más jóvenes del Eoceno, Oligoceno, Mioceno y Plioceno son dominantes en la práctica totalidad de la península (fig.21). Sin embargo se han documentado en las Montañas Mayas de Belice (López 1977) formaciones anteriores del Paleozoico, cubiertas por formaciones mesozoicas del Jurásico y Cretácico (López 1977; Marín *et al.* 2004) o calizas del Paleoceno que también se localizan en la sierra de Bolonchén y en la de Ticul (Aguilar 1977, 1979a, 1979b; García y Graniel 2010). En el caso de la sierra de Ticul hay cierta duda al no estar bien diferenciadas respecto a las formaciones del Eoceno inferior. También hay reparos en el caso de posibles afloramientos del Cretácico superior (Aguilar 1977, 1979a, 1979b; López 1977; Virgen y Baca 1988).

La composición química principal de estos materiales sedimentarios es el carbonato de calcio (CaCO_3), que forma el mineral de calcita; se presentan aportes de magnesio y calcio (CaMgCO_3) o solo de magnesio (MgCO_3). Estos compuestos forman más del 90% del peso del material y el resto se trata de impurezas (Dutch 1988).

La morfología geológica presenta características de relativa uniformidad del manto rocoso superficial. Se trata de un sustrato de reducida variabilidad geológica, con una posición casi horizontal según el área, llamada roca laja o “chaltún”, de gran dureza, muy deshidratada y cristalizada y con elevados índices de fragmentación superficial (caliche) (Duch 1988, 1991). Ésta fragmentación se genera sobre todo en las zonas con mayor desnivel y más expuestas (Duch 1988). La capa subyacente de características más blandas y más hidratada que recibe el nombre de sascab (Duch 1988, 1991; García y Graniel 2010). Se trata de un sustrato con gran permeabilidad que favorece una abundante filtración del agua de lluvia. Tal fenómeno causa la disolución progresiva del

sustrato calcáreo más blando, originando canales, grutas o sumideros donde el agua circula internamente. Este es el motivo que no se encuentre en la región la presencia de cauces superficiales perennes (García y Graniel 2010).

En general los materiales superficiales cretácicos y paleogénicos presentan una considerable dureza en comparación a los más modernos del Neógeno. Este proceso de consolidación y endurecimiento de la coraza calcárea está estrechamente vinculado con la edad geológica del sustrato y se desarrolla más rápidamente en el exterior con mayor contacto atmosférico, con un avance vertical y progresivo hacia el interior (Duch 1988). La geomorfología que caracteriza la península resultó de tensiones tectónicas durante el Oligoceno y Mioceno, con un primer levantamiento de la plataforma sobre el nivel del mar en la parte meridional. El resto se elevaría progresivamente a partir del Plioceno y del Cuaternario con la ascensión más septentrional y periférica de la península (Lugo *et al.* 1992). Los movimientos tectónicos en la costa del Pacífico generaron las sierras de Ticul y Bolonchén que se extienden al sur de la falla de Ticul. Esta falla estaría asociada a procesos diferenciales de diapirismo (Marín *et al.* 2004), en los que se elevarían afloramientos de formaciones geológicas más antiguas del Paleoceno y del Eoceno en ambas sierras. Estos procesos se caracterizan por la ascensión tectónica de rocas menos densas y plásticas a través de rocas suprayacentes más densas y recientes (Marín *et al.* 2004). Por otro lado, el levantamiento de la corteza calcárea de la costa noreste de la Península fue resultado de las tensiones de fallas en el Atlántico en sentido noreste-suroeste, dando origen al Golfo de México (García y Graniel 2010). Como resultado, el norte y noroeste de la península hacia la costa desciende progresivamente hasta su inmersión en las aguas del Golfo.

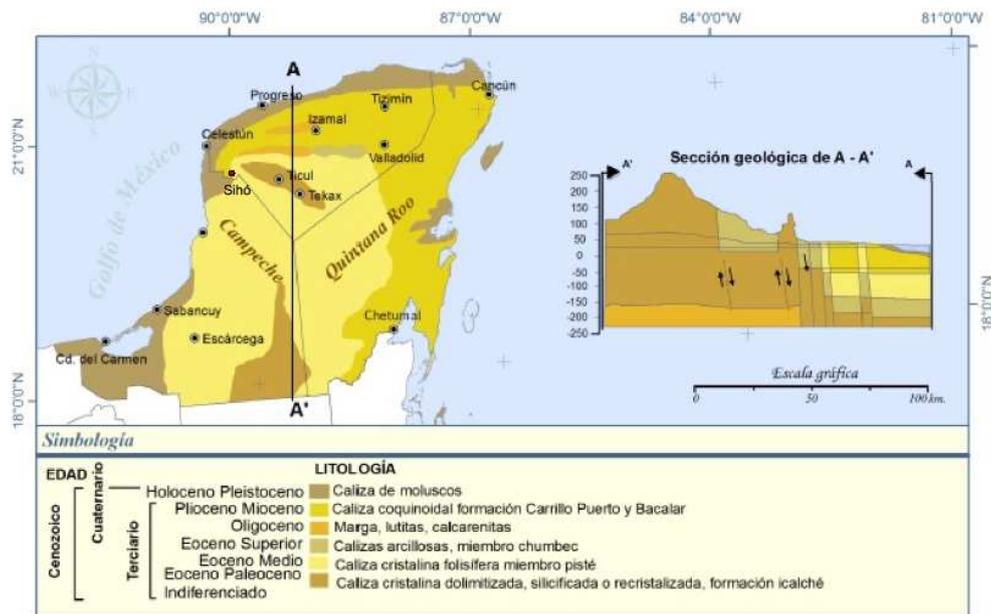
Para Lugo *et al.* (1992) la formación de las unidades cársticas que caracterizan en gran medida el norte de la península resultaría entre otros factores de la actividad tectónica durante el Neógeno (Mioceno-Plioceno) y de las oscilaciones en el nivel del mar, sobretudo en el Pleistoceno. Durante el Pleistoceno empezaría a formarse el caliche calcáreo alterado que recubre gran parte de la superficie de la península sobre los sustratos emergidos del Eoceno, Oligoceno, Mioceno y Plioceno (López 1977). Esta alteración superficial continuaría a lo largo del Holoceno, igual que el desarrollo del litoral costero.

Este material meteorizado y con diversos grado de erosión está muy presente en el área de la sierra de Ticul (Duch 1991), encontrándose en gran cantidad en los taludes o pedreros ubicados a los pies de la falla por la gran exposición a la intemperie de los estratos rocosos que afloran en ella. Esta meteorización también tiene lugar en los altillos o montículos muy presentes en el área interior norte de la península de las formaciones geológicas Carrillo Puerto y Chichén Itzá. En los terrenos planos y bajos que rodean estos montículos la fragmentación y contenido de los materiales es menor en comparación a la que presentan los terrenos más elevados. Estos materiales fragmentados presentan un considerable grado de redondeamiento de sus aristas en contraste con los encontrados en las zonas elevadas que se muestran menos erosionados y mucho más angulosos (Duch 1988).

La Península de Yucatán y sobretodo su zona centro-norte no se caracteriza por la afluencia de cauces fluviales ni de caudales suficientes y regulares que permitan una formación significativa de cantos rodados. El sistema fluvial más próximo con caudal importante es el del río Candelaria que nace al norte del Petén, desemboca en la Laguna de Términos en el Golfo de México y cuenta entre sus afluentes con los ríos La Esperanza, Caribe, La Joroba y Toro. La distancia aproximada con el sitio de Sihó es de unos 300 km en línea recta y demasiado alejada para una explotación directa de sus recursos naturales. El único contexto geológico con suficiente disponibilidad de materiales secundarios más cercano al sitio de Sihó se encuentra en el litoral costero norte del estado de Campeche, entre 100 y 130 km. Se trata de un conjunto de pequeñas playas (Seyba, Acapulquito, Punta Sihó, etc.) al sur de San Francisco de Campeche localizadas donde mueren los cerritos asociados a la falla de Hecelchakán que rodean la ciudad (fig.61). El resto de playas del noroeste y norte peninsular no aportan materiales de este tipo, al tratarse básicamente de contextos de acumulación arenosa de origen biológico marino.

En la carta geológica-minera del Servicio Geológico Mexicano (2007) se registran y fechan estos contextos secundarios litorales como Bioclastos Seyba del Pleistoceno, localizados a pie de playa. Estos bioclastos pueden estar relacionados a estratos conglomeráticos tipo brecha de formaciones neógenas del Plioceno (López 1977), cuya matriz fue erosionada, liberando y erosionando los clastos a lo largo del Pleistoceno y Holoceno por la subida de los niveles marítimos.

Figura 21. Clasificación geológica de la Península de Yucatán.



Nota. Modificado de García y Graniel (2010).

6.2.1 Formaciones cretácicas

Según López (1977) solo se detectan afloramientos del Cretácico superior (100.5 – 66.0 Ma)²⁴ en las montañas Mayas de Belice, pero esto podría ponerse en duda, con ciertos matices (fig.22). En el pozo Yucatán I perforado en la sierra de Ticul se documentó materiales asignados al estadio Maestrichtiano (72.1 ± 0.2 – 66.0 Ma). Estaban constituidos principalmente por anhidrita translúcida, de colores gris, gris claro y blanco crema, con intercalaciones de caliza cristalina de grano fino a medio, dolomítica, de color gris a gris claro, blanco crema y marrón claro. El nivel superior de perforación del pozo se encuentra entre 440 y 265 metros, por lo que es probable la presencia en superficie si tenemos en cuenta los plegamientos e intrusiones tectónicas en la sierra. Otro factor es la presencia de anhidrita según Virgen y Baca (1988), en afloramientos explotados en la actualidad, aunque se presentan dudas si seguimos criterios de identificación base al color.

Un importante número de muestras colectadas en superficie a lo largo de la falla de Ticul y en los montes asociados al sur, han sido clasificadas base a su textura

²⁴ ICS International Chronostratigraphic Chart v. 2017 (Cohen *et al.* 2013). Aplicará a todas las cronologías geológicas.

deposicional²⁵ como grainstones o calcarenitas. Estas han sido reportadas por varios autores (Aguilar 1979a, 1979b; López 1977; Virgen y Baca 1988) como calizas tipo Petén del Cretácico Superior. Sin embargo en Aguilar (1977) o en Sánchez y Zamorano (1993) se identifican en el Paleoceno-Eoceno indiferenciado o en el miembro Chumbé de la formación Chichén Itzá del Eoceno superior. No obstante en los sondeos de PEMEX (López 1977) estos materiales no han sido descritos para el Paleoceno-Eoceno, por lo que su adscripción presenta ciertos recelos. Aguilar (1977) los describe a nivel macro, como calizas rojizas o amarillentas, microcristalinas y/o recrystalizadas, sin otorgarles una clasificación concreta base criterios petrográficos; en Sánchez y Zamorano (1993) como calcarenitas de color rosado pardo o anaranjado (ocre), de textura clástica redondeada y bien clasificada. Sánchez y Zamorano (1993) también anotan contenidos de fragmentos de rocas calcáreas anteriores, fósiles y oolitos, bien cementados y puntualmente silificados y dolomitizados. Estos materiales suelen presentar una significativa dureza de seis sobre la escala de Mohs.

6.2.2 Formaciones paleógenas

Las rocas del Paleoceno (66.0 – 56.0 Ma) y del Eoceno inferior (56.0 – 47.8 Ma) asignadas tradicionalmente al miembro Icaiché se han definido como calizas compactas cristalinas, dolomitizadas o recrystalizadas, con índices significativos de silificación (López 1977). Estas formaciones se desarrollarían hasta el Eoceno Medio (47.8 – 41.3 Ma) de la formación Chichén Itzá (fig.22). Muestras que colectamos en la sierra de Ticul tienen una clasificación sedimentaria²⁶ diversa que puede estar representada en los mismos estratos o en la misma formación geológica: *mudstone* dismicríticos, *wackestone-mudstone* y *wackestone-packstone* esparíticos o *packstones* bioesparíticos. Les siguen algunos *boundstone* micríticos y rocas cristalinas dolomíticas.

El importante grado de dolomitización o silificación en estas rocas se vincularía a una carencia de fósiles (Álvarez 1954) por a un proceso de substitución de la calcita por magnesio o sílice, que afectaría a determinados bioclastos constitutivos o a los cementantes (Álvarez 1954; Duch 1988; Tucker 1981). Esto podría relacionarse a la

²⁵ Alude al sistema de clasificación de las rocas sedimentarias según Embry y Klovan (1971) y Adams *et al.* (1997).

²⁶ Tipología petrológica base a Embry y Klovan (1971), Adams *et al.* (1997) o Tucker (1991).

presencia de pedernal negro secundario²⁷ de la misma época geológica en las montañas Mayas al norte de Belice (López 1977) o con contenidos del Eoceno inferior en la parte inferior del pozo Chicxulub I (López 1977). Estos pedernales también se han encontrado en estratos aflorantes de la serranía de Ticul.

Esta supuesta carencia de fósiles no se corresponde del todo con los resultados aportados por López (1977) en sus estudios en el área norte de la Península de Yucatán. En los sondeos mediante pozos a distintas profundidades y puntos de perforación, registró materiales con características similares pero que difieren respecto la definición tradicional de la formación por la presencia de fósiles. Para el Paleoceno, en el pozo Yucatán I, entre 265 y 180 metros de profundidad, documenta calizas cristalinas de grano fino a grueso, de colores blanco a marrón claro y en partes gris oscuro, con contenidos macrofósiles e intercalaciones de bentonita verde. En el pozo Chicxulub I, a una profundidad de 810 a 920 metros, apunta la presencia de calizas de grano fino compactas, de blanco a gris claro, intercaladas con margas, calcitas y piritas cristalizadas, algo de lutita y presencia microfauna fósil (*Bulimin callahani*, *Girodyna depresa*, *Girodyna naranjoensis*, *Allomorphina velascoensis*, *Globorotalia velascoensis*, *Globigerina velascoensis*, *Astacolus velascoensis* y *Aragonia velascoensis*). En Chicxulub I se encontraba a una profundidad entre 810 y 685 metros con calizas blancas y gris claras de grano fino, compactas, intercaladas con margas plásticas, calcita y piritas cristalizadas y la microfauna fósil que presenta es característica de Eoceno inferior (*Vaginulinopsis asperuliformis*, *Globigerina cretácea*, *Globorotalia aragonensis* o *Anomalina dorri*).

Estudios (López 1977) en superficie en el municipio de Telchaquillo (20°38'45"N; 89°27'51"O) indican la presencia de afloramientos sin una estratificación muy definida con algunos tramos de 1 a 1,20 metros de espesor, que pertenecen al Eoceno inferior (56.0 – 47.8 Ma) y medio (47.8 – 41.2 Ma). Se tratan de calizas blancas a gris crema, microcristalinas un poco pulvulentas o travertinizadas, afectadas por óxidos de hierro y con contenidos de Fauna fósil (*Dictyoconus sp*, *Amphistegina sp*, *Lituonella sp*, *Epistomella sp* y *Quinqueloculina sp*). Los fósiles eocénicos de estas calizas tienen paralelos con contenidos de fauna atribuidos al Eoceno medio (algas calcáreas: *Clypeina* y Foraminíferos: *Valvulinidae*, *Cymbaloporidae*, *Victoriellidae*, *Rotalidae-Amphisteginidae* o *Moliolidae*) en afloramientos de la formación Chichén

²⁷ Precipitación de sílice biogénico que se encuentra disuelto en los sedimentos calcáreos o sustitución de las evaporitas como la anhidrita, en forma de nódulos de ópalo-CT (Tucker 1981)

Itzá (Butterlin y Bonet 1960). Los depósitos del Eoceno inferior se han asignado al miembro X'bacal, considerado tradicionalmente (Aguilera 1958; Duch 1988, 1991) dentro de la formación Chichén Itzá, pero las características de su fauna fósil representativa parece que no permite tal vinculación (Butterlin y Bonet 1960).

Los niveles del Eoceno medio (47.8 – 41.2 Ma) y superior (41.2 – 33.9 Ma) corresponden mejor a la formación Chichén Itzá que se desarrolló en condiciones de sedimentación relativamente homogéneas, con mínimas variaciones litológicas que conforman los miembros Pisté y Chumbec (Duch 1988, 1991; García y Graniel 2010). Datos aportados a nivel de superficie en un tramo entre Mérida y Chichén Itzá, en las poblaciones de Libre Unión, Chumbec y San Isidro, apuntan a calizas masivas y sacaroides de color blanco, con fósiles del tipo *Operculina willcoxi* (Heilprin), *Lepidoyclina* (*Pliolepidina*), *Postulosa Douvillé*, *Amphistegina* cf. *A. Parvula* (Cushman) y miliólidos (López 1977).

A la profundidad de 595 a 685 metros en Chicxulub I se documenta (López 1977) microfauna del Eoceno medio (*Robulus mexicanus*, *Bulimina guayabalensis*, *Eponides guayabalensis*, *Siphonina claibornensis*, *Hantkenina longispina* y *Globorotalia crassata*) en calizas similares a las del Eoceno inferior, que podría situar el límite hacia el miembro Pisté del Eoceno medio asociado a la formación Chichén Itzá (Aguilar 1979a, 1979b; Duch 1988, 1991; García y Graniel 2010). Esta franja superior de la formación Icaiché se localizó en Yucatán I a una profundidad de 180 metros, con un espesor muy reducido que no permitió establecer una separación clara de las épocas (López 1977). En este caso las calizas son de textura cristalina fina y deleznable, de color blanco y crema a marrón claro, con microfósiles sin determinar. A menor profundidad (595-525 metros) en Chicxulub I, las calizas descritas (López 1977) también se parecen a las de los estadios eocénicos anteriores, pero la microfauna es representativa del Eoceno superior (*Robulus cocoaensis*, *Nonion planatum*, *Uvigerina cocoaensis*, *Uvigerina havanensis*, *hantkenina alabamensis*, *Globorotalia centralis*, *Globorotalia cerroazulensis* o *Globorotalia cocoaensis*).

Los materiales del Oligoceno (33.9 – 23.03 Ma) detectados en Chicxulub I (fig.22) se describen como calizas compactas de color gris crema y margas blancas, grises y gris crema con intrusiones arcillosas y la microfauna (*Vaganulina elegans*, *Giroydina giradana*, *Cibicides aknerianus* y *Cibicides tuxpamensis*) localizada entre 525 y 455 metros de profundidad es característica del Eoceno inferior (López 1977). El Oligoceno medio entre 455 y 415 metros se dictaminó (López 1977) por la presencia de

Spiroplectammina alazanensis, *pseudoclavulina alazanensis*, *Robulus subpapillosus*, *Uvigerina mexicana*, *Anomalina alazanensis*, *Cibicides pseudogerianus* o *cibicides trinatatensis*. Para el Oligoceno superior (370-415 m) se consideraron (López 1977) *Gaudryina jacksonensis*, *Robulus chambersi*, *Robulus vickburgensis*, *Lenticulina jeffersonensis*, *Nonion mesonense*, *Bulimina bleckerii*, *Cancris mexicanus* y *Anomalina mecatepensis*.

A nivel de superficie los estadios del Oligoceno (33.9 – 23.03 Ma) son de difícil diferenciación ya que no presentan de forma clara la fauna fósil diagnóstica del Oligoceno inferior (33.9 – 27.82 Ma). Sondeos (PEMEX en López 1977) en superficie al sur de Mérida documentan estratos horizontales poco definidos de 1 a 1,5 m de grosor con calizas calcarenitas blancas y rosadas con caliche y fósiles (*Eulepidina sp*, *Nummulitides sp* y *Biloculinsa sp.*). López (1977) recolectó muestras al sureste Mérida, entre Acanceh y Homún con fauna del tipo *Eulipidina favosa*, *Lepidocyclina sp*, *Maldonadoe*, *Camerina sp*, *Gypsina Nephrolepidina radiata*, *Eponides sp* o *Rotalina mexicana*. Ambos sondeos parecen indicar fauna más propia del Oligoceno superior (27.82 – 23.03 Ma) (López 1977).

6.2.3 Formaciones neógenas

El Mioceno inferior (23.03 – 13.82 Ma) se registró (PEMEX en López 1977) al sur de Mérida en afloramientos de caliza y calcarenitas de color crema y blanca, coquinoideas (“conchuela”), poco cohesionada y parcialmente conglomerática (brecha), que se presenta en estratos horizontales poco evidentes (fig.22). Contiene moluscos briozoarios, algas, miliólidos, *Lepidocyclina sp*, *Mogypsina sp*, *Heterostegina sp* y *Camerina sp*. Los sondeos superficiales más al sureste de López (1977) aportan *Miogypsina gunteri*, *Miogypsina antillea*, *Amphistegina lessoni*, *Numulitides sp*, *Meterostegina antillea*, *Camerina sp*, algas y corales.

Con los niveles del Mioceno superior (13.82 – 5.333 Ma) y del Plioceno (5.333 - 2.58 Ma) (fig.22) se desarrolla propiamente la formación Carrillo Puerto (Duch 1988, 1991; García y Graniel 2010). En superficie afloran calizas blancas, duras y masivas. Le subyacen calizas arcillosas y duras, de colores rojizos a amarillentos y calizas coquinoideas blandas y blancas (Duch 1988). Se ha registrado (Butterlin y Bonet 1960)

fauna fósil de la especie *Archaias sp*, *Amphiestegina sp* o *Peneropolis sp*, con ostrócodos y algas.

Las muestras recolectadas en el sitio arqueológico de Sihó y en áreas colindantes más o menos alejadas, se han clasificado²⁸ como *mudstone* dismicríticos, *mudstone-wackestone*, *wackestone-packstone*, *packstone* bioesparíticos y biomicríticos escasamente lavados y algunos *boundstone* dismicríticos. Los *mudstones* y *wackestones-packstones* presentan granos sostenidos por una matriz básicamente micrítica²⁹. En los *packstones*, este sostenimiento forma estructuras grano-soportadas con contenidos lodosos que fusionan los granos y dismicritas esporádicas de cemento esparítico. Los ejemplos clasificados como *boundstones* están constituidos de elementos como las algas, unidos orgánicamente durante la deposición sedimentaria. En estos casos también se da la presencia de algunos litoclastos esparíticos con bioclastos internos depositados durante la sedimentación (Tucker 1991).

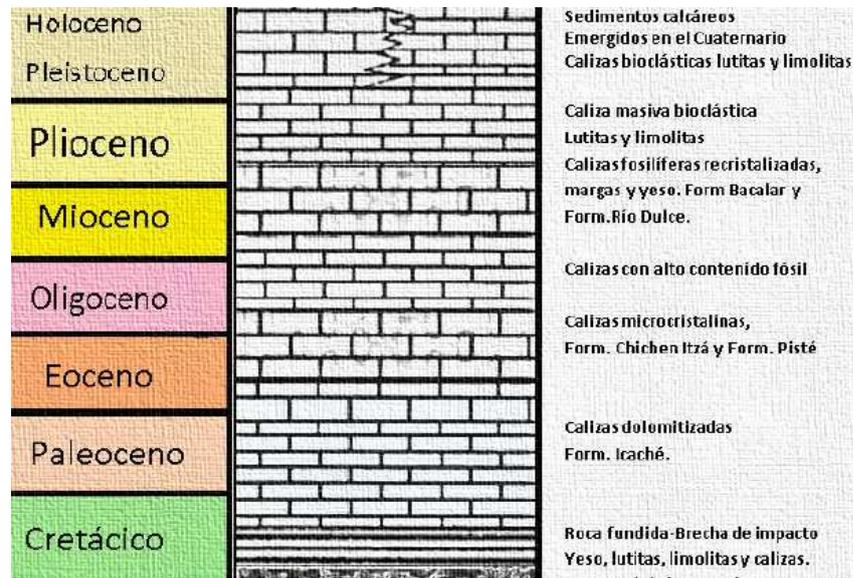
En general nuestras clasificaciones concuerdan con la descripción macroscópica realizada por Cardoso *et al.* (2004) en la Carta Geológico-Minera de Calkiní (Clave F15-9-12, escala 1:250.000). Describen afloramientos en las inmediaciones de los municipios de Calkiní, Nunkiní, Santa Cruz, Tankuché y Chunchucmil, a un radio aproximado de unos 15 o 20 kilómetros del sitio de Sihó, con *mudstones*, *wackestone* o coquina cristalina con microfósiles (gasterópodos y pelecípodos). Las coquinas cristalinas también han sido identificadas en Kopomá (Aguilar 1977) y coinciden con las clasificaciones de alguna de nuestra muestra de *packstones*, según la de Embry y Klován (1971). Por otro lado existe semejanza con nuestros datos y los resultados aportados por la Carta Geológico-Minera (Mérida F16-10) del INEGI (2006), al describir para la Formación Carrillo Puerto la presencia de *mudstones*, *wackestones* y *boundstones*.

En el pozo Yucatán I, entre 25 y 5 metros, se documentó caliza blanca muy deleznable con contenidos de arcilla de color marrón amarillento y en el pozo Chicxulub I (370 - 308 metros) margas plásticas blancas a crema, con arcillas y algo de caliza de color amarillo crema con fragmentos de calcita. En ambas perforaciones la microfauna característica es del tipo *Robulus vaughani*, *Marginulina subaculeata*, *Saracenaria acutauricularis*, *plectofrondicularia mansfieldi*, *Nodogenarina advena*, *Bolivina marginata* o *Blobigerinoides sacculifera* (López 1977).

²⁸ Tipología petrológica base a Embry y Klován (1971), Adams *et al.* (1997) o Tucker (1991)

²⁹ Sedimento carbonatado en forma de granos de diámetro menor a cinco micras (Adams *et al.* 1997)

Figura 22. Columna estratigráfica de la Península de Yucatán.



Nota. Modificado anónimo de López (1977)

7 Primer nivel de análisis: características y propiedades petrográficas de los recursos líticos de caliza

7.1 Análisis elementales de los circundatos, arteusos y artefactos líticos

Para establecer los distintos contenidos elementales de las muestras se han utilizado la técnica de análisis por fluorescencia de rayos X (FRX). Los distintos análisis se han aplicado sobre 11 muestras arqueológicas provenientes de cantos rodados, 8 manos, 8 metates y 3 Maceradores, y sobre 23 muestras geológicas de referencia. Los elementos químicos diagnosticados por fluorescencia sobre la muestra integra de objetos arqueológicos son la sílice (Si), el calcio (Ca), el aluminio (Al), el hierro (Fe) y el azufre (S), el tirio (Ti), el manganeso (Mn), el cromo (Cr), el zinc (Zn), el cobre (Cu), el níquel (Ni), el rubidio (Rb), el cloro (Cl), el potasio (K), el fósforo (P) y el estroncio (Sr).

Para tratar de separar aquellos elementos químicos sobre los que pesa mayor variabilidad cuantitativa dentro de la muestra de artefactos y la de referencia, hemos aplicado un estadístico de covarianza (tbl. 1). Los elementos que presentan mayor covarianza son la sílice (Si), el calcio (Ca), el aluminio (Al), el hierro (Fe) y el azufre (S). Para el cálculo estadístico hemos descartado el calcio por su menor variabilidad expresada por el coeficiente de variación, en comparación al resto de elementos químicos. Tras reiterados análisis estadísticos constatamos que el cotejo del silicio con el resto de los elementos, no genera una distorsión significativa en las distribuciones de los valores en los test de componentes principales. De tal modo que la selección del hierro resulta más bien arbitraria, aunque se ha hecho al denotar el mayor coeficiente de variación. Con estos dos elementos y más significativamente con el silicio, por su mayor valor de covarianza, hemos realizado las distintas pruebas de significancia probabilística (tab. 29).

Tabla 29. Análisis de covarianza elemental sobre la muestra arqueológica y geológica.

	Si	Ca	S	Fe	Al
Covarianza	854.57	314.34	0.38	1.09	74.19
Coef. var	119.16	31.99	76.8	229.82	54.36

7.1.1 Muestra de referencia geológica

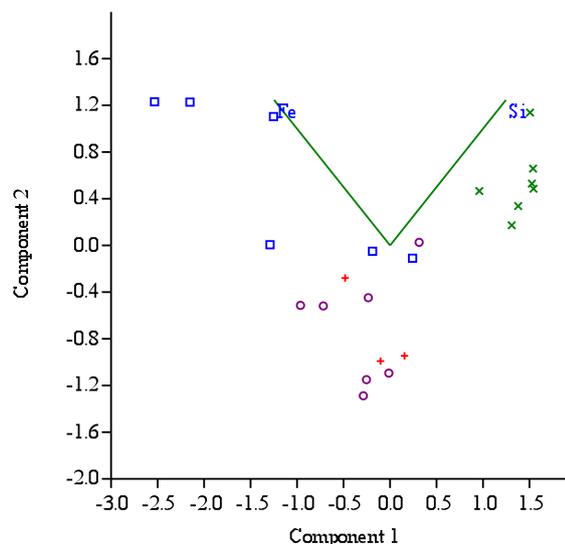
El test de normalidad de Shapiro-Wilk (tab.30), aplicado sobre la muestra química (Si) de referencia, nos dan p-valores por debajo del 5% (0.05). Este índice refleja la existencia de varias tendencias de población elemental.

Tabla 30. Análisis univariante sobre la muestra de referencia elemental.

Test norm.	Ref. Geol
p(normal W)	0.004

Según el gráfico de componentes elementales principales (fig.23), la concentración más significativa la constituyen muestras colectadas al sur-suroeste de la sierra, entre Maxcanú, Calkiní, Labná, Sayil y Oxkintok. La segunda distribución que resalta aunque presenta valores más distanciados es la de los pedreros de la cara norte de la falla de Ticul. Esta situación puede deberse a la significativa diversidad geológica que presentan sus afloramientos. El resto de tendencias más confusas las forman los materiales provenientes de la ladera oeste de la falla, con los de Sihó, Kopomá y Mérida.

Figura 23. Análisis de componentes principales elementales.



Nota. Cuadro azul (materiales geológicos de la cara norte de la falla de Ticul). Equis verde (materiales geológicos del sur-suroeste de la sierra de Ticul). Cruz roja (materiales geológicos de la ladera oeste de la falla de Ticul). Circulo lila (materiales geológicos del llano: Sihó, Kopomá y Mérida).

Para salir de dudas hemos realizados dos pruebas de variancia comparando las muestras de referencia de la ladera oeste con las del llano y con las de la ladera norte de la falla. Los p-valores resultantes de las permutaciones de Monte Carlo para pocos datos, base a la variancia (tab.31), nos vincula más significativamente las muestras de la ladera oeste con las del llano, al presentar valores mayores al 5% (0.05). Esto nos hace pensar que ambas muestras pueden formar parte de materiales geológicos neógenos de la formación Carrillo Puerto. De tal modo que en los siguientes análisis las consideraremos vinculadas.

Tabla 31. Análisis comparativo de variancia entre la muestra de la ladera oeste con las de la ladera norte.

Monte Carlo (prm)	Ladera O/llano	Ladera O/ladera N
p(misma var.)	0.085	0.047

Los test de normalidad univariante de Shapiro-Wilk sobre las tres muestras elementales de referencia (tab.32), aportan p-valores mayores al 5% (0.05). Estos valores apuntan a tendencias poblacionales elementales, cotejables con la muestra arqueológica

Tabla 32. Análisis comparativo de variancia entre la muestra del llano, de la ladera norte (BJ) y del sur-suroeste (S-SO).

Test norm.	S-SO	BJ	Llano/LO
p(normal W)	0.697	0.254	0.086

7.1.2 Cantos rodados arqueológicos (materias primas, alisadores, percutores y alisadores-percutores)

El estadístico de normalidad aplicado sobre la muestra arqueológica de cantos rodados (tab.33), nos da un p-valor menor al 5% (0.05). El resultado probabilístico corrobora una diferencia de tendencias de población elemental base al silicio, en los rodados arqueológicos.

Tabla 33. Análisis de variancia poblacional del silicio sobre la muestra de rodados arqueológicos.

Test norm.	CAR arq
p(Monte Carlo A)	0.003

El análisis de varianza a partir del silicio, entre los cantos arqueológicos y los materiales de referencia geológica en general (tab.34), nos da una probabilidad menor al 5% (0.05). Se trata de p-valores poco significativos para la aceptación de la hipótesis de vinculación poblacional entre las muestras.

Tabla 34. Análisis de variancia poblacional del silicio sobre la muestra de rodados arqueológicos y materiales geológicos de referencia.

ANOVA	CAR arq/ref
p(iguales)	0.026

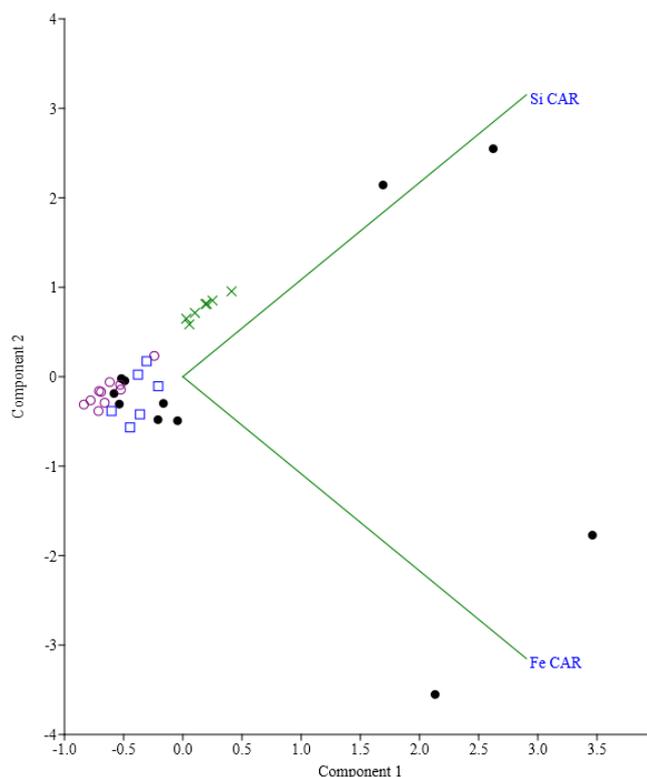
Según los p-valores aportados por la matriz *post hoc* de Dunn (tab.35), la mayor relación de las muestras arqueológicas se da con la muestra originaria de la cara norte de la falla de Ticul (BJ), seguida por la muestra del sur-suroeste de la sierra (S-SO). En el caso de las muestras asociadas al llano, la probabilidad de relación poblacional con la muestra arqueológica no se cumple al presentar un p-valor menor al 5% (0.05).

Tabla 35. Análisis de significancia de la variancia poblacional elemental entre la muestra geológica de referencia y la de rodados arqueológicos.

Matriz Dunn	CAR arq	S-SO	BJ	Llano/LO
CAR arq		0.064	0.400	0.037
S-SO	0.064		0.017	0.000
BJ	0.400	0.017		0.347
Llano/LO	0.037	0.000	0.347	

El análisis de componentes principales (fig.24) nos ilustra la relativa mayor correspondencia de la concentración elemental de individuos arqueológicos, descontando los *outliers*, con la distribución de valores vinculados a la muestra proveniente de la ladera norte de la falla de Ticul (BJ).

Figura 24. Análisis de componentes principales elementales entre la muestra de rodados arqueológicos y la de referencia geológica.



Nota. Cuadro azul (materiales geológicos de la cara norte de la falla de Ticul), equis verde (materiales geológicos del sur-suroeste de la sierra de Ticul), círculo lila (materiales geológicos del llano: Sihó, Kopomá y Mérida) y puntos negros (rodados arqueológicos).

7.1.3 Manos de metate

El análisis univariante de normalidad según el test de Monte Carlo para pocos datos, asociado al de Anderson-Darling (tab.36), da p-valores por encima del 5% (0.05). Este resultado manifiesta una relativa homogeneidad porcentual de silicio en las manos de metate, apuntando a una posible tendencia poblacional.

Tabla 36. Análisis de variancia poblacional del silicio sobre la muestra de manos de metate.

Test norm.	MNO
p(Monte Carlo A)	0.695

El estudio de varianza elemental de las proporciones de silicio entre las manos de metate y los materiales de referencia geológica en general (tab.37), nos da una probabilidad menor al 5% (0.05) de formar parte de una única tendencia de población.

Tabla 37. Análisis de varianza poblacional del silicio sobre la muestra de manos de metates y materiales geológicos de referencia.

ANOVA	MNO/ref
p(iguales)	1.20E-11

La matriz de Tukey³⁰ vinculada al estadístico de varianza apunta a una mayor relación porcentual del silicio detectado en las manos de metate, con las muestras de referencia elemental asociadas al llano (tab.38). Para las demás muestras de referencia, la probabilidad de relación poblacional con la muestra arqueológica no se cumple al presentar p-valores menores al 5% (0.05).

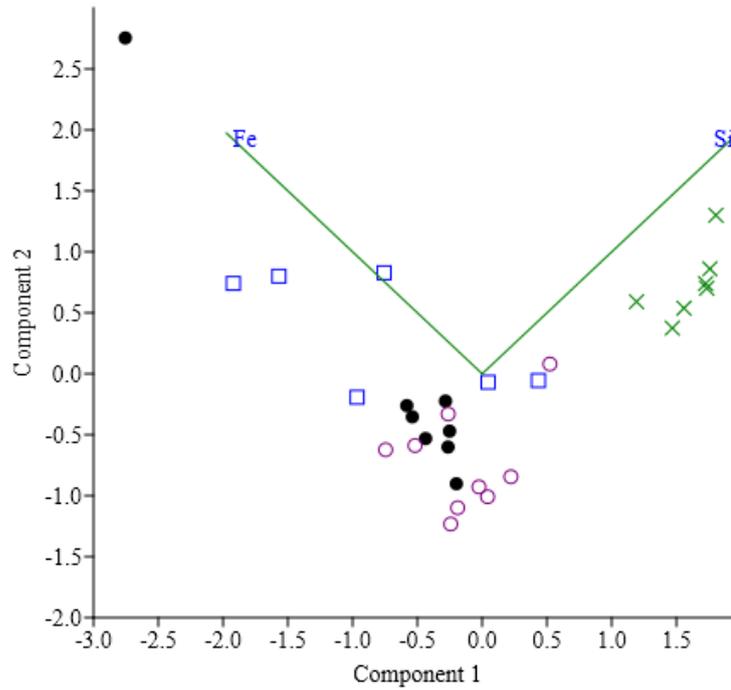
Tabla 38. Análisis de significancia de la varianza poblacional elemental entre la muestra geológica de referencia y la de manos de metate.

Matriz Tukey	MNO	BJ	S-SO	Llano/LO
MNO		0.542	1.62E-10	0.9998
BJ	1.908		5.52E-09	0.4534
S-SO	15.930	13.400		4.05E-11
Llano/LO	0.110	2.119	17.010	

El diagrama de componentes principales entre todas las muestras, la de manos y la de referencia (fig.25), nos dibuja el mayor acercamiento de los artefactos con una de las áreas de muestreo geológico: las muestras del llano de Sihó, Kopomá y Mérida pertenecientes a la formación geológica Carrillo Puerto.

³⁰ Los p-valores expresados por la matriz Tukey se sitúan en la parte superior derecha de la tabla.

Figura 25. Análisis de componentes principales elementales entre la muestra de manos de metate y la de referencia geológica.



Nota. Cuadro azul (materiales geológicos de la cara norte de la falla de Ticul), equis verde (materiales geológicos del sur-suroeste de la sierra de Ticul), círculo lila (materiales geológicos del llano: Sihó, Kopomá y Mérida) y puntos negros (manos).

7.1.4 Metates

El análisis univariante de normalidad del test de Monte Carlo para pocos datos (tab.39), da un p-valores inferior al 5% (0.05). Dicho resultado da significado a una importante heterogeneidad de la muestra porcentual de silicio de los metates, de tal forma que no podemos establecer por el momento que nos encontremos ante una tendencia poblacional definida.

Tabla 39. Análisis de variancia poblacional del silicio sobre la muestra de metates.

Test norm.	MET
p(Monte Carlo A)	0.009

La varianza elemental de las proporciones de silicio de los metates con los materiales de referencia (tab.40), expone una probabilidad menor al 5% (0.05) de formar parte de una tendencia exclusiva.

Tabla 40. Análisis de variancia poblacional del silicio entre la muestra de metates y materiales geológicos de referencia.

ANOVA	MET/ref
p(iguales)	7.82E-09

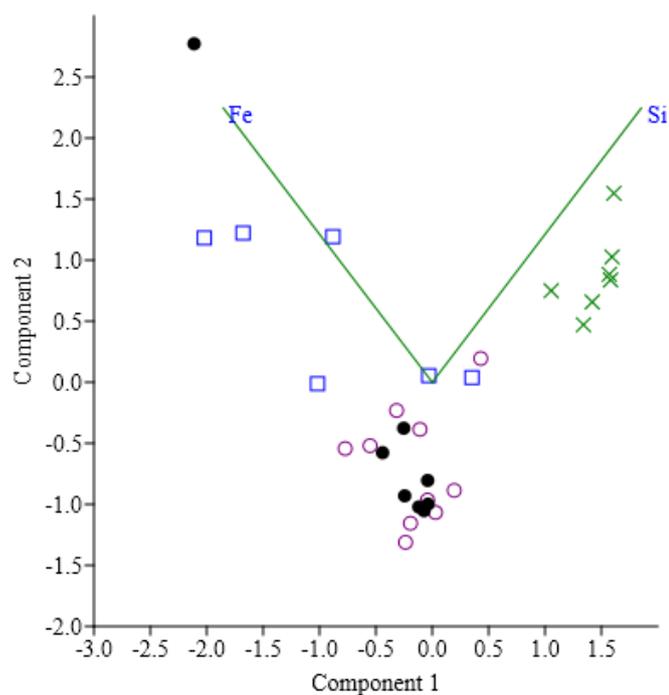
La matriz de Tukey (tab.41) expone una mayor probabilidad de asociación porcentual del silicio en los metates, con la muestra elemental de referencia vinculada al llano, seguida por la muestra de la ladera norte de la falla de Ticul (BJ). Para con la muestra de referencia del S-SO, la probabilidad poblacional con la muestra arqueológica no se cumple al desarrollar un p-valor menor al 5% (0.05).

Tabla 41. Análisis de significancia de la variancia poblacional elemental entre la muestra geológica de referencia y la de los metates.

Matriz Tukey	MET	Llano/LO	BJ	S-SO
MET		0.969	0.736	7.80E-08
Llano/LO	0.634		0.447	1.85E-08
BJ	1.452	2.141		5.73E-07
S-SO	12.62	13.74	11.17	

Si nos atenemos a la distribución que plantea el gráfico de componentes principales (fig.26), observamos una clara asociación elemental de los metates asociada con la muestra del llano (Sihó, Kopomá y Mérida) de la formación Carrillo Puerto.

Figura 26. Análisis de componentes principales elementales entre la muestra de metates y la de referencia geológica.



Nota. Cuadro azul (materiales geológicos de la cara norte de la falla de Ticul), equis verde (materiales geológicos del sur-suroeste de la sierra de Ticul), círculo lila (materiales geológicos del llano: Sihó, Kopomá y Mérida) y puntos negros (metates).

7.1.5 Maceradores

El análisis univariante de normalidad (tab.42) da p-valores por encima del 5% (0.05). El resultado enfatiza una relativa uniformidad en la proporción de silicio de los maceradores, tratándose de una posible tendencia de población.

Tabla 42. Análisis de variancia poblacional del silicio sobre la muestra de maceradores.

Test norm.	MAZ
p(Monte Carlo A)	0.541

El estudio de varianza elemental entre maceradores y los materiales de referencia geológica (tab.43), nos da una probabilidad menor al 5% (0.05) de formar parte de una única población.

Tabla 43. Análisis de variancia poblacional del silicio entre la muestra de maceradores y materiales geológicos de referencia.

ANOVA	MAZ/ref
p(iguales)	4.668E-10

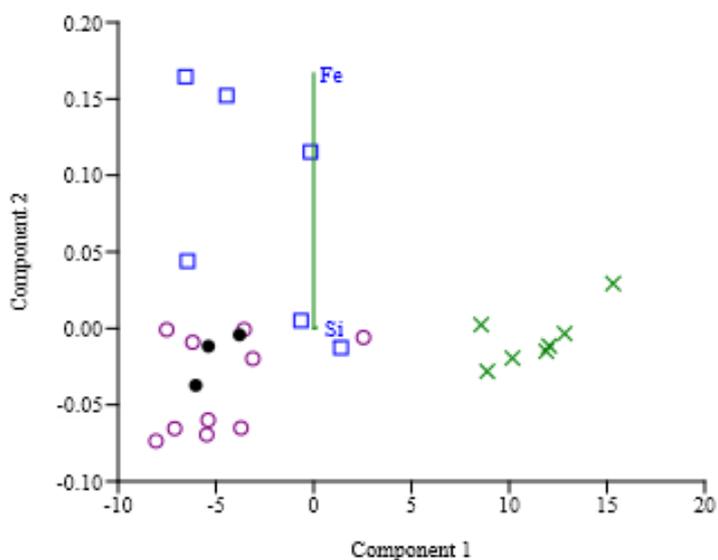
La matriz de Tukey (tab.44) da una mayor probabilidad de asociación porcentual del silicio de los maceradores, con la muestra del llano, seguida por la ladera norte de la falla de Ticul (BJ) y descartándose la del S-SO donde la probabilidad poblacional de independencia no se cumple un p-valor menor al 5% (0.05).

Tabla 44. Análisis de significancia de la variancia poblacional elemental entre la muestra geológica de referencia y los maceradores.

Matriz Tukey	MAZ	BJ	S-SO	Llano/LO
MAZ		0.6869	1.83E-07	0.9984
LN (BJ)	1.571		5.73E-08	0.5659
S-SO	11.74	12.56		6.13E-10
Llano/LO	0.2329	1.854	16.12	

El diagrama de componentes principales (fig.27), nos ilustra la mayor proximidad de los artefactos maceradores con el área de muestreo geológico vinculada al llano y que pertenece a la formación geológica Carrillo Puerto.

Figura 27. Análisis de componentes principales elementales entre la muestra de maceradores y la de referencia geológica.



Nota. Cuadro azul (materiales geológicos de la cara norte de la falla de Ticul), equis verde (materiales geológicos del sur-suroeste de la sierra de Ticul), círculo lila (materiales geológicos del llano: Sihó, Kopomá y Mérida) y puntos negros (maceradores).

7.2 Los recursos geológicos secundarios

Apuntamos con anterioridad que los objetos en su plano de expresión analítico como artefacto aportan información sobre las propiedades materiales que caracterizan las materias primas. Esta información es posible adquirirla directamente sobre materiales determinados a nivel arqueológico como materias primas sin transformar o indirectamente a través de los artefactos u medios de trabajo que aun manifiesten rasgos que los califiquen como artefacto. Sin embargo con una simple identificación de las propiedades químicas y litológicas, que caracterizan solo el nivel de circundato, no es posible dimensionalizar toda su calidad como materia prima. Entonces será necesario ampliar las herramientas metodológicas analíticas para tratar de maximizar probabilísticamente el análisis de los niveles de asequibilidad social de los recursos (Cruz 2006-2007; Risch 1995, 1998; Risch y Martínez Fernández 2008).

Los taludes pedregosos que se encuentran a los pies de la falla de Ticul (fig.28) aportan una gran cantidad de materiales líticos calcáreos fragmentados por meteorización (temperatura, acción del agua y vegetación) y con variables grados de

erosión superficial causados por la circulación estacionaria del agua de lluvia a lo largo de las pendientes.

Figura 28 (a, b). Izquierda (a): vista de pájaro de la zona del muestreo Howard. Derecha (b): corte vertical en el punto de muestreo.



Los materiales lajados de los estratos geológicos, más recientes o menos expuestos y rodados, pueden presentar diversas caras planas y aristas angulosas. Los que llevan más tiempo desprendido o han sido depositados en lugares más a la intemperie y que por causa del desnivel han circulado y modificado su exposición, presentan mayor grado de redondeamiento en sus caras. Sin embargo este redondeamiento o aplanamiento no resulta homogéneo por la irregularidad de la acción del agua de lluvia, por la limitada extensión de las pendientes que no genera suficiente rodamiento de los materiales y por la alteración de las superficies de los soportes, debido a la disolución de los carbonatos de calcio. Por dichas razones estos materiales no llegan a presentar caras lisas, contienen oquedades y están significativamente abultados a diferencia de los cantos rodados provenientes de cauces fluviales o marítimos.

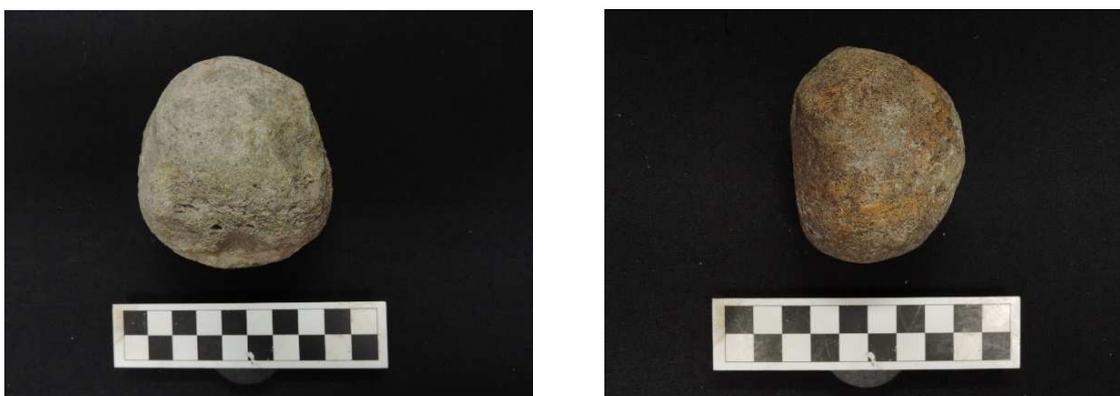
Figura 29 (a, b). Izquierda (a): general del área del muestreo Howard. Derecha (b): detalle del área del muestreo.



En geomorfología se han desarrollado aportes para cuantificar los índices de esfericidad o aplanamiento que sufren los materiales líticos secundarios por acción natural y que se usan para poder determinarla. Al uso podemos aplicar la fórmula Cailleux: $A_i = (L + l) : 2E$ o la de Lütting: $\pi = E : L \cdot 100^{31}$, estando ambas correlacionadas de manera inversamente proporcional (Cailleux 1951; Delgado 2008; Lütting 1956; Risch 1995, 1998)³². Cailleux (1951) propició algunas estimaciones vinculadas a distintos procesos naturales de formación de cantos: $A_i = 1.7-2.0$ (fluvio-glaciares), $A_i = 2.3-2.8$ (playas marinas), $A_i = 2.5-3.5$ (fluviales), sin embargo aún no se han aplicado para la determinación de otros fenómenos como los aluviales que afectan nuestro casos.

El promedio de los valores de la muestra geológica de cantos rodados de la falla de Ticul nos da un resultado $A_i = 1.85$ dentro del intervalo estimado para formaciones geológicas secundarias fluvio-glaciares. No obstante aplicando la media armónica que se comporta igual al inverso de la media aritmética y es más sensible a los valores menores que el conjunto del resto, nos da un resultado de $A_i = 1.69$. De tal forma consideramos que una ratio entre índices $A_i \leq 1.70 - 1.85$, podría ser apropiado para empezar a discernir formaciones aluviales de la demás, en alusión a la menor regularidad y homogeneidad de las consecuencias de estos procesos naturales sobre las rocas (fig.30).

Figura 30 (a, b). Cantos rodados aluviales de Sihó usados como *manuports*.

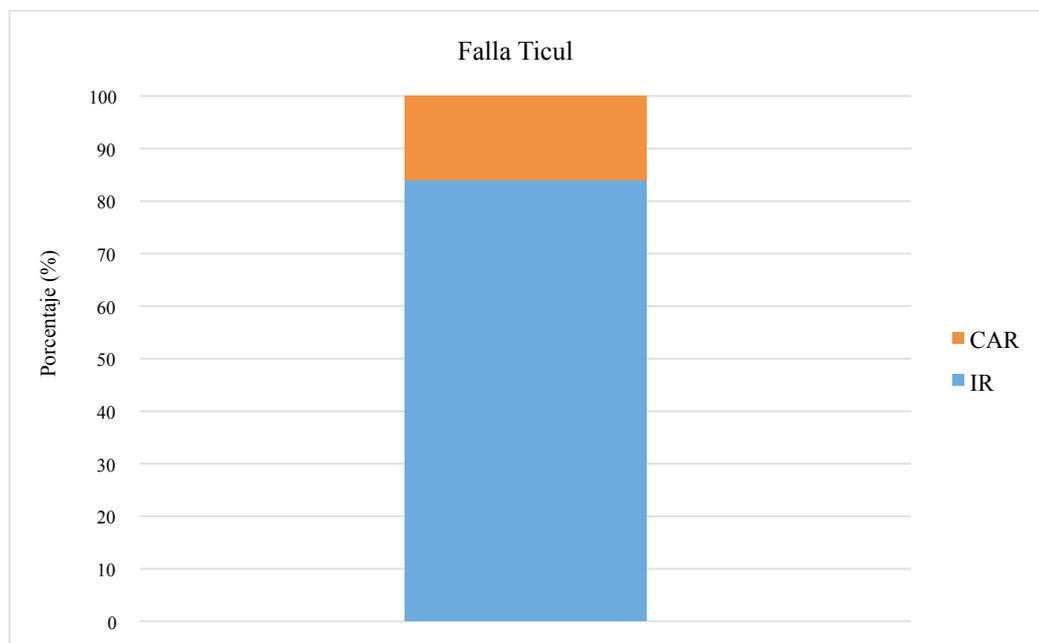


³¹ L es el eje mayor; l el eje menor, y E el grosor de los clastos (Cailleux 1951; Delgado 2008; Lütting 1956; Risch 1995, 1998).

³² En el índice Cailleux los valores crecen en relación a la disminución de la esfericidad y en el de Lütting lo hacen en relación a su incremento (Delgado 2008).

La caracterización morfológica básica de los clastos muestreados mediante el método área (Howard 1993) en el talud de la falla de Ticul (fig.29), parte de la proporcionalidad existente entre individuos que presentan aristas angulosas y los que las presentan erosionadas o redondeadas, independientemente de su litología (fig.31). Los primeros se dan en una proporción de aparición del 84 % mientras que los segundos lo hacen al 16 %, manifestándose la mayor lentitud en la que se desarrolla la erosión de los clastos en relación al proceso de fracturación de los estratos expuestos.

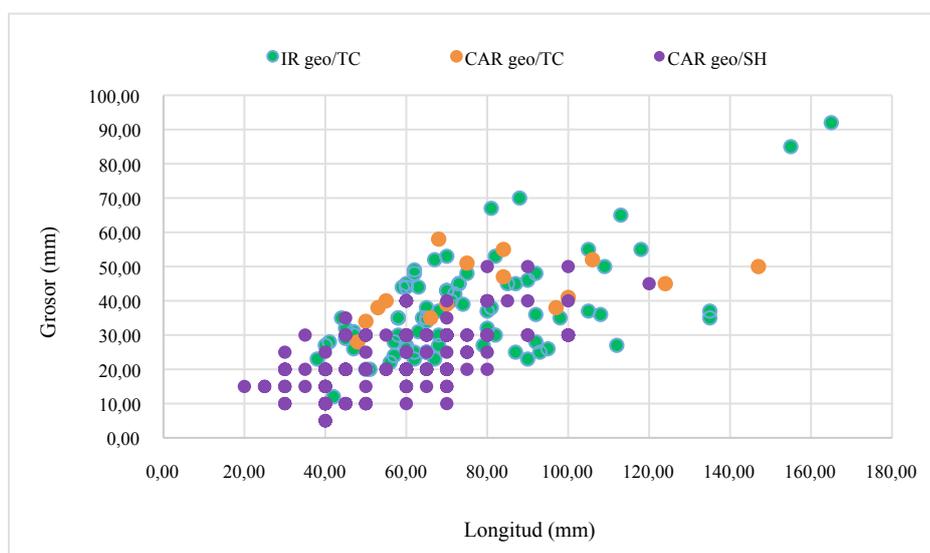
Figura 31. Relación proporcional entre cantos rodados naturales y clastos angulosos de la falla de Ticul.



Nota. Clastos angulosos (IR). Cantos rodados (CAR).

Los valores métricos absolutos entre longitud y grosor de los materiales redondeados de los muestreos realizados en los taludes de la falla de Ticul están dentro de los parámetros sostenidos por los materiales del área con caras más angulosas. Por otro lado los rodados de Ticul muestran mayor tendencia métrica y más dispersión que los cantos geológicos registrados en Sihó aunque se sobreponen varios individuos (fig.32).

Figura 32. Comparaciones métricas absolutas entre clastos angulosos y cantos rodados naturales de la sierra de Ticul y de Sihó.



Nota. Clastos angulosos (IR). Cantos rodados (CAR).

Los cantos muestreados en superficie en las planadas entre altillos donde se ubican las estructuras arqueológicas presentan grados de rodamiento significativamente mayores en comparación a los localizados en los mismos altillos y coincide con lo aportado por Duch (1988) de un mayor redondeamiento de los clastos alejados de las elevaciones del terreno. Es por esta razón que elegimos el área de registro centrándonos en las planadas. La media aritmética del índice de esfericidad de Cailleaux sobre los materiales nos da un valor de 2.26. Estos valores se ajustan mejor a los planteados para formaciones secundarias fluvio-glaciares, fenómenos inexistentes en la península de Yucatán. No obstante las características geomorfológicas de estos terrenos llanos inundables, son distintos a los terrenos con suficiente pendiente de los contextos de aluvión que permite una mayor circulación de las aguas y movimiento de los clastos. Este puede ser un motivo por lo que el índice de aplanamiento en llano crece en comparación a los presentados en formaciones aluviales.

El valor promedio del índice Cailleaux de los cantos rodados arqueológicos (1.35), se ajusta dentro de los parámetros promedio esperados para los depósitos aluviales ($A_i \leq 1.70 - 1.85$). Como contrastación observamos que dichos promedios arqueológicos se alejan significativamente de los obtenidos con la muestra de referencia geológica proveniente del mismo sitio de Sihó, pero son más cercanos a los promedios obtenidos

de la muestra de referencia de Ticul. La variabilidad de los índices Cailleaux de los rodados arqueológicos es reducida teniendo en cuenta su coeficiente de variación y la desviación estándar inferior a la mitad de la media. Por otro lado los niveles de variabilidad de los índices de esfericidad entre la muestra arqueológica y la de referencia de Ticul, es más próxima teniendo en cuenta sus coeficientes de variación y la mayor cercanía entre los promedios, comparándolos con los de la referencia de Sihó (tab.45).

Tabla 45. Sumario estadístico descriptivo de los índices Cailleaux de cantos rodados arqueológicos y rodados naturales de Sihó y Ticul.

Ai	CAR arq/SH	CAR geo/SH	CAR geo/TC
N	26	177	32
Media	1.35	2.26	1.85
Dev. stand	0.44	0.90	0.65
Coef. Var	32.65	39.85	35.17

El análisis de varianza entre índices mediante la matriz de Tukey (tab.46), da un p-valor del superior al 5% (0.05) en la relación entre los rodados arqueológicos con los rodados naturales de la falla de Ticul, indicando una posible pertenencia a la misma población base a la igualdad de promedios. En el caso de los rodados naturales colectados en Sihó, la probabilidad de relación es presenta nula.

Tabla 46. Análisis de significancia de la variancia poblacional entre los índices Cailleaux de cantos rodados arqueológicos y rodados naturales de Sihó y Ticul.

Matriz Tukey	CAR arq/SH	CAR geo/SH	CAR geo/TC
CAR arq/SH		1.49E-06	0.065
CAR geo/SH	7.316		0.029
CAR geo/TC	3.180	3.629	

El gráfico de contrastación entre índices de esfericidad de la muestra arqueológica con la de referencia de Ticul nos muestra un intervalo aproximado $(1-1.5 A_i / 60-90 \pi)$

que implica grados elevados de esfericidad³³ (fig.33). La diferencia expresada por la baja correlación lineal entre ambas muestras (tab.47), podría deberse a criterios de selección de determinados clastos significativamente redondeados.

Figura 33. Correlación gráfica entre índices de esfericidad de cantos rodados arqueológicos de Sihó y cantos geológicos de Ticul.

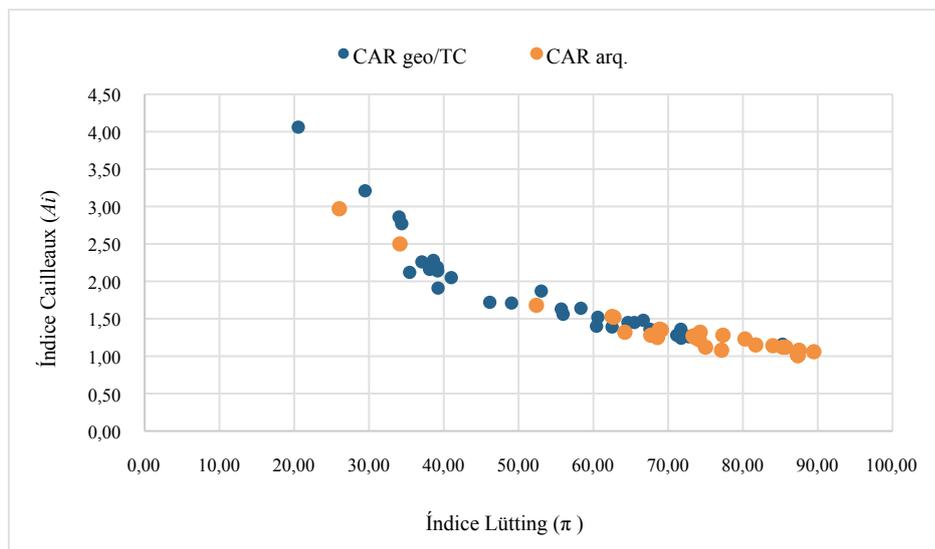


Tabla 47. Correlación lineal entre los índices Cailleux de los rodados arqueológicos y cantos rodados naturales de la falla de Ticul.

Spearman's rs	CAR arq/SH	CAR geo/TC
CAR arq/SH	1	
CAR geo/TC	0.118	1

A modo de conclusión, observamos que estos cantos arqueológicos presentan un grado de esfericidad promedio mayor (1.35), base al índice Cailleux, que el de los cantos geológicos de la falla de Ticul (1.85). Sin embargo la distancia entre sus medias es menor que la media de la muestra de cantos geológicos del sitio de Sihó (2.26). De tal manera y con los datos que disponemos, pensamos que las materias primas de los *manuports* arqueológicos pudieron ser obtenidas en las fallas de la sierra de Ticul.

³³ Recordamos que en el índice Cailleux los valores crecen en relación a la disminución de la esfericidad (Delgado 2008).

La muestra arqueológica de cantos rodados de Sihó no se limita exclusivamente a clastos provenientes del interior o de la falla de Ticul. Contamos con algunos artefactos de caliza, con caras naturales redondeadas muy lisas y homogéneas en comparación a las que presentan el resto de cantos arqueológicos (fig.34a). Por sus características petrológicas externas probablemente se tratan de materiales secundarios originados en contextos acuáticos, con mayores y más regulares flujos de circulación y erosión. Artefactos (pesas de red para la pesca, alisadores y/o percutores, etc.) elaborados con cantos rodados similares (fig.34b), se dan en la muestra arqueológica del sitio costero de Uaymil.

Figura 34 (a, b). Canto rodados arqueológicos (*manuports*) de playa.



Nota. Izquierda (a): *manuport* de Sihó. Derecha (b): *manuport* de Uaymil.

Realizamos un muestreo Howard (1993) en la playa Acapulquito (Campeche) (fig.35) y el resultado promedio del índice Cailleaux se ajusta relativamente a las medidas pertinentes para formaciones de cantos rodados de origen marítimo (2.3-2.8).

Figura 35 (a, b) 45 y 46. Izquierda (a): depósito geológico secundario de playa. Derecha (b): afloramiento conglomerático primario.



El índice promedio de los cantos encontrados de Sihó dista de la frecuencia planteada para procesos marítimos, al tratarse de una muestra muy limitada de individuos. En el caso de Uaymil, la media del índice Cailleaux está cercana al promedio de la muestra de referencia de Acapulquito. La variabilidad manifestada entre las muestras de Acapulquito y Uaymil es muy similar, en acorde con su mejor representación numérica. En general la variabilidad es reducida, ateniéndonos a su coeficiente de variación y al valor de su desviación típica menor a la mitad de la media (tab.48).

Tabla 48. Sumario estadístico descriptivo de los índices Cailleaux de rodados arqueológicos de Sihó y Uaymil, y de cantos naturales de la playa Acapulquito.

Ai	Acapulquito	Uaymil	Sihó
N	111	36	4
Media	2.11	2.30	1.51
Dev. stand	0.69	0.68	0.37
Coef. var	32.55	29.51	24.38

El análisis de varianza aplicado sobre las tres muestras (tab.49), nos da una probabilidad mayor al 5% (0.05) de formar parte de una misma tendencia de población de datos. Comparando muestras arqueológicas con la de referencia geológica, la menor intensidad de relación expresada por la matriz de Tukey la encontramos con la muestra de Sihó, posiblemente por su reducido número, aunque la probabilidad sigue siendo positiva como en el caso de Uaymil.

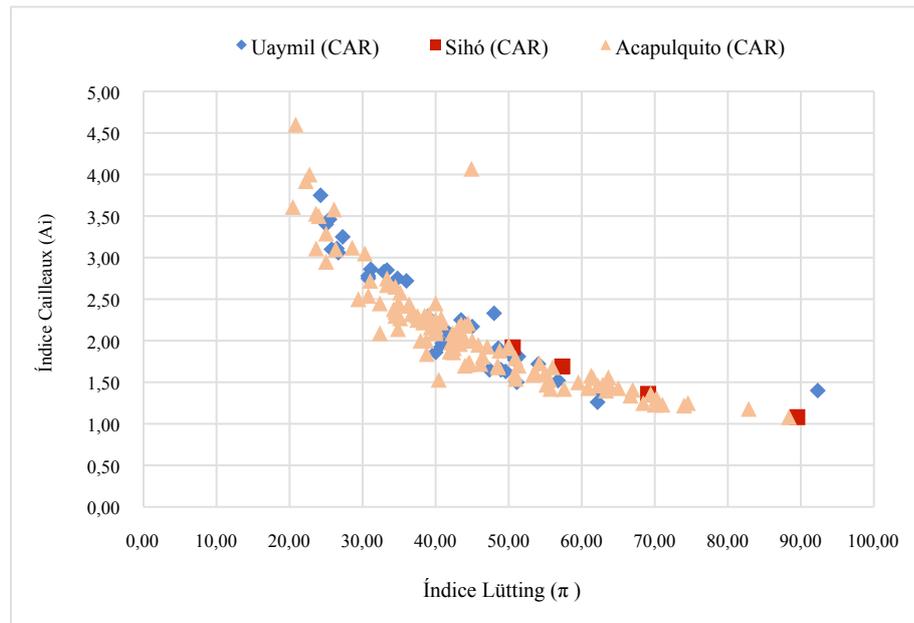
Tabla 49. Análisis de significancia de la variancia poblacional entre los índices Cailleaux de los rodados arqueológicos de Sihó y Uaymil, y los naturales de la playa Acapulquito.

Matriz Tukey	Uaymil	Sihó	Acapulquito
Uaymil		0.075	0.307
Sihó	3.110		0.200
Acapulquito	2.082	2.436	

Como se puede observar en la nube gráfica de correlación entre ambos índices de esfericidad (fig.36), los individuos de las tres muestras coinciden en el espacio, ajustándose a los valores de probabilidad calculados. A razón de los resultados, consideramos que ambas muestras arqueológicas coinciden con los parámetros planteados para la muestra de referencia geológica. Como conclusión apostamos por un

mismo origen de áreas de captación de estas materias primas, vinculado a contextos secundarios litorales del Pleistoceno (Bioclastos Seyba) localizados en las inmediaciones de Campeche.

Figura 36. Correlación gráfica entre índices de esfericidad de los cantos arqueológicos de Uaymil y Sihó, y los rodados de la playa Acapulquito.



7.3 Comparación litológica de los recursos geológicos secundarios

La clasificación litológica de los cantos rodados arqueológicos se ha restringido a los artefactos de los que se ha podido identificar su funcionalidad a partir de sus características morfotécnicas, o bien sobre arteusos que presentan atributos petrológicos y morfométricos comparables a los de los artefactos registrados. En el caso de los muestreos de referencia únicamente nos hemos centrado en los cantos rodados de la falla de Ticul.

Base la premisa de independencia entre variables, comparando mediante el test de Fischer la muestra arqueológica de aparición porcentual de litotipos de cantos rodados, con la de referencia geológica (tab.50), obtenemos un p-valor inferior al 5% (0.05). De tal modo que se cumplirá con la hipótesis alternativa de dependencia. Este resultado apunta a una relación de dependencia entre las variables, matizando que la probabilidad en la diferencia de observaciones no se debe totalmente al azar (Barceló 2007),

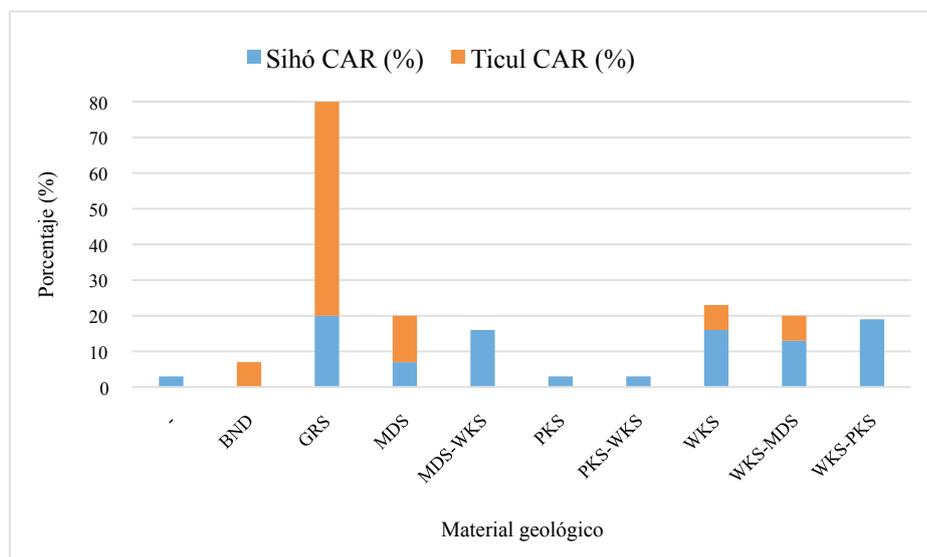
tratándose posiblemente de una acción intencional en su elección. No obstante hay que aceptar con reservas dicha probabilidad de asociación estadística, al presentar demasiados grados de libertad.

Tabla 50. Análisis de dependencia entre litotipos secundarios de Ticul e ítems artefactuales.

Fisher p(iguald.):	1.61E-16
Grados libertad:	8

Encontramos una coincidencia de aparición en cuatro litotipos: *grainstones*, *mudstones*, *wakestones* y *wakestone-mudstone* (fig.36). Para el resto de litotipos, su diferencia de aparición se debe a su nula identificación geológica en la muestra de referencia o en la representación arqueológica. La gráfica de barras nos ejemplifica una relativa mayor selección de los *grainstones*, seguida por los *wakestone*, los *wakestone-mudstone* y los *mudstone* en último lugar (fig.37).

Figura 37. Correlación gráfica porcentual entre litotipos secundarios de Ticul y los rodados arqueológicos de Sihó.

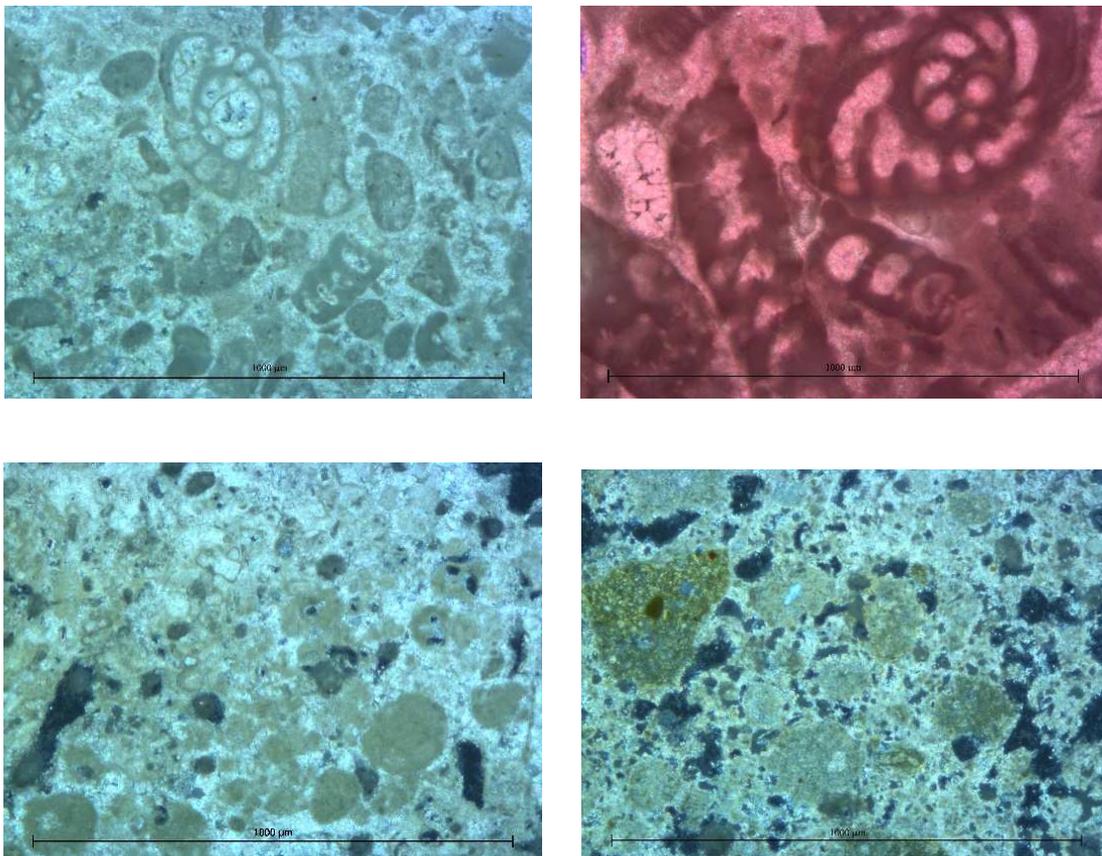


7.4 Comparación litológica de los recursos geológicos primarios

La caracterización litológica de los materiales primarios arqueológicos se limita a dos muestras de metates, que se han comparado con muestras geológicas primarias obtenidas en los alrededores del sitio de Sihó (fig.38). A nivel cuantitativo, esta limitación

se debe a la carencia de tiempo destinado a una mayor obtención de muestras arqueológicas. Por otro lado no ha sido posible establecer el origen geológico primario o secundario de otros ítems artefactuales como las manos o maceradores, al no presentar suficientes evidencias externas naturales o arqueológicas que nos permitiera su adscripción. La razón se debe a los procesos de trabajo a los que se han sometido y que han eliminado dichas evidencias. No obstante, las láminas delgadas nos ilustran cierta concordancia petrográfica entre las muestras de los metates con las de referencia geológica obtenidas en Sihó. La comparación petrográfica sugiere que se tratan de recursos geológicos locales tipo *packstone* y *wakestone*, posiblemente de depósitos geológicos primarios, atendiendo al gran tamaño de los metates.

Figura 38 (a, b, c, d). Comparación petrográfica entre metates y materiales de referencia del de Sihó.



Nota. Superior izquierda (a): arqueológico (M-4). Superior derecha (b): referencia (TOC-SH). Ambos de tipo *packstone*. Inferior izquierda (c): arqueológico (M-15). Inferior derecha (d): referencia (AFLOR-B). Ambos de tipo *wakestone*.

7.5 La selección de las características petrográficas de las materias primas aportadas a los artefactos

Para estimar la relación entre los distintos litotipos calcáreos, cuyas características petrográficas pueden ser seleccionadas en función de las propiedades funcionales (efectividad abrasiva y/o de percusión, y durabilidad) que otorgan a los artefactos arqueológicos, partimos de las siguientes hipótesis nulas: 1) la probabilidad que un porcentaje de partículas en los soportes rocosos se relacione a un tipo artefactual en particular, es la misma a que se encuentre en todos los artefactos. 2) La probabilidad que un determinado tamaño de partículas se encuentre en un determinado tipo de artefacto, es la misma a que esta granulometría aparezca en todos los artefactos. 3) La probabilidad que una dureza material se vincule a un tipo de ítem artefactual, es igual a que todos los ítems puedan estar hechos con los materiales con estas durezas en particular.

Con anterioridad comentamos que los distintos litotipos calcáreos (*mudstone*, *wakestone*, *packstone* y *grainstone*) se basan en su textura deposicional, diagnosticada por la proporción presente de partículas (granos y/o fósiles) en su matriz cementante. Esta textura y el tamaño absoluto de las partículas constituyentes, aportan propiedades abrasivas que pueden condicionar los procesos de molienda o fricción de materiales (Delgado 2008).

El test del χ^2 de la tabla de contingencia, da p-valores inferiores al 5% (0.05). Los valores apuntan a una probable dependencia entre los distintos porcentajes y los artefactos, enfatizando una posible selección intencional de los litotipos constituyentes de las materias primas de caliza, a partir de su proporción de partículas. En tal caso no se aceptaría la primera hipótesis nula. La V de Cramer reflejaría sin embargo, una relación débil entre variables y factores, con un valor inferior a 0.6³⁴.

Tabla 51. Probabilidad general de asociación entre proporciones de partículas y artefactos.

p(no asociación)	0.026
V de Cramer	0.317

³⁴ El umbral de intensidad de la relación estadística se plantea alrededor del valor de 0.6 (Barceló 2007).

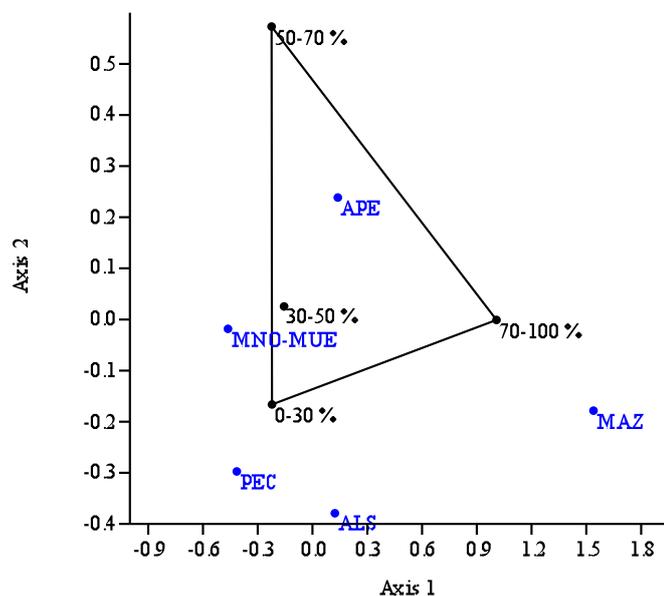
Según el test del χ^2 , las columnas que presentan mayor probabilidad de dependencia entre variables y factores, corresponde a los maceradores, manos de metate y a los percutores (tab.52), con un p-valor menor al 5% (0.05). Esto reafirmaría lo apuntado con anterioridad, indicándonos que hay ciertos tipos de artefactos más propensos a ser fabricados con determinados litotipos geológicos.

Tabla 52. Probabilidad particular de asociación entre litotipos y artefactos.

	ALS	APE	MAZ	MNO	PEC
N	21	34	5	25	5
p(χ^2)	0.317	0.083	0.001	0.008	0.008

El análisis de dispersión (fig.39) nos da una mayor vinculación entre las manos de metate y las calizas con proporciones deposicionales entre el 0 y el 30%, y entre el 30 y el 50%. En los maceradores se da mayor coincidencia con calizas de proporciones superiores al 70%, y los percutores con calizas con porcentajes de partículas entre el 30 y el 50%. En el caso de los alisadores y los alisadores-percutores, habría mayor variabilidad en la proporción de partículas. Los alisadores compartirían frecuencias sobre todo entre el 0 y el 30%, y entre el 70 y el 100%. En los alisadores-percutores, la distribución de valores estaría entre las frecuencias del 30 al 50%, del 50 al 70% y del 70 al 100%.

Figura 39. Análisis de dispersión entre proporciones de partículas y artefactos.



Exclusivamente se ha identificado una muestra de 4 metates a nivel petrográfico, tratándose en su mayoría de calizas tipo wakestone, hacia mudstone o packstone. Hay que tener en cuenta que por el gran tamaño de los clastos soporte, los tipos calcáreos pueden oscilar dentro de un mismo metate, por lo que en general los hemos adscrito a calizas tipo wakestone.

En el caso del tamaño absoluto de las partículas, los valores por debajo del 5% (0.05) del χ^2 , manifiestan la posible dependencia entre las diversas granulometrías y los tipos de artefactos, no cumpliéndose con la segunda hipótesis nula. De tal forma que podríamos aceptar la posible selección intencional de las materias primas mediante el tamaño de granos o fósiles contenidos, aunque según la V de Cramer, la relación entre variables y factores observados no sería de alta intensidad (tab.53).

Tabla 53. Probabilidad e intensidad de asociación entre granulometrías e ítems artefactuales.

p(no asociación)	1.183E-63
V de Cramer	0.472

Los artefactos percutores son los únicos que cumplen de forma clara con la hipótesis alternativa de dependencia entre variables y factores. Del resto de artefactos, las manos y luego los maceradores, desarrollan menor probabilidad de independencia, sugiriendo que pueden estar más cerca de la probabilidad intencional en la selección de los materiales según su granulometría, aunque la hipótesis alternativa no se cumpla del todo. En el caso de los alisadores y los alisadores-percutores, la probabilidad intencional según la dependencia entre variables y factores es más distante, planteándose un fenómeno similar con la elección de las proporciones de partículas (tab.54).

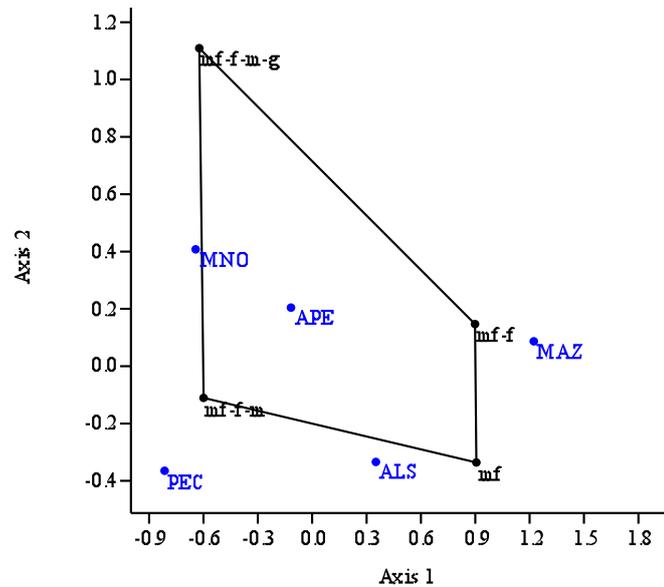
Tabla 54. Probabilidad particular de asociación entre granulometrías y artefactos.

	ALS	MNO	APE	MAZ	PEC
N	21	25	34	5	5
p(χ^2)	0.646	0.099	0.410	0.217	0.000

El análisis de dispersión (fig.40) ilustra la mayor proximidad de las manos y de los percutores con las calizas de tamaños de partículas muy finas, finas y medianas.

También de los maceradores a partículas muy finas y finas. En los alisadores y alisadores-percutores la distancia o proximidad con las distintas granulometrías es más variable.

Figura 40. Análisis de dispersión entre tamaños de partículas y artefactos.



Otro aspecto condicionante de la durabilidad de los soportes, reside en la tenacidad de los materiales pétreos en función de la dureza de los minerales. Mediante un análisis con microdurómetro (Equotip Leeb Dispositivo de impacto D) obtuvimos resultados promedios de 459 para los alisadores, de 634 en los alisadores-percutores, de 516 en los maceradores y de 589 en las manos de metate. La dureza de las rocas manifestada mediante la ecuación $D = (da \cdot \%a) / 100^{35}$ (Delgado 2008; Delgado et al. 2008), expresa los mayores índices en el caso de los artefactos alisadores-percutores, seguidos por las manos de metate, los maceradores y los alisadores (tab.55). Según estos resultados promedios podríamos considerar que los artefactos básicamente abrasivos, como los alisadores o maceradores, denotan la menor dureza material. A diferencia, los artefactos que participan de acciones de percusión, como los alisadores-percutores, están hechos con los materiales calizos con una dureza más elevada. Los materiales de las manos de metate también son de durezas significativamente elevadas.

³⁵ Donde **a** es el mineral principal componente de la roca (calcita), **%a** representa al porcentaje de mineral, y **da** los valores absolutos de micro-dureza de la caliza (Delgado 2008; Delgado et al. 2008) a partir de la escala Gpa (Mineral microhardness-Gpa) (Broz et al. 2006).

Tabla 55. Micro durezas de los artefactos mediante escala Gpa.

Artefactos	Fórmula	Resultados Gpa
Alisadores	$D = (459 \times 1.49) / 100$	6.84
Alisadores-percutores	$D = (634 \times 1.49) / 100$	9.45
Maceradores	$D = (516 \times 1.49) / 100$	7.69
Manos de metate	$D = (589 \times 1.49) / 100$	8.78

Los p-valores de no asociación entre la dureza y el tipo de ítem artefactual, según el χ^2 de la tabla de contingencia es menor al límite del 5% (0.05) para la aceptación de la tercera hipótesis nula. En este caso podríamos considerar que se daría una intencionalidad en la selección de las durezas en función del tipo de artefacto, aunque la relación de dependencia sería limitada por la V de Cramer algo menor a 0.6.

Tabla 56. Probabilidad e intensidad de asociación entre durezas e ítems artefactuales.

p(no asociación)	0.000
V de Cramer	0.446

El análisis de normalidad univariante mediante el test de Shapiro-Wilk, aporta p-valores superiores al 5% (0.05) en todos los factores. No obstante, la diferencia cuantitativa entre ellos nos podría estar diciéndonos que la probabilidad intencional es mayor en el caso de las manos de metate y luego en los alisadores.

Tabla 57. Probabilidad particular de asociación entre micro durezas y artefactos.

	ALS	APE	MAZ	MNO
N	12	6	3	30
p(Shapiro-Wilk)	0.092	0.511	0.913	0.077

8 Segundo nivel de análisis: morfométrico y morfotécnico de los artefactos

El análisis morfométrico y el referente a la morfometría técnica de los artefactos arqueológicos, se ha desarrollado sobre individuos enteros o suficiente completos, permitiendo una estimación cuantitativa lo más ajustada posible.

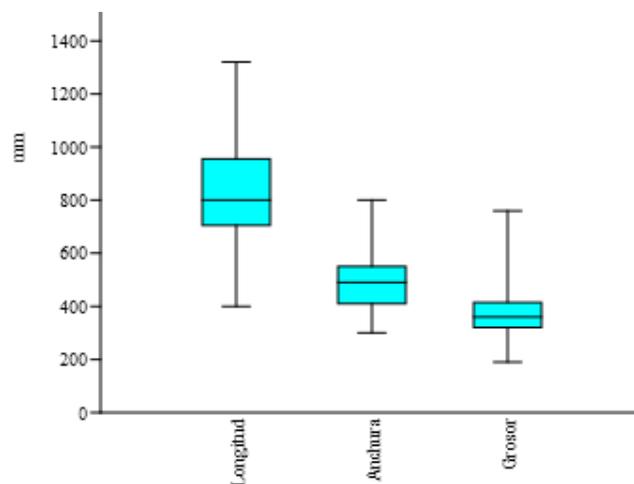
8.1 Análisis morfométrico

El análisis morfométrico sobre los artefactos arqueológicos se ha desarrollado a partir de las dimensiones absolutas máximas del objeto, contemplando su longitud, anchura y grosor por separado, en función de su cotejo con las variables morfotécnicas. Para los metates se ha estimado el área de las caras totales para su contrastación en el apartado morfotécnico, con el área de las morfometrías técnicas de sus superficies activas de trabajo.

8.1.1 Metates

Las medidas absolutas que caracterizan a los metates de la muestra van de los 400 a los 1320 mm de longitud, de los 300 a 800 mm de anchura y de los 190 a los 760 mm de grosor. Sus valores promedios son de 826.94 mm de longitud, de 490.71 mm de anchura y de 333.88 de grosor (fig.41).

Figura 41. Box plot descriptivo de las frecuencias métricas absolutas de los metates.



El estadístico de normalidad de Shapiro-Wilk (tab.58) nos da una probabilidad por encima del 5% (0.05) en el caso de la longitud y de la anchura, que apunta a una hipotética intencionalidad social en una conformación relativamente uniforme de estas medidas máximas absolutas.

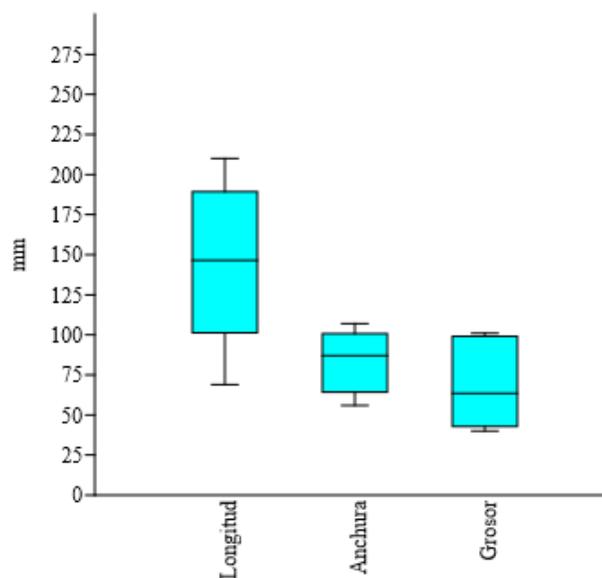
Tabla 58. Variabilidad métrica de las morfometrías absolutas de los metates.

	Longitud	Anchura	Grosor
N	85	85	85
p(Shapiro-Wilk)	0.790	0.241	3.01E-05
Coef. var	21.01	20.72	22.14

8.1.2 Manos de metate

Su longitud máxima absoluta comprende un intervalo métrico entre los 69 y 210 mm, con un valor promedio de 144 mm. Las tendencias métricas de anchura máxima de los artefactos de esta categoría oscilan entre 56 y 107 mm, con un promedio de 82.50 mm. El grosor máximo está entre 40 y 101 mm y un promedio de 68.80 mm (fig.42).

Figura 42. Box plot descriptivo de las frecuencias métricas absolutas de las manos de metate.



Los p-valores por encima del 5% (0.05), obtenidos mediante test de normalidad univariante de Monte Carlo para pocos datos, asociado al de Anderson-Darling, apunta a una distribución de los datos de acuerdo con la distribución de frecuencias probabilísticas predicha en el modelo teórico de Gauss (tab.59). Los estadísticos muestran probabilidades similares que indican posibles procesos de trabajo intencionales, tanto de producción como de uso en el desarrollo métrico de los artefactos, y de forma más significativa en la longitud y la anchura. Las variabilidades métricas en general son reducidas. El grosor de las manos presenta la mayor variabilidad, y la anchura y longitud están más uniformizadas.

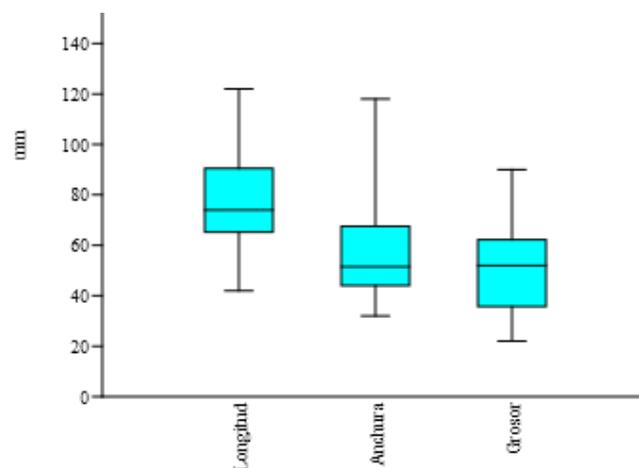
Tabla 59. Variabilidad métrica de las morfometrías absolutas de las manos.

	Longitud	Anchura	Grosor
N	10	10	10
p(Monte Carlo A)	0.210	0.266	0.191
Coef. var	34.18	23.14	35.72

8.1.3 Alisadores

La longitud máxima de los artefactos alisadores varía de los 42 a los 122 mm, con un promedio de 75.64 mm. La anchura máxima oscila entre los 32 y los 118 mm, y el grosor entre los 22 y los 90 mm. Los promedios de ambas variables métricas son de 57.86 mm y de 51.29 mm (fig.43).

Figura 43. Box plot descriptivo de las frecuencias métricas absolutas de los alisadores.



El test de normalidad univariante aporta p-valores de las variables métricas por encima del umbral del 5% (0.05). Todos los valores afirman una probabilidad intencional positiva uniformadora en el desarrollo de las métricas, en función de la distribución predicha para la normalidad teórica de Gauss, aunque esta es significativamente menor en el caso de la anchura (tab.60).

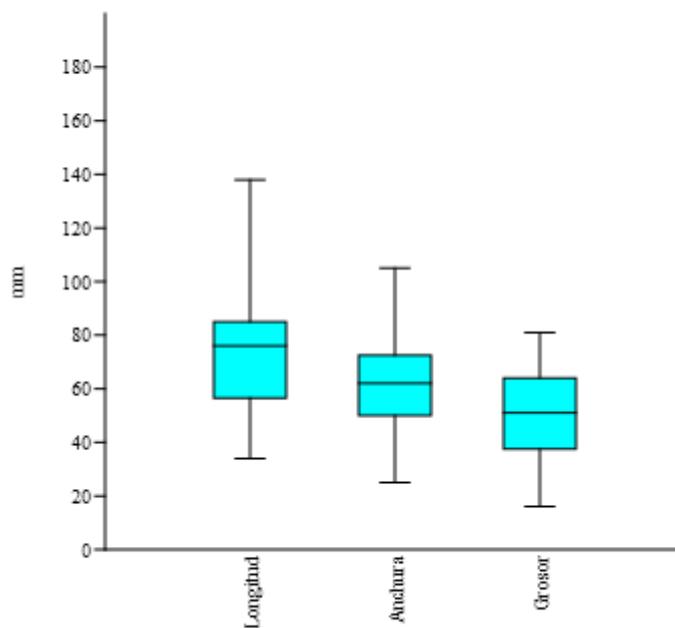
Tabla 60. Variabilidad métrica de las morfometrías absolutas de los alisadores.

	Longitud	Anchura	Grosor
N	14	14	14
p(Monte Carlo A)	0.695	0.124	0.872
Coef. var	28.21	39.21	37.91

8.1.4 Alisadores-percutores

En estos artefactos la longitud máxima va de los 34 a los 138 mm con un promedio de 76.55 mm. Su anchura máxima está entre los 25 y los 105 mm y un promedio de 60.88 mm, y su grosor oscila de 16 a 81 mm con un promedio de 49.94 mm (fig.44).

Figura 44. Box plot descriptivo de las frecuencias métricas absolutas de los alisadores-percutores.



La aplicación del test de normalidad univariante base al test de Anderson-Darling con su variante de Monte Carlo, nos aporta p-valores mayores al 5% (0.05) sobre la anchura y el grosor. Estos resultados apuntarían a una mayor uniformidad de dichas variables en comparación a la longitud, cuyos valores de probabilidad están al límite de aceptación de la hipótesis de independencia para un intencionalidad de su desarrollo morfométrico absoluto (tab.61).

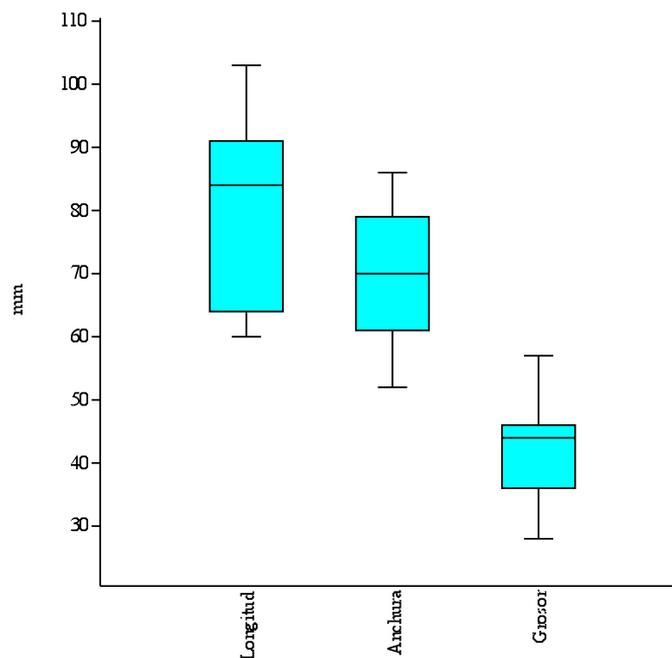
Tabla 61. Variabilidad métrica de las morfometrías absolutas de los alisadores-percutores.

	Longitud	Anchura	Grosor
N	33	33	33
p(Monte Carlo A)	0.058	0.424	0.141
Coef. var	34.33	28.92	33.32

8.1.5 Percutores

Los artefactos percutores adoptan longitudes que van de los 60 a los 103 mm de longitud, de los 52 a los 86 mm de anchura y de los 28 a los 57 mm de grosor. Sus promedios son de 80.40 mm, de 86 mm y de 57 mm respectivamente (fig.45).

Figura 45. Box plot descriptivo de las frecuencias métricas absolutas de los percutores.



La muestra de artefactos percutores es muy reducida con solo cinco individuos, asumiendo que en estos casos es factible obtener resultados falsamente negativos para medir el ajuste de intencionalidad social al modelo gaussiano (Barceló 2007). Por lo tanto, los p-valores obtenidos con los estadísticos de normalidad (tab.62) puede que se ajusten falsamente a la población respecto al modelo teórico. En particular se observa que los p-valores de la anchura y el grosor significativamente parejos, son muy superiores al umbral de normalidad del 5% (0.05) y algo más reducido en el caso de la longitud. Estos valores apoyarían una intencionalidad uniformadora de estas frecuencias métricas, aunque no podemos apuntalar estos resultados por las debilidades planteadas. La variabilidad métrica en las tres dimensiones de los artefactos percutores es reducida, siendo algo mayor la del grosor y la longitud (tab.62).

Tabla 62. Variabilidad métrica de las morfometrías absolutas de los percutores.

	Longitud	Anchura	Grosor
N	5	5	5
p(Monte Carlo A)	0.679	0.967	0.942
Coef. var	22.6	19.56	25.87

8.2 Análisis morfotécnico

El análisis morfotécnico se ha realizado en dos bloques metodológicos interrelacionados, a saber: un primer análisis cuantitativo y comparativo morfométrico de las áreas activas de los artefactos, y otro sobre las alteraciones funcionales básicas de producción y uso de las herramientas. A nivel traceológico detallado, exclusivamente se ha estudiado un individuo percutor y tres manos de metate, sin realizarse cotejo estadístico alguno. No obstante, los artefactos se han usado comparativamente con los instrumentos desarrollados en el nivel de análisis experimental.

8.2.1 Morfometrías técnicas

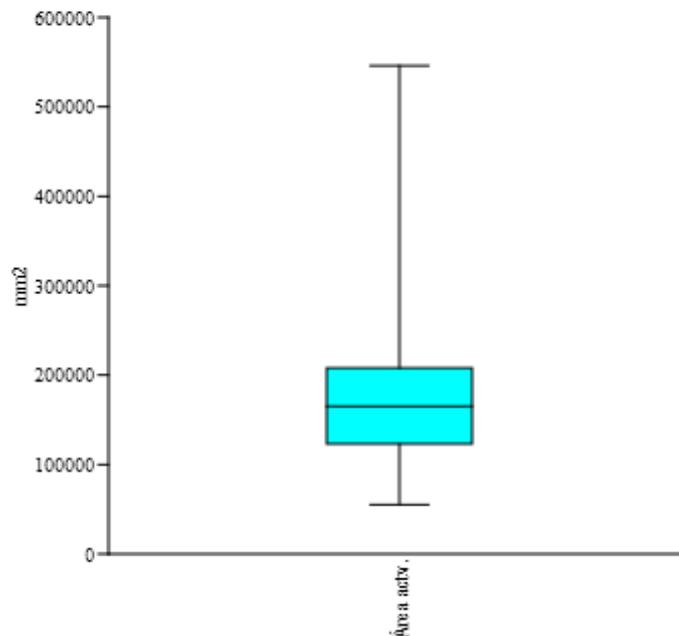
El análisis métrico de los aspectos técnicos de los artefactos, se ha realizado a partir del cálculo del área activa de trabajo. La hipótesis nula de partida afirma que los valores

de las áreas activas funcionales forman parte de una muestra, cuya población teórica es muy similar, respondiendo a una intencionalidad de la acción social que las desarrolló.

8.2.1.1 Metates

Las áreas activas que presentan los metates de Sihó oscilan entre los 55200 y los 546000 mm², con un promedio total de 172622.40 mm² (fig.46).

Figura 46. Box plot descriptivo de las frecuencias métricas de las áreas activas de los metates.

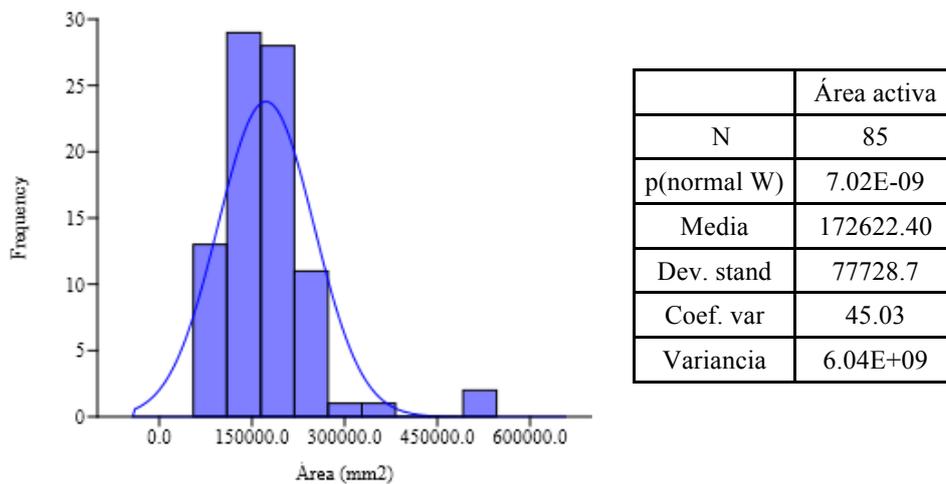


La desviación estándar es algo inferior a la mitad de la media, por lo que sería razonable pensar en una variabilidad no muy elevada entre áreas, (Barceló 2007), aunque se vería afectada por la existencia de los valores extremos elevados como muestra el histograma de barras (fig.47). Sin embargo el p-valor menor al 5% (0.05) de la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk (tab.63), apunta a que la extensión de las áreas activas de los metates no se debe a una acción social voluntaria. De tal manera nos preguntamos si esa variabilidad poco elevada, en relación a la alta variancia (tab.63), es la clave de esa intencionalidad de la acción social y tiene que ver con el azar, como la intervención de manos de distintas longitudes, cambios en el gesto o direccionalidad

cinemática del trabajo de molienda, o incluso con la posibilidad futura de una ampliación del área de molienda.

Figura 47. Histograma de distribución de frecuencias métricas de las áreas activas de los metates.

Tabla 63. Variabilidad métrica de las áreas activas de los metates.



Si comparamos mediante un test de valores pareados (tab.64) las áreas totales de la cara anversa, con las áreas de su superficie activa, nos da un p-valor de relación base a la hipótesis de independencia, muy por debajo del límite de aceptación del 5% (0.05), pudiendo existir una relación entre la conformación del tamaño del área de trabajo y el área total superficial de los metates, posiblemente causadas por factores aleatorios como los comentados en el análisis anterior, y no como “consecuencias de las diferencias reales entre partes distintas del mismo artefacto” (Barceló 2007: 208).

Tabla 64. Probabilidad de dependencia entre las áreas activas y las áreas superficiales totales de los metates.

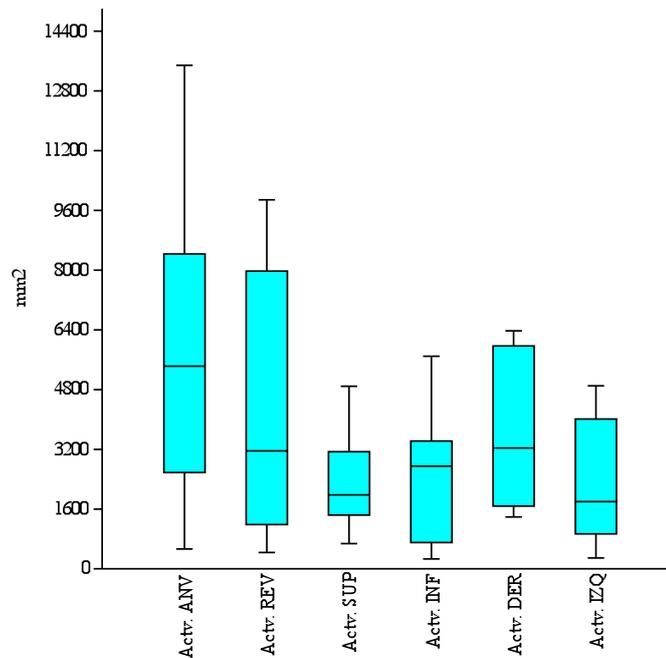
N	85
Wilcoxon test	1.169E-15

8.2.1.2 Manos de metate

Las manos de metate de Sihó presentan áreas activas en la cara anversa entre los 530 y los 13485 mm², con un promedio de 5616.78 mm². En la cara reversa estas áreas oscilan entre los 437 y los 9882 mm², y 4042 mm² de promedio. La cara superior e inferior tienen áreas activas que van de los 675 a los 4891 mm² y de los 266 a los 5694

mm² en cada caso. Sus promedios están en 2307.88 y 2241.3 mm². Las áreas en la cara derecha e izquierda varían de los 1390 a los 6375 mm² y de los 290 a los 4900 mm², con valores promedio de 3555.71 y 2341.13 mm² (fig.48).

Figura 48. Box plot descriptivo de las frecuencias métricas de las áreas activas de las manos de metate.



El estadístico de normalidad de Monte Carlo asociado a Anderson-Darling (tab.65), da valores probabilísticos superiores al 5% (0.05) en acorde con el modelo teórico de uniformidad intencional en la formación de las áreas activas de trabajo. Esta uniformidad se da sobre todo en el área activa de la cara anversa. En la izquierda el p-valor es más elevado, pero si comparamos su variabilidad a partir de los coeficientes de variación, observamos que es más elevada. La menor probabilidad intencional en el desarrollo de alteraciones uniformes la tenemos en la cara superior con valores ajustados al límite de no aceptación de la hipótesis nula.

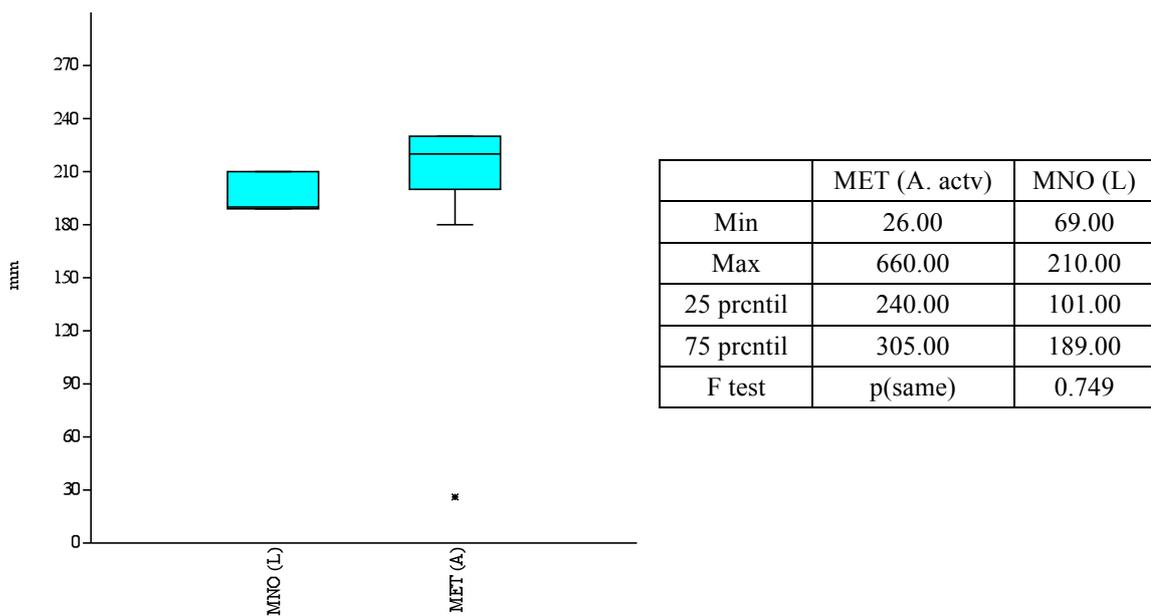
Tabla 65. Variabilidad métrica de las áreas activas de las manos de metate.

	Actv. ANV	Actv. REV	Actv. SUP	Actv. INF	Actv. DER	Actv. IZQ
N	10	10	10	10	10	10
p(Monte Carlo A)	0.580	0.183	0.096	0.377	0.255	0.698
Coef. var	62.63	79.41	53.03	76.87	54.55	68.7

Para establecer una relación funcional entre las manos, con las áreas activas de los metates de Sihó, hemos eliminado las mayores medidas de anchura de los metates a partir del percentil 25 y las medidas de longitud de las manos por debajo del percentil 75, para obtener una distancia intercuartil ($\emptyset > 25\% - \emptyset < 75\%$) de los datos a cotejar. El análisis de variancia con los resultados nos da un p-valor de asociación entre muestras, mayor al 5 % (0.05), con el que podemos aceptar su vinculación poblacional (tab.66). El encuentro entre medidas también nos lo ilustra el gráfico de cajas, mostrando la significativa interposición entre muestras (fig.49).

Figura 49. Box plot de comparación entre la longitud de las manos y la anchura de las superficies de trabajo de los metates.

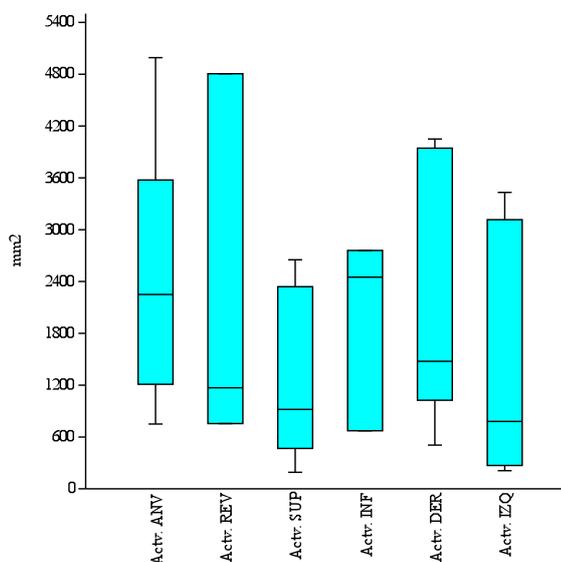
Tabla 66. Sumario descriptivo y cotejo de dependencia entre la longitud de las manos y la anchura de las superficies de trabajo de los metates.



8.2.1.3 Alisadores

Las áreas activas en la cara anversa y reversa de los alisadores, oscilan de forma respectiva entre 750 y 4992 mm², y 756 y 4806 mm². De promedio ambas caras activas desarrollan 2650.55 y 2475 mm². Las caras superiores e inferiores tienen áreas que van de los 192 a los 2652 mm² y de los 672 a los 2760 mm², con valores promedios de 1195.29 y de 1960.67 mm². Las caras derechas e izquierdas varían de los 506 a los 4050 mm² y de los 210 a los 3432 mm², y promedios de 2047 y 1340 mm² (fig.50).

Figura 50. Box plot descriptivo de las frecuencias métricas de las áreas activas de los alisadores.



Los p-valores de los test de normalidad de Monte Carlo (tab.67), superan el umbral de probabilidad intencional de uniformidad del 5% (0.05), en las áreas activas de todas las caras. Comparativamente, las áreas activas en las caras reversas, anversas, inferiores y superiores, denotan mayor intencionalidad en cuanto a su uso, condicionando su morfometría. Sin embargo en las caras reversa e inferiores, con mayores índices de probabilidad, la variancia en relación a la media esperada es mayor que en sus contrapartes anversa e inferiores.

Tabla 67. Variabilidad métrica de las áreas activas de los alisadores.

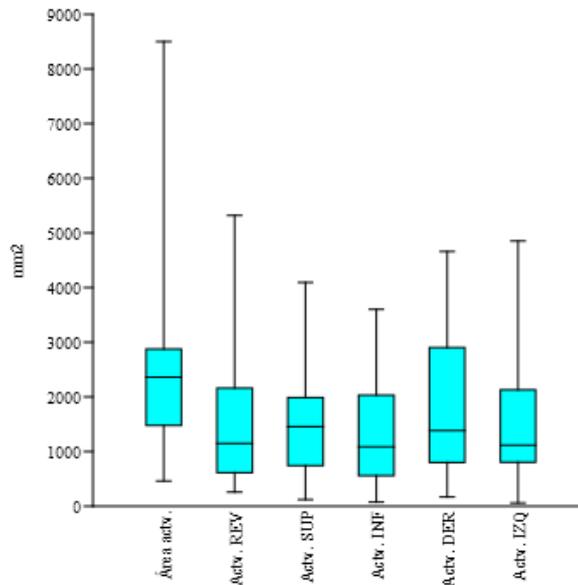
Normal test	Actv. ANV	Actv. REV	Actv. SUP	Actv. INF	Actv. DER	Actv. IZQ
N	14	14	14	14	14	14
p(Monte Carlo A)	0.225	0.581	0.260	0.261	0.071	0.124
Coef. var	57.33	75.85	79.63	57.47	75.5	89.26
Variancia	2308741.00	3523932.00	905926.90	1269521.00	2388414.00	1561156.00

8.2.1.4 Alisadores-percutores

En la cara anversa y reversa de los artefactos, las áreas activas van, respectivamente, de los 462 a los 8500 mm² y de los 259 a los 5320 mm². Ambas caras de promedio, adoptan los 2566.62 y los 1839 mm². En las caras superiores e inferiores las áreas

oscilan de los 120 a los 4095 mm² y de los 76 a los 3600 mm², con respectivos promedios de 1487.77 y de 1267 mm². Las caras derechas e izquierdas van de los 168 a los 4662 mm² y de los 60 a los 4851 mm², y promedios de 1981 y de 1536.80 mm² (fig.51).

Figura 51. Box plot descriptivo de las frecuencias métricas de las áreas activas de los alisadores-percutores.



Solo en las caras superiores e inferiores (tab.68) obtenemos p-valores mayores al límite normal del 5% (0.05), para una acción intencional de la acción causante de alteraciones de trabajo, cumpliéndose con la hipótesis nula de independencia.

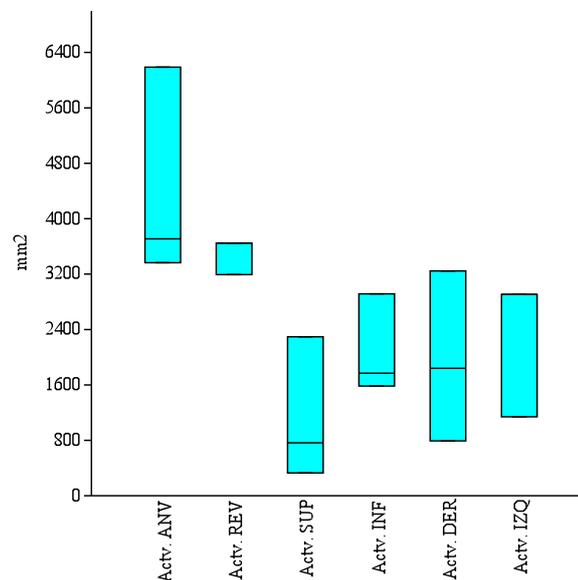
Tabla 68. Variabilidad métrica de las áreas activas de los alisadores-percutores.

	Actv. ANV	Actv. REV	Actv. SUP	Actv. INF	Actv. DER	Actv. IZQ
N	26	15	31	24	20	20
p(Monte Carlo A)	0.001	0.000	0.093	0.281	0.033	0.009
Coef. var	66.27	94.72	70.19	70.14	69.85	82.91
Variancia	2892854.00	3034023.00	1090529.00	789794.60	1916040.00	1623627.00

8.2.1.5 Percutores

Las áreas activas de los artefactos percutores de Sihó ascienden de los 3364 a los 6188 mm² en la cara anversa y de los 3192 a los 3648 mm² en la reversa. Respectivamente adoptan los 4374.25 y los 3420 mm² de promedio. En la cara superior e inferior, las áreas varían de los 330 a los 2295 mm² y de los 1584 a los 2915 mm², con promedios de 1341.25 y de 2089.33 mm². En la derecha e izquierda estas áreas activas oscilan de los 3245 a los 2907 mm², y promedios de 1959 y 2023 mm² (fig.52).

Figura 52. Box plot descriptivo de las frecuencias métricas de las áreas activas de los percutores.



Los resultados aportados por los test de probabilidad univariante de Monte Carlo para pocos datos, asociado a Anderson-Darling (tab.69), son coincidentes en sus valores positivos en todos los factores, sugiriendo una uniformidad intencional en el desarrollo funcional de las áreas activas. Las áreas activas que muestran menor variabilidad son las de la cara reversa, derecha e izquierda, aunque los elevados p-valores vinculados a estas son poco concluyentes por la gran ausencia de muestras. Sin embargo si contemplamos las variancias de las caras superiores e inferiores, son las más bajas de todas. En el caso de las caras anversa y reversa, observamos una menor variancia y un coeficiente de variación muy reducido en la segunda, y un coeficiente de variación también limitado en la primera.

Tabla 69. Variabilidad métrica de las áreas activas de los percutores.

	Actv. ANV	Actv. REV	Actv. SUP	Actv. INF	Actv. DER	Actv. IZQ
N	5	5	5	5	5	5
p(Monte Carlo A)	0.238	1.000	0.495	0.247	0.839	1.000
Coef. var	28.83	9.43	70.28	34.51	62.83	61.75
Variancia	1590304.00	103968.00	888656.30	519850.30	1514923.00	1561145.00

8.2.2 Las alteraciones funcionales

Las variables funcionales que expresan la utilidad de los artefactos a partir de criterios empíricos, se encargan de definir las características básicas que adoptan las marcas de trabajo sobre las superficies o caras de los soportes materiales. Para los siguientes análisis estadísticos hemos transformado en porcentajes estas alteraciones funcionales de producción y uso, en función de las caras de los artefactos donde se localizan (tab.70).

Tabla 70. Porcentajes de caras afectadas por las distintas alteraciones funcionales.

MNO	ANV	REV	SUP	INF	DER	IZQ
AL	96%	92%	32%	16%	72%	60%
PU	2.94%		2.94%	2.94%	5.88%	5.88%
TR	4%	4%	4%	4%	4%	4%
GO	4%	8%	44%	20%	8%	8%
GA	12%	8%	84%	32%	12%	16%
ALS						
AL	100%	42.86%	52.38%	28.57%	47.62%	52.38%
PU	19.05%	14.29%	23.81%	9.52%	14.29%	14.29%
TR	4.76%			4.76%		
GO						
GA						
APE						
AL	82.35%	41.18%	35.29%	26.47%	29.41%	35.29%
PU	2.94%		2.94%	2.94%	5.88%	5.88%
TR						
GO	11.76%	14.71%	35.29%	26.47%	26.47%	20.59%
GA	47.06%	29.41%	79.41%	61.76%	29.41%	67.65%

PEC						
AL						
PU						
TR						
GO	20%.	20%.	60%	40%	20%.	20%.
GA	40%	20%	40%	60%	40%	40%

Nota. Porcentaje de caras trabajadas por fricción (PU) o percusión (TR) y porcentajes de caras alteradas por huellas de uso abrasivas (AL) y de percusión sin (GA) y con fracturas (GO).

8.2.2.1 Alisadores

El análisis normal univariante de Monte Carlo (tab.71), sobre la proporcionalidad de las alteraciones funcionales (AL, PU, TR) de los artefactos alisadores, diagnósticas de una hipotética intencionalidad, es superior al límite normal del 5% (0.05) en todos los casos. A simple vista la primera hipótesis nula se estaría cumpliendo en la aparición de las alteraciones en los alisadores. Sin embargo, las alteraciones con mayor índice probabilístico de intencionalidad son las de producción por pulido y percusión (PU y TR), aunque en las últimas se da una limitada aparición de frecuencias porcentuales.

Tabla 71. Análisis invariantes de normalidad de las alteraciones funcionales de trabajo de los alisadores.

Normal test	AL	PU	TR
p(Monte Carlo)	0.055	0.799	0.106

La relación entre variables funcionales y las caras de los artefactos a partir del estadístico de Monte Carlo de no asociación de la tabla de contingencia, da un p-valor menor al límite probabilístico de normalidad del 5% (0.05), no cumpliéndose la segunda hipótesis de independencia entre variables y factores. De tal modo que existe una posible relación de intencionalidad entre las alteraciones y las caras donde se localizan, aunque la V de Cramer menor a 0.6 concluye que es de baja intensidad (tab.72).

Tabla 72. Probabilidad e intensidad de asociación entre las alteraciones funcionales de trabajo y las caras de los alisadores.

p(Monte Carlo)	0.004
V de Cramer	0.175

8.2.2.2 Alisadores-percutores

El test estadístico univariante de Monte Carlo nos da un p-valor mayor al umbral del 5% (0.05), síntoma de alguna intencionalidad de la acción causante, en el caso de las alteraciones funcionales de producción activa mediante pulido (PU) y trazas de uso por percusión, con y sin fracturas (GA y GO), aunque en el caso de los pulidos (PU) las frecuencias porcentuales de aparición son muy bajas. En lo que afecta a la probabilidad intencional de las alteraciones de uso por alisamiento (AL), se encuentra por debajo del límite aceptable para dicha hipótesis (tab.73).

Tabla 73. Análisis invariantes de normalidad de las alteraciones funcionales de trabajo de los alisadores-percutores.

Normal test	AL	PU	GA	GO
p(Monte Carlo)	0.009	0.893	0.665	0.815

El valor de probabilidad del test de no asociación mediante una tabla de contingencia, cotejando las variables funcionales asignadas a estos artefactos con su localización en las caras, es menor al 5% (0.05). Esto implica que se está dando una vinculación de dependencia entre las variables funcionales y su localización por caras, aunque se trata de una relación débil como se desprende del resultado de la V de Cramer menor a 0.6 (tab.74).

Tabla 74. Probabilidad e intensidad de asociación entre las alteraciones funcionales de trabajo y las caras de los alisadores-percutores.

p(Monte Carlo)	0.0001
V de Cramer	0.189

8.2.2.3 Manos de metate

La prueba probabilística de Monte Carlo para una hipotética intencionalidad de la acción (tab.75), aporta valores superiores al 5% (0.05) en el caso de las alteraciones funcionales de uso o producción por alisamiento o pulido (AL y PU). Podemos considerar que la primera hipótesis nula se estaría cumpliendo para estas dos alteraciones, pero no para las alteraciones de percusión (GA, GO) con p-valores menores al 5% (0.05). Esto puede deberse a que las acciones de uso por percusión sean de realización más puntual que los alisamientos (AL), acción más regularizada o especializada en el caso de las manos. Las alteraciones de producción por pulidos (PU) también se presentan más regularizadas en las caras laterales (DER e IZQ) de los artefactos, tratándose de una modificación de los materiales más uniforme. En el caso de las alteraciones funcionales de producción por percusión (TR), la mínima representación en la muestra aporta datos no concluyentes sobre su hipotética significancia.

Tabla 75. Análisis invariantes de normalidad de las alteraciones funcionales de trabajo de las manos de metate.

Normal test	AL	PU	GA	GO
p(Monte Carlo)	0.5219	0.1136	0.0133	0.0324

La prueba Monte Carlo de la tabla de contingencia da un valor de probabilidad de menor al 5% (0.05), en la contrastación entre las variables funcionales y la localización por caras en las manos de metate (tab.76). En tal caso se cumpliría con la segunda hipótesis alternativa de dependencia entre variables y factores para una acción intencional, pero el resultado de la V de Cramer es algo menor a 0.6 y se trata de una relación floja.

Tabla 76. Probabilidad e intensidad de asociación entre las alteraciones funcionales de trabajo y las caras de las manos de metate.

p(Monte Carlo)	0.0001
V de Cramer	0.411

8.2.2.4 Percutores

La prueba univariante de Monte Carlo aporta valores de probabilidad menores al umbral del 5% (0.05) en las dos alteraciones funcionales de uso por percusión (tab.77), con y sin fractura (GO y GA). Podemos considerar que la primera hipótesis nula no se estaría cumpliendo para estos dos casos, con independencia de las variables, aunque en el caso de las percusiones con fracturas, la posibilidad intencional en la consecución de las alteraciones es menor.

Tabla 77. Análisis invariantes de normalidad de las alteraciones funcionales de trabajo de los percutores.

Normal test	GA	GO
p(Monte Carlo)	0.026	0.006
Coef. var	31.62	55.78

El resultado probabilístico del test de no asociación de Monte Carlo mediante la tabla de contingencia, es mayor al 5% (0.05) y se cumple la segunda hipótesis nula de independencia entre variables funcionales y su localización por caras (tab.78). Se puede pensar que no habría una relación de intencionalidad entre variables y factores, tratándose de una percusión aleatoria, y si la hubiera, sería muy débil por el bajo valor de la V de Cramer.

Tabla 78. Probabilidad e intensidad de asociación entre las alteraciones funcionales de trabajo y las caras de los percutores.

p(Monte Carlo)	0.243
V de Cramer	0.147

9 Tercer nivel de análisis: experimental

La observación a nivel mesoscópica de las huellas de uso sobre el percutor experimental se realizó con el microscopio estereoscópico (fig.53). Las trazas por agregados de granos por desintegración, causantes de fosillas, y los triturados, han aparecido a lo largo de la cara superior, inferior, derecha e izquierda. No obstante los agregados de granos y fosillas, se localizan sobretodo en el límite entre la cara anversa y la superior, entre la inferior y la anversa, y en la cara inferior y superior. Las trazas fueron causadas por percusión por piqueteado en sentido totalmente perpendicular a la superficie tratada.

Figura 53 (a, b, c). Trazas experimentales de uso por percusión.



Nota. Izquierda (a): Cara inferior. Agregados granos/fosillas (8x). Derecha (b): Cara superior. Triturados (20x). Debajo (c): Cara superior. Triturados (macro).

Las melladuras escalonadas se encuentran básicamente en los límites entre la cara superior e inferior, con la anversa y la reversa. Las fracturas invasivas se desarrollan a partir de este límite comentado y se extienden hacia la caras anversa y reversa. La formación de ambas huellas se dio cuando se incrementaba la fuerza de percusión en sentido perpendicular, incluso algo oblicuo sobre la superficie del arteuso trabajado (fig.54). Las fracturas observadas son muy irregulares, posiblemente determinadas por la fábrica básicamente isótropa de estas rocas, con una orientación poco determinada de los cristales hexagonales de calcita.

Figura 54 (a, b). Trazas experimentales de uso por percusión.



Nota. Izquierda (a): cara anversa-superior. Melladuras escalonadas (8x). Derecha (b): cara reversa. Fracturas invasivas (macro).

La comparación más directa con un instrumento arqueológico la ofrece un canto de playa, usado en Sihó como percutor, parecido al experimental (fig.55). Las huellas descritas en la herramienta arqueológica participan de similares características traceológicas detectadas experimentalmente (melladuras escalonadas, fracturas invasivas, agregados de granos, fosillas y triturados de granos) y en similares localizaciones por caras. La observación mesoscópica de las trazas se realizó en la intersección entre la cara anversa y la superior, y en la cara superior.

Figura 55 (a, b, c, d). Trazas arqueológicas de uso por percusión.



Nota. Izquierda (a): N° 9 - CA155 cara anversa. Melladura escalonadas y fractura invasiva (macro). Derecha (b): N° 9 - CA155 cara superior. Triturados (macro). Debajo izquierda (c): N° 9 - CA155 cara anversa-superior. Agregados de granos/fosillas (flechas) y triturados (óvalo) (45x). Debajo derecha (d): N° 9 - CA155 cara superior. Melladuras escalonadas (Flechas) y triturados (óvalo) (6.7x).

Una vez finalizado el proceso de piqueteado lítico para eliminar las aristas de las superficies de la mano, aparecidas durante el proceso de desbaste y adelgazamiento final mediante herramientas mecánicas de corte, se procedió a su observación mesoscópica. Las trazas de producción diagnosticadas son básicamente agregados de granos por desintegración, que provoca la aparición de fosillas y la presencia puntual de triturados (fig.56). Estos triturados, a diferencia de los que se han desarrollado en las superficies activas del percutor, son más minoritarios. Posiblemente esto se deba a la menor intensidad de percusión sufrida, ya que se distribuyó de forma más homogénea sobre un área mayor. La aparición de estas trazas se dio básicamente mediante percusión por piqueteado a poca distancia, tanto en ángulo recto, como en oblicuo a unos 65° aproximados.

Figura 56 (a, b). Trazas experimentales de producción por percusión.



Nota. Izquierda (a): cara anversa. Triturados (8x). Derecha (b): cara anversa. Agregados de granos/fosillas (30x).

Trazas por triturado de granos de mineral y fosillas, se han observado en las caras superiores y/o inferiores de varias manos arqueológicas, posiblemente usadas para el machacado puntual de sustancias procesadas o para el reavivado o mantenimiento puntual de las áreas activas de los metates (fig.57). Los agregados de granos asociados a fosillas también se han registrado en las superficies activas abrasivas de las manos de metate arqueológicas, aunque también podrían haberse desarrollado durante la molienda abrasiva. En el caso de los triturados, su presencia en las caras de molienda por fricción es puntual y de poca entidad o de tamaños reducidos (fig.57), por lo que podrían haberse formado durante el mantenimiento de las caras activas de las manos y desaparecer progresivamente durante la molienda.

Figura 57 (a, b, c). Trazas arqueológicas de producción por percusión.





Nota. Izquierda (a): N° 357 - A133 cara anversa. Agregado de granos/fosillas (6.7x).
Derecha (b): N° 404 - CA32 cara superior. Triturados (flechas) y fosillas (óvalo) (25x).
Debajo (c): N° 404 - CA32 cara reversa. Triturados (11x).

La superficie activa de la mano después de la molienda no experimentó cambios sustanciales en la apariencia traceológica. La transformación más relevante se observa sobre todo a escala mesoscópica (fig.58), con la aparición de aplanados en las partes altas de las topografías superficiales de las áreas activas. También se ha desarrollado una coloración marrón de las partes altas de las microtopografías, tratándose posiblemente de residuos orgánicos.

La aparición de las trazas, según nuestra experimentación, adopta mayor entidad en el caso de la molienda de maíz seco, por el mayor contacto de las partes altas de las microtopografías de las rocas entre ambos implementos. En la molienda de maíz nixtamalizado, estos puntos de contacto siguen una relación inversa a la expuesta, dándose un mayor contacto entre superficies activas al inicio de la actividad. Cuando la molienda avanzaba y el maíz triturado se amalgamaba, el contacto superficial disminuye. La duda reside en el caso de las fosillas detectadas, ya que estas pueden estar más relacionadas con los trabajos de preparación por piqueteado, que al proceso mismo de abrasión durante la molienda (fig.58).

Figura 58. Trazas de uso durante la molienda experimental.



Nota. Cara reversa. Agregado de granos/fosillas (óvalo), aplanados (flecha apaisada) y rastros orgánicos (flecha oblicua) (8x).

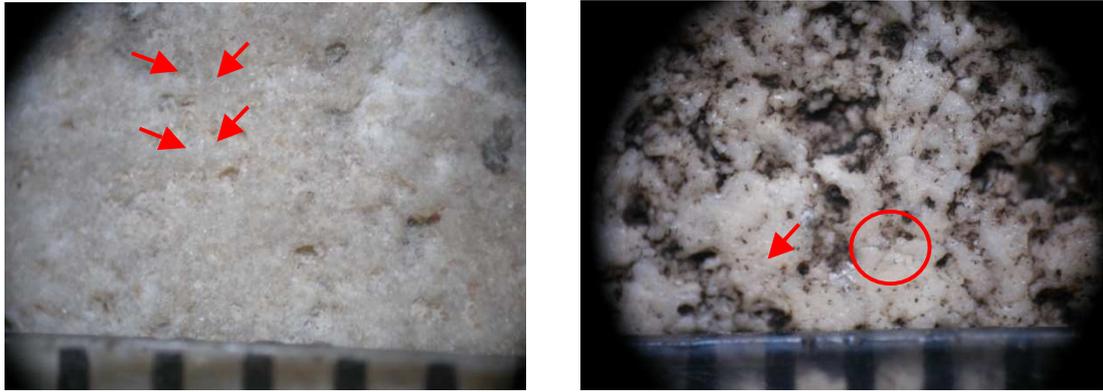
Otras trazas que hemos observado en manos arqueológicas y en la experimental, son huellas lineales o estrías, menores a 0.5 mm de anchura. En el ejemplo experimental la disposición de las huellas es unidireccional paralela en sentido oblicuo-transversal, en función de la orientación analítica del artefacto, o longitudinal-oblicua en relación al sentido de la molienda (fig.59). En las manos arqueológicas se ha registrado alguna estría de molienda unidireccional y algunas bidireccionales (fig.60).

Figura 59. Trazas de uso durante la molienda experimental.



Nota. Cara anversa. Huellas lineales unidireccionales y paralelas (8x).

Figura 60 (a, b). Trazas arqueológicas de uso mediante molienda.



Nota. Izquierda (a): N° 404 - CA32 cara reversa. Huellas lineales unidireccionales (40x).
Derecha (b): N°26 - G54. Huellas lineales bidireccionales (40x).

10 La distribución espacial de los factores de la producción

Hemos caracterizado la materia prima aportada al sitio, con los objetos que no presentan huellas de trabajo observables en sus caras. Estos arteusos no corresponden a los materiales con los que se han elaborado los productos que consideramos resultantes del proceso de producción, ya que como tales han sido consumidos. Sin embargo y asumiendo esta paradoja dialéctica, los vamos a utilizar dentro de un espectro global que intente dar significado a la hipotética distribución social de materias primas, ya que con estas se han conformado muchas herramientas analizadas. No obstante, esta situación nos lleva a la misma paradoja comentada para los productos resultantes.

Para la estimación estadística de los medios de trabajos, hipotéticamente usados para la fabricación de instrumentos líticos, hemos tenido en cuenta a los percutores y a los artefactos mixtos de abrasión y percusión. La razón de esta selección se debe, según su análisis, a que responden mejor a las propiedades funcionales necesarias para el trabajo lítico en general, y en su caso, para la hipotética fabricación y mantenimiento de los instrumentos de molienda. En los resultados del trabajo, hemos incluido en la categoría y sin hacer distinción, tanto a las manos como a los metates. Esto se debe a su trato como productos hipotéticos, antes de su función como medios instrumentales de molienda, partiendo del desarrollo metodológico del paradigma básico económico, en el que nos basamos.

Para el cotejo estadístico de distribución espacial de los factores de la producción, nos hemos centrado en las estructuras o unidades de producción de los grupos 5D16, 5D53/54, 57/58, 5D72/73 y grupo central, de donde provienen los materiales significativos de las categorías económicas tratadas.

Base a la hipótesis nula de independencia, el p-valor del test de no asociación de Monte Carlo de la tabla de contingencia, es menor al 5% (0.05), confirmandonos una relación de dependencia global entre los factores económicos y su localización en las distintas estructuras. Dicho de otra forma, se daría cierta condicionalidad en la aparición de objetos arqueológicos ejemplificadores de los factores económicos, en función de determinadas unidades de producción (tab.79).

Tabla 79. Probabilidad e intensidad de asociación entre los factores económicos y las estructuras.

p(Monte Carlo)	0.0005
V de Cramer	0.48153

Si tenemos en cuenta los factores de la producción en particular, en función de su distribución contextual, observamos que la mayor relación de dependencia por los índices de probabilidad menores al 5% (0.05), se da en el caso de los medios de producción, seguidos por los hipotéticos productos resultantes y los objetos de trabajo (tab.80)

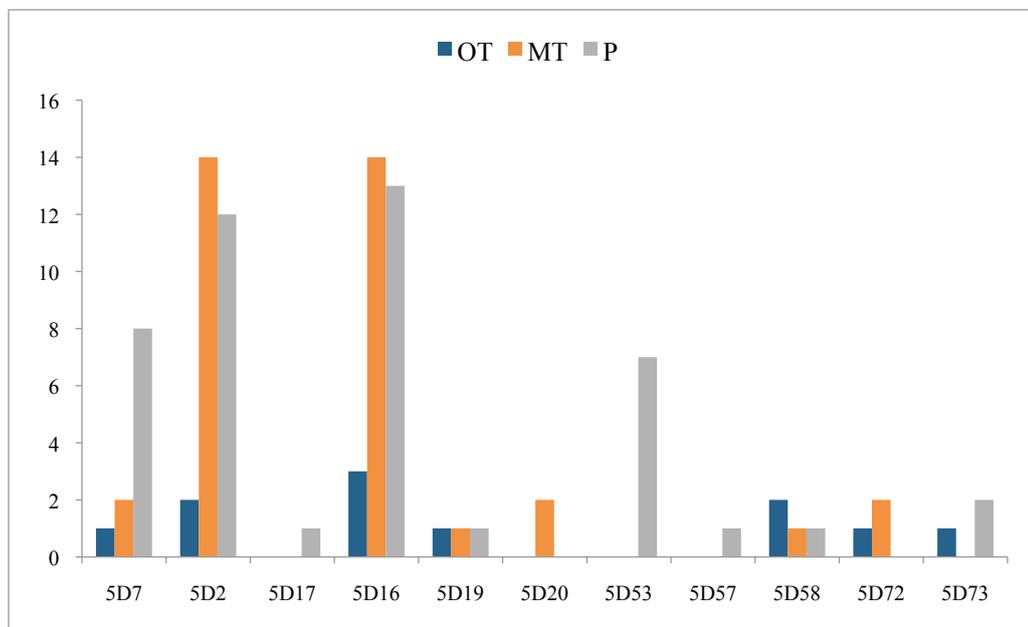
Tabla 80. Análisis invariantes de normalidad en la aparición de los factores económicos en función de las estructuras.

	OT	MT	P
N	7	7	9
Coef. var	50.06882	117.9711	97.55397
p(Monte Carlo)	0.0211	0.0009	0.0226

El gráfico (fig.61) muestra que los contenidos mayoritarios de medios de trabajo que pudieron ser utilizados para la fabricación de artefactos líticos, se distribuyen de forma más relevante en las estructuras principales del grupo 5D16 (5D16) y grupo central (5D2). La variabilidad cuantitativa en la distribución de los resultados de la producción, es algo más reducida que la de los medios instrumentales, empero siguen denotándose diferencias entre grupos y/o estructuras (tab.80). En tal caso, las mismas unidades 5D16 y 5D2 de los grupos mayores mantienen su dominancia en la posesión de productos terminados, aunque también se localizan en una relativa mayor cantidad de estructuras (fig.61). Otra observación, es que en determinadas estructuras dentro de algunos grupos, sea el caso de la 5D17 (Central), la 5D57 (57/58), la 5D53 (53/54) o la 5D73 (72/73), prácticamente solo contienen resultados vinculados a implementos de molienda, sin los medios necesarios para su fabricación. Mientras que en el resto de estructuras se da una combinación de ambos factores económicos, y de forma mucho más significativa esta relación se da en las estructuras (5D16 y 5D2) de los dos grupos principales (fig.61). En los objetos de trabajo, su variabilidad cuantitativa en relación a su localización es la menos elevada en comparación a los demás factores económicos (tab.80). Sin embargo estos materiales tampoco se encuentran en muchas de las estructuras analizadas,

posiblemente por la paradoja comentada, por lo que no podemos valorar su significancia en cuanto a a la distribución espacial de los procesos de trabajo.

Figura 61. Localización por estructuras de los factores económicos.



11 Procesos de producción y uso de los artefactos de molienda en el asentamiento de Sihó durante el Clásico Tardío (550/600 - 750/800 d.C.)

11.1 La explotación de las materias primas en Sihó

11.1.1 Recursos geológicos secundarios

Los datos aportados por los análisis estadísticos de variancia entre los índices de esfericidad de los cantos rodados arqueológicos con los naturales, asignan mayores niveles de asequebilidad de materias primas para los depósitos geológicos secundarios de la falla de Ticul. Este grado de asequebilidad se basaría en una selección social de determinadas esfericidades de los clastos, que conllevaría decantarse por fuentes más alejadas y con mayor disponibilidad, en comparación a la de otras áreas fuente más cercanas al asentamiento. Estas esfericidades aportadas por los rodados naturales se amoldan bien a la prensión, aportando una buena manejabilidad a las acciones de abrasión y/o percusión en las que participan como *manuports* (Clark 1977).

Estos hipotéticos orígenes de las materias primas geológicas secundarias, se verían contrastados con los datos elementales según las proporciones de silicio, apuntando también, a una mayor relación con las muestras obtenidas en la cara norte de la falla de Ticul. Entre el sitio de Sihó y estas hipotéticas zonas de captación de materias primas se da una distancia aproximada de unos 20 km en línea recta, que podría ser recorrida entre 4 o 5 horas aproximadas, al tratarse de un terreno llano. Esta franja espacial se corresponde bien con la segunda área concéntrica (*home range*) del modelo de *site catchment* defendido por Pètrequin y Jeunesse (1995), o Grooth (1994), para sociedades neolíticas europeas. Compartiendo esta área nos encontramos con otros sitios contemporáneos como Chunchucmil u Oxkintoc (fig.64).

Las estrategias de apropiación de cantos rodados se centraron principalmente en la explotación de depósitos secundarios de la falla de Ticul, originados principalmente durante el Pleistoceno. En general, estos materiales secundarios tienen como origen geológico primario, afloramientos cretácicos y paleogénicos de la formación Icaiché y Chichén Itzá, descartándose materiales de las formaciones neógenas de Carrillo Puerto. Se denota una tendencia de mayor selección de los *grainstones* o calcarenitas, cuya representatividad en los pedreros de la falla es mayor. Probablemente y de forma

particular, estos materiales están vinculados a la fracturación y erosión de estratos del Cretácico superior (Aguilar 1979a, 1979b; López 1977; Virgen y Baca 1988). Estas rocas se identifican a nivel macro por sus colores rojizos, anaranjados o amarillentos, pero también por una rugosidad superficial homogénea aportada por su textura deposicional clástica, erosionada y bien clasificada (Sánchez y Zamorano 1993) y con proporciones muy elevadas de partículas, adecuadas para artefactos abrasivos como los maceradores, o determinados alisadores u alisadores-percutores. La cohesión de los granos es suficientemente estable por buena cementación y re-cristalización dolomítica y silíceo puntual, aunque denotan una dureza no muy elevada. Esta mayor dureza no es tan necesaria para los instrumentos maceradores o alisadores, como lo es una buena cohesión de las partículas. Por otro lado el tamaño aparente de las partículas es poco elevado y adecuado para el procesado de materiales delicados como las pieles o los vegetales para la elaboración de papel, en el caso de los maceradores (Rovner y Lewestein 1997).

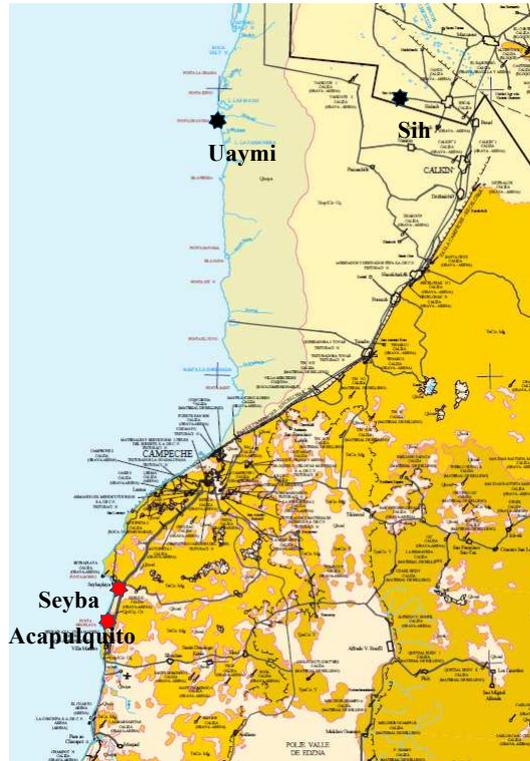
Le seguiría la elección de cantos *wakestone* y *wakestone-mudstone*, con posible origen primario en afloramientos del miembro Icaiché, del Paleoceno y del Eoceno inferior. Estos materiales se caracterizan a grosso modo por colores blanco crema, por un limitado porcentaje de fósiles (López 1977), una textura más bien micro-cristalina y por un considerable grado de compactación. Ambos tipos de rocas son susceptibles de explotación, para la fabricación de instrumentos de percusión como los percutores exclusivos y los de uso mixto, que no requieren de una gran concentración ni tamaños muy grandes de partículas fósiles que puedan facilitar su fracturación accidental. No obstante estos materiales sí que presentan una considerable cohesión y dureza de los granos de mineral, que dotan a los artefactos de una mayor resistencia a las acciones de percusión.

Quedarían los cantos *mudstone*, pertenecientes a aflores del Eoceno inferior y/o medio (López 1977), con la duda sobre su pertinencia a al miembro Icaiché o a la formación Chichén Itzá. Por su lado se visibilizan por su color blanco crema, por sus características microcristalinas y pulverulentas o por la presencia significativa de óxidos férricos. Estos materiales se adecuan al uso de determinados artefactos alisadores, que requerirían de una textura superficial fina por el tamaño pequeño de sus granos para la abrasión de materiales débiles, sin la necesidad de una gran dureza o cohesión entre partículas.

Una segunda posible área de origen de materias primas secundarias y con buenos niveles de asequibilidad, la ofrecen los depósitos geológicos secundarios de playa (*bioclastos seyba*) localizados en las cercanías de Campeche, a no menos de 100 km por tierra (fig.62). En comparación, la costa yucateca al norte de esta zona es básicamente arenosa y la asequibilidad de estos de materiales rodados es ínfima. También se tratan de depósitos formados básicamente durante el Pleistoceno, aunque los contextos geológicos primarios pertenecen probablemente al Plioceno (López 1977). En general se tratan de depósitos de cantos rodados de calizas blancas a crema, masivas y de considerable dureza (López 1977) como los *wakestone*, con buenas propiedades para las acciones de percusión, a raíz de su cohesión, dureza, concentración y tamaño de las partículas minerales.

La obtención de estas materias primas no las podemos vincular directamente al modelo de captación utilizado hasta el momento, sin poder determinar las formas en que estos cantos rodados de playa llegaron al sitio de Sihó, a falta de datos concretos sobre sus pautas de distribución (adquisición directa, intercambio, pillaje, tributación, etc.). Lo que si podemos considerar son las interacciones de Sihó con sitios costeros, demostradas por la presencia de consumo de caracoles marinos (*Melongena melongena*) característicos de la costa de Campeche, localizados en un basurero del grupo Central (Cobos *et al.* 2004; Fernández 2010). Contactos con sitios de la costa se han documentado en otros contextos contemporáneos del interior de la península, como Dzibilchaltún (Götz 2008), Xuenkal (Alonso 2008) o Chichén Itzá (Cobos 1989; Götz 2012, 2014), por la presencia de especies marinas de pescado, moluscos o tortugas. Otro elemento de importancia sería el acceso a los recursos salinos que se extraían exclusivamente de las zonas costeras, o a la inversa, productos agrícolas como el maíz que son difíciles de producir en suelos demasiado salinos como los litorales.

Figura 62. Localización de los depósitos geológicos secundarios de Bioclastos Seyba.



Nota. Modificado de Carta geológico-minera, Servicio Geológico Mexicano, INEGI (2007). (Escala 1:500.000).

11.1.2 Recursos geológicos primarios

Los análisis de variancia porcentual del silicio entre materiales geológicos primarios y la materia prima de los metates de Sihó, apuntan a una mayor similitud química base a este elemento, con las rocas presentes en la formación geológica Carrillo Puerto donde se encuentra el sitio. Los análisis comparativos mediante lámina delgada reafirman una concordancia petrográfica entre ambas muestras, tratándose de materiales autóctonos de tipo *wakestone* y *packstone*, bastante cristalizados, compactos y duros, y según el caso, una concentración variable de partículas fósiles de tamaño máximo mediano. Como hemos comentado en otros ejemplos, son materiales que aportan una relativa resistencia a la abrasión causada por la molienda. No obstante, debido al gran volumen de los soportes, tiene lugar una importante heterogeneidad petrográfica en las mismas unidades, con vetas de *mudstone* o de conchuela poco cohesionada, que condicionan funcionalmente dichos artefactos.

Un aspecto a considerar sobre la posible explotación de afloramientos primarios en el mismo sitio, es la presencia de volados de laja calcárea una vez agotadas las sascaberas, que pudieron ser fuente de materia prima lítica para la construcción arquitectónica (Gallareta 1984), incluso para los metates. Estos volados colapsados ofrecen buena asequibilidad de rocas, con volúmenes adecuados al tamaño de los metates (fig.63). Varias de estas sascaberas se han registrado en los montículos donde se asientan grupos de estructuras de Sihó (5D16, 4D1). Tampoco podemos descartar la obtención de clastos sin la necesidad de agotamiento de las sascaberas, ya que los afloramientos expuestos de los montículos también ofrecen buena asequibilidad de materiales, incipientemente fragmentados por la acción natural. Añadimos que la explotación de calizas locales para la fabricación de metates, concuerda con los datos petrográficos comparativos entre muestras arqueológicas y de referencia geológica de Sihó. La hipotética explotación local de estos recursos geológicos se adecua al primer intervalo de captación del modelo de *site catchment* (Grooth 1994; Pètrequin y Jeunesse 1995), tratándose de materias primas que pueden ser obtenidas en menos de dos horas, como experimentamos nosotros mismos (fig.64).

Figuras 63 (a, b). Fuentes de recursos geológicos primarios.



Nota. Izquierda (a): sascabera colapsada del grupo 5D16. Derecha (b): sascabera colapsada del grupo 4D1.

11.1.3 Recursos geológicos de adscripción dudosa

En el caso de las manos de metate y los maceradores, recordando la limitación metodológica funcional para la identificación del tipo de depósito geológico de origen que comentamos en el apartado del análisis petrográfico, por lo que no podemos considerar por el momento su pertenencia a un depósito primario o secundario. En general podemos apuntar una posible explotación de rocas de origen miocénico o pliocénico, que básicamente se localizan en contextos geológicos neógenos de la formación Carrillo Puerto, sin saber si fueron alteradas durante el Pleistoceno.

El análisis comparativo de variancia elemental base al silicio de las manos de metate, postula un posible origen de las materias primas en la formación Carrillo Puerto donde se encuentra el sitio de Sihó. Un origen de explotación más concreto de estos materiales, presenta muchas dudas ya que pueden encontrarse también en zonas próximas de la sierra o falla de Ticul, atendiendo a sus proporciones de silicio³⁶. Dahlin *et al.* (2011) documentan materiales muy silificados y similares a los de las manos, usados como percutores o en forma de fragmentos de desbastado, en varias sascaberas de Chunchucmil. Los mismos autores registran en una cantera moderna (Granada) donde estos materiales aparecen en forma natural como nódulos insertados en los estratos calcáreos más blandos. En este sentido no podemos descartar que estas rocas también se hubiesen explotado en sascaberas más próximas o vinculadas a Sihó, al mismo tiempo que se obtenían los áridos de sascab para la elaboración de morteros para la construcción. Tampoco podemos obviar su posible uso para la fabricación de otros artefactos como los percutores, aunque en un futuro habría que ampliar más sistemáticamente la muestra para establecer inferencias más concisas. No obstante, la explotación de estos materiales también se ajusta a la primera área radial de explotación (fig.64) planteada por Grooth (1994) y Pètrequin y Jeunesse (1995).

La mayoría de manos de la muestra está hecha de *wakestones* muy silificados y cristalizados, de color blanco a crema, masivos y de alta dureza, tratándose de materiales con una concentración poco elevada de partículas fósiles no muy grandes. Estas propiedades pudieron seleccionarse al ser adecuadas para la molienda de cereales u otras sustancias que no necesitan de una gran rugosidad superficial, como han

³⁶ Algo similar pasaría con los materiales geológicos de los metates, aunque los análisis comparativos mediante lámina delgada nos aportan más datos sobre su origen en la formación Carrillo Puerto.

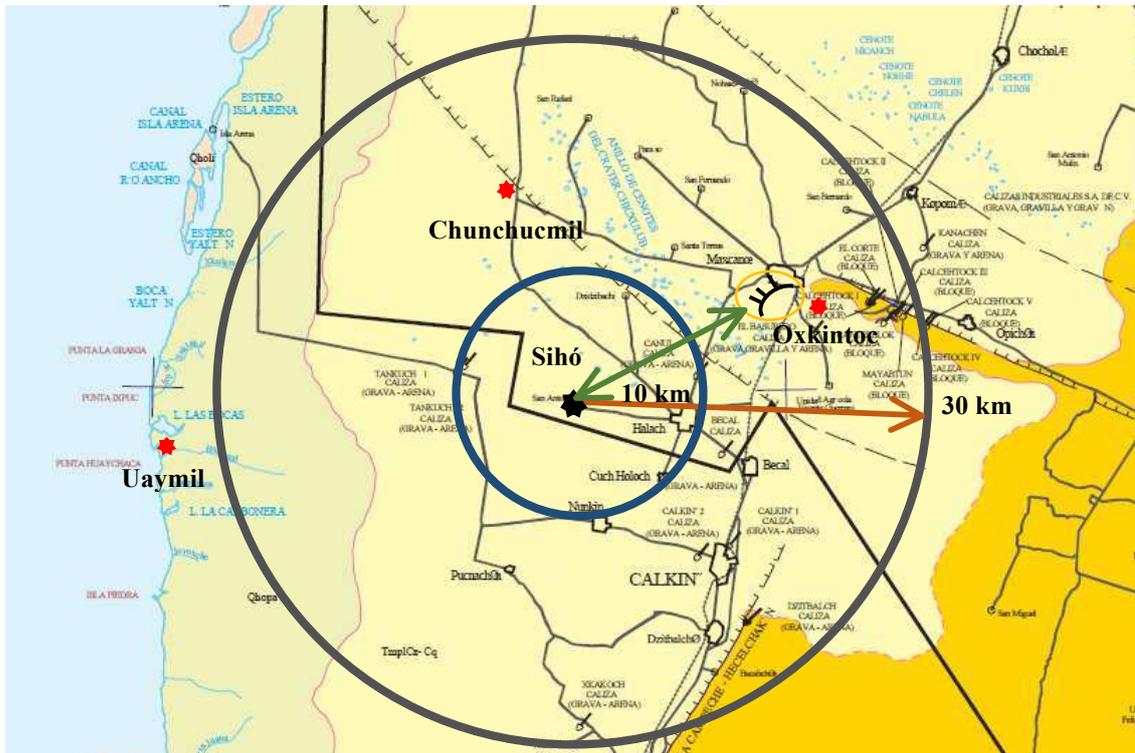
apuntado algunos experimentos funcionales (Delgado 2008; Risch 1995). Por otro lado la dureza y la cohesión de los granos minerales de estos materiales es considerable, aportando una buena resistencia a los artefactos que puede alargar su vida útil.

En el registro de manos de metate se dan algunos individuos de mayor tamaño, elaboradas con rocas tipo *packstone* con macrofósiles (conchuela), bastante cristalizadas. Las rocas soporte de estos materiales contienen concentraciones elevadas de partículas fósiles con tamaños variables muy finos a grueso, y relativa dureza y cohesión de los minerales. Con estas características petrográficas se facilitaría el triturado de sustancia más duras o bastas, como semillas, conchas o minerales que podrían necesitar de una mayor irregularidad y buena resistencia superficial. Hasta el momento no hemos identificado estos materiales en las cercanías de Sihó, pero sí que los hemos detectado en la zona de Kopomá y también han sido documentados cerca de Chunchucmil (Cardoso *et al.* 2004). Sea como sea, estas zonas pertenecen a la misma formación geológica y a distancias no muy dispares de Sihó (20 - 30 km), correspondientes con la segunda área del modelo de *site catchment* (fig.64), que ayudan a focalizar mejor, hipotéticas áreas de apropiación de materiales calcáreos para la fabricación de manos de metate

Por otro lado, a nivel elemental se han adscrito las materias primas de los maceradores, con mayor probabilidad, a materiales de la formación geológica Carrillo Puerto, aunque también podrían estar asignados a materiales de la falla de Ticul³⁷. Las características granulométricas y de textura de deposición, clasifican estos materiales como *graintones* y que solamente hemos detectado en los afloramientos de la falla. Sin embargo Cardoso *et al.* (2004) sí que documentan su presencia en aflores vinculados a la formación Carrillo Puerto, por lo que nos atrevemos a reafirmar este hipotético origen.

³⁷ Se repite la situación probabilística manifestada con las materias primas de manos y metates.

Figura 64. Modelo *site catchment* de las áreas de apropiación de recursos líticos de Sihó.



Nota. Modificado de Carta geológico-minera, Servicio Geológico Mexicano, INEGI (2007). (Escala 1:500.000).

11.2 La fabricación de los artefactos de molienda en Sihó

Por el momento tenemos una relativa limitación para establecer si estos procesos se desarrollaron en las mismas estructuras de Sihó o en las áreas de extracción de la materia prima. No obstante como comentamos para los metates, incluso con las manos, pueden corresponder en ubicación. A falta de mayor cantidad y variedad de materiales, como los desechos de desbastado o talla, no podemos inferir sobre la significancia e intensidad de la transformación de materias primas calcáreas, para la fabricación de los artefactos de molienda. Solamente podemos establecer tales procesos de forma indirecta a partir de los instrumentos de percusión y/o abrasión. En este sentido, consideramos a partir de nuestros datos experimentales, el hipotético uso de cantos rodados sin modificaciones previas, en distintos procesos de producción o mantenimiento de artefactos líticos. Un posible ejemplo de trabajos líticos en las estructuras del sitio lo

documenta la presencia de talla de sílex o pedernal, desde el desbastado cortical inicial de nódulos hasta el formateo de los artefactos, mediante el uso de cantos percutores (Clark 1988; Fernández 2010; Peniche y Fernández 2003; Peniche 2004).

Los implementos instrumentales de caliza documentados en el sitio de Sihó, que pueden haberse usado para la transformación inicial de las materias primas líticas, son los percutores exclusivos³⁸ y los instrumentos de uso mixto de percusión y abrasión. La determinación funcional de estos artefactos se determinó a partir del diagnóstico de sus alteraciones funcionales de uso por percusión, posiblemente sobre materiales duros como la piedra. Las alteraciones observadas se tratan principalmente de melladuras escalonadas, fracturas invasivas, triturados o agregados de granos vinculados a fosillas (Adams 1983, 1989, 1994; Hayden 1979, 1987; Risch 1995; Sussman 1988). Las fracturas y melladuras pueden vincularse sobre todo a procesos de desbastado (estillado, según terminología de Hayden 1987), aunque también pueden aparecer en fases de ciselado y piqueteado (repellado 1 y 2, según terminología de Hayden 1987) durante la eliminación de aristas sobrantes o durante el reavivado de mantenimiento de las caras activas de instrumentos de molienda (Hayden 1987). La formación de triturados o agregados de granos vinculados a fosillas, se ha documentado en percutores basálticos usados para el reavivado de áreas activas de metates (Hayden 1987). Hemos localizado trazas similares en los percutores usados mediante las mismas acciones, durante los procesos experimentales de preparación de las áreas activas de los implementos de molienda.

En los artefactos percutores, los análisis estadísticos basados en la intencionalidad de la acción, causante de las distintas alteraciones funcionales comentadas, apuntan a una relativa aleatoriedad cinemática entre la acción de percusión y la elección de las caras usadas de los instrumentos. Sin embargo, parece que la mayor afectación por fracturas se daría en las caras superiores e inferiores, alterando más significativamente la longitud de los percutores, aunque el resto de dimensiones (grosor y anchura) también se verían algo afectadas por la alteración morfométrica de las caras anversa y reversa, derecha e izquierda. No obstante y en el caso de la anchura, el grado de afectación sería algo menor. La extensión de las áreas activas de trabajo en las distintas caras de las herramientas, apuntan hacia las mismas valoraciones, aludiendo a una alteración por

³⁸ Hay que manifestar que en la muestra de Sihó no consta de artefactos especializados de percusión, como las mazas con ranura para el enmague, documentadas en otros sitios mayas como Chichén Itzá, Isla Cerritos (Cervera 1996), Mayapán (Proskouriakoff 1962) o Yaxchilán (Kaneko 2003).

percusión algo más regular en las caras superiores e inferiores, seguidas por las anversas y reversas, derechas e izquierdas.

Los estadísticos de probabilidad intencional, en el caso de los instrumentos mixtos de percusión y abrasión, sugieren una mayor uniformidad de la acción realizada en función de las caras donde se ubican las alteraciones funcionales, sobre todo en las percusiones. La menor uniformidad métrica en la longitud de los artefactos alisadores-percutores, en comparación al grosor o a la anchura, se debe a una mayor pérdida de material soporte de las caras superiores e inferiores de los artefactos durante las acciones de percusión. Concordantemente, la morfometría técnica más homogénea de las áreas activas de trabajo, reafirman la mayor regularidad intencional de las acciones de trabajo por percusión en las caras superiores e inferiores.

Las herramientas que pueden participar en las fases de trabajo por ciselado (repellado 1, según terminología de Hayden 1987), son determinados artefactos bifaciales de sílex como las azuelas, hachas o cinceles (fig.65). La mayoría de los artefactos bifaciales que se registraron en Sihó (Fernández 2010; Peniche 2004) corresponden a tipos funcionales especializados en actividades cinegéticas y por el momento no podemos asegurar que estas herramientas se usaran en el asentamiento. Si podemos afirmar la presencia de estos instrumentos en otros sitios contemporáneos mayas como Dzibilchaltún (Andrews y Rovner 1973), Calakmul (Gallegos 1994; Morley 1947) o Nakbé (Titmus y Woods 2002). Otra posibilidad sería el uso de lascas cortantes documentadas en el sitio, pero por la falta de mayores estudios tampoco podemos afirmar su uso para el ciselado. A pesar de esta carencia de herramientas para el ciselado, la muestra arqueológica de Sihó dispone de una preforma de mano con trazas de producción que pueden corresponder a estos procesos.

Figura 65 (a, b). Herramientas de pedernal para el ciselado de soportes líticos.



Nota. Izquierda (a): azuelas de Muna y Dzibilchaltún (Andrews y Rovner 1973). Derecha (b): cinceles de Nakbé (Titmus y Woods 2002).

Los procesos finales de pulido (afinado, según terminología de Hayden 1987) de las superficies de los artefactos como los de molienda, los podemos considerar por el registro de fosillas vinculadas a los agregados de granos³⁹ (Adams 1989, 1994, 2002; Sussman 1988). Se trataría de procesos asociados a las últimas regularizaciones morfológicas de las caras pasivas de los artefactos o para aportar condiciones funcionales óptimas a sus caras activas. Estas alteraciones que se encuentran presentes en los alisadores y alisadores-percutores analizados, han sido asignadas según arqueología experimental (Adams 1989, 1994, 2002) a trabajos abrasivos sobre superficies duras como la piedra y a la molienda de otras materias como cereales, minerales o conchas (Adams 1994). De tal modo que a falta de más análisis experimentales y traceológicos, no podemos dimensionalizar por el momento, significados más concisos sobre los procesos de pulido terminal de los artefactos líticos.

En la mayoría de los alisadores exclusivos se da una posible relación de intencionalidad, entre las alteraciones funcionales y las caras donde se localizan, sugiriendo una relativa uniformidad de la acción realizada en determinadas facies. Esto puede responder a una mayor reducción del grosor y de la longitud por la abrasión superficial de las caras anversas y reversas, superiores e inferiores. La magnitud de las áreas activas de trabajo en estas caras, apoyarían esta reducción morfométrica absoluta de estos artefactos. No obstante, las alteraciones con mayor índice probabilístico de

³⁹ Estas huellas de trabajo pueden presentar ciertas confusiones en cuanto a su caracterización y asignación, como comentamos en el apartado experimental.

intencionalidad son las propias de producción por pulido y percusión, aunque estas se dan en algún artefacto que difiere morfológicamente de la mayoría (fig.66).

Figura 66 (a, b). Artefacto alisador con aparentes modificaciones funcionales.



Nota. Derecha(a): las alteraciones de producción por percusión (TR) y pulido (PU) se ubican en cubriendo parte de la zona medial y la proximal de la cara anversa, y en la cara inferior. Izquierda (b): las alteraciones de uso (área activa) se encuentran en la parte distal de la cara anversa, observándose su sección en la cara superior.

En el caso de los artefactos funcionales mixtos, también se daría dicha relación de intencionalidad de la acción a partir de la localización por caras de las alteraciones abrasivas. Nos encontramos con una reducción del grosor posiblemente causada por el desgaste de las caras anversas y reversas, que es más regular e intencional que el de la anchura, por la abrasión de las caras derechas e izquierdas. No obstante, otra razón puede depender de la selección morfométrica de determinados artesanos, optando por soportes algo más aplanados que faciliten la acción abrasiva y más largos para los trabajos de percusión.

El análisis de las alteraciones funcionales de producción de los metates de Sihó, se ha ejecutado sobre determinados individuos que han aportado datos generales sobre sus procesos de fabricación. Las etapas de trabajo identificadas son los desbastados de adelgazamiento y los pulidos finales de las caras pasivas. Las trazas de desbaste observadas en los metates son básicamente melladuras escalonadas y fracturas invasivas (Hayden 1979, 1987; Risch 1995; Sussman 1988), que pudieron ser causadas por artefactos percutores (fig.67).

Figura 67 (a, b). Metate y detalle de superficie pasiva lateral.



Nota. Izquierda (a): metate. Derecha (b): detalle de metate. Óvalos rojos: en el borde del artefacto se observa un posible punto de impacto y el desarrollo de fracturas invasivas y melladuras escalonadas hacia la superficie. Óvalo azul: se visualiza una rotura invasiva que se extiende sobre una gran superficie de la cara pasiva superior del metate.

Los procesos de pulido y afinado superficial también se han documentado en las caras pasivas de algunos metates y posiblemente se usaron herramientas abrasivas similares a las descritas (fig.68).

Figura 68. Metate con superficies pasivas pulidas.

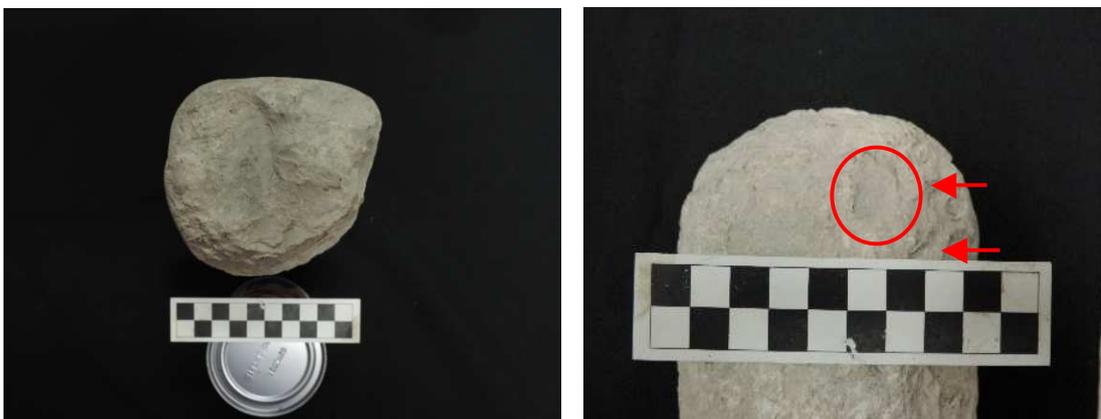


Los datos probabilísticos de normalidad morfométrica absoluta de los metates y de sus superficies de trabajo, apuntan hacia una relativa estandarización intencional en la determinación de la longitud y anchura, y de las áreas activas. Esta regularidad podría estar asociada a una adecuación técnica, incluso a una adaptación funcional más motivada por cuestiones económicas. La anchura absoluta de los metates posiblemente

se deba al ajuste de las medidas necesarias para la anchura de las superficies activas, condicionadas por la longitud de las manos. La longitud absoluta y la de las superficies activas podría deberse a la hipotética posibilidad de realizar los trabajos de molienda por una o dos personas simultáneas (Pat 2006). Según nuestra propia experimentación, observamos que la distancia media necesaria de recorrido superficial por parte de una persona, no sobrepasaba los 40 cm aproximados. Hay que considerar también que la formación del área activa en el caso de las de mayor extensión, se diera por una alternancia de los sentidos del trabajo. No obstante, creemos para ambos casos que la determinación de la longitud del soporte de los metates se daría ya de partida, en función de las dos hipótesis planteadas.

Las fases de producción de manos de metate, las tenemos algo ejemplificadas con una preforma registrada en Sihó, que muestra las etapas de adelgazamiento por desbaste, ciselado y piqueteado, y posiblemente una fase de pulido aunque más dudosa. Las fracturas visibles en las caras de la preforma que muestran el adelgazamiento del bloque, presentan una morfología de melladura escalonada y de fractura invasiva (fig.69b), característica de un proceso de percusión o ciselado a menos de 90° (Wright 1992). En la cara inferior del objeto se localiza una gran melladura escalonada que cubre prácticamente toda la superficie, posicionada en ángulo recto respecto a las caras laterales (fig.69a). Las características de esta fractura apuntan a la eliminación de un gran fragmento por percusión directa.

Figura 69 (a, b). Ateraciones por fractura (preforma de mano).



Nota. Izquierda (a): N° 357 - A133 cara inferior. Melladura escalonada. Derecha (b): N° 357 - A133 cara reversa. Fractura invasiva (óvalo rojo) y melladuras escalonadas (flechas).

El proceso de piqueteado elimina las aristas e irregularidades de la superficie causadas durante el desbaste o ciselado, regularizando la forma final del artefacto. La preforma aporta información sobre el proceso de piqueteado en la cara reversa (fig.70), superior y derecha. En este caso, se trata de un piqueteado incompleto localizado en algunas áreas de estas superficies, por lo que no podemos asegurar que fuese un proceso sistemático y realizado de una sola vez de forma uniforme. Consideramos esto por el pulido incipiente que presenta la cara anversa y porque en el resto de caras, muchas de las aristas e imperfecciones no han sido eliminadas en el piqueteado.

Figura 70. Alteraciones por piqueteado (preforma de mano).



Nota. N° 357 - A133 cara reversa.

Durante el proceso de pulido tiene lugar el nivelado final de las irregularidades sobrantes del anterior proceso de piqueteado, y se puede desarrollar accionando una herramienta abrasiva sobre el artefacto o a la inversa, frotándolo sobre una superficie abrasiva mayor. La preforma puede que aporte información sobre esta actividad en la cara anversa, tratándose de un leve pulido (fig.71). Sin embargo y como pasa con el piqueteado, no podemos asegurar que fuese un proceso sistemático y unívoco, o que las superficies una vez piqueteadas no estuviesen a punto para su uso, tratándose en su caso de huellas por alisado. Esta duda que se plantea por la necesidad de una rugosidad superficial para la molienda, por lo que no sería necesario un pulido integral de las caras del objeto. Para mantener esta rugosidad se puede realizar un mantenimiento periódico por piqueteado, para reavivar las superficies activas de los artefactos de molienda. Esta

actividad de mantenimiento ha sido documentada etnográficamente tanto en Mesoamérica, como en contextos africanos (Hayden 1987; Risch 2002). Sin embargo algunos datos experimentales (Delgado 2008; Risch 1995) apuntan a lo contrario, con mejores resultados en la molienda de cereales una vez se han nivelado relativamente las microtopografías superficiales.

Figura 71. Alteraciones por pulido o alisado (preforma de mano).



Nota. N° 357 - A133 cara anversa.

En la práctica totalidad de manos documentadas en Sihó, la mayoría de trazas de producción no son visibles ya que las huellas de uso las han borrado de las superficies. Las trazas que aún pueden considerarse propiamente de producción son los agregados de granos, las fosillas y triturados puntuales, que afectan a la mayoría de las manos de la muestra. Estos ejemplos atribuidos a procesos de fabricación por percusión o pulido, se localizan básicamente en las caras laterales (derecha e izquierda), menos afectadas por las acciones de uso durante la molienda. En el caso de los triturados, sobre las caras activas de molienda (anversa y reversa), posiblemente causados durante su reavivado superficial. Los datos experimentales nos mostraron que el desarrollo de estas alteraciones se dio a partir de piqueteados a poca distancia, en ángulo semi-oblicuo a unos 65° aproximados, coincidente con los resultados experimentales de Wright (1992).

Los resultados estadísticos apuntan a una cierta uniformización de los procesos de pulido sobre las caras laterales, y que posiblemente también se dieron en el resto de

facies. No podemos inferir lo mismo en el caso de las modificaciones superficiales de producción mediante percusión, ya que los resultados estadísticos son poco concluyentes por su mínima presencia. Sin embargo pudieron tratarse de modificaciones regulares previas al alisado superficial, ya que las mayores irregularidades del desgaste sin un piqueteado anterior, son costosas de eliminar. Esta regularidad de las alteraciones de producción, mejor ejemplificadas en las caras laterales, que afectan sobre todo a la anchura de los artefactos, se puede relacionar con una aparente estandarización morfométrica de fabricación, extrapolable al resto de dimensiones absolutas. La poca variabilidad expresada por las longitudes de las manos apuntaría en la misma dirección, aunque se muestren más modificadas por la abrasión lateral con las paredes internas del metate o por las fracturas provocadas por el mantenimiento de las áreas de molienda. Sin embargo, la menor uniformidad presente en los grosores de las manos se debe al mayor desgaste causado por el uso con los metates, provocando una relativa estandarización de las áreas activas abrasivas de las manos.

Hay que añadir que el diferencial métrico entre la longitud de mano y la anchura de la superficie de trabajo del metate, puede estar causada por una cinemática de trabajo que no es totalmente homogénea. Esto se debe a que los ritmos y direccionalidades de la acción no son constantemente uniformes y que también pueden variar si cambia el encargado de la molienda. Esta diferencia espacial es necesaria para facilitar el desarrollo del movimiento de va y viene, ya que si fuera muy ajustada las manos se trabarían en las superficie activa de los metate ápodos. Por otro lado, como observamos en el apartado metodológico morfotécnico, hay que añadir que las medidas longitudinales de las manos se adaptan relativamente bien a las anchuras medias mínimas (190.00 – 230.00 mm) y máximas (≤ 300.00 mm), planteadas por Götz (2001, 2005) para las superficies activas de los metates de Yucatán del Clásico Tardío y Terminal.

11.3 El uso de los artefactos de molienda en Sihó

En lo referente a los hipotéticos usos de los implementos de molienda de Sihó, no contamos por el momento de muchos datos analíticos. Las trazas funcionales de uso abrasivo, compartidas entre la muestra arqueológica y experimental, son principalmente

los aplanados de granos y las huellas lineales, con dudas respecto a las fosillas, como comentamos en el apartado experimental.

Las nivelaciones de los granos de minerales en las manos arqueológicas de Sihó pudieron estar causadas por la fricción entre los soportes, durante la molienda en seco o húmeda de maíz, u otras semillas o frutos (Adams 1994; Delgado 2008; Risch 1995). La causa de las huellas lineales pudo deberse a la misma fricción entre granos minerales de los soportes instrumentales (Semenov 1981) y por la molienda de cereales o semillas semiduras, y materiales más tenaces como los minerales o conchas (Adams 1989, 1994, 1999). Estos materiales molidos también pudieron ser los causantes de la aparición de las fosilla de las manos arqueológicas.

12 Lugares y encuentros de los artesuos y artefactos en Sihó durante el Clásico Tardío (550/600 - 750/800 d.C.)

La organización de las relaciones sociales de producción de artefactos líticos en el sitio de Sihó, se puede plantear a partir de la ubicación material que caracteriza a los factores de la producción en los contextos de trabajo, diagnosticados en las distintas unidades de producción. Esta distribución de los procesos de trabajo también puede trascender dichos grupos y enmarcarse en relaciones de producción intergrupales. Las principales unidades diagnosticadas con mayores indicios de producción de artefactos, a partir de los contenidos en medios de trabajo de percusión y abrasión, o de resultados como las manos o metates, son la 5D2 seguida por la 5D7 del grupo Central y la 5D16 (5D16). Paradójicamente y en comparación, las estructuras mencionadas del Central son las menos monumentales del grupo. En sus estructuras mayores (5D1 y 5D17), apenas tenemos productos elaborados como los metates. Podría pensarse que de las estructuras 5D2 y 5D7 emanara la producción de artefactos de molienda distribuidos en todas las unidades estructurales del grupo Central, aunque en las estructuras 5D1 y 5D17 sean mínimos. Por otro lado y en este sentido, podría plantearse la posibilidad que las estructuras menores con mayores contenidos en artefactos de molienda, surtieran a las mayores para el consumo o para gestiones alternativas de los productos resultantes (intercambio, regalos, tributación, etc.).

Centrándonos en el grupo 5D16, la distribución espacial de los artesuos se manifiesta en la localización de cantos rodados diagnosticados como materia prima, para la obtención de medios de trabajos abrasivos y de percusión. La diferencia entre contenidos por estructuras no es tan significativa en términos absolutos, aunque la estructura 5D16 contiene la mayor cantidad de artesuos. De tal modo que la mayor divergencia la podemos estimar de forma indirecta a partir de los cantos usados como alisadores y/o percutores, en función de la paradoja dialéctica que comentamos en el apartado metodológico de la distribución de los factores económicos. En este caso, los contenidos en la estructura 5D16 superan con diferencia los registrados en la 5D19 y 5D20. Considerando la paradoja, nos atrevemos a plantear la posibilidad que la gestión social de las relaciones de trabajo en el grupo, empezaba a partir del reparto de las materias primas desde la estructura 5D16, hacia las estructuras de menores 5D19 y 5D20. Esto no excluye tampoco la posibilidad que se distribuyeran los cantos rodados

ya en su forma de artefactos, considerando su baja presencia en estas estructuras.. Con lo dicho, podemos considerar que la organización de los procesos de producción, desde la apropiación de los recursos líticos hasta su uso como medios de trabajo, podría estar gestionada por determinados sujetos desde la estructura principal. Esta situación con los cantos rodados naturales, posiblemente se daría también con los nódulos de sílex u otros materiales calcáreos, que serían aportados al grupo, siguiendo pautas similares de distribución desde la estructura principal.

A parte de la mayor cantidad de medios de trabajo de percusión y alisado, en la estructura 5D16 contamos con la otra evidencia de transformación de los arteusos en artefactos, en la preforma de mano comentada con anterioridad (punto 11.2). Por otro lado, en esta estructura tenemos la exclusiva y reducida presencia de materiales líticos alóctonos, en forma de basalto (metate/mano) o de cantos de playa aportados de largas distancias, sobretodo en el caso de las rocas volcánicas. Por lo que hace a las manos utilitarias de caliza, la mayoría se encuentran en esta estructura y esto casa con la exclusiva y considerable presencia de metates en la estructura 5D16. En esta unidad de producción se estaría dando el procesado de los alimentos y posiblemente serían distribuidos al resto de unidades, sin descartar la posibilidad que también se destinaran hacia otras estructuras, como las del grupo Central. Lo curioso en esta situación es que entre esta unidad de producción y la 5D2 del grupo Central, se da cierta similitud en el contenido de medios de trabajo, sean instrumentos para el trabajo de la piedra, como en la cantidad de metates y manos funcionales. Esto podría apuntar a una relativa equiparación planteada en cuanto a las relaciones sociales de producción en las que estarían inmersas, respecto a otras unidades mayores.

Observando el resto de grupos y sus estructuras, resalta la nula presencia de medios de trabajo para la cantería en el grupo 53/54, con una considerable presencia de metates sin unas concentraciones muy definidas. Podría ser que desde este grupo se estuviera moliendo para surtir a otros grupos como el Central. En los demás grupos 57/58 y 72/73, la relación entre medios de producción e instrumentos de molienda es más equilibrada, aunque los medios solo se han identificado en sus estructuras principales 5D58 y 5D72. Estas podrían encargarse de gestionar estos trabajos y sus resultados hacia las demás estructuras de su grupo, dedicadas más bien de los trabajos de molienda y que en su caso también podrían destinarse hacia otras estructuras como las comentadas.

Otro aspecto a considerar en esta posible división espacial de la producción es la organización de los trabajos de talla de pedernal entre las distintas unidades de producción del grupo 5D16, que parecen apuntar a una cierta optimización de los procesos técnicos implicados, que en el trabajo de cantería para la fabricación de implementos de molienda no hemos identificado hasta el momento. No obstante, esta separación de las fases del trabajo de pedernal no coincide del todo con una estandarización física de los espacios, ya que se comparten con otras actividades domésticas como la molienda. De tal forma que si nos ceñimos al planteamiento teórico-metodológico seguido, no podemos considerar que se trate de una producción especializada en sentido estricto, sea de pedernal o para la fabricación de tecnología de molienda.

13 Conclusiones

A modo de repaso podemos concluir que los materiales geológicos secundarios, probablemente fueron colectados en los pedreros localizados en la falla de Ticul y otros se trajeron de contextos de playa. Ambos tipos de depósitos se desarrollaron principalmente durante el Pleistoceno. Estos cantos rodados se usaron como instrumentos percutores y/o alisadores, usados en la fabricación de otras herramientas como las de molienda o para la talla de sílex. En el caso de los materiales primarios se trató de una explotación cercana de rocas de origen miocénico o pliocénico, que básicamente se localizan en contextos geológicos neógenos de la formación Carrillo Puerto donde se ubica el sitio de Sihó. Estas materias primas fueron objeto de trabajo para fabricar tanto manos como metates.

Los procesos de trabajo documentados a nivel funcional, permiten considerar la mayoría de fases de fabricación de implementos de molienda registrados etnográficamente por Hayden (1987) en los altos de Guatemala. Estos procesos irían desde el desbastado de los clastos, pasando por una posible fase intermedia de ciselado, por un piquetado regularizador de las superficies de los soportes y posiblemente por un pulido final. El proceso de trabajo termina con la obtención de las manos y de los metates.

El análisis de los materiales arqueológicos nos ha permitido considerar la existencia de una cierta estandarización de los factores petrográficos, morfométricos y morfotécnicos, que caracterizan a los artefactos de percusión y molienda de Sihó. No obstante, dicha estandarización funcional no afectaría por igual a todos los ítems considerados y no estaría ligada directamente con un elevado grado de especialización artesanal.

En la obtención de las materias primas, parece que estaría interviniendo un conocimiento selectivo de las propiedades aportadas por las distintas rocas calcáreas disponibles en el medio, usadas para la elaboración de los distintos artefactos de percusión o abrasión. Esto demostraría la existencia de una explotación de las materias primas, desarrollada base a necesidades económicas en otras actividades de talla, cantería o molienda. Estas prácticas posteriores a la explotación de los recursos líticos, son las que demandan para sus medios de trabajo, las propiedades funcionales (manejabilidad, capacidad abrasiva o de percusión, y durabilidad), que son adecuadas para obtener los resultados productivos esperados.

En la fabricación de implementos de molienda como los metates observamos una considerable estandarización de sus parámetros morfométricos generales, que podrían haberse ajustado al desarrollo dinámico de las áreas activas, en función de factores funcionales o económicos. En primera instancia tendría que ver con la adecuación funcional de las manos a las superficies totales de los metates y pensando en la necesidad de alargar más la vida activa del artefacto. En segunda sería pensando en una mayor productividad, sobretodo en forma de plusvalía absoluta, mediante el incremento de la fuerza de trabajo implicada en la molienda. No se trataría de una plusvalía relativa ya que la estandarización morfométrica absoluta y técnica, no iría acompañada de una selección mejorada de las propiedades petrográficas de los soportes materiales. Las manos también denotan una relativa estandarización funcional manifestada en su longitud y anchura, morfología del desgaste y sobretodo el tipo de materia prima usada para su fabricación, al tratarse del ítem con menor variabilidad lítica en comparación a los demás. Puede que esta manifestación de uniformidad material, independientemente del valor utilitario, conlleve un considerable valor de producción detrás de su valor social.

Esta coyuntura material, posiblemente motivada en un momento de cambio de las relaciones sociales de producción durante el Clásico Tardío, nos hace pensar que el valor social de determinados artefactos como las manos tenga más que ver con las materias primas con los que están fabricados y con su valor de explotación, que con su condición meramente instrumental. Este valor social superaría el de los metates usados durante el Clásico Tardío, elaborados en su mayoría, respecto a períodos anteriores, con clastos burdos sin mucho refinamiento (Götz 2001, 2005). En las manos de metate, la inversión de trabajo desde la obtención de una materia prima más estandarizada y seleccionada, hasta la fabricación de los artefactos, usando una considerable variedad de herramientas que también conllevan importante trabajo en su fabricación, es comparativamente mayor. Otro elemento es el elevado reciclado (Schiffer 1991) como medios de trabajo de los artefactos de pedernal (Peniche 2004), o de manos de metate reutilizadas como alisadores y/o percutores. De ahí la relevancia de los materiales soporte con los que están elaboradas. Por ello defendemos la importancia de las propiedades petrográficas seleccionadas de estas materias primas, que aportan valor social a los artefactos por a su alto valor de producción, condicionado por las necesidades económicas integrales. En los metates de caliza no observamos esta situación de forma tan acentuada, una vez amortizo su uso en la molienda. Nos los

encontramos abandonados ahí donde colapsaron o se usan como arteusos, objeto de trabajo en la construcción arquitectónica (rellenos, muros, albarradas, etc.) (Götz 2001, 2005; Pat 2006). A diferencia de las manos, parece que no vuelven a adoptar una dimensión como medios instrumentales de trabajo. De ahí que también consideremos comparativamente su menor valor social.

Nos encontramos con una gran cantidad de metates de gran tamaño, amortizados y otros muchos en activo, producidos de forma expeditiva (Götz 2001, 2005). Por otro lado se observa un incremento métrico de las áreas activas, relacionadas con las grandes superficies de los metates. Todo ello, aunado con la considerable reutilización de artefactos para la obtención de otros medios de trabajo, nos hace pensar en un contexto de incremento de la plusvalía absoluta en el marco de una producción poco especializada o de limitada división del trabajo. Hasta el momento, los datos disponibles descartan mejoras relativas en la inversión de trabajo dedicada a la fabricación de artefactos de molienda más efectivos, como la obtención de mejores materiales sobretodo en el caso de los metates. La presencia de implementos de molienda hechos con basalto como los metates trípodes, se restringe a determinadas estructuras (5D16 y 5D2) para su uso personal y no parecen destinados a una gran producción, como en el caso de los metates ápodos de caliza. Esta situación de plusvalía absoluta implicaría movilizaciones considerables de fuerza de trabajo, provocando cambios en las relaciones de producción implicadas en las transformaciones sociales y políticas acaecidas durante el Clásico Tardío y Terminal, que darían paso al horizonte del Posclásico.

14 Bibliografía

Adams, A. E., MacKenzie W.S. y Guilford, C.

1997 *Atlas de rocas sedimentarias*. Masson. Barcelona.

Adams, Jenny L.

1988 Use-Wear Analyses on Manos and Hide-Processing Stones. En *Journal of Field Archaeology* 15, 3: 307-315.

1989 Methods for Improving Ground Stone Artifacts Analysis: Experiments in Mano wear Patterns. En D.S. Amick y R.P. Mauldin (eds.), *Experiments in Lithic Technology*. B.A.R., Int. Ser., 528, Oxford: 259-281.

1993a Mechanisms of wear of ground stone surfaces, En *Pacific Coast Archaeological Society Journal, Quarterly* 29(4): 60-73.

1993b Towards Understanding the Technological Development of Manos and Metates. En *KIVA* 58, 3: 331-344.

1999 Refocusing the Role of Food Grinding Tools as Correlates for Subsistence Strategies in the U.S. Southwest. En *American Antiquity* 64, 3: 475-498.

2002 *Ground stone analysis: a technological approach*. The University of Utah Press.

Aguilar Nogales, Mauro

1977 *Evaluación de calizas para su utilización en la industria de la cal y agregados pétreos, en el municipio de Kopomá, Yucatán*. Consejo de Recursos Minerales. Gerencia de Explotación. Proyecto kopomá.

1979a *Evaluación preliminar de las calizas Yucatán, municipio de Tekax, Yucatán*. Consejo de recursos minerales. Gerencia de exploración geológica. Residencia Quintana Roo. Chetumal, Quintana Roo.

1979b *Evaluación preliminar de Arcillas Lateríticas para la industria del cemento en el estado de Yucatán*. Consejo de recursos minerales. Gerencia de exploración geológica. Residencia Quintana Roo. Chetumal, Quintana Roo.

Alonso, Olvera A., Kam Manahan y Arden Traci

2008 La producción de bienes de concha y caracol y la economía política de Xuenkal. En *Los Investigadores de la Cultura Maya* 16, 1: 255-270.

Álvarez, J. R.

1954 Exploración Geológica Preliminar del Río Hondo, Quintana Roo. En *Boletín de la Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros* 6: 207-213.

Anónimo

[XVII d.C] *Popol-Vuh*.

Aoyama, Kazuo

1993 Sistemas de producción, distribución e intercambio comercial de la Lítica menor de obsidiana en el sureste de la zona maya. En *VI Simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala, 1992*, editado por J.P. Laporte, H. Escobedo y S. Villagrán de Brady, pp.431-436. Museo Nacional de Arqueología y Etnología, Guatemala.

1999 El intercambio y la formación del antiguo estado en el sureste de las tierras bajas mayas: la evidencia de la lítica menor. En *XII Simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala, 1998*, editado por J.P. Laporte y H.L. Escobedo, pp. 802-833. Museo Nacional de Arqueología y Etnología, Guatemala.

2000 La especialización artesanal y las actividades cotidianas en la sociedad clásica maya: análisis preliminar de las microhuellas de uso sobre la lítica de Aguateca, en *XIII Simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala, 1999*, editado por J.P. Laporte, H.L. Escobedo, B. Arroyo, A.C. de Susanávar, pp. 178-193. Museo Nacional de Arqueología y Etnología, Guatemala.

2001 Classic Maya State, Urbanism, and Exchange: Chipped Stone Evidence of the Copán Valley and its Hinterland. En *American Anthropologist New Series* 103, 2: 346-360.

2007 Elite Artists and Craft Producers in Classic Maya Society: Lithic Evidence from Aguateca, Guatemala. En *Latin American Antiquity* 18, 1: 3-26.

2009 El estudio de artefactos líticos y la organización socioeconómica de estados clásicos mayas. En *XXII Simposio de Investigaciones Arqueológicas en*

Guatemala, 2008, editado por J.P. Laporte, B. Arroyo y H. Mejía, pp.953-966.
Museo Nacional de Arqueología y Etnología, Guatemala.

Aristóteles

1910 [336-323 a.C] *Política*. Nuestra Raza, Madrid.

Bamforth, Douglas B.

1986 Technological Efficiency and Tool Curation. En *American Antiquity* 51: 38-50.

Barceló, Alfonso

1981 *Reproducción económica y modos de producción*. Ediciones del Serbal, Barcelona.

Barceló, Alfonso y Luís Argemí

1984 Introducción. En *Historia y teoría económica*, editado por E.J. Crítica, Barcelona.

Barceló, Juan A.

2007 *Arqueología y Estadística (I): Introducción al estudio de la variabilidad de las evidencias arqueológicas*. 187. Servei de Publicacions de la UAB. Bellaterra, Barcelona: 3-242.

Binford, Lewis R.

1988 *En busca del pasado. Descifrando el registro arqueológico*. Editado por Jhon F. Cherry y R. Torrence. Editorial Crítica, Grupo editorial Grijalbo, Barcelona.

Bostwick, Todd W. y James H. Burton

1993 A Study in Sourcing Hohokam Basalt Ground Stone Implements. En *Kiva* 58(3): 357-372.

Braswell, G.E. y M.D. Glascock

1998 Artefactos de obsidiana del sureste de Petén. En *Reporte 12, Atlas Arqueológico de Guatemala*, Dirección General de Patrimonio Cultural y Natural: 499-525.

Braswell, Jennifer B.

- 1997 Producción y consumo en el área de Dolores, Petén: La clasificación de material lítico tallado y pulido para el Atlas Arqueológico de Guatemala”, en *X Simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala, 1996*, editado por J.P. Laporte y H. Escobedo, pp. 653-667. Museo Nacional de Arqueología y Etnología, Guatemala.
- 1998 Adaptación, supervivencia y fracaso en Belice durante el Clásico Terminal. En *XI Simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala, 1997*, editado por J.P. Laporte y H. Escobedo, pp.837-846. Museo Nacional de Arqueología y Etnología, Guatemala.

Broz, Margaret E., Robert F. Cook y Donna L. Whitney

- 2006 Microhardness, toughness, and modulus of Mohs scale minerals. En *American Mineralogist* 91, 1, pp. 135-142.

Butterlin, J. y F. Bonet

- 1960 Microfauna del Eoceno Inferior de la Península de Yucatán. En *Paleontología Mexicana* 7, pp. 18. Instituto de Geología. UNAM. México D.F.

Carrillo Sánchez, Ramón E.

- 2004 Los metates de Labná. Tesis profesional inédita, Universidad Autónoma de Yucatán. Mérida, Yucatán, México.

Cashdan, Elizabeth

- 1991 Cazadores y recolectores: el comportamiento económico en las bandas. En *Antropología Económica*, editado por S. Plattner. Dirección General de Publicaciones del Consejo Nacional para la Cultura y las Artes, pp. 43-79. Editorial Patria, México.

Castro, P.V., R.W Chapman, S.G. Suriñach, V. Lull, R. Micó, C. Rihuete, R. Risch y M.E. Sanahuja Yll

- 1996 Teoría de las prácticas sociales. En *Complutum Extra* 6(2): 35-48.

Castro Martínez, P.V., T. Escoriza Mateu y M.E. Sanahuja Yll

2002 Trabajo, reciprocidad y explotación. Prácticas sociales, sujetos sexuados y condiciones materiales. En *Simposio 1: El recurso a la reciprocidad*, coordinado por C. Larrea, J.L. Molina y I. Terradas. IX Congrés d'Antropología FAAEE, Barcelona.

2004 A la búsqueda de las mujeres y de los hombres. Sujetos sociales, espacios estructurados y análisis de materiales en un proyecto de arqueología prehistórica. En *Avances en Arqueometría 2003*. Servicio de publicaciones. Universidad de Cádiz: 251-259.

Castro Martínez, P.V., V. Lull y R. Micó

1993 La fragilidad del método hipotético-deductivo en la arqueología procesual. *Revista d'Arqueologia de Ponent* 3: 9-19.

Cervera Riveiro, María Purificación

1996 Los artefactos líticos de Isla Cerritos. Tesis professional, FCA-UADY, Mérida.

Childe, V. Gordon

1935 New Light on the Most Ancient East: The Oriental Prelude to European Prehistory. En *Chicago Journals, The University of Chicago Press, The History of Science Society* 23, 1: 269-271.

1951[1973] *La evolución social*. Alianza, Madrid.

1954 *Los orígenes de la civilización*. Fondo de Cultura Económica, México.

Clark, John E.

1979 A Behavioral Model for the Obsidian Industry of Chiapa de Corzo. En *Estudios de Cultura Maya* 12: 33-51.

1981 Guatemalan Obsidian Sources and Quarries: Additional Notes. En *Journal of New World Archaeology* 4(3):1-15.

1982 Manufacture of Mesoamerican Prismatic Blades: An Alternative Technique. En *American Antiquity* 47, 2: 355-376.

1988 The Lithic Artifacts of La Libertad, Chiapas, Mexico: An Economic Perspective. *Papers of the New World Archaeological Foundation* Vol. 52. Brigham Young University, Provo, Utah.

- 1989 Hacia una definición de los talleres. En *La obsidiana en Mesoamérica*, coordinado por G. Gaxiola y G. Clark, Vol. 3, pp. 213-218. Instituto Nacional de Antropología e Historia, Colección Científica, México.
- 1995 Craft Specialization as an Archaeological Category. En *Research in Economic Anthropology* 16: 267–294.
- 2007 In Craft Specialization's Penumbra: Things, Persons, Action, Value, and Surplus. En *Archeological Papers of the American Anthropological Association* 17, 1: 20–35.

Clark, John E. y W.J. Parry

- 1990 Craft specialization and cultural complexity. En *Research in economic anthropology*, editado por B. L. Isaac, pp. 289-346. Jai Press, Greenwich, Connecticut and London.

Clarke, David L.

- 1977 *Spatial Archaeology*. New York; Academic Press.

Cobos, Palma R.

- 1989 Shelling-in: Marine Mollusca at Chichen Itza. En *Coastal Maya trade*, editado por H. McKillop y P. F. Healy, pp. 40-58. Trent University (Occasional Papers in Anthropology 8), Peterborough.

Cobos, Rafael, Lilia Fernández Souza, Nancy Peniche May, Edgar D. Pat Cruz, Socorro Jiménez Álvarez, Vera Tiesler Blos, Christopher M Götz y Alfonso Lacadena

- 2004 *Proyecto arqueológico El Surgimiento de la Civilización en el Occidente de Yucatán: Los Orígenes de la Complejidad Social en Sihó*. Informe de Actividades de la Temporada de Campo 2001 presentado al Consejo de Arqueología del INAH. Universidad Autónoma de Yucatán, Facultad de Ciencias Antropológicas, Mérida, Yucatán.

Coe, William R.

- 1959 Piedras Negras Archaeology: Artifacts, Caches, and Burials. En *Museum Monograph* 18, Philadelphia. University Museum, University of Pennsylvania.

Cohen, K.M., S.C. Finney, P.L. Gibbard y J.X. Fan

2013 The ICS International Chronostratigraphic Chart, v. 2017. Episodes 36: 199-204.

URL: <http://www.stratigraphy.org/ICSchart/ChronostratChart2017-02.pdf>

Costin, C. L.

1991 Craft specialization: issues in defining, documenting, and explaining the organization of production. En *Archaeological Method and Theory*, editado por M. B. Shiffer, 3, pp. 1-56. The University Arizona Press, Tucson.

Costin, C.L. y M.B. Hagstrum

1995 Standardization, Labor Investment, Skill, and Organization of Ceramic Production in Late Pre-Hispanic Highland Peru. En *American Antiquity* 60: 619-639.

Crabtree, Don E.

1968 Mesoamerican Polyhedral Cores and Prismatic Blades. En *American Antiquity* 33, 4: 446-478.

Crumley, L.C

1979 Three Locational Models: An Epistemological Assessment for Anthropology. En *AAMT* 2: 141-173.

Cruz Sánchez, P.J.

2006-2007 La organización socio-económica de la Mesa de Carpio y su entorno (Villagonzalo de Tormes, Salamanca) a través de los artefactos macrolíticos pulimentados. En *BSAA arqueología* LXXII-LXXIII: 93-121.

Dahlin, Bruce H., M. Bastamow, T. Beach, Z. Hruby, S. Hutson y D. Mazeau

2011 Phantom Lithics at Chunchucmil. En *The Technology of Maya Civilization: Political Economy and beyond in Lithic Studies*. Editado por Zachary Hruby, Geoffrey Braswell, Oswaldo Chinchilla Mazariegos, pp.76-87. Yucatán, Mexico.

Del Águila Flores, Patricia

1993 Análisis de las piedras de moler desde una perspectiva arqueológica y etnográfica. Tesis profesional, Universidad de San Carlos de Guatemala. Escuela de Historia, Área De Arqueología.

Delgado Raack, Selina

2008 Prácticas económicas y gestión social de recursos (macro)líticos en la prehistoria reciente (III – I milenios a.C) del Mediterráneo occidental. Tesis doctoral, Universidad Autónoma de Barcelona. Bellaterra, Barcelona.

Delgado Raack, Selina., D. Gómez-Gras y R. Risch

2008 Las propiedades mecánicas de los artefactos macrolíticos: una base metodológica para el análisis funcional. En *VII CIA – S3, LITICO*: 330-344.

Delu, Antonina M.

2007 *The Ground Stone Tools of Caye Coco, Belize*. Occasional Publication 12, pp. 1-112. Institute for Mesoamerican Studies. The University at Albany. State University of New York, Albany, New York.

Déscola, Philippe y Gísili Pálsson

2001 Introducción. En *Naturaleza y Sociedad*, coordinado por Philippe Déscola y Gísli Pálsson, 11-36. Siglo XXI Editores, México DF.

Duch Gary, Jorge

1988 *La conformación territorial del Estado de Yucatán. Los componentes del medio físico*. Universidad Autónoma de Chapingo, Centro Regional de la Península de Yucatán. México.

1991 *Fisiografía del Estado de Yucatán. Su relación con la agricultura*. Universidad Autónoma de Chapingo, Centro Regional de la Península de Yucatán, División de Ciencias Forestales. México.

Durkheim, E.

1982[1893] *La división del trabajo social*. Akal, Madrid.

Embry, A.F. y J.E. Klován

1971 A late Devonian Reef Tract on Northeastern Banks Island, Northwest Territories. En *Bulletin of Canadian Petroleum Geologists* 19, 730-781.

Fernández Souza, L.

2010 Grupos domésticos y espacios habitacionales en las Tierras Bajas Mayas durante el período Clásico. Tesis doctoral, Universidad de Hamburgo, Hamburgo.

Field, Judith H., Richard Fullgar, Joe Dortch, Adriana Dutkiewicz y Paul Gordon

2003 Sandstone Quarries and Grinding Stone Manufacture: Survey and Excavation at Yambacoona Hill in South-Eastern Australia. En *Australian Archaeology* 56: 46-47.

Flores, D.A.

1974 Los suelos de la República Mexicana. En *El escenario geográfico. Recursos naturales*. SEP/INAH, México, D.F.

Folk, R. L.

1962 Spectral Subdivision of Limestones Types. En *Classification of carbonate rocks*. A Symposium, Tulsa, editado por W. E. Ham. *American Association Petroleum Geologist Memoir* 1, pp. 62-84.

Franco, María Piedad y Gonzalo Juan Carlos

2000 Taller de petrología: enseñanza de la petrología con el microscopio petrográfico. En *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra* 8, 1, pp. 38-47. Asociación Española para la Enseñanza de las Ciencias de la Tierra, AEPECT. Gerona.

Fratt, Lee y Maggie Biancaniello

1993 Homol'ovi III Ground Stone in the Raw: A Study of the Local Sandstone Used to Make Ground Stone Artifacts. En *KIVA*, 58, 3: 373-393.

Gallareta Negrón, M. Tomás

1984 Cobá: Forma y función de una comunidad maya prehispánica. Tesis profesional, Universidad de Yucatán, Mérida, México.

Gándara, Manuel

1982 La Vieja Nueva Arqueología. En *Teorías, Métodos y Técnicas en Arqueología*. Instituto Panamericano de Geografía e Historia, Méjico: 99-161.

García Cook, Ángel

1967 Análisis Tipológico de Artefactos. En *Serie Investigaciones* 12, México.

García Gil, Gerardo y Eduardo Graniel Castro

2010 Geología. En Biodiversidad y desarrollo humano en Yucatán. Contexto físico 1, pp. 496, editado por R. Durán y M. Méndez. CICY, PPD-FMAM, CONABIO, SEDUMA. México.

Gassiot Ballbè, Ermengol

2002 Análisis funcional y producción en las sociedades cazadoras-recolectoras: significación de los cambios tecnológicos durante el mesolítico. En *Análisis Funcional: su aplicación al estudio de sociedades prehistóricas*, editado por Ignacio Clemente, Roberto Risch Juan F. Gibaja, pp.31-43. BAR International Series 1073.

Gijn, A. van

1989 The Wear and Tear of Flint. En *Analecta Praehistorica Leidensia* 22, University of Leiden.

Glynns Duffy, Lisa

2011 Maize and Stone: a Functional Analysis of the Manos and Metates of Santa Rita Corozal, Belize. Tesis de maestría, University of South Florida.

González, J. E. y J.J. Ibáñez

1994 Análisis funcional del utillaje de instrumentos tallados en sílex. En *Cuadernos de Arqueología* 14, Universidad de Deusto, Bilbao.

Götz, Christopher Markus

2001 Forma y función de los metates del Norte de Yucatán durante el Clásico. Tesis de Maestría, Universität Bonn.

2005 Una tipología de los metates prehispanicos de Yucatan. En *Ketzalcalli* 2: 70-99.

2008 Coastal and Inland Patterns of Faunal Exploitation in the Prehispanic Northern Maya Lowlands. En *Quaternary International* 191: 154–169.

2012 Caza y pesca prehispanicas en la costa norte peninsular yucateca. En *Ancient Mesoamerica* 23, 2: 421-439.

2014 La alimentación de los mayas prehispánicos vista desde la zooarqueología. En *Anales de Antropología* 48, 1I: 168-199

Grooth, M.D.

1994 Die Versorgung mit Silex in der Bandkeramischen Siedlung Hienheim "Am Weinberg" (Ldkr. Kelheim) und die Organisation de Abbas auf gebänderte Plattenhornsteine im revier Arnhofen (Ldkr. Kelheim). En *Germania* 72: 355-407.

Garza Tarazona, Silvia y Edward B. Kurjack

1980 *Atlas Arqueológico del Estado de Yucatán*. 2 vols., INAH, México.

Hagstrum, M.

2001 Houshold Production in Chaco Canyon Society. En *American Antiquity* 66, 1: 47-55.

Hammer, O., D.A.T. Harper P.D. Ryan

2001 Paleontological Statistics software package for education and data analysis. En *Palaeontologia Electronica* 4, 1: 9 pp.

Hayden, B.

1987 Traditional Metate Manufacturing in Guatemala Using Chipped Stone Tools. En *Lithic studies among the contemporary Highland Maya*, editado por B. Hayden, pp. 8-111. The University Arizona Press, Tucson

Van Emden, Helmut Fritz

2008 *Statistics for Terrified Biologist*. Blackwell Publishing Ltd.

Hirth, Kenneth G.

2011 Introducción. La naturaleza e importancia de la producción artesanal. En *Producción artesanal y especializada en Mesoamérica. Áreas de actividad y procesos productivos*, editado por L.R. Manzanilla y K.G.Hirth, pp. 11-13. INAH, Instituto de Investigaciones Antropológicas.

2009 Household, Workshop, Guild, and Barrio: The Organization of Obsidian Craft Production in a Prehispanic Urban Center. En *Domestic Life in Prehispanic Capitals: A Study of Specialitzation, Hierarchy and Ethnicity*, editado por L.R.

Manzanilla y C. Chapdelaine, *Memoir* 46, pp. 43-65. Museum of Anthropology, University of Michigan, Ann Arbor.

Horsfall, Gayel Ann

1987 A Design Theory Perspective on Variability in Grinding Stones. En *Lithic studies among the contemporary Highland Maya*, editado por L.R. Manzanilla y K.G. Hirth, pp. 332-337. The University Arizona Press, Tucson.

Howard, Jeffrey L.

1993 The Statistics of Counting Clasts in Rudites: a Review, with Examples from the Upper Pleistocene of Southern California, USA. En *Sedimentology* 40: 157-174.

Informaciones Agronómicas

1993 Instituto de la Potasa y el Fosforo [INPOFOS], 12. Oficina para el norte de Latino América, Quito-Ecuador.

INEGI, Consejo General de Minería (CGMINERÍA)

2006 Carta Geológico-Minera (Mérida F16-10), Yucatán, Campeche y Quintana Roo., Secretaría de Economía (SE). Servicio Geológico Mexicano.

Ingold, Tim

2001 El Forrajero Óptimo y el Hombre Económico. En *Naturaleza y Sociedad*, coordinado por Ph. Déscola y G. Pálsson G., pp. 37-59. Siglo XXI, México DF.

Jiménez Álvarez, Socorro del Pilar

2007 Sihó: una unidad política del occidente de Yucatán. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma de Yucatán, Facultad de Ciencias Antropológicas.

Jiménez Álvarez, Socorro, Rafael Cobos, Heajoo Chung y Roberto Belmar Casso

2006 El despertar de la complejidad sociocultural visto desde el estudio tecnológico de la cerámica: Explicando las transformaciones sociopolíticas en el occidente de Yucatán. En *XIX Simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala, 2005*, editado por J.P. Laporte, B. Arroyo y H. Mejía, pp. 532-542. Museo Nacional de Arqueología y Etnología, Guatemala (versión digital).

Johnson, Allen

1991 Horticultores: el comportamiento económico en las tribus. En *Antropología Económica*, editado por S. Plattner, pp. 43-79. Dirección General de Publicaciones del Consejo Nacional para la Cultura y las Artes, Editorial Patria, México.

Kaneko, Akira

2003 *Artefactos líticos de Yaxchilán*. En Colección Científica, 455, pp. 271. Instituto Nacional de Antropología e Historia, México.

Kautzki, Karl

1970/1889 *La cuestión agraria*. Ruedo Ibérico, Colombes.

Keeley, L.H.

1974 Technique and methodology in microwear studies: a critical review. En *World Archaeology* 5 (3): 323-326.

Kidder, Alfred Vincent

1947 *Los Artefactos de Uaxactun Guatemala*. Institución Carnegie de Washington, Washington, D. C.

Kosik, Karel

1967[1963] *Dialéctica de lo concreto*. Editorial Grijalbo, Colección Teoría y Práctica.

Laborda Martínez, M. A.

2010 *Análisis de huellas de uso. Su aplicación al estudio de la funcionalidad del instrumental lítico de la Cueva de Zatoya (Navarra)*. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Navarra, Pamplona.

López Ramos, E.

1977 Estudio Geológico de la Península de Yucatán. En Enciclopedia Yucatanense 10, editada por el Gobierno del Estado de Yucatán. México, D.F.

Lugo Hubb, José, José Fernando Aceves Quesada y Ramón Espinosa Pereña
1992 Rasgos geomorfológicos mayores de la Península de Yucatán. En *Revista* 10, 2, pp. 143-150. Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F.

Lull, Vicente

1988 Hacia una teoría de la representación en arqueología. En *Revista de Occidente* 81: 62-76.

2005 Marx, producción, sociedad y arqueología. En *Trabajos de Prehistoria* 62, 1: 7 - 26.

2007 *Los objetos distinguidos. La arqueología como excusa*. Ediciones Bellaterra.

Lull, Vicente y Micó, Rafael

2007 *Arqueología del origen del estado: las teorías*. Bellaterra arqueología. Ediciones Bellaterra.

Luxemburg, Rosa

1912 *La acumulación del capital*. Núcleo en defensa del marxismo. Edicions internacionals Sedov. Germinal.

Madrigal, Lorena

1998 *Statistics for Anthropology*. Cambridge University Press. Cambridge.

Maldonado Cárdenas, Rubén

1984 Implementos de molienda en Ucanhá, un sitio maya del norte de Yucatán. Investigaciones Recientes en el Área Maya – XVII Mesa Redonda de la Sociedad Mexicana de Antropología, Sn. Cristóbal de las Casas, Chiapas, 21. – 27 Junio 1984, 2: 117–127.

1995 Áreas de actividad por implementos de molienda en el sito de Aké. Memorias del Segundo Congreso Internacional de Mayistas, UNAM, México: 1995: 493–504.

Manzanilla, L. R.

2009 Corporate Life in Apartment and Barrio Compounds at Teotihuacan, Central México. En *Domestic life in prehispanic capitals: a study of specialization, hierarchy and ethnicity*, editado por L.R. Manzanilla y C. Chapdelaine, Memoir 46, pp. 21-41. Museum of Anthropology, University of Michigan, Ann Arbor.

Marín Stillman, Luís Ernesto, Julia Guadalupe Pacheco Ávila y Renán Méndez Ramos

2004 Hidrogeología de la Península de Yucatán. En *El agua en México vista desde la Academia* 10, pp. 159-177, editado por Blanca Jiménez y Luís Marín. Academia Mexicana de Ciencias. México, D.F.

Martín Lerma, Ignacio

2008 Análisis microscópico de la industria lítica: la traceología. En *Revista de ciencia y didáctica de la historia*. Panta Rei, 2ª época, 3: 15-26.

Marx, Karl

2007[1857-1858] *Elementos fundamentales para la crítica de la economía política (Grundrisse) 1857-1858*. Tomo I, Biblioteca del pensamiento socialista, XXI Siglo Veintiuno editores.

1989[1857] Introducción, *Contribución a la crítica de la economía política*. Editorial Progreso, Moscú.

1986[1885] *El Capital*. Tomo I

<http://aristobulo.psuv.org.ve/wp-content/uploads/2008/10/marx-karl-el-capital-tomo-i1.pdf>

1986[1885] *El Capital*. Tomo II

<http://aristobulo.psuv.org.ve/wp-content/uploads/2008/10/marx-karl-el-capital-tomo-i1.pdf>

Mauldin, R

1993 The Relationship Between Ground Stone and Agricultural Intensification in Western New Mexico. En *KIVA*, 58, 3: 317-330.

McBryde, I.

1997 The Landscape is a Serie of Stories. Grindstones, Quarries and Exchanges in aboriginal Australia: A Lake Eyre Case Study. Editado por A. Ramos Millán y A. Bustillo. En *Siliceous rocks and culture*, pp. 587-610. Universidad de Granada, Granada.

Mijangos Pantaleón, Blanca Aída

2014 Las piedras y manos para moler del sitio Salinas de los Nueve Cerros. Implementos utilizados en el refinamiento de sal. Tesis de maestría, Universidad de San Carlos de Guatemala, Escuela de Historia, Área de arqueología. Nueva Guatemala de la Asunción, Guatemala, C. A.

Miller, Arthur G.

1975 Archaeological Investigations at Tulum and Tanach, Quintana Roo, Mexico: A Progress Report of the 1974 Season. En *Studies in Ancient Mesoamerica* 2, pp. 10-16. Contributions of the University of California Archaeological Research Facility.

Mirambell, Lorena

1964 Estudio microtopográfico de artefactos líticos. Departamento de Prehistoria, 14. INAH. México.

1994 Fundamentos sobre el estudio de huellas de uso en materiales líticos arqueológicos. En *Anales Antropología*, 31, pp. 105-131, I.I.A U.N.A.M., México, D.F.

Moholy-Nagy, Hattula

1990 The Misidentification of Mesoamerican Lithic Workshops. En *Latin American Antiquity* 1, 3: 268-279.

2003 Source attribution and utilization of obsidian in the maya area. En *Latin American Antiquity*, 14(3): 301-310.

Morán Aragón, Pedro Rafael

2012 Materiales de piedra para molienda del Proyecto Arqueológico Cotzumalguapa. Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla. Tesis profesional, Universidad de San Carlos de Guatemala, Escuela de Historia. Nueva Guatemala de la Asunción, Guatemala, C.A.

Nelson, Margaret C.

1987 Site Content and Structure: Quarries and Workshops in the Maya Highlands. En *Lithic Studies Among the Contemporary Highland Maya*, editado por L.R. Manzanilla y K.G. Hirth, pp.148-159. The University Arizona Press, Tucson.

Nelson, Margaret C. y Heidi Lippmeier

1993 Grinding-Tool Design as Conditioned by Land-Use pattern. En *American Antiquity* 58, 2: 286-305.

Palerm, Angel y Eric Wolf

1972 *Agricultura y civilización en Mesoamérica*. Sepsetentas 32, Secretaría de Educación Pública, México.

Pantoja Díaz, Luís R. y Maribel G. Gamboa Angulo

2008 Investigaciones en el sitio arqueológico de Sihó, Yucatán; una aproximación al patrón de asentamiento. En *Los Investigadores de la Cultura Maya*, editado por Geoffrey E. Braswell 16, 1, pp. 239-243. Universidad Autónoma de Campeche.

Pastrana, A.

1986 El proceso de trabajo de la obsidiana de las minas de Pico de Orizaba. En *Boletín de Antropología Americana* 13: 133-145.

Pastrana, A. *et al.*

2011 Producción y uso de navajas prismáticas de obsidiana en la Sierra de las Navajas: Fase Tlamimilolpa. En *Producción artesanal y especializada en Mesoamérica. Áreas de actividad y procesos productivos*, editado por L.R. Manzanilla y K.G.Hirth, pp. 153-172. INAH, Instituto de Investigaciones Antropológicas.

Pat Cruz, Daniel.

2006 Análisis de las Piedras de Molienda de Sihó, Yucatán. Tesis de Licenciatura, Universidad Autónoma de Yucatán.

Peniche, Nancy May

2004 aspectos de la organización económica de grupos domésticos de élite: Las industrias de talla de sílex de Sihó, Yucatán. Tesis profesional. Universidad autónoma de Yucatán, Facultad de Ciencias Antropológicas. Mérida, Yucatán, México.

Peniche May, Nancy y Lilia Fernández Souza

2004 En la búsqueda de actores sociales: Los artefactos líticos de Sihó, Yucatán. En *XVII Simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala, 2003*, editado por J.P. Laporte, B. Arroyo, H. Escobedo y H. Mejía, pp.903-912. Museo Nacional de Arqueología y Etnología, Guatemala.

Pétrequin, p. y Jeunesse, C. (dirs.)

1995 *La hache de Pierre. Carrières vosgiennes et échanges de lames polies pendant le Néolithique (5400-2100 av. J.C)*. Errance, paris

Pie i Batlle, J. y A. Vila i Mitjà

1991 Relaciones entre objetivos y métodos en el estudio de la industria lítica. En *Tecnología y Cadena Operativa Lítica*, editado por R. Mora, X. Terrades, A. Parpal y C. Plana, 1, pp. 271-278. Treballs d'Arqueologia, U.A.B. Bellaterra.

Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos

2009a Maxcanú, Yucatán. Clave geoestadística 04005.

2009b Oxkutzcab, Yucatán. Clave geoestadística 04005.

Proskouriakoff, Tatiana

1962 The Artifacts of Mayapan. En *Mayapan, Yucatan, Mexico*, editado por H. E. D. Pollock *et al.*, 619. Carnegie Institution of Washington, Washington.

Quesnay, François

1972[1758-1759] *Tableau économique*. Macmillan, London.

Rathje, William L.

1980 Praise the Gods and Pass the Metates; a Hypothesis of the Development of lowland rainforest civilizations in Mesoamerica. En *Contemporary Archaeology: A*

Guide to Theory and Contributions, editado por Mark P. Leone, pp. 365-392. Carbondale.

Renfrew, Andrew Colin

1976 Megaliths, Territories and Populations. En *Dissertationes Archaeologicae Gandenses* 16: 198-220.

Ribeiro, Darcy

1971[1968] *El Proceso Civilizador de La Revolucion Agricola a La Termonuclear*. Centro editor de América latina, Buenos Aires.

Ricardo, David

1993[1817] *Principios de economía política y tributación, I, Obras y correspondencia*, Fondo de Cultura Económica, México.

Rice, P.

1991 Specialization, standardization, and diversity: a retrospective. En *Pots and potters: current approaches in ceramic archaeology*, editado por P. Rice, pp. 45-54. Institute of Archaeology, Monograph, University of California, Los Angeles.

Risch, Roberto

1995 Recursos naturales y sistemas de producción en el sudeste de la Península Ibérica entre 3000 Y 1000 ANE. Tesis doctoral, Departament d' Història de les Societats Precapitalistes i d' Antropologia Social. Universitat Autònoma de Barcelona (UAB), Bellaterra.

1998 Análisis paleoeconómico y medios de producción líticos: el caso de Fuente Álamo. En *Minerales y metales en la prehistoria reciente. Algunos testimonios de su explotación y laboreo en la Península Ibérica*, coordinado por G. Delibes de Castro, G., 88, pp. 105-154. Studia Archaeologica, Valladolid.

2002 Análisis funcional y producción social: relación entre método arqueológico y teoría económica. En *Análisis Funcional: su aplicación al estudio de sociedades prehistóricas*, editado por Ignacio Clemente, Roberto Risch y Juan F. Gibaja, pp. 19-31. BAR International Series 1073.

Rodríguez-Yc, José Ruperto

2013 La molienda en Mesoamérica, formas, funciones, usos y manufactura de los instrumentos. Un estudio etnoarqueológico en México. Departament de Prehistòria Antiga i Arqueologia, Universitat de Barcelona.

Ruiz Aguilar, María Elena

1986 Análisis preliminar de la lítica de Mundo Perdido, Tikal. En *Mesoamérica* 11: 113-133

Sahlin, Marshall D. y Elman R. Service

1960 Evolución: específica y general. En *Evolution and Culture*, editado por Sahlin, Marshall D. y Elman R. Service, pp. 12-44. University of Michigan Press, Ann Arbor.

Sanchez Rojas, Luis Edmundo y Gustavo Zamorano Montiel

1993 Informe de exploración geológico-minera en los yacimientos de calcarenita del Ejido de Calchetoc, Municipio de Opichén, Yucatán. Consejo de Recursos Minerales. Gerencia Regional Zona Sur. Oficina Regional Chiapas. Convenio de concertación en exploración geológico-minera entre el Consejo de Recursos Minerales y Empresas de Solidaridad.

Schiffer, Michael

1990 Contexto arqueológico y contexto sistémico. En *Boletín de Antropología Americana* 22: 81-93.

Schlanger, S. H.

1991 On Manos, Metates, and the History of Site Occupations. En *American Antiquity* 56: 460-474.

Searcy, Michael T.

2005 Mayan metate ethnoarchaeology. Tesis de maestría. Department of Anthropology, Brigham Young University.

Semenov, S. A.

1981[1964] *Tecnología prehistórica. Estudio de las herramientas y objetos antiguos a través de las huellas de uso*. Akal, Madrid.

Shafer, Harry J. y Thomas R. Hester

1991 Lithic Craft Specialization and Product Distribution at the Maya Site of Colha, Belize. En *Craft Production and Specialization*, 23, 1, pp. 79-97. World Archaeology.

Sussman, C.

1988 Aspects of Microwear as Applied to Quartz. En *BAR International Series* 411: 3-28.

Sidrys, R., J. Anderson y D. Marcucci

1976 Obsidian sources in the Maya area. En *Journal of New World Archaeology* 1: 1-13.

Smith, Adam

1794[1776] *Investigación de la naturaleza y causas de la riqueza de las naciones*, en Valladolid: en la Oficina de la Viuda e Hijos de Santander.

Spink, Mary L.

1986 Los Metates como indicadores socioeconómicos en el período clásico de Copán, Honduras. En *Yaxkin* 9(2): 63-75.

Stewart, J.H.

1955 El concepto y el método de la ecología cultural. En *Clásicos y Contemporáneos en Antropología*, cieras-uam-ua. También en *Theory of culture changes*, 2. University of Illinois Press, Urbana.

Stone, Tammy

1994 The Impact of Raw-Material Scarcity on Ground-Stone Manufacture and Use: An Example of the Phoenix Basin Hohokam. En *American Antiquity* 59, 4: 680-694.

Strömsvik, Gustav

1931 Notes on the Metates of Chichen Itzá, Yucatan. En *Contributions to American Archaeology* 1(4), pp. 141-157. Publication 403. Carnegie Institution of Washington, Washington. D.C.

1935 Notes on the Metates from Calakmul, and from the Mercado, Cichen Itzá, Yucatan. En *Contributions to American Archaeology* 3(16), pp. 121-127. Publication 456. Carnegie Institution of Washington, Washington. D.C.

Torrence, R.

1986 *Production and Exchange of Stone Tools: Prehistoric Obsidian in the Aegean*. Cambridge University Press, Cambridge.

Tringham, R., G. Cooper, G.H. Odell, B. Voytek y A. Whitman

1974 Experimentation in the Formation of Edge-Damage: a New Approach to Lithic Analysis. En *Journal of Field Archaeology* 1: 171-196.

Tucker, M.E

1991 *Sedimentary petrology: an introduction to the origin of sedimentary rocks*. London. Blackwell Science.

VanPool, Todd L. y Robert D. Leonard

2002 Specialized Ground Stone Production in the Casas Grandes Region of Northern Chihuahua, México. En *American Antiquity* 67, 4: 710-730.

Vargas Díaz, Juan Pablo

2010 Etnoarqueología de la producción de artefactos líticos de molienda, dos estudios de caso: Guanajuato y Michoacán. Tesis de maestría, El Colegio de Michoacán A.C. Centro de Estudios Arqueológicos. La Piedad, Michoacán

Cardoso Vázquez, Edith Arlet, Eduardo Sánchez Garrido y José Antonio Rafael Fernández

2004 Carta Geológico-Minera Calkiní. Estados de Campeche y Yucatán. Clave F15-9-12, Escala 1:250,000. Secretaría de Economía (SE). Consejo de Recursos Minerales (RM).

Vila Mitjà, Assumpció

2002 Historia y actualidad del análisis funcional sobre materiales líticos en España. En *Análisis Funcional: su aplicación al estudio de sociedades prehistóricas*, editado por Ignacio Clemente, Roberto Risch y Juan F. Gibaja, pp. 13-19. BAR International Series 1073.

Viñas Martín, A.

1974 El Tableau de Quesnay como instrumento de análisis económico. En *Revista de Economía Política* 66: 137-172.

Virgen Magaña, Ángel y Julio César Baca Carreón

1988 *Monografía Geológico-Minera del estado de Yucatán*. Consejo de Recursos Minerales. Subgerencia Regional zona Sur. Puebla, Puebla.

Ward, Drew T.,

2013 Investigations of a Ground Stone Tool Workshop at Pacbitun, Belize. Tesis de maestría. *Anthropology Theses*. Paper 75. Georgia State University. Department of Anthropology.

Watts, D.

2008 Tool Use by Chimpanzees at Ngogo, Kibale National Park, Uganda. En *Springer Science + Business Media* 29, pp. 83–94. *Int J Primatol*.

Willey, Gordon

1972 The Artifacts of Altar de Sacrificios. En *Papers of the Peabody Museum of Archaeology and Ethnology* 64(1). Harvard University, Cambridge.

Willey, Gordon et al.

1965 Artifacts. En *Prehistoric Maya Settlement in the Belize Valley. Papers of the Peabody Museum of Archaeology and Ethnology*, 54, 453–466. Harvard University, Cambridge.

Wright, M.K.

1993 Simulated use of experimental grinding tools from southwester Colorado. En *KIVA* 58: 345-355.

Yacubic, Matthew Patrick

2014 Community Crafting and Crafting Community: The Lithic Artifacts of Zacpetén, Guatemala. Tesis doctoral, University of California Riverside.

15 Anexos

Anexo 1. Catalogación y morfometrías absolutas y técnicas (alisadores)

Ref.	Ítem	Litotipo	Sitio	Lote	Estructura	Conservación	Longitud	Anchura	Grosor
291	ALS	-	SH	CA275	5D2	ENT	96.00	66.00	26.00
348	ALS	GRS	SH	CA149	5D2	ENA	69.00	53.00	53.00
335	ALS	MDS	SH	AB27	5D20	ENS	78.00	45.00	38.00
24	ALS	WKS-MDS	SH	GA14	5D54	ENT	122.00	118.00	90.00
31	ALS	WKS-MDS	SH	G306	5D53	FGS-FGT	20.10	30.60	20.20
282	ALS	-	SH	A8		FGT	20.80	20.20	10.00
292	ALS	-	SH	CA10	5D2	FGT	70.40	70.60	20.50
295	ALS	-	SH	CA94	5D2	FGT	50.40	60.90	20.80
322	ALS	WKS-MDS	SH		5D16	ENT	67.00	47.00	57.00
325	ALS	MDS	SH	A8	5D16	FGT	30.80	60.80	20.80
336	ALS	MDS	SH	CB97	5D7	END	79.00	50.00	80.00
338	ALS	-	SH	AB112	5D20	ENS	83.00	83.00	51.00
340	ALS	CRS/DOL	SH	AB129	5D20	FGT	30.60	50.60	40.00
361	ALS	MDS	SH	CB34	5D7	FGT	30.30	20.90	20.60
309	ALS	WKS	SH	A44	5D16	ENA	67.00	58.00	46.00
323	ALS-CAR	WKS-PKS	SH		5D16	ENT	89.00	72.00	66.00
5	ALS-CAR	WKS	SH	CA211		ENT	60.00	41.00	45.00
29	ALS-CAR	MDS-WKS	SH	I44	5D58	ENT	42.00	32.00	29.00
343	ALS-CAR	GRS	SH	CB165	5D7	ENA	70.00	47.00	54.00
400	ALS-CAR	-	SH	CA196	5D2	ENT	42.00	32.00	22.00
364	ALS-CAR	GRS	SH	CA257	5D2	ENT	95.00	66.00	61.00

ANV X	ANV Y	REV X	REV Y	SUP X	SUP Z	INF X	INF Z	DER Z	DER Y	IZQ Z	IZQ Y
60.00	90.00	58.00	93.00	62.00	22.00	61.00	24.00	20.00	90.00	21.00	84.00
51.00	62.00			53.00	54.00	40.00	51.00	57.00	66.00	52.00	66.00
42.00	78.00	41.00	75.00	38.00	22.00			35.00	76.00	32.00	68.00
111.00	112.00	111.00	106.00	106.00	65.00	112.00	78.00	82.00	118.00	79.00	102.00
41.00	61.00	43.00	60.00	38.00	50.00	39.00	49.00	55.00	60.00	52.00	64.00
35.00	76.00	50.00	58.00	48.00	85.00	48.00	71.00	72.00	74.00		
81.00		34.00	30.00	63.00	62.00			59.00		47.00	
58.00	65.00	56.00	66.00	56.00	38.00	54.00	37.00	37.00	60.00	39.00	62.00
68.00	82.00	68.00	83.00	62.00	50.00	61.00	60.00	61.00	82.00	55.00	83.00
39.00	50.00	35.00	55.00	38.00	39.00	34.00	32.00	42.00	52.00	44.00	56.00
28.00	37.00	27.00	37.00	29.00	23.00	22.00	18.00	17.00	35.00	14.00	31.00
44.00	65.00	48.00	48.00	49.00	48.00	48.00	45.00	52.00	67.00	51.00	68.00
30.00	39.00	31.00	40.00	29.00	20.00	25.00	14.00	18.00	39.00	20.00	40.00
62.00	89.00	64.00	91.00	64.00	47.00	53.00	57.00	57.00	90.00	58.00	90.00

Activa ANV transversal	Activa ANV longitudinal	Activa ANV profundidad	Activa REV transversal	Activa REV longitudinal	Activa REV profundidad	Activa SUP transversal	Activa SUP longitudinal	Activa SUP profundidad
58.00	86.00	2.00	54.00	89.00	3.00	46.00	20.00	1.00
54.00	66.00					51.00	52.00	
32.00	51.00	3.00	37.00			24.00	8.00	
64.00	78.00	7.00						
22.00	55.00		21.00	36.00				
75.00								
82.00								
53.00	63.00					36.00	13.00	
55.00	65.00		48.00	66.00		65.00	36.00	
36.00	46.00					35.00	35.00	
25.00	30.00					30.00	19.00	
24.00								
30.00	40.00	5.00	30.00	39.00				
45.00	50.00							

Activa INF transversal	Activa INF longitudinal	Activa INF profundidad	Activa DER transversal	Activa DER longitudinal	Activa DER profundidad	Activa IZQ transversal	Activa IZQ longitudinal	Activa IZQ profundidad
			18.00	82.00	3.00	19.00	76.00	2.00
50.00	49.00		58.00	68.00		52.00	66.00	
						21.00		
32.00	21.00		11.00	46.00		31.00	46.00	
60.00	46.00		54.00	75.00		38.00	82.00	
			40.00	32.00		35.00	6.00	
						10.00	27.00	
						20.00	39.00	
			19.00	54.00		10.00	52.00	

Anexo 2. Catalogación y morfometrías absolutas y técnicas (alisadores-percutores)

Ref.	Ítem	Litotipo	Sitio	Lote	Estructura	Conservación	Longitud	Anchura	Grosor
22	APE	PKS	SH	IB8	5D58	ENN	138.00	77.00	37.00
296	APE	-	SH	AA46	5D19	ENT	76.00	63.00	32.00
306	APE	WKS-MDS	SH	A127	5D16	ENT	62.00	59.00	48.00
308	APE	WKS-MDS	SH	A44	5D16	ENT	80.00	77.00	65.00
311	APE	WKS-MDS	SH	A58	5D16	ENT	82.00	74.00	51.00
315	APE	WKS-MDS	SH	A100	5D16	FSM-ENN	71.00	71.00	52.00
329	APE	GRS	SH	AB45	5D20	ENT	89.00	55.00	43.00
334	APE	MDS	SH	AD1	PLATAFORMA	ENT	81.00	50.00	28.00
346	APE	WKS-MDS	SH	CA35	5D2	FSM	40.00	56.00	41.00
349	APE	WKS-PKS	SH	CA188		ENA	56.00	47.00	53.00
363	APE	WKS-PKS	SH	CA257	5D2	ENT	81.00	72.00	65.00
401	APE	PKS-WKS	SH	CA64	5D2	ENT	60.00	58.00	53.00
406	APE	PKS-WKS	SH	A152	5D16	ENT	121.00	62.00	57.00
419	APE	-	SH	CA336	5D2	ENT	61.00	29.00	27.00
420	APE	-	SH	A4	5D16	ENT	34.00	28.00	16.00
421	APE	WKS-MDS	SH		5D72 (EXT)	ENT	81.00	75.00	64.00
312	APE	MDS-WKS	SH	A58	5D16	ENS	69.00	62.00	51.00
333	APE	WKS-PKS	SH	AB94	5D20	ENT-ENS	137.00	105.00	81.00
347	APE	PKS	SH	CA103	5D2	ENT	124.00	65.00	62.00
4	APE	GRS	SH	CA318	5D2	ENA-END- ENI	55.00	58.00	28.00
7	APE	MDS	SH	CA290	5D2	FGS	86.00	34.00	22.00
1	APE-CAR	WKS	SH	CA145	5D2	ENT	75.00	70.00	43.00
299	APE-CAR	GRS	SH	A4	5D16	ENT	71.00	69.00	57.00

302	APE-CAR	GRS	SH	A44	5D16	ENT	75.00	68.00	64.00
313	APE-CAR	PKS	SH	A58	5D16	ENA	82.00	72.00	67.00
321	APE-CAR	PKS-WKS	SH	A57	5D16	ENT	84.00	78.00	72.00
339	APE-CAR	WKS	SH	CA178	5D2	FSM	56.00	50.00	49.00
354	APE-CAR	WKS-MDS	SH	CA144	5D2	ENT	102.00	92.00	64.00
358	APE-CAR	GRS	SH	CA170	5D2	ENT	79.00	61.00	69.00
403	APE-CAR	WKS-PKS	SH	CA37		ENT	57.00	51.00	51.00
330	APE-CAR	MDS-WKS	SH	CA150	5D2		99.00	73.00	67.00
318	APE-CAR-POT	WKS-PKS	SH	A133		ENT	35.00	25.00	24.00
332	APE-CAR-POT	GRS	SH	CB76	5D7	ENT	55.00	48.00	38.00
303	APE-POT	GRS	SH	A44	5D16	ENT	73.00	72.00	63.00
317	APE-POT	WKS-PKS	SH	A130	5D16	ENT	45.00	44.00	39.00

ANV X	ANV Y	REV X	REV Y	SUP X	SUP Z	INF X	INF Z	DER Z	DER Y	IZQ Z	IZQ Y
76.00	131.00	72.00	132.00	65.00	27.00	67.00	29.00	28.00	134.00	34.00	127.00
57.00	74.00	60.00	77.00	58.00	32.00	39.00	26.00	30.00	74.00	30.00	70.00
55.00	57.00	54.00	58.00	55.00	41.00	54.00	43.00	43.00	58.00	46.00	54.00
72.00	72.00	69.00	77.00	72.00	59.00	69.00	58.00	62.00	71.00	52.00	73.00
66.00	77.00	69.00	77.00	62.00	50.00	67.00	44.00	48.00	75.00	50.00	75.00
67.00		67.00		59.00	32.00			39.00		45.00	
53.00	87.00	53.00	87.00	50.00	39.00	53.00	37.00	39.00	84.00	33.00	84.00
49.00	79.00	45.00	75.00	48.00	25.00	35.00	17.00	19.00	72.00	25.00	72.00
53.00		53.00		50.00	36.00			34.00		32.00	
48.00	49.00			47.00	37.00	52.00	38.00	48.00	31.00	40.00	47.00
67.00	77.00	67.00	74.00	65.00	63.00	64.00	58.00	60.00	74.00	63.00	77.00
54.00	55.00	57.00	57.00	55.00	50.00	52.00	44.00	45.00	52.00	46.00	52.00

61.00	55.00	62.00	55.00	62.00	51.00			50.00	53.00	53.00	52.00
28.00	60.00	25.00	57.00	26.00	21.00	25.00	24.00	21.00	58.00	26.00	56.00
28.00	32.00	28.00	32.00	20.00	10.00	28.00	17.00	13.00	32.00	12.00	28.00
69.00	72.00	70.00	78.00	67.00	56.00	73.00	57.00	57.00	75.00	59.00	75.00
59.00	66.00	57.00	68.00	57.00	45.00	54.00	49.00	46.00	63.00	48.00	58.00
126.00	85.00	86.00	112.00	82.00	56.00	75.00	59.00	45.00	109.00	53.00	118.00
44.00	108.00	36.00	104.00	61.00	52.00	47.00	44.00	39.00	105.00	39.00	101.00
58.00	55.00	57.00	55.00	53.00	26.00	55.00	27.00	21.00	46.00	21.00	48.00
37.00	83.00	38.00	83.00	38.00	18.00	27.00	10.00	18.00	87.00	17.00	85.00
67.00	69.00	66.00	70.00	65.00	35.00	65.00	40.00	38.00	68.00	38.00	65.00
65.00	68.00	63.00	65.00	61.00	55.00	60.00	52.00	54.00	65.00	54.00	65.00
67.00	70.00	58.00	70.00	59.00	50.00	54.00	57.00	54.00	68.00	57.00	49.00
67.00	77.00	70.00	76.00	60.00	59.00	60.00	60.00	63.00	74.00	57.00	78.00
77.00	79.00	75.00	75.00	70.00	61.00	69.00	65.00	64.00	78.00	64.00	74.00
49.00	55.00	46.00	48.00	49.00	47.00			44.00	54.00	43.00	53.00
87.00	100.00	90.00	95.00	83.00	57.00	74.00	57.00	56.00	94.00	57.00	92.00
57.00	75.00	53.00	75.00	43.00	64.00	58.00	63.00	67.00	74.00	69.00	75.00
47.00	55.00	48.00	54.00	45.00	50.00	47.00	44.00	50.00	54.00	46.00	51.00
62.00	94.00	64.00	98.00	72.00	63.00	60.00	63.00	64.00	90.00	69.00	96.00
24.00	34.00	20.00	33.00	20.00	20.00	21.00	23.00	25.00	33.00	24.00	33.00
45.00	54.00	47.00	54.00	46.00	35.00	46.00	29.00	38.00	54.00	33.00	54.00
69.00	70.00	68.00	68.00	67.00	55.00	63.00	58.00	55.00	66.00	58.00	68.00
42.00	42.00	42.00	42.00	40.00	36.00	40.00	36.00	36.00	42.00	36.00	43.00

Activa ANV transversal	Activa ANV longitudinal	Activa ANV profundidad	Activa REV transversal	Activa REV longitudinal	Activa REV profundidad	Activa SUP transversal	Activa SUP longitudinal	Activa SUP profundidad
68.00	125.00		62.00	163.00		40.00	25.00	
39.00	66.00	1.00						
45.00	45.00		37.00	7.00		51.00	39.00	
52.00	49.00		61.00	68.00		65.00	53.00	
46.00	67.00		62.00	72.00	3.00	65.00	29.00	
58.00			57.00			50.00	31.00	
37.00	59.00					39.00	25.00	
41.00	60.00					47.00	21.00	
38.00			32.00			47.00	31.00	
36.00	40.00					50.00		
						65.00	63.00	
41.00	45.00		13.00	43.00				
48.00	31.00		37.00	31.00		49.00	31.00	
24.00	55.00		11.00	49.00		9.00	15.00	
22.00	21.00		25.00	27.00		15.00	8.00	
57.00	60.00					45.00	31.00	
52.00	54.00		47.00	41.00		54.00	43.00	
63.00	78.00					72.00	44.00	
						44.00	50.00	
						52.00	5.00	
35.00	81.00					31.00	14.00	
49.00	55.00					39.00	19.00	
53.00	51.00		30.00	28.00		39.00	18.00	
45.00	36.00		40.00	54.00		19.00	23.00	
43 / 62 / 55	45 / 19 / 64		70.00	76.00		36 / 65 / 14	33 / 11 / 53	
48.00	47.00					7.00	31.00	

17 / 26			18.00	34.00		39.00	39.00	
70.00	84.00		32.00	44.00		83.00	37.00	
45.00	61.00					29.00	30.00	
						40.00	30.00	
			57.00	93.00		53.00	57.00	
21.00	32.00					6.00	20.00	
37.00	53.00					30.00	5.00	
35.00	26.00		39.00	38.00		49.00	30.00	
31 / 30	2.8 / 8	0.5	22 / 32	26 / 10	0.7	29.00	28.00	

Activa INF transversal	Activa INF longitudinal	Activa INF profundidad	Activa DER transversal	Activa DER longitudinal	Activa DER profundidad	Activa IZQ transversal	Activa IZQ longitudinal	Activa IZQ profundidad
40.00	25.00							
			27.00	25.00		27.00	35.00	
52.00	40.00		40.00	54.00		40.00	55.00	
62.00	41.00		57.00	65.00		40.00	57.00	
63.00	30.00		38 / 25	75 / 34		23.00	73.00	
40.00	22.00		10.00	60.00		15.00	68.00	
35.00	15.00							
			28.00			23.00		
51.00				53.00			46.00	
46.00	47.00		60.00	74.00		63.00	77.00	
35.00	42.00		34.00	34.00				
			42.00	32.00		38.00	32.00	
24.00	20.00					24.00	40.00	
26.00	12.00		6.00	28.00		5.00	25.00	
55.00	43.00		49.00	60.00		32.00	42.00	

49.00			43.00	65.00		45.00	59.00	
31.00	38.00							
44.00	4.00							
20.00	10.00					12.00	62.00	
41.00	28.00		28.00	44.00		35.00	29.00	
61.00	37.00					21.00	36.00	
60.00	60.00		63.00	74.00		57.00	78.00	
			30.00	41.00				
			26.00			38.00		
30.00	22.00		31.00	85.00		27.00	20.00	
40.00	36.00			63.00	48.00			
42.00	30.00		33.00	43.00		23.00	44.00	
24.00	30.00		51.00	81.00		32.00	60.00	
4.00	19.00		2.3 / 0.2	2.7 / 3		2.00	30.00	
28.00	5.00		31.00	36.00				
41.00	25.00		37.00	50.00		31.00	46.00	
33.00	31.00		24.00	29.00		26.00	11.00	

Anexo 3. Catalogación y morfometrías absolutas (cantos rodados, piedras e indefinidos)

Ref.	Ítem	Litotipo	Sitio	Lote	Estructura	Conservación	Longitud	Anchura	Grosor
19	CAR	MDS	SH	IB1	5D58	ENT	75.00	73.00	58.00
21	CAR	WKS-MDS	SH	G32	5D73	ENT	170.00	69.00	57.00
300	CAR	MDS-WKS	SH	A43	5D16	ENT	77.00	67.00	53.00
305	CAR	MDS-WKS	SH	A169	5D16	ENT	72.00	66.00	45.00
310	CAR	WKS-MDS	SH	A44	5D16	ENT	70.00	67.00	52.00
355	CAR	WKS	SH	CA144	5D2	ENT	75.00	69.00	63.00
359	CAR	WKS-PKS	SH	CB152	5D7	ENT	146.00	80.00	38.00
418	CAR	WKS-MDS	SH	F214	5D72	ENT	35.00	25.00	24.00
297	IND	GRS	SH	AA78	5D19		70.80	60.60	5.10
402	PIE	-	SH	CA178	5D2		70.20	50.00	50.30

Anexo 4. Catalogación y morfometrías absolutas y técnicas (manos de metate)

Ref.	Ítem	Litotipo	Sitio	Lote	Estructura	Conservación	Longitud	Anchura	Grosor
316	MNO-MUE	WKS-MDS	SH		5D16	ENN-FSM	72.00	62.00	59.00
417	MNO-MUE	WKS-MDS	SH	G57	5D269	ENS	210.00	85.00	68.00
356	MNO-MUE	PKS	SH	A65		ENT	189.00	107.00	99.00
357	MNO-MUE	WKS-PKS	SH	A133	5D16	ENT	183.00	106.00	99.00
376	MNO-MUE	PKS	SH	CA64	5D2	ENT	190.00	91.00	80.00
377	MNO-MUE	WKS-PKS	SH	CA178	5D2	ENT	167.00	65.00	57.00
11	MNO-MUE	WKS-MDS	SH	CA210		ENT	69.00	56.00	42.00
293	MNO-MUE	BAC	SH	G55	5D41	ENT	102.00	62.00	59.00
298	MNO-MUE	WKS-MDS	SH	A101	5D98	ENT	99.00	65.00	40.00
331	MNO-MUE	-	SH	CB76		ENT	126.00	89.00	43.00

327	MNO-MUE	PKS	SH	CA212		ENT	105.00	99.00	101.00
10	MNO-MUE	WKS-MDS	SH	A188		FGM-FGT	61.00	59.00	54.00
320	MNO-MUE	WKS-MDS	SH	AA93	5D19	FGS-END	93.00	70.00	97.00
3	MNO-MUE	MDS-WKS	SH	CA188		FGS-FGT	59.00	61.00	63.00
8	MNO-MUE	WKS-MDS	SH	CA137	5D2	FGS-FGT	35.00	65.00	52.00
30	MNO-MUE	MDS-WKS	SH	I44	5D58	FGS-FGT	46.00	59.00	41.00
43	MNO-MUE	WKS-MDS	SH		5D53	FGT	24.00	55.00	47.00
344	MNO-MUE	WKS-MDS	SH	G56	5D155	FGT	40.00	33.00	53.00
20	MNO-MUE	WKS-PKS	SH	G293		FGT	56.00	40.00	52.00
2	MNO-MUE	WKS-MDS	SH	CA43	5D2	FSM	99.00	63.00	55.00
304	MNO-MUE	WKS-MDS	SH	A75	5D16	FSM	104.00	82.00	62.00
319	MNO-MUE	WKS-PKS	SH	A8	5D16	FSM	92.00	55.00	64.00
404	MNO-MUE	WKS-MDS	SH	A102	5D212	FSM	71.00	60.00	52.00
301	MNO-MUE	WKS-MDS	SH	CA213		FSM	98.00	72.00	58.00
362	MNO-MUE	PKS	SH	CA13	5D2	FSM	108.00	92.00	81.00

ANV X	ANV Y	REV X	REV Y	SUP X	SUP Z	INF X	INF Z	DER Z	DER Y	IZQ Z	IZQ Y
52.00	68.00	55.00	40.00			60.00	58.00	54.00	70.00	52.00	61.00
82.00	155.00	81.00	152.00	72.00	48.00	65.00	63.00	60.00	157.00	60.00	152.00
101.00	170.00	102.00	175.00	87.00	77.00	85.00	79.00	88.00	174.00	90.00	170.00
103.00	182.00	100.00	176.00	100.00	93.00	92.00	78.00	88.00	181.00	92.00	170.00
87.00	180.00	178.00	84.00	72.00	58.00	72.00	64.00	70.00	180.00	70.00	178.00
61.00	158.00	60.00	160.00	53.00	43.00	54.00	46.00	52.00	161.00	48.00	160.00
48.00	64.00	49.00	67.00	50.00	44.00	43.00	46.00	52.00	67.00	55.00	63.00
56.00	100.00	60.00	96.00	61.00	53.00	60.00	53.00	51.00	93.00	52.00	95.00
61.00	100.00	58.00	95.00	62.00	37.00	43.00	29.00	38.00	93.00	37.00	95.00
87.00	121.00	87.00	123.00	83.00	39.00	77.00	30.00	22.00	111.00	32.00	112.00

93.00	101.00	93.00	100.00	95.00	99.00	88.00	88.00	97.00	99.00	97.00	100.00
52.00	60.00	49.00	52.00			61.00	55.00	44.00	59.00	43.00	49.00
58.00	86.00	61.00	74.00	65.00	77.00			86.00	78.00		
54.00	32.00	56.00	41.00	58.00	54.00	66.00	65.00	54.00	56.00	53.00	23.00
60.00	28.00	58.00	30.00	56.00	40.00	65.00	52.00	49.00	29.00	42.00	18.00
54.00	40.00	56.00	41.00	55.00	29.00	37.00	58.00	35.00	40.00	30.00	61.00
53.00	91.00	49.00	84.00	62.00	55.00	46.00	25.00	39.00	95.00	38.00	78.00
67.00	95.00			70.00	47.00					52.00	92.00
52.00	85.00	53.00	91.00	50.00	60.00	37.00	52.00	61.00	93.00	59.00	94.00
53.00	65.00	52.00	62.00	50.00	38.00	59.00	51.00	40.00	60.00	45.00	67.00
69.00	95.00	69.00	95.00	57.00	43.00	64.00	55.00	53.00	95.00	94.00	88.00
86.00	107.00	86.00	105.00	72.00	57.00			70.00	100.00	70.00	103.00

Activa ANV transversal	Activa ANV longitudinal	Activa ANV profundidad	Activa REV transversal	Activa REV longitudinal	Activa REV profundidad	Activa SUP transversal	Activa SUP longitudinal	Activa SUP profundidad
36.00	63.00		55.00	34.00				
69.00	119.00					57.00	40.00	
60.00	147.00					64.00	49.00	
87.00	155.00					73.00	67.00	
68.00	124.00		67.00	119.00		62.00	41.00	
52 / 25	147 / 33	/ 1	53.00	159.00		48.00	35.00	
18.00	63.00		19.00	62.40		15.00	45.00	
50.00	89.00	0.5	45.00	73.00	0.50	60.00	54.00	2.00
52.00	85.00		39.00	81.00		60.00	36.00	
82.00	122.00	1.00	81.00	122.00	2.00	81.00	22.00	

90.00	71.00					61.00	79.00	
51.00	51.00							
47.00	78.00					61.00	69.00	
56.00			60.00			58.00	52.00	
48.00	25.00		41.00	28.00				
41.00	27.00	33.00	27.00	20.00				
46.00	90.00		53.00	97.00		43.00	21.00	
59.00	92.00					60.00	33.00	
/ 10	/ 53	/ 21	/ 19	/ 23		/ 53	/ 47	
43.00	60.00		41.00	52.00		48.00	30.00	
58.00	73.00		52.00	86.00		44.00	26.00	
70.00	100.00					41.00	43.00	

Activa INF transversal	Activa INF longitudinal	Activa INF profundidad	Activa DER transversal	Activa DER longitudinal	Activa DER profundidad	Activa IZQ transversal	Activa IZQ longitudinal	Activa IZQ profundidad
59.00	58.00		55.00	61.00		36.00	57.00	
						20.00	90.00	
69.00	50.00		28.00	103.00				
59.00	47.00		47.00	127.00		35.00	140.00	
47.00	42.00	37.00						
7.00	38.00					5.00	58.00	
55.00	50.00		39.00	83.00	1.00	45.00	76.00	
32.00	22.00							
65.00	16.00		15.00	112.00		15.00	88.00	

78.00	73.00		85.00	75.00		68.00	59.00	
			40.00	59.00				
			48.00	34.00				
17.00	20.00					17.00	55.00	
			2.4 / 1	4 / 4.3				

Anexo 5. Catalogación y morfometrías absolutas y técnicas (percutores)

Ref.	Ítem	Litotipo	Sitio	Lote	Estructura	Conservación	Longitud	Anchura	Grosor
422	PEC	WKS-MDS	SH	F201	5D72	FSM	84.00	70.00	28.00
328	PEC	-	SH	CB153	5D7	ENA-ENS- FGS-ENI- END	103.00	79.00	36.00
307	PEC	WKS-MDS	SH		5D16	ENT	64.00	61.00	57.00
23	PEC-CAR	WKS-PKS	SH	IB8	5D58	FSM	60.00	52.00	44.00
9	PEC-CAR	WKS	SH	CA155	5D2	ENT	91.00	86.00	46.00

ANV X	ANV Y	REV X	REV Y	SUP X	SUP Z	INF X	INF Z	DER Z	DER Y	IZQ Z	IZQ Y
68.00	82.00	67.00	81.00	63.00	19.00	67.00	27.00	20.00	79.00	20.00	77.00
78.00	101.00	72.00	105.00	69.00	20.00	67.00	31.00	25.00	96.00	25.00	93.00
58.00	58.00	56.00	57.00	51.00	45.00	55.00	53.00	55.00	59.00	51.00	57.00
48.00	51.00	49.00	53.00	41.00	28.00	50.00	45.00	33.00	59.00	44.00	52.00
82.00	89.00	82.00	85.00	81.00	43.00	72.00	41.00	43.00	83.00	34.00	81.00

Activa ANV transversal	Activa ANV longitudinal	Activa ANV profundidad	Activa REV transversal	Activa REV longitudinal	Activa REV profundidad	Activa SUP transversal	Activa SUP longitudinal	Activa SUP profundidad
55.00	77.00					30.00	11.00	
68.00	91.00					45.00	17.00	
58.00	58.00		56.00	57.00		51.00	45.00	
53.00	70.00		57.00	64.00		79.00	25.00	

Activa INF transversal	Activa INF longitudinal	Activa INF profundidad	Activa DER transversal	Activa DER longitudinal	Activa DER profundidad	Activa IZQ transversal	Activa IZQ longitudinal	Activa IZQ profundidad
61.00	29.00		9.00	88.00				
55.00	53.00		55.00	59.00		51.00	57.00	
66.00	24.00		23.00	80.00		15.00	76.00	

Anexo 6. Catalogación y morfometrías absolutas (maceradores)

Ref.	Ítem	Litotipo	Sitio	Lote	Estructura	Conservación	Longitud	Anchura	Grosor
32	MAZ	MDS	SH	G4	5D53	FGS-FGT	3,30	4,30	4,20
314	MAZ-ALS	GRS	SH	A8	5D16		5,10	5,70	2,80
405	MAZ-APE	GRS	SH	CA170	5D2	ENT	8,60	5,30	4,50
6	MAZ-ARQ	GRS	SH	CA172	5D2	END-FS-FGT	2,80	6,20	5,50

Anexo 7. Alteraciones funcionales macroscópicas (alisadores)

Ref.	Función ANV	Función REV	Función SUP	Función INF	Función DER	Función IZQ
291	AL	AL	AL	AL-PU	AL	AL
348	AL		AL	AL	AL	AL
335	AL	AL	AL-AR	RO	AL	AL
24	AL-TR-RU	RU	RU	TR-RU	RU	RU
31	PU-AL	PU-RU	PU	RO	PU	PU
282	AL	AL	AL	AL	AL	AL
292	AL	AL/PU	AL/PU	RO	RO	RO
295	AL	TR-PU	TR-PU-E-RO	RO	RO	RO
322	AL	AL	PU	PU	TR	PU
325	AL	AL	AL-AR	RO	AL	AL-AR
336	AL	PU	PU	PU	PU	RO
338	PU-AL	PU	PU	RO	PU	PU
340	AL	AL	AL	RO	AL	RO
361	PU-AL			RO		RO
309	AL	PU	AL-AR	PU-AL	PU-GA-AR	PU-AL

323	AL-ASP	AL-ASP	AL-ASP	AL-ASP	AL-ASP	AL-ASP
5	AL-A	A	AL-A	A	AL-A	A-AL
29	AL-A	A	AL-A	AL-AR-A	A	AL-A
343	A-AL	A	A	RO	AL-A-RB-RT	A
400	AL-A	AL-A	A	A	A	AL-A
364	A-AL	A	A	A	A-AL	A-AL

Anexo 8. Alteraciones funcionales macroscópicas (alisadores-percutores)

Ref.	Función ANV	Función REV	Función SUP	Función INF	Función DER	Función IZQ
22	AL	AL	GO	GO	PU-AL	PU-AL
296	TR-PU-AL	TR	TR-PU	TR-PU	TR-PU-RO-GA	TR-PU-GA-GO
306	AL-GA	GA	GA	GA	GA	GA-GO
308	AL-GA	GA-GO	GA	GA	GA	GA
311	AL	AL	AL-GA	GA	AL-GA	AL-GA
315	AL	AL	GO	RO	RU-RO	RU-RO
329	AL-GA-GO	TR-GA	GA-GO	GA-GO	AR-AL-GA-GO	AL-GA-GO
334	AL	PU	GA-GO	GA-GO	PU	PU
346	AL	AL	GA	RO	GA	AL-GA
349	GA-AL	RO	GA	GA	GO	GA
363	GA-ASP	GA-GO	GA-GO	AL-GA	GA-GO	GA-GO
401	TR/AL	TR/AL	TR/GA	TR/AL	TR/AL-GA	TR
406	TR-PU-GA-GO	TR-PU-GA-GO	TR-PU-GA-AL	EMG	TR-PU-GA	TR-PU-GA
419	AL	TR-GA-GO	GA	GA-GO		GA
420	AL	AL	AL-GA-GO	AL/TR	AL	AL
421	AL	A	GA	GA	GA-GO-TE-A	GA

312	AL-GA	AL-GO	AL-GA-GO	GA-GO	GA-GO	AL-GA-GO
333	PU-AL-GA	A-RU-IR	GA	GO-RO	A-PU-IR-RU	A-RU-IR
347	TR-PU-RA	TR-PU-GA-RA	TR-PU-GA	TR-PU-GA-GO	TR-PU-GA-RA	TR-PU-RA
4	PU-AL	PU-E-RO	AL	GA-AL	PU-RO	PU
7	AL	AL-LI	IR-GO	AL	LI	AL
1	AL-A-LI	A-LI	GO-A-LI	A-LI	A-LI	A-LI
299	AL-GA	A-AL	A-GA-GO	AL	A-AL	A-GA-AL
302	A-AL	AL	A-AL	A-GA	A	A-GA
313	AL-GA	GA	AL-GA	GA	GA-GO	GA
321	A-AL	A	GA-A-LI	A	A-GA	A
339	GA	AL-GA	GA	RO	AL-GA	GA
354	GA-TE-A	AL*-TE-A	GO-GA-TE-A	GO-GA-TE-A	GA-GO-TE-A	AL-GA-TE-A
358	A-AL-GA-GO	A-LI-ASP	A-GA-GO	A-AL-GA	A-LI	A-AL-GA-GO
403	A-GA	A	A-GA	A-GA	AL-GA	GA-GO
330	A-LI	LI	AL-GA-GO	GA-GO	TR-GA	TR-GA
318	AL-GA-GO	A	A-GA	A-GA	AL/A-GA-GO	A-GA
332	AL-A	A	AL-A	AL-A	A-GA-GO	A
303	AL	AL	AL-GA	AL-GA	AL	AL-GA
317	AL-GA-RB-ASP	AL-GA-ASP	AL-GA-ASP	GA-ASP	GA-RB-ASP	AL-GA-ASP

Anexo 9. Alteraciones naturales o funcionales de producción macroscópicas (cantos rodados, piedras e indefinidos)

Ref.	Función ANV	Función REV	Función SUP	Función INF	Función DER	Función IZQ
19	A	A-ASP	A-ASP	A-ASP	A-ASP	A-ASP
21	A-RU	A-RU-IR	A-LI	A-RU	A-RU-IR	A-LI
300	A-LI-RU	A-LI	A-LI	LI	A-LI	IR-A-LI-RU
305						

310	A	A	A	RO	A	A
355	A-ASP	A-ASP	A-ASP	A-ASP	A-ASP	A-ASP
359	A-LI	A-LI	A-LI	A	A-LI	A-LI
418		A	A	A	A	A-RB
297	A	A	A	A	A	A
402	TR-PU-RA	TR-PU-GA-RA	TR-PU-GA	TR-PU-GA-GO	TR-PU-GA-RA	TR-PU-RA

Anexo 10. Alteraciones funcionales macroscópicas (manos de metate)

Ref.	Función ANV	Función REV	Función SUP	Función INF	Función DER	Función IZQ
316	AL-ASP	AL	AL-GA-GO	AL-GA-GO	AL/PU	AL
417	AL	PU-AL	GA-GO	GA-GO	AL/PU	AL/PU
356	TR-PU/AL	TR-PU/AL	TR/GA-PU/AL	TR	TR-PU/AL	TR-PU/AL
357	AL	AL	GA	RO-GA	TR	TR
376	AL-TR	AL-TR	AL-GA	AL	AL	AL
377	AL	AL	AL	RO	AL/PU	AL/PU-RO
11	TR	TR	GA	RO	AL	GA-AL
293	TR-PU/AL	TR	TR/GA	TR	TR-PU-AL	TR-PU/AL
298	TR-PU/AL	TR-PU-AL	IR-GA-GO	IR-GA-GO	TR-PU	TR-PU
331	TR-PU/AL	TR-PU/AL	TR/GA-PU/AL	TR	GA-GO	AL-GA-GO
327	AL	TR-PU	GA-GO	RO	AL	TR
10	AL-RU	AL-RU	AL-RU	RO	AL-GA-GO	GO
320	AL	AL	AL-GA	RO	AL	RO
3	AL-GA	AL-RO	GA-GO	AL-GA	AL	AL-GA
8	AL-RU	AL-RU	GA-GO	RO	TR	TR-AL
30	AL	AL/PU	RO	GA-GO-RO	AL-RU	AL-RU

43	AL	AL	GA	RO	RO	RO
344	AL	AL-RU-RO	GO-GA	RO	AL	RO
20	GA-GO-AAG	AL-GA-GO	GA-GO	RO	AL	RO
2	AL	AL	GA	RO	TR-AL	TR-AL
304	AL-GA	AL-GA	AL-GA	PU-GA-AL	AL-RU-RO	AL
319	AL	AL-GO	GA-GO	RO	AL-GA	PU-RO
404	AL	AL	GA-GO-RO	GA-GO	TR	TR-AL
301	AL-RO	PU	GO	RO	AL-RU	AL-RU
362	AL	AL	GA	RO	TR	TR

Anexo 11. Alteraciones funcionales macroscópicas (percutores)

Ref.	Función ANV	Función REV	Función SUP	Función INF	Función DER	Función IZQ
422	LI-A	LI-ARU	GO/RO	RO	LI-A	LI-A
328	RU	IR-RU	GA*-IR-RU	GA-RU	IR-RU	IR-RU
307	TR/GO-GA	TR/GO-GA	TR/GO-GA	TR/GO-GA	TR/GO-GA	TR/GO-GA
23	GA-AAG	A-LI	IR-RO	IR	A-LI	A-RO
9	AL/A	AL/A	GO-GA	GO-GA	GA-AL/A	GA-AL/A

Anexo 12. Porcentaje elementos traza (muestra arqueológica)

Ref.	Al-Ka	Si-Ka	S-Ka	Cl-Ka	K-Ka	Ca-Ka	Ti-Ka	Cr-Ka	Mn-Ka	Fe-Ka	Ni-Ka	Cu-Ka	Zn-Ka	Rb-Ka	Sr-Ka
A169-305	2.01800	6.80300	1.36200	0.00151	0.0	52.06000	0.0	0.03429	0.04115	0.26200	0.00905	0.00914	0.00726	0.00423	0.03565
A4-299	2.31200	28.77000	1.99400	0.00089	0.0	35.26000	0.0	0.06283	0.07539	2.12100	0.01615	0.01631	0.01422	0.00694	0.03166
A43-300	0.94100	6.23100	0.88010	0.00294	0.0	53.06000	0.07236	0.01498	0.01798	0.37320	0.00331	0.00334	0.00494	0.00235	0.01713
A43-301	1.47700	3.40800	0.64360	0.00092	0.0	55.84000	0.0	0.00734	0.00881	0.09928	0.00281	0.00284	0.00341	0.00161	0.02591
A4-420	2.34590	23.56000	0.68260	0.00036	0.0	8.05200	0.54750	0.21190	0.25420	3.46400	0.00825	0.00833	0.05336	0.00871	0.02914
A44-302	1.94900	46.56000	1.07500	0.00130	0.0	54.20000	0.0	0.01948	0.02338	0.11520	0.01052	0.01063	0.00710	0.00391	0.03268
A58-312	1.35500	3.46300	0.65890	0.00088	0.0	56.31000	0.0	0.00770	0.00924	0.04188	0.00421	0.00425	0.00338	0.00203	0.04315
A58-410	2.22700	-	0.91840	0.00231	0.0	14.55000	0.0	0.35010	0.42020	0.43110	0.05424	0.05479	0.10600	0.01939	0.10190
A75-304	1.23000	4.01900	0.42220	0.00079	0.0	55.89000	0.0	0.00412	0.00494	0.06482	0.00230	0.00232	0.00390	0.00134	0.07238
A8-314	0.85150	2.21300	0.41930	0.00073	0.0	57.45000	0.0	0.01945	0.02334	0.04561	0.00389	0.00393	0.00207	0.00120	0.01647
AA78-297	1.85600	-	1.30800	0.00336	0.0	30.48000	0.0	0.21650	0.25980	0.83260	0.01655	0.01672	0.04264	0.01037	0.11270
AA93-320	0.76720	5.11900	0.37530	0.00078	0.0	56.15000	0.0	0.00988	0.01185	0.08256	0.00101	0.00102	0.00413	0.00053	0.04190
AB129-340	1.24100	4.20400	0.79770	0.00106	0.0	55.01000	0.0	0.03850	0.04620	0.10350	0.00430	0.00434	0.01186	0.00333	0.03287
AB15-424	1.11200	184.30000	0.32440	0.00067	0.00002	3.11400	0.61430	0.10320	0.12390	3.22400	0.00366	0.00370	0.01076	0.03447	0.10750
AB27-335	0.94200	6.56400	0.32770	0.00081	0.0	55.77000	0.01815	0.01029	0.01235	0.09235	0.00089	0.00090	0.00299	0.00060	0.07752
CA104-411	0.90820	2.77000	0.59410	0.00078	0.0	56.63000	0.02241	0.02009	0.02411	0.07275	0.00255	0.00258	0.00260	0.00120	0.02882
CA13-362	0.80000	3.15400	0.29130	0.00083	0.0	57.18000	0.0	0.01070	0.01284	0.09063	0.00142	0.00143	0.00503	0.00098	0.01458
CA137-8	1.97500	2.08900	0.63070	0.00068	0.0	56.48000	0.0	0.01953	0.02344	0.03386	0.00341	0.00344	0.00793	0.00134	0.02522
CA144-355	1.97500	5.83900	0.76090	0.00080	0.0	57.22000	0.0	0.00664	0.00796	0.03421	0.00330	0.00333	0.00328	0.00233	0.01895
CA149-348	0.95540	6.66400	0.29480	0.00073	0.0	55.57000	0.09915	0.01442	0.01731	0.25820	0.00130	0.00131	0.00340	0.00080	0.01380
CA150-330	1.52500	5.89700	0.47650	0.00077	0.0	56.99000	0.0	0.00605	0.00726	0.05353	0.00337	0.00341	0.00584	0.00159	0.02322
CA170-358	2.67800	0.00569	3.46100	0.00335	0.0	21.79000	0.0	0.09999	0.12000	2.23700	0.05664	0.05721	0.03970	0.01831	0.06678
CA170-405	1.15100	4.44900	0.37430	0.00094	0.0	57.50000	0.00853	0.00757	0.00908	0.07178	0.00254	0.00257	0.00322	0.00127	0.01859
CA172-6	1.04900	2.85800	0.26270	0.00083	0.0	57.61000	0.0	0.00616	0.00740	0.06920	0.00109	0.00110	0.00447	0.00038	0.01112

CA188-349	0.99950	3.15000	0.60020	0.00072	0.0	56.35000	0.0	0.04987	0.05984	0.07162	0.00159	0.00161	0.00336	0.00113	0.04743
CA257-364	1.06300	4.72600	0.78270	0.00083	0.0	55.10000	0.0	0.00386	0.00464	0.30740	0.00190	0.00191	0.00366	0.00128	0.02537
CA275-291	1.16500	29.73000	0.16580	0.00058	0.0	8.43800	0.80250	0.08189	0.09827	4.70400	0.00850	0.00859	0.00733	0.00432	0.09549
CA318-4	0.99220	4.71900	0.78740	0.00091	0.0	56.01000	0.0	0.00543	0.00652	0.22540	0.00244	0.00246	0.00323	0.00063	0.02539
CA43-2	1.15400	3.29700	0.53640	0.00085	0.0	57.04000	0.0	0.00599	0.00719	0.05721	0.00190	0.00192	0.00445	0.00111	0.03495
CB152-359	0.81680	3.74200	0.37070	0.00054	0.0	56.69000	0.00204	0.01048	0.01257	0.06817	0.00161	0.00163	0.00418	0.00141	0.04454
CB34-361	0.67790	1.59000	0.54020	0.00039	0.0	56.98000	0.02225	0.01428	0.01714	0.11570	0.00124	0.00125	0.00411	0.00569	0.01929
CB765-343	1.74100	59.20000	2.14900	0.00113	0.0	48.84000	0.0	0.01685	0.10890	0.32290	0.01305	0.01383	0.01148	0.00604	0.06969
CB97-337	1.23700	3.86000	0.99170	0.00097	0.0	56.12000	0.0	0.02549	0.03059	0.08252	0.00601	0.00608	0.01027	0.00293	0.02263
F214-418	0.74600	3.12400	0.28580	0.00078	0.0	56.17000	0.03255	0.00908	0.01089	0.12570	0.00223	0.00226	0.00199	0.00106	0.03493
G54-26	2.57600	-	1.25900	0.00251	0.0	9.85600	0.70650	0.39180	0.47020	1.85500	0.01506	0.01521	0.12140	0.02313	0.07346
M-11	1.12800	8.48100	0.37600	0.00080	0.0	54.26000	0.12590	0.01721	0.02065	0.33430	0.00244	0.00247	0.01606	0.00050	0.01316
M-17	0.95260	2.40800	0.36080	0.00075	0.0	57.02000	0.0	0.01662	0.01995	0.06469	0.00028	0.00029	0.00345	0.00053	0.03599
M-18	0.92390	2.15900	0.31200	0.00085	0.0	57.57000	0.0	0.01619	0.01952	0.02289	0.00081	0.00082	0.00289	0.00073	0.02855
M-2	0.87620	2.71400	0.35520	0.00064	0.0	57.74000	0.0	0.01127	0.01352	0.01909	0.00138	0.00139	0.00295	0.00078	0.02290
M-3	1.03600	1.88500	0.30550	0.00076	0.0	56.91000	0.0	0.01643	0.01972	0.03505	0.00092	0.00093	0.00321	0.00072	0.03980
M-4	1.13200	4.37200	0.32930	0.00041	0.0	57.23000	0.0	0.01546	0.01856	0.06336	0.00079	0.00080	0.00276	0.00065	0.02832
M-5	1.32900	2.27600	0.31530	0.00078	0.0	57.27000	0.0	0.01228	0.01473	0.01857	0.00040	0.00041	0.00245	0.00048	0.03505
M-8	1.16000	3.59300	0.41890	0.00077	0.0	57.58000	0.0	0.01411	0.01693	0.02900	0.00093	0.00094	0.00236	0.00050	0.02692

Anexo 13. Porcentaje elementos traza (muestra geológica ref.)

Ref.	Al-Ka	Si-Ka	P-Ka	S-Ka	Cl-Ka	K-Ka	Ca-Ka	Ti-Ka	Cr-Ka	Mn-Ka	Fe-Ka	Ni-Ka	Cu-Ka	Zn-Ka	Sr-Ka	Rb-Ka
149	1.36200	5.12900	-	0.74130	0.00040	0.0	56.85000	0.02409	0.01393	0.01671	0.05409	0.00136	0.00137	0.00271	0.01815	0.00111
134	0.64750	1.68800	-	0.51280	0.00071	0.0	55.63000	0.00430	0.01521	0.01825	0.24900	0.00072	0.00073	0.00235	0.02050	0.00122
158	0.31410	1.79300	-	0.96250	0.00085	0.0	57.01000	0.00430	0.01106	0.01327	0.12810	0.00154	0.00155	0.00253	0.01994	0.00057
25	2.89300	22.99000	0.23230	2.76600	0.01982	0.14020	20.28000	0.17610	0.18360	0.22030	0.04600	0.01212	0.01224	0.10500	0.05800	-
80	5.66600	9.64200	-	2.59200	0.04647	0.0	48.66000	0.00430	0.01477	0.01773	0.04734	0.00734	0.00741	0.00645	0.03702	0.00385
83	3.20500	8.08000	-	1.54000	0.00139	0.0	54.13000	0.00430	0.0	0.02136	0.18010	0.00674	0.00681	0.00534	0.01300	0.00430
89	2.60100	7.59300	-	1.87100	0.00531	0.0	51.98000	0.05198	0.05844	0.07013	0.07133	0.00948	0.00957	0.01486	0.03890	0.00781
86	1.68400	3.78400	-	1.53500	0.00234	0.0	52.29000	0.00430	0.02330	0.02795	0.23020	0.01046	0.01056	0.01160	0.01893	0.00512
164	1.91100	2.05700	-	0.77110	0.00055	0.0	55.62000	0.00430	0.01007	0.01208	0.07430	0.00114	0.00115	0.00222	0.07630	0.00066
35	2.82600	29.82000	0.08213	1.26700	0.00531	0.33810	18.94000	0.05909	0.27670	0.33200	0.00738	0.00640	0.00646	0.02567	0.03009	-
28	2.40900	18.21000	0.41950	6.72400	0.04817	0.17170	18.64000	0.41180	0.12570	0.15080	0.06656	0.02380	0.02404	0.25010	0.11630	-
30	2.95000	12.09000	0.05771	0.84060	0.00566	0.25350	14.01000	0.07790	0.71420	0.85700	0.00788	0.00492	0.00497	0.02351	0.02448	-
31	2.45100	18.79000	0.08735	1.20100	0.00707	0.04140	22.20000	0.02882	0.03515	0.04218	0.00624	0.00732	0.00739	0.02873	0.03492	-
33	1.83400	19.05000	0.09513	1.33100	0.00699	0.01502	22.46000	0.02399	0.03836	0.04603	0.01277	0.00620	0.00626	0.02597	0.02717	-
EG	3.25700	17.12000	0.08068	1.13400	0.00710	0.11770	20.36000	0.05684	0.21810	0.26170	0.00888	0.00521	0.00526	0.03042	0.03603	-
7	2.03500	20.65000	0.09497	1.35500	0.00714	0.01724	22.55000	0.04274	0.04790	0.05749	0.01420	0.00555	0.00561	0.02618	0.02860	-
12	2.20000	18.43000	0.08318	1.32100	0.00748	0.08015	22.00000	0.03557	0.07417	0.08900	0.01716	0.00610	0.00616	0.02026	0.02807	-
13	3.19300	17.64000	0.08503	1.32600	0.00739	0.04414	21.63000	0.05460	0.09781	0.11740	0.01400	0.00557	0.00563	0.02126	0.02684	-
15	2.76100	24.90000	0.13170	1.79900	0.01094	0.05027	22.46000	0.11130	0.04663	0.05595	0.01570	0.01174	0.01185	0.06278	0.02923	-
53	2.54900	21.08000	0.12630	1.92400	0.01078	0.10170	22.50000	0.08675	0.06254	0.07504	0.02142	0.00953	0.00963	0.05840	0.03781	-
137	1.31700	4.68500	-	0.69240	0.00072	0.0	55.97000	0.00430	0.02216	0.02659	0.07452	0.00260	0.00263	0.00151	0.03447	0.00198
140	1.06500	4.52900	-	0.90050	0.00076	0.0	58.05000	0.00430	0.01240	0.01488	0.01057	0.00073	0.00073	0.00299	0.00689	0.00114
22	2.17100	18.41000	0.07885	1.25900	0.00675	0.03563	22.56000	0.07337	0.05292	0.06350	0.01355	0.00535	0.00541	0.02317	0.02782	-
151	0.81850	2.84500	-	0.81690	0.00045	0.0	58.05000	0.00430	0.01406	0.01688	0.02101	0.00142	0.00144	0.00267	0.00926	0.00209

143	0.69040	0.17900	-	0.33380	0.00026	0.0	58.36000	0.00430	0.00902	0.01083	0.01548	0.00098	0.00099	0.00264	0.01371	0.00047
49	2.55100	20.59000	0.08634	1.34700	0.00719	0.03654	21.91000	0.03230	0.06871	0.08245	0.01059	0.00581	0.00587	0.02965	0.02795	-
51	2.43000	18.32000	0.07478	1.36100	0.00696	0.11460	21.59000	0.00430	0.09957	0.11950	0.01183	0.00565	0.00571	0.02642	0.02658	-
38	2.05200	20.14000	0.08307	1.26700	0.00683	0.03078	21.82000	0.06030	0.10040	0.12050	0.01273	0.00569	0.00575	0.02683	0.02558	-
41	2.29100	20.29000	0.08297	1.34600	0.00657	0.03566	22.32000	0.04269	0.04867	0.05841	0.01573	0.00523	0.00528	0.03000	0.03094	-
47	2.76000	16.81000	0.23560	2.90100	0.02274	0.27720	18.07000	0.18910	0.35630	0.42750	0.04033	0.01376	0.01389	0.16150	0.06623	-
131	1.10200	2.77400	-	0.89340	0.00078	0.0	57.67000	0.00430	0.01007	0.01209	0.01159	0.00096	0.00097	0.00327	0.01994	0.00119
18	2.17100	23.56000	0.41150	5.13300	0.02969	0.19550	20.12000	0.32940	0.06670	0.08004	0.04652	0.02258	0.02281	0.19640	0.10580	-
3	2.48000	18.59000	0.08355	1.28200	0.00751	0.04792	22.38000	0.03975	0.05430	0.06516	0.01636	0.00391	0.00394	0.01591	0.02798	-
5	1.98900	19.05000	0.09149	1.46900	0.00720	0.01340	21.83000	0.05016	0.07743	0.09292	0.01390	0.00684	0.00691	0.02755	0.02947	-
155	0.90750	6.35300	-	0.60930	0.00067	0.0	56.32000	0.00430	0.00895	0.01073	0.12080	0.00156	0.00158	0.00302	0.03573	0.00045
146	1.64700	1.13500	-	0.84890	0.00042	0.0	57.23000	0.00430	0.00822	0.00986	0.02065	0.00158	0.00160	0.00202	0.03784	0.00131
161	2.12400	10.79000	-	0.77110	0.00055	0.0	55.62000	0.28280	0.01101	0.01321	0.05048	0.00123	0.00124	0.00267	0.03637	0.00068
167	1.91100	0.72490	-	0.33570	0.00050	0.0	56.73000	0.00430	0.01007	0.01208	0.08657	0.00112	0.00113	0.00220	0.03727	0.00049

Anexo 14. Tabla de micro-durezas.

Ítem	Ref.	MD
ALS	291 - CA275	492
ALS	291 - CA275	546
ALS	291 - CA275	450
ALS	348 - CA149	535
ALS	348 - CA149	570
ALS	348 - CA149	604
ALS	361 - CB34	299
ALS	361 - CB34	290
ALS	361 - CB34	256
ALS	340 - AB129	522
ALS	340 - AB129	443
ALS	340 - AB129	506
APE-CAR	299 - A4	511
APE-CAR	299 - A4	674
APE-CAR	299 - A4	548
APE-POT	303 - A44	651
APE-POT	303 - A44	677
APE-POT	303 - A44	743
CAR	305 - A169	454
CAR	305 - A169	414
CAR	305 - A169	399
MAZ-ALS	314 - A8	487
MAZ-ALS	314 - A8	550
MAZ-ALS	314 - A8	516
MNO-MUE	2 - CA43	530
MNO-MUE	2 - CA43	662
MNO-MUE	2 - CA43	620
MNO-MUE	304 - A75	546
MNO-MUE	304 - A75	680
MNO-MUE	304 - A75	649
MNO-MUE	301 - A43	633
MNO-MUE	301 - A43	530
MNO-MUE	301 - A43	606
MNO-MUE	404 - CA170	596
MNO-MUE	404 - CA170	599
MNO-MUE	404 - CA170	538
MNO-MUE	404 - CA170	545
MNO-MUE	404 - CA170	552
MNO-MUE	404 - CA170	596
MNO-MUE	288 - CA251	533
MNO-MUE	288 - CA251	639

MNO-MUE	288 - CA251	545
MNO-MUE	8 - CA137	491
MNO-MUE	8 - CA137	427
MNO-MUE	8 - CA137	428
MNO-MUE	362 - CA13	582
MNO-MUE	362 - CA13	637
MNO-MUE	362 - CA13	599
MNO-MUE	362 - CA13	427
MNO-MUE	362 - CA13	445
MNO-MUE	362 - CA13	458
MNO-MUE	320 - AA93	637
MNO-MUE	320 - AA93	690
MNO-MUE	320 - AA93	626