

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE PETÉN
LICENCIATURA EN ARQUEOLOGÍA**



**CARACTERIZACIÓN DE LOS ARTEFACTOS DE PIEDRA VERDE EN
ASENTAMIENTOS DEL SURESTE DE PETÉN**

Roberto Ariel Aguilar Chan

Santa Elena, Flores, Petén, noviembre de 2019

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE PETÉN
LICENCIATURA EN ARQUEOLOGÍA**



**CARACTERIZACIÓN DE LOS ARTEFACTOS DE PIEDRA VERDE EN
ASENTAMIENTOS DEL SURESTE DE PETÉN**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN PRESENTADO AL CONSEJO DIRECTIVO DEL
CENTRO UNIVERSITARIO DE PETÉN DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA**

POR

**Roberto Ariel Aguilar Chan
Registro Académico 201342035**

Santa Elena, Flores, Petén, noviembre de 2019

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE PETÉN
LICENCIATURA EN ARQUEOLOGÍA**



**TEMA:
CARACTERIZACIÓN DE LOS ARTEFACTOS DE PIEDRA VERDE EN
ASENTAMIENTOS DEL SURESTE DE PETÉN**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

POR

Roberto Ariel Aguilar Chan

Registro Académico 201342035

En el acto de investidura como

LICENCIADO EN ARQUEOLOGÍA

En el grado académico de

LICENCIADO

Santa Elena, Flores, Petén, noviembre de 2019

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE PETÉN
LICENCIATURA EN ARQUEOLOGÍA**



MIEMBROS DEL CONSEJO DIRECTIVO

DIRECTOR

Ing. Agr. Zoot. Henry Giovanni Vásquez Kilkán

SECRETARIA

Licda. Wendy Carolina Morales Figueroa

REPRESENTANTES DE DOCENTES

M. A. José Francisco Ochaeta Requena

M.A. José Rómulo Sánchez Polo

REPRESENTANTES DE EGRESADO

Ing. Ftal. Marvin Enrique Rosales Peche

REPRESENTANTES ESTUDIANTILES

PAE Joel Abdías Can Vanegas

PEM Alfredo de Jesús Fuentes Ramos

Santa Elena, Flores, Petén, noviembre de 2019

Santa Elena de la Cruz, Flores, Petén. 9 de septiembre de 2019

Maestra:
Amparo de Jesús Herrera López
Coordinadora Área de Arqueología
Centro Universitario de Petén
Universidad de San Carlos de Guatemala

Estimada Maestra:

Por medio de la presente hago constar que he aprobado el trabajo de graduación de la Licenciatura en Arqueología del estudiante **ROBERTO ARIEL AGUILAR CHAN**, carnet 201342035, el cual lleva como título **CARACTERIZACIÓN DE LOS ARTEFACTOS DE PIEDRA VERDE EN ASENTAMIENTOS DEL SURESTE DE PETÉN.**

El cual he leído y analizado, razón por la cual considero que el estudiante ha cumplido satisfactoriamente con las observaciones.

Por lo cual extiendo la siguiente nota, para que el estudiante pueda continuar su proceso de trámite de graduación.

Sin otro particular, me suscribo de usted

Atentamente,

José Rómulo Sánchez Polo

Licenciado José Rómulo Sánchez Polo
Asesor de Tesis

Rev.
09-09-2019
19:30 hrs.

[Handwritten signature]





Santa Elena, Flores, Petén, 24 de septiembre de 2019

Maestra:

Jesús Amparo Herrera López
Coordinadora Carrera de Arqueología
Centro Universitario de Petén – USAC

Maestra Herrera:

Para su conocimiento y efecto consiguiente, se le informa que siguiendo lo estipulado en el Normativo de la carrera de Licenciatura en Arqueología, se ha revisado y aprobado el trabajo de graduación del estudiante Roberto Ariel Aguilar Chan con No. de registro universitario 201342035, cuyo trabajo se titula, **“Caracterización de los artefactos de piedra verde en asentamientos del Sureste de Petén”**.

Considerando que se han cumplido satisfactoriamente con las observaciones y correcciones, por lo que al no existir ningún inconveniente para que el estudiante Roberto Ariel Aguilar Chan continúe con el proceso del trámite de graduación acordamos firmar la presente.

Sin otro particular, no suscribimos de usted.

Atentamente:

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Mtro. Carlos Humberto Herman de L.
Revisor trabajo de graduación

Lic. José María Penados Ayala
Revisor trabajo de graduación

Licda. Mara Antonieta Reyes
Revisora trabajo de graduación



**CENTRO
UNIVERSITARIO
DE PETÉN**

Universidad de San Carlos de Guatemala
Centro Universitario de Petén
Coordinación Académica

Santa Elena, Flores Petén, 15 de noviembre de 2019.

A:

Ing. Agr. Zoot. Henry Giovanni Vásquez Kilkán

Director del Centro Universitario de Petén

Universidad de San Carlos Guatemala

Su despacho

Asunto: Informe final de Trabajo de Graduación: "**CARACTERIZACIÓN DE LOS ARTEFACTOS DE PIEDRA VERDE EN ASENTAMIENTOS DEL SURESTE DE PETÉN**"

Presentado por: **Roberto Ariel Aguilar Chan**, Registro Académico No. **201342035**, Carné (cui) No. **2726323331703** de la Carrera de Licenciado en Arqueología.

Para que se sirva:

Hacerlo de su conocimiento

Emitir Opinión o Dictamen

Efectos consiguientes.

Atentamente,

Lic. Edy Josué Romero Tzin
Coordinador Académico



Parque Las Estelas, Santa Elena, Flores, Petén. Tel. 7926-2425

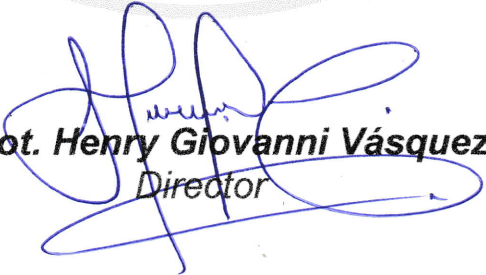
Facebook Oficial: Centro Universitario de Petén - Correo Electrónico. coord.acad.cudep@usac.edu.gt



Asunto: Informe final de Trabajo de Graduación: “CARACTERIZACIÓN DE LOS ARTEFACTOS DE PIEDRA VERDE EN ASENTAMIENTOS DEL SURESTE DE PETÉN**”**

Presentado por: **Roberto Ariel Aguilar Chan**, Registro Académico No. **201342035**, Carné (cui) No. **2726323331703** de la Carrera de Licenciado en Arqueología.

IMPRÍMASE,


Ing. Agr. Zoot. Henry Giovanni Vásquez Kilkán
Director

Santa Elena, Flores Petén, 15 de noviembre de 2019

DEDICATORIA

A mi madre Rosa María, quién me ha apoyado en mis estudios, me ha enseñado a crecer como persona íntegra y capaz de alcanzar mis metas; y de quién heredé el amor por la cultura.

A mis abuelos, Rosa Marina y Raúl, por su apoyo y asistencia en cada situación y en cada momento de mi vida.

A mi hermana, Chelte, para que este trabajo le sirva de inspiración y pueda culminar sus metas a futuro.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a las personas que colaboraron conmigo en la realización de este trabajo, al Lic. Rómulo Sánchez por su asesoramiento en la planificación y elaboración de la tesis, a mis profesores, Mtra. Amparo Herrera, M. Sc. Víctor Menaldo, M. Sc. Carlos Herman y al Lic. José María Penados por sus comentarios y sugerencias para el enriquecimiento de este trabajo. De igual forma expreso sinceros agradecimientos a la Licda. Mara Reyes por permitirme el espacio en el Proyecto Atlas Arqueológico de Guatemala, así como al Lic. José Garrido, a la Dra. Christina Halperin y a la Arqueóloga Miriam Salas, por su disponibilidad y la confianza depositada en mí durante el proceso de investigación.

Agradezco las sugerencias de la Licda. Anaité Méndez que fueron oportunas, y la disposición y total apoyo del Ing. Rudy Torres y del director de este Centro Universitario, el Ing. Henry Vásquez, me facilitaron el uso de equipo de laboratorio, necesario para el análisis y arqueometría de la muestra de artefactos en este trabajo. También agradezco a la estudiante de Ingeniería en Geología, Andrea Soza, por apoyarme con sus conocimientos y recursos para el desarrollo de este trabajo.

Finalmente agradezco de la forma más profunda y sincera a la Dra. Rosa María Chan por su apoyo durante mi proceso de formación académica y por el impulso para el desarrollo de este trabajo de investigación.

Los criterios y opiniones descritos en este trabajo de graduación,
son responsabilidad única del autor.

ÍNDICE

RESUMEN.....	v
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
2.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	4
3. JUSTIFICACIÓN.....	5
4. OBJETIVOS.....	6
4.1 General.....	6
4.2 Específicos.....	6
5. ALCANCES Y LÍMITES.....	7
5.1 Alcances.....	7
5.2 Límites.....	7
6. MARCO TEÓRICO.....	9
6.1 Simbolismo del jade en Mesoamérica.....	9
6.2 La piedra verde en contextos arqueológicos.....	10
6.2.1 Diferenciación de la piedra verde en contextos arqueológicos.....	13
6.3 Caracterización de la piedra verde en Mesoamérica.....	14
6.3.1 Características físicas y químicas.....	15
6.3.1.1 Jadeíta.....	16
6.3.1.2 Serpentina.....	17
6.3.1.3 Anfibolita.....	18
6.3.1.4 Eclogita.....	19
6.3.1.5 Moscovita.....	19
6.3.1.6 Mármol.....	19
6.3.1.7 Pizarra.....	20
6.3.2 Propiedades físico-ópticas de las rocas.....	20
6.4 Fuentes naturales de jade en Mesoamérica.....	22
6.5 Marco conceptual.....	24
6.5.1 Contexto arqueológico.....	24
6.5.2 Conceptos técnicos para el análisis de artefactos.....	25
6.5.2.1 Clasificación y Tipología.....	25
6.5.2.2 Conceptos Teóricos para el Análisis.....	26
6.6 Enfoque teórico de la Arqueología de Sistemas para el análisis.....	28
6.7. Antecedentes de investigación.....	30
6.7.1 Investigaciones previas en el sureste de Petén.....	30
6.7.2 Trabajo efectuado por el Atlas Arqueológico de Guatemala.....	31
6.7.3 Metodología de análisis lítico en el Área Maya.....	32
6.7.3.1 Investigación sobre piedra verde en el Área Maya.....	33
7. MARCO REFERENCIAL.....	34
8. METODOLOGÍA.....	36
8.1 Hipótesis.....	36
8.2 Variables.....	36
8.2.1 Definición conceptual de las variables.....	36
8.2.2 Definición operacional de las variables.....	37
8.3 Población del estudio.....	38
8.4 La muestra.....	38

8.5 Instrumento de recolección de datos.....	38
8.6 Tratamiento de los datos.....	39
9. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.....	40
9.1 Identificación de la materia prima.....	40
9.2 Cálculo de la Densidad Relativa.....	54
9.2.1 Observaciones del cálculo de densidades.....	57
9.3 Análisis de los artefactos.....	58
9.3.1 Hachuelas.	60
9.3.2 Cuentas.....	75
9.3.3 Orejeras.....	78
9.3.4 Mosaicos.....	80
9.3.6 Artefactos del Proyecto Arqueológico Ucanal.....	81
9.3.7 Colgante de jade de Ucanal.....	91
9.4 Sistematización de los datos.....	92
9.4.1 Síntesis de la Herramienta Metodológica.....	92
9.4.2 Posibles aplicaciones de la caracterización sistematizada.....	95
9.5 Discusión	101
9.5.1 La problemática en la caracterización de la piedra verde.....	101
10. COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS.....	105
11. CONCLUSIONES.....	106
12. RECOMENDACIONES.....	110
13. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	112
14. ANEXOS.....	122

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características físicas de la Jadeíta.....	44
Tabla 2. Características físicas de la serpentina.....	47
Tabla 3. Características físicas de la anfíbolita.....	49
Tabla 4. Características físicas de la eclogita.....	51
Tabla 5. Características físicas del mármol.....	52
Tabla 6. Características físicas de la pizarra.....	53
Tabla 7. Densidades conocidas de las piedras verdes.....	56
Tabla 8. Categorías de análisis para artefactos de piedra verde.....	59
Tabla 9. Ficha de caracterización para artefactos de piedra verde.....	94

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ejemplo de roca de malaquita.....	13
Figura 2. Placa de turquesa.....	14
Figura 3. Valle del Motagua Central.....	23
Figura 4. Plano de cuencas del sureste y centro oeste de Petén.....	35
Figura 5. Herramientas para la caracterización de la piedra verde.....	41
Figura 6. Fotografía de una muestra (1-1) de jadeíta, aumento 2x.....	42
Figura 7. Cristales de sílice presentes en muestra de jadeíta.....	43
Figura 8. Cara fragmentada de jadeíta-albita.....	44
Figura 9. Superficie fragmentada de serpentina, aumento 4x.....	45
Figura 10. Superficie de serpentina semicristalizada de Muestra 2-2.....	46
Figura 11. Muestra 2-2 fragmentación ganchosa.....	47
Figura 12. Anfibolita (Muestra 3-1). Fractura irregular.....	48
Figura 13. Aumento 4x en fractura de la anfibolita.....	49
Figura 14. Muestra de eclogita (Muestra 3-1). Fractura irregular.....	50
Figura 15. Aumento de 4x sobre fractura de eclogita.....	51
Figura 16. Fractura de mármol verde vista bajo lente 4x.....	52
Figura 17. Exfoliación de la pizarra.....	53
Figura 18. Proceso de obtención de la masa del artefacto.....	54
Figura 19. Proceso de obtención del volumen del artefacto.....	55
Figura 20. Hachuela L-114 de piedra verde del sitio Mopán 3-Este.....	60
Figura 21. Hachuela L-114, aumento 2x, exfoliación y brillo.....	61
Figura 22. Evidencia de huellas de uso en hachuela L-114.....	61
Figura 23. Percutor L-335 del sitio Ix 'Ek.....	62
Figura 24. Percutor L-334, análisis de fractura y textura.....	62
Figura 25. Hachuela L-399 fabricada en hornblenda, sitio: El Chal.....	63
Figura 26. Inclusiones de granos de hornblenda en hachuela L-399.....	64
Figura 27. Hachuela L-938 del sitio La Lucha.....	65
Figura 28. Hachuela L-938, vista de fractura a 2x.....	65
Figura 29. Hachuela L-945 del sitio Ucanal.....	66
Figura 30. Hachuela L-945, análisis de fractura y textura. Aumento a 4X.....	66
Figura 31. Hachuela L-1387 de jadeíta procedente del sitio Santa Rosa.....	67
Figura 32. Hachuela L-1787, aumento 4x de superficie.....	68
Figura 33. Hachuela de jadeíta L-1781, aumento de 2x de superficie.....	68
Figura 34. Hachuela L-1388 de Ixkun.....	69
Figura 35. Hachuela L-1388, aumento a 4x de área fracturada.....	69
Figura 36. Hachuela L-1493 del sitio El Chal.....	70
Figura 37. Hachuela L-1493, visualización de fractura, textura y brillo.....	70
Figura 38. Hachuela L-1537 de El Chal.....	71
Figura 39. Hachuela L-1537 de fractura, textura y brillo.....	71
Figura 40. Hachuela L-1708 L-1708 de Ixtonton.....	72
Figura 41. Hachuela L-1708, análisis de propiedades físicas.....	72
Figura 42. Hachuela L-2119 de Yachul.....	73
Figura 43. Hachuela L-2119, aumento 2x en fractura.....	73
Figura 44. Análisis de hachuela L-2419 de Ixtutz.....	74

Figura 45. Cuenta L-2355 de Ixtun.....	75
Figura 46. Cuenta L-2355 de Ixkun. Análisis de estructura interna.....	76
Figura 47. Cuenta L-2355, análisis de estructura interna, aumento 4x.....	77
Figura 48. Orejera L-255 de Ixtonton.....	78
Figura 49. Aumento 2x en orejera de Ixtonton.....	79
Figura 50. Orejera de Ixtonton, análisis de fractura.....	79
Figura 51. Mosaico L-411, sitio: Ixkun.....	80
Figura 52. Aumento 2x en mosaico L-411 de Ixkun.....	80
Figura 53. Equipo de análisis para muestras de Ucanal.....	81
Figura 54. Análisis comparativo de artefactos de piedra verde.....	82
Figura 55. Colgante antropomorfo de la operación 1 de Ucanal.....	83
Figura 56. Cuenta tubular de la operación 6 de Ucanal.....	84
Figura 57. Aumento 2X de sección cristalina de la cuenta 346 de Ucanal.....	85
Figura 58. Afloramiento de cuarzo en cuenta 346 de Ucanal.....	86
Figura 59. Detalle bajo microscopio de cuenta de jade grisáceo de Ucanal.....	87
Figura 60. Cuenta esférica del Lote 360 de Ucanal.....	88
Figura 61. Fotografía bajo microscopio de la estructura de cuenta.....	88
Figura 62. Orejeras del lote 2154 de Ucanal.....	89
Figura 63. Detalle bajo microscopio de estructura de orejeras de Ucanal.....	90
Figura 64. Detalle de sección albítica en orejera de Ucanal.....	90
Figura 65. Colgante de jade de Ucanal.....	91
Figura 66. Procedencia de las muestras analizadas.....	95
Figura 67. Muestras de artefactos analizados, clasificación por familias.....	96
Figura 68. Relación entre materia prima y artefactos analizados.....	96
Figura 69. Contextos asociados a elementos ornamentales.....	98
Figura 70. Tipos de hachuelas identificadas en la muestra de piedra verde.....	99
Figura 71. Relación entre materia prima y uso del artefacto.....	100

RESUMEN

La caracterización física de los artefactos de piedra verde se realiza a través del análisis de las propiedades ópticas y físicas con la ayuda de herramientas como un micro-estereoscopio y la identificación de características como la fractura, la textura, el brillo, la traslucidez y la densidad relativa. El conocimiento de la materia prima es importante para identificar la relación entre la calidad de los artefactos con el contexto arqueológico en que se utilizaron. La clasificación sistemática permite diferenciar los usos de la materia prima por tipo de artefacto, tomando en cuenta aspectos tanto geológicos como arqueológicos, donde se identifican las cualidades para el análisis por clase, categoría, familia y tipo. Una metodología como sistema de análisis permite observar dichas variables como un conjunto, pues cada elemento es información que funciona ligado a otro y permite una visión más amplia en la interpretación arqueológica, permitiendo de esta manera un análisis sistémico. Como resultado de esta investigación se contribuye en el desarrollo de una metodología que permita la identificación de la categoría piedra verde, con la finalidad de disminuir la ambigüedad del término durante la clasificación arqueológica. Tomando como base una muestra de artefactos procedentes de diversos asentamientos del sureste de Petén.

Palabras clave: caracterización, piedra verde, jade, serpentina, clasificación, método, herramienta, sistemático.

1. INTRODUCCIÓN

El jade como materia preciosa tuvo gran importancia en la cultura prehispánica mesoamericana, considerada como un bien de lujo, exótico y escaso, en comparación a los artefactos de otros materiales de la industria lítica. Este material fue asociado al agua y a la vida, por lo que su carga simbólica terminó convirtiéndolo en un bien apreciado en las esferas políticas y religiosas. Pero, este simbolismo heredado de generación en generación, pudo tener también importancia más allá de la élite gobernante, surgiendo un jade cultural como un ideal de lo que simboliza la piedra preciosa, aunque físicamente representada por artefactos de otro material, denominados en la arqueología maya como la categoría de análisis “piedra verde”.

La presente investigación se focaliza en la realización de un análisis sobre la caracterización física de la piedra verde, un término general que engloba una serie de minerales dentro de la industria lítica; y cuya ambigüedad en la metodología de análisis ha provocado confusión dentro del ámbito arqueológico. Este término se ha utilizado para evitar la clasificación imprecisa del material lítico conocido como jade y sus derivados. A raíz de lo anterior, surge una problemática metodológica obviando información que este tipo de artefactos pueda proporcionar a la investigación.

De esta forma, la relevancia de este trabajo radica en la consideración de aspectos tanto físicos como arqueológicos en una herramienta metodológica; por lo tanto, en la importancia del contexto arqueológico como variable relevante, pues está asociada a la caracterización física, dando la pauta general de un artefacto dentro de un estrato social y temporal.

Por otra parte, para el análisis macroscópico se toman en cuenta los rasgos físicos del artefacto: forma, color, pulido, peso, translucidez, brillo, volumen, etc.; los cuales corresponden a la materia prima y tiene relación con el tipo de artefacto, así como la categoría de uso que desempeñaron los artefactos en una sociedad determinada. Estos se pueden medir de forma cuantitativa o cualitativa, por lo que representa un interés académico al momento de implementar la arqueometría en la interpretación de datos arqueológicos.

Al enfocarse en las mediciones de las características físicas de la piedra verde, no se abarca de manera profunda en el examen químico, relegándose al plano de la documentación ya existente, fundamental para entender la composición de cada material, pero que en este trabajo funcionará para tener un antecedente y no como método comparativo. La comparación en este caso se realizará haciendo énfasis en la morfología de la pieza, pues se trata de un análisis que cualquier proyecto arqueológico podría llegar a realizar con la documentación adecuada.

La investigación de la problemática metodológica en el proceso de caracterización surge a raíz del interés por correlacionar los diferentes tipos de piedra verde, con las características y variables mencionadas, discutiendo a su vez, la relación del artefacto con el contexto del hallazgo, de esta manera, justificando el desarrollo de un instrumento metodológico aplicado al tema. Para ello se utiliza una muestra de la colección del Atlas Arqueológico de Guatemala, y material recuperado por el Proyecto Arqueológico Ucanal, las cuales presentan artefactos provenientes de distintos asentamientos del sureste de Petén, asociados a distintos horizontes cronológicos.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Durante el transcurso de las investigaciones arqueológicas se encuentran diversos artefactos de material lítico, procedentes de vastas zonas geográficas debido a la actividad comercial y artesanal de manera local, regional y de intercambio a larga distancia. Estos materiales deber ser examinados con minuciosidad a partir del contexto arqueológico documentado al momento de su recuperación en campo, de esta manera se registra previamente las primeras variables de la catalogación del material conocido generalmente como “piedra verde”, la cual en la actualidad esta categoría generaliza o engloba de forma superficial los distintos minerales que difieren en su origen geológico.

Esto representa una problemática de sumo interés, ya que el nombre “piedra verde” refiere a gran variedad de tipos de artefactos, elaborados en distintos materiales líticos, existiendo diferencias físicas evidentes entre unos y otros. Esta situación lleva a una ambigüedad en cuanto a la divulgación científica, nombrando indiscriminadamente “jade” a todo aquel material que se le parezca. Por lo tanto, la interpretación de los artefactos de piedra verde, está limitada por la metodología de análisis utilizada, así como su relación con el contexto arqueológico.

En muchas ocasiones, los materiales coinciden únicamente en color y contexto arqueológico, siendo las características físicas, una de las variables que causa confusión al investigador al momento de la clasificación. La escasa diferenciación durante el análisis de dichas características sufre la pérdida de información cultural sobre un artefacto y su origen. Todo ello conlleva a una interpretación parcial y aislada, pues se trabaja sobre artefactos con una caracterización generalizada; dejando a un lado las implicaciones teóricas de la misma.

2.1 Definición del problema

El análisis de los restos materiales debe ir sujeto al análisis del contexto arqueológico, dentro de estos, el de los artefactos es sumamente importante pues de este contexto se determina la actividad social a la que el objeto estuvo asociado, identificando por lo tanto el uso y función que se le pudo dar. Se entiende por contexto, el horizonte espacial y temporal en que se ubica el hallazgo dentro de un yacimiento arqueológico. De esta manera se puede llegar a una suposición estimada de la importancia que un artefacto dentro de un sistema social, en este caso, con una muestra variable de diversos sitios del sureste de Petén.

Entre los restos materiales se encuentran los artefactos líticos de piedra verde, los cuales generan gran interés debido a sus características cromáticas, presentando diversidad de tonalidades. Aunque generalmente se les denomina “*jades*”, en la realidad es una categoría que engloba a toda una gama de minerales de diferente origen geológico, entre ellos la jadeíta y sus variantes, diópsido jadeíta, cloromelanita, serpentina, moscovita, entre otras. El problema en la documentación, es que el investigador generalmente realiza una identificación generalizada de “piedra verde”; esto sucede con el fin de evitar la clasificación del material dentro de un estado de imprecisión.

Sin embargo, estas condiciones en el proceso de análisis permiten perder una considerable cantidad de información, en relación a las características físicas de la roca. Estas características equivalen a las propiedades inherentes del mineral, como el color, tonalidad, translucidez y brillo, así como a sus propiedades de artefacto, como la morfología y la técnica de pulido de la pieza.

Esto, además, junto a la información de contexto arqueológico puede referir el nivel de importancia cultural, religiosa o estatus social de las personas que lo utilizaron en su momento determinado, pues supone que esa importancia sobre el uso se haya dado, debido a su coloración y tonalidad sin distinción mineralógica con bases en su cosmogonía o que existió una distinción entre los distintos tipos de piedra verde y por lo tanto en los tipos de jade.

3. JUSTIFICACIÓN

Con la elaboración de este proyecto de investigación se aporta a través de la caracterización física los tipos de piedra verde, confundidos generalmente con jade y sus derivados. Asimismo, delimitar las diferencias visibles que permitan identificar una metodología para la clasificación de artefactos de piedra verde procedentes de contextos arqueológicos determinados para el sureste de Petén. De esta forma, se hace énfasis en la distinción de la materia prima para complementar la interpretación del uso sociocultural prehispánico.

Adicionalmente, la categorización de la piedra verde proporciona una descripción más detallada y precisa de los tipos de rocas. Esto se realiza porque la debida clasificación de la materia prima supone establecer no solo el tipo de mineral documentado, si no también implica el conocimiento de la sociedad en estudio, de la identificación de las posibles fuentes de extracción, las redes de intercambio y su presencia dentro de la organización social y económica prehispánica de los sitios del sureste de Petén, así como a todos aquellos aspectos en los que la interpretación se ve intrínsecamente ligada a la correcta caracterización.

A su vez, es importante el desarrollo de una herramienta de análisis que contemple tanto las características físicas, como las arqueológicas de las piedras verdes, para auxiliar en el proceso de una caracterización sistemática que genere una mejor interpretación de los materiales. Pues de la identificación de la materia prima, proceden las demás categorías de análisis y la caracterización geológica de los artefactos condiciona su posterior interpretación.

4. OBJETIVOS

4.1 General

Caracterizar los artefactos de piedra verde identificada en sitios arqueológicos del sureste de Petén, a partir de las características físicas de la materia prima.

4.2 Específicos

- Identificar los principales tipos de roca presentes en los artefactos de piedra verde de la colección del Proyecto Atlas Arqueológico de Guatemala.
- Analizar las propiedades físicas y ópticas de la materia prima que permitan establecer diferencias entre los materiales de los artefactos arqueológicos de la muestra seleccionada.
- Proponer una herramienta metodológica para la caracterización de la piedra verde como material de investigación dentro de un contexto arqueológico controlado.

5. ALCANCES Y LÍMITES

5.1 Alcances

El análisis adecuado de la piedra verde debe realizarse durante el transcurso de la investigación arqueológica, desde la etapa de campo con la descripción del contexto, hasta su análisis detallado en gabinete. El conocimiento adquirido con la recopilación bibliográfica deberá ser complementado con la experimentación del trabajo de laboratorio que consiste en la identificación, descripción y clasificación tipológica del material lítico denominado “piedra verde”.

Para representar un resultado funcional del proyecto, se utilizó la colección de materiales líticos, recolectados por el Atlas Arqueológico de Guatemala, en los sitios arqueológicos del sureste de Petén, siendo estos: : Ix Ek, Mopán 3-Este, Ixtonton, Calzada Mopán, Ixkun, Machaquilá, Cueva Balamn Na, Laguna La Gloria 1, Santa Rosa, El Chal, Pueblito, Chan K'ix, Nuevas Delicias 1, Laguna Perdida 2, Yachul, Ixtutz, Ell Muxanal, Sacul, Curucuitz, Sacul 1, La Lucha y Ucanal. El laboratorio está ubicado en el municipio de Dolores, Petén. En adición, se analizaron artefactos de piedra verde prestados por el Proyecto Arqueológico Ucanal.

Al utilizar la colección de artefactos de piedra verde del Atlas Arqueológico de Guatemala y del Proyecto Ucanal, este último ubicado en la misma región, se enfocan los resultados de la investigación para la información regional del contexto territorial y arqueológico del sureste de Petén.

5.2 Límites

La propuesta abarca la clasificación de materiales, únicamente del tipo “piedra verde”, siendo aquellos artefactos líticos que suelen denominarse como “jade” de forma genérica. Independientemente de la delimitación temporal en contexto de fabricación y uso, se aplicó y extrapoló la prueba a cualquier caso de un determinado contexto arqueológico.

Dentro de la rama del análisis del material “piedra verde”, se distinguen diferentes tipos de jade que corresponden a una clase geológica y está representada por variedades similares a la observada durante el análisis de otros materiales, como la obsidiana, es decir, basándose, en características físicas como el color, el brillo, translucidez y tono; y no tanto en las características químicas del material. Información que se interpreta en adición al contexto arqueológico de la pieza, para determinar el uso e importancia en determinado nivel espacio-temporal registrado.

6. MARCO TEÓRICO

6.1 Simbolismo del jade en Mesoamérica

La piedra verde como se le denomina al jade en el ámbito arqueológico, es un término genérico que engloba una diversidad de minerales relacionados entre sí por su familiaridad visual y química con el jade, el cual es incluido en el mismo. Pero, el término hace referencia a una muestra que contiene ejemplares de diferentes minerales, que además del jade, hace presencia en la serpentina, el cuarzo verde, la andesita, la moscovita, y otros materiales que tornan su coloración verde debido a la presencia de cobre en su composición química.

Este término, surge en Francia a partir de la derivación lingüística del término “piedra de ijada”, utilizado por los cronistas españoles alrededor de los siglos XVI y XVII (Olmedo y González, 1986, p. 75); a este se le atribuían funciones medicinales. Pero al contrario de lo que se supone, la piedra se conoció en Europa a través de América y no por el comercio con China (Palmer, 1967). A partir de esto, se utiliza este nombre para aludir a todas las piedras verdes procedentes de América (Foshag, 1957, pp. 9-10). Este material presenta dos variaciones a nivel global, la jadeíta y la nefrita, siendo la primera, la de origen mesoamericano.

El jade como materia prima, representa el ideal original del “jade precioso”, pero otras piedras verdes y de consistencia similar, podrían sustituirlo, y poseer un simbolismo idéntico, describiéndose como el “jade cultural”, pues desempeñaría la misma función social (Coggins, 1998, p. 249). Según Hammond (1991, p. 8), el jade era valorado en épocas prehispánicas, por el significado de su color, el cual simbolizaba el agua y el maíz, para los mayas estos aspectos tenían valor vital, pues eran la base de la vida. El color verde, guardaba semejanza con el crecimiento de la planta de maíz, su principal fuente de alimentos. Este hecho parece derivar en la utilización de las hachas de piedra verde para desbrozar la maleza y preparar terrenos para el cultivo (Taube, 2007, p. 45).

En una categoría simbólica a nivel mesoamericano, se ha representado al jade como cuatro mazorcas rodeando a una posición central, recreando al llamado *axis mundi* y los cuatro puntos cardinales. Esto se relaciona con la metáfora del mundo creado y ordenado como una milpa con cuatro lados (Taube, 2007, p. 44).

Es posible que, debido a su cercanía con la región olmeca, los mayas tomaran su simbolismo y lo desarrollaran con el tiempo. Teóricamente se ha interpretado la importancia del jade en las sociedades a través de diversas posturas, más allá de la asociación directa con la tierra y la fertilidad de la misma, el jade posteriormente también toma la atribución como representación del aliento; como un elemento parecido a una cuenta delante de la nariz; ejemplificado en la realidad como una cuenta depositada sobre la boca de los fallecidos (Taube, 2005).

Este sistema de creencias, fue heredado hasta convertirse en valores sociales caracterizados por el misticismo. En determinado momento este valor aumenta, debido a la escases relativa del material, pues se trata de un bien exótico y con una sola fuente regional conocida hasta el momento. El incremento del valor condiciona este material como un elemento de lujo y prestigio, conformando una dinámica social y comercial alrededor de la materia prima, generando también una industria, tanto en términos sociales y comerciales como en términos arqueológicos.

Aparentemente, a partir del 500 d.C. al 800 d.C. se adquiere un fuerte valor del jade como legitimador de rango social, y es usado como adorno corporal con una función mágico-religiosa (Rojas, 2013, p. 106). Es entonces que el jade alcanza un nivel simbólico de alto estatus, usado por grupos que ejercían el control. Esto ocurre en sociedades que cuentan con excedentes económicos significativos, apareciendo personas dedicadas exclusivamente al trabajo de este material.

6.2 La piedra verde en contextos arqueológicos

Los hallazgos arqueológicos en las Tierras Bajas Mayas concluyen que el jade, así como otros materiales que no son propios de la región, pertenece al grupo de bienes de prestigio, a pesar de que no existen evidencias de que los artesanos de este elemento, fueran controlados por la élite. Es posible, que los artesanos que trabajaban el jade, lo hicieran en talleres de especialización (Soto, 1986, p. 60). Fowler (1991, p.

5) menciona que la producción especializada pudo darse en contextos residenciales, al trabajar a tiempo completo para la clase elitista. Basado en los estudios realizados, no existe evidencias que indiquen que existía un control de la élite sobre esta industria, los artesanos ejercían este oficio ofreciendo sus productos a clientes especializados.

A pesar de lo anterior, la producción de bienes exóticos pudo ser dependiente de las élites, por la posibilidad de medios indirectos sobre el control de extracción, para la obtención de la materia prima (Kovacevich, et al. 2001, p. 3). A partir de esto se crea una dinámica social en la que los artesanos y comerciantes de materiales exóticos entran en un sistema centralizado del mercado.

Existe una serie de contextos arqueológicos, en los que se ha identificado la piedra verde como elemento asociado estos artefactos; pero, entre ellos destaca el contexto funerario, dónde se suele encontrar el jade de diversas formas especiales, como es el caso de la Tumba 08-01 del edificio Oropéndola de la acrópolis de Copán, en la que se encontraron dos cuentas talladas con motivos religiosos (Agurcia y Pérez, 2016, pp. 96-97). Otro ejemplo importante, se puede mencionar la figurilla del entierro 39 de Waka'-Perú; donde se ve a la reina llevando un tocado con una máscara de mosaicos de jadeíta (Navarro-Farr, et al., 2016, pp. 35-36). En el mismo sitio se encontraron adornos de jade tallados con un retrato del individuo enterrado y un tubo de piedra verde con el árbol del mundo en su superficie.

La importancia en cuanto a la presencia de la piedra verde en los entierros está en que la distribución no parece ser al azar (Rathje, 1970, pp. 359-374), pues la riqueza en la vida se correlacionaba con la riqueza de los bienes funerarios.

En algunos casos, la piedra verde como materia prima de alto valor, suele estar asociada a otros materiales exóticos como la concha marina o la obsidiana, caso que suele destacarse en los objetos de alto valor artístico como las máscaras funerarias, asociadas a personajes de alta jerarquía. Entre las máscaras más famosas se encuentran la de Yuknoom el Grande, de Calakmul, la máscara de K'inich' Janaab' Pakal I en Palenque, la máscara del entierro 160 de Tikal y la de Río Azul que representa a la deidad solar K'inich' Ajaw, entre otras.

Pero, el jade también está presente en ofrendas, tomando de ejemplo nuevamente Copán (Agurcia y Pérez, 2016, p. 88), que constaba de una cuenta de gran tamaño de jade, sobre una capa brillante de cinabrio dentro de dos valvas de concha marina (Gordon, 1896, p.21). Así como en otros asentamientos, en Cival, también se han localizado hachas de piedra verde en ofrendas de dedicatoria (Estrada-Belli, 2016, p. 58). A lo que hay que sumarle los hallazgos en Ceibal, de 12 hachas de piedra verde (Triadan e Inomata, 2016, p. 28) asociadas a la primera etapa (preclásico medio) del sitio, las cuales fueron depositadas de manera similar a la tradición olmeca, quienes posiblemente heredaron esta tendencia; pues en el mismo sitio, ubicaron una ofrenda de piedra verde con forma de “cuchara” (Triadan e Inomata, 2016, ídem), apreciando que la utilización de artefactos de piedra verde se transmite desde la práctica olmeca, alrededor del 800 a.C.

Existen en contextos arqueológicos, ejemplos de artefactos de piedra verde reutilizados, que fueron manipulados por una cultura y reacondicionadas por otra, como es el caso de un pectoral en altoprelieve olmeca de cuarcita verde (Coe, 1966), retrabajado a posterior por una tradición maya 500 años después. Este objeto plasma la adopción maya de valores culturales olmecas (Coggins, 1998, pp. 249-250). Es interesante agregar, que se ha encontrado jade y otras piedras verdes dentro de contextos religiosos, como ofrendas en el Cenote de los Sacrificios de Chichén Itzá, los cuales consistían en artefactos de diversos usos; como placas, figurillas, cuentas, discos, colgantes, narigueras, orejeras, y demás indumentaria. Estos objetos procedían de estilos de diversas zonas, entre ellas, las tierras altas de Guatemala, la Costa Sur y la zona de Oaxaca (Coggins y Shane, 1984).

Otro de los contextos específicos dónde se ha encontrado piedra verde, son las “áreas de actividad especializadas”, los cuales son “espacios dónde se llevaron a cabo acciones específicas” dentro de la estructura social de una comunidad (Soto, 1986, p. 59). Puede estar constituida por talleres que también son definidos por Clark (1981) como un espacio más abierto dentro de un sitio. Estos talleres se caracterizan por especializarse en la producción de artefactos; en algunos casos, dentro de un mismo

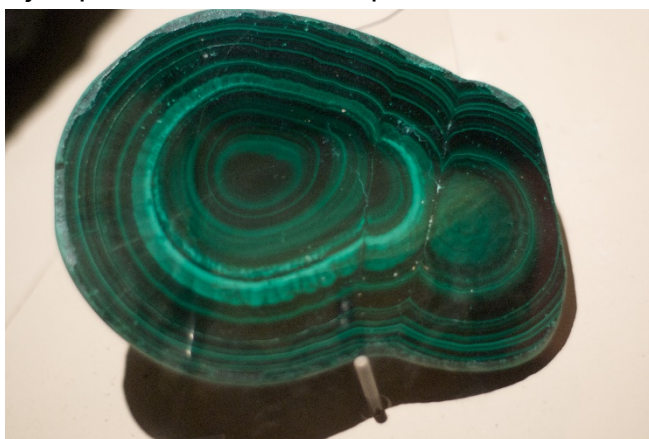
taller, están representados todas las etapas de manufactura del artefacto, evidenciándose por el hallazgo de dichos artefactos.

Los talleres de piedra verde en Guatemala se han asociado fundamentalmente, a los sitios cercanos al valle del Motagua Medio (Foshag y Leslie, 1955, p. 81), pero el más importante de ellos parece ser el asentamiento de Guaytán, según Smith y Kidder (1943, p. 165). También se han identificado talleres de jade en la región de Río Hondo, que incluyen áreas extensas con sobrantes, preformas y yunques de jadeíta (Romero et al., 2005, p. 18).

El jade se ha identificado en zonas no-elitistas dentro de un sitio arqueológico, como menciona Kovacevich (2002, p. 1343) en contextos habitacionales, esencialmente durante el preclásico tardío y el clásico temprano (Moholy-Nagy, 1997; Guderjan, 2007). Este hecho demuestra la existencia de posesión de este material entre los estratos sociales más bajos. Aunque se han encontrado en menores cantidades y posiblemente con representaciones de menor calidad.

6.2.1 Diferenciación de la piedra verde en contextos arqueológicos.

Figura 1
Ejemplo de roca de malaquita.



Fuente: (Creative Commons, 2019).

El primer paso para el análisis de la piedra verde consiste en diferenciar la diversidad “tipos” de rocas que componen esa agrupación de artefactos, tomando en cuenta aquellas rocas de aparición frecuente en los contextos de investigación en yacimientos arqueológicos mayas. A partir de esto, son considerados como relevantes, aquellos materiales a los

que suele confundírsele debido a su similitud física, por lo tanto, no se incluyen dentro de “piedra verde” a rocas como malaquita (Figura 2) o turquesa (Figura 3), las cuales presentan características físicas claramente distintivas.

Figura 2
Placa de turquesa con
la matriz expuesta



Fuente: (Creative Commons, 2019).

Ambas rocas quedan definidas por características inconfundibles, como es la superficie con bandas radiales y concéntricas en diferentes tonos de verde (Bonewitz, 2012, p. 154). De similar forma, la turquesa se identifica rápidamente por el color que le da su nombre, en tonalidades de azul cielo a verde.

Dado lo anterior, para este trabajo se reconocen los diferentes tipos de piedra verde arqueológica como los siguientes: jadeíta, serpentina, anfibolita, eclogita, y en menor medida, moscovita, mármol y pizarra; los cuales serán expuestos más adelante.

6.3 Caracterización de la piedra verde en Mesoamérica

Para poder determinar lo que se conoce como jade, se debe aclarar que arqueológicamente consiste en el material vinculado al término piedra verde, el cual es conocido por sus características físicas anteriormente mencionadas.

Tomando en cuenta que hasta el momento solo se conoce un yacimiento mesoamericano de jadeíta, la cual es la variante americana del jade como término global, a partir de los trabajos realizados en muestras recuperadas por diversos investigadores, se puede resumir lo siguiente:

A partir de 1957, Foshag desarrolla un análisis químico de varios ejemplares de jade recuperados de contextos arqueológicos, encontrando jadeíta, diópsido-jadeíta y cloromelanita, tres variedades químicas de la jadeíta pura. Además, realiza un estudio de índices de refracción y patrones de difracción con rayos x, encontrando, en una muestra mucho más grande; diópsido-jadeíta, jadeíta albítica y cloromelanita. Estas variedades no implican diferencias mineralógicas, pues Foshag (1957) explica que, aunque existan variedades de jadeíta, éstas pueden provenir de una misma fuente.

Según Harlow (1993), la variación dentro de la fuente del Motagua puede dar cuenta de la variación de artefactos en el clásico maya.

En 1968, tomando muestras de piedra verde localizadas en Monte Albán (Mirabell, 1968, p. 95), el análisis químico caracterizó las muestras del yacimiento como dióxido-jadeíta. Posteriormente, Hamond (1977, p. 63) y su equipo, realizan un estudio en una muestra proveniente de una ofrenda de Nohmul, Belice, identificando piezas de jadeítas, todas provenientes de un mismo bloque, demostrando que, por sus características metamórficas, a pesar de ser mineralógicamente diferentes, diversos fragmentos de jadeíta y sus derivados pueden surgir de un mismo bloque o núcleo.

Otros estudios de caracterización química más recientes sobre piezas de jade en Cancuén, donde se utilizó extracción con láser plasma acoplado inductivamente con espectrometría de masa, realizado por Héctor Neff (Kovacevich, et al., 2005) para determinar fuentes de extracción, no son concluyentes con sus datos. El último trabajo publicado sobre el tema corresponde al análisis y categorización de los artefactos de piedra verde en Nakum (Rusek, 2014), quien enfoca esfuerzos en asignar categorías para la clasificación arqueológica de los artefactos, es decir, se realiza un análisis basado en formas y funciones.

6.3.1 Características físicas y químicas.

Dado lo expuesto en puntos anteriores, se ha mencionado que para este trabajo se consideran como piedra verde, aquellos tipos de rocas con presencia relevante dentro de yacimientos arqueológicos mayas, dichos elementos serán expuestos a continuación, detallando sus características físicas y químicas conforme los fines de este trabajo.

Para poder entender la diversidad de rocas y minerales propuestas, se procede a establecer las diferencias en su terminología, entendiendo por lo tanto como mineral una sustancia de origen natural con composición química definida, generalmente sólido y con determinada estructura cristalina, la cual varía entre uno y otro (Dyar, et al., 2007). La mayoría de los minerales están químicamente compuestos por dos o más elementos químicos; como el cobre, el azufre, oro y plata.

Por su parte, una roca es una cohesión sólida de uno o más minerales, con propiedades químicas y físicas definidas, agrupadas de forma natural (SGM, 2017). Las cuales, a su vez se clasifican según su modo de formación, siendo estas: ígneas, sedimentarias y metamórficas; y cada una, agrupan a una variedad de tipos de rocas que difieren por su textura y composición.

Continuando lo anterior, las rocas ígneas son formadas por el derretimiento de la roca, llamado magma; cuando este se solidifica bajo tierra son creadas las rocas intrusivas como el granito, en cambio cuando son enfriadas en la superficie se producen rocas extrusivas como el basalto (Bonewitz, 2012, p. 26). Por otra parte, las rocas sedimentarias, como la caliza y la arenisca, se forman por la acumulación de los sedimentos sólidos en la atmósfera.

Las rocas metamórficas corresponden a aquellas rocas que nacen a partir de otras, como consecuencia de ser sometidas a intensas temperaturas, presión y ambiente químico, lo que se conoce como los tres agentes de metamorfismo (Duque, 2017, pp.1). Generalmente los nuevos arreglos químicos de la roca resultante de un metamorfismo, obtiene mayor compactación en su estructura, debido a las altas presiones subterráneas.

A raíz de lo explicado con anterioridad, para efectos del presente trabajo, a continuación, se exponen los tipos de roca metamórfica denominados en contextos arqueológicos como piedra verde:

6.3.1.1 Jadeíta.

Según la guía de identificación de rocas y minerales del Museo Smithsonian (Bonewitz, 2012), la jadeíta es un mineral del grupo de los piroxenos, y uno de los dos compuestos conocidos como jade, siendo la otra la nefrita. La jadeíta pura es de color blanco. Algunos especímenes pueden ser de color verde debido al hierro, lilas debido al manganeso y el hierro, o incluso variar en tonalidades de rosa, púrpura, café, rojo, azul, negro, naranja o amarillo por la inclusión de otros minerales.

La jadeíta está compuesta por cristales granulados entrecruzados, presentando una textura granulada o azucarada, también llamada irregular. Los cristales presentes son cortos y raros de ubicar, pero cuando se encuentran generalmente están en espacios huecos dentro del núcleo masivo. La jadeíta es una roca metamórfica, formada únicamente por la alta presión de la corteza terrestre. Aunque generalmente se encuentra dentro de piedras o cantos rodados, también puede encontrarse en rocas en las que se formó originalmente (Bonewitz, 2012, p. 213).

La fórmula química de la jadeíta es $\text{Na}(\text{Al}, \text{Fe}^{3+})\text{Si}_2\text{O}_6$. Tiene una dureza de 6 en la Escala de Mohs y una densidad específica de entre 3.25 y 3.35 g/cm^3 . Presenta un brillo vítreo o subvítreo y transparente, así como una fragmentación irregular y una textura subvítrea (mindat.org, 2019).

Entre las variedades de jadeíta, las más discutidas son la cloromelanita y la diópsido jadeíta, siendo la cloromelanita una variedad verde oscuro de la jadeíta, mientras que el diópsido es un mineral presente en muchas rocas metamórficas, el cual proporciona un color verde claro y cristalino (Bonewitz, 2012, p. 210).

6.3.1.2 Serpentina.

Este mineral fue denominado así por George Bauer en 1564, debido al parecido de algunos fragmentos con la piel de serpiente en su superficie. La serpentina es un grupo de al menos 16 minerales de silicato de magnesio blanco amarillento, verde o gris verdoso (Bonewitz, 2012, p. 191). Las variantes de serpentina más comunes incluyen crisolita, antigorita, lizardita y amesita, los cuales se encuentran en forma de cristales columnares pseudo-hexagonales o laminados. Aunque la química es compleja, estos minerales lucen similares.

Las serpentininas son minerales secundarios derivados de la alteración química de la olivina, los piroxenos y los anfíboles. Este material se encuentra en áreas donde están expuestas rocas con temperatura alta o en formaciones profundas y pobres en sílice.

A su vez, el mineral serpentino es el compuesto principal de la roca metamórfica denominada serpentinita, en conjunto con otros minerales del grupo de la serpentina, a través de un proceso denominado serpentización. Este proceso es un conjunto de reacciones químicas naturales que ocurren bajo condiciones hidrotermales específicas en la corteza terrestre (Collins & Pratt, 2013), ocurre a bajas temperaturas (200 °C) y en presencia de agua (Bonewitz, 2012, p. 298). El grado de serpentización de la roca depende la composición de los minerales originales. Es común encontrar esta roca aflorando en bandas de diversos colores, especialmente verde y amarillo.

La serpentina presenta una formula química genérica de $(Mg,Al,Fe,Mn,Ni,Zn)_{2-3}(Si,Al,Fe)_2O_5(OH)_4$, puesto que existen diversas variantes de esta materia prima. Por lo mismo se puede encontrar con texturas sedosas, subvitreas o incluso afaníticas, generalmente con fractura irregular y o ganchuda (mindat.org, 2019).

6.3.1.3 Anfibolita.

Como lo sugiere el nombre, las anfibolitas son rocas oscuras de grano grueso que están dominadas por anfíboles: la hornblenda negra o verde oscuro, y la tremulita verde o actinolita. Algunos ejemplares pueden contener granos de calcita, feldespato y piroxenos, incluso grandes cristales de minerales como el granate. Los granos minerales en la anfibolita usualmente se encuentran alineados (Bonewitz, 2012, p. 296).

Las anfibolitas se forman a partir del metamorfismo de las rocas ígneas ricas en hierro y magnesio, como el gabro o el basalto. Esta roca se forma en condiciones de bajas a moderadas presiones y temperaturas (575 °C). (Bonewitz, ídem).

La composición química de la anfibolita es $AX_2Z_5((Si,Al,Ti)_8O_{22})(OH,F,Cl,O)_2$. Su densidad es de 2,85 a 3,07 g/cm³. Una textura de grano grueso y una dureza en la escala de Mohs de 6 a 7.

6.3.1.4 Eclogita.

La eclogita se forma en condiciones que se generalmente solo se encuentran en el manto o en la parte más baja y gruesa de la corteza continental. Su composición química es similar a la de un basalto ígneo. Es una roca de grano grueso, densa y brillante. El diópsido y la olivina son minerales comúnmente encontradas en esta roca. Los granos de la eclogita suelen estar bien distribuidos o repartidos en bandas dentro de su estructura.

Esta roca se forma en muy altas temperaturas (575 °C) y extrema presión. Se cree que la eclogita es una roca característica de una porción considerable del manto superior (Bonewitz, 2012, p. 299). La eclogita presenta una textura afanítica¹, con un brillo opaco y una fractura irregular y ganchuda. Su densidad relativa es de 3,3 g/cm³.

6.3.1.5 Moscovita.

Este mineral es el miembro más común del grupo de las micas. Los ejemplares generalmente carecen de color, aunque algunos se presentan plateados, incluso café, gris, verde o rosa. La moscovita se presenta como cristales tabulares con contorno hexagonal (Bonewitz, 2012, p. 195). La variante verde brillante de la moscovita es conocida como *fuchsita*. Esta roca, de lustre graso, se presenta similar a los espejos con exfoliación perfecta, la cual se divide en láminas de caras planas.

6.3.1.6 Mármol.

Es una roca metamórfica granulada, derivada de la caliza y la dolomita. El mármol consiste una serie masiva de granos de calcita interconectados entre sí (Bonewitz, 2012, p. 301). Este presenta una textura afanítica y sedosa, con un brillo superficial semi-graso. El mármol tiene una densidad relativa de 2,5 a 2,85 g/cm³ (ATPP, 2008).

¹ De grano grueso.

6.3.1.7 Pizarra.

La pizarra es una roca metamórfica de grano fino, la cual se presenta en diversos colores que dependen de los minerales presentes en las rocas sedimentarias originales y en las condiciones de oxidación bajo las cuales se formó la roca. La pizarra presenta una exfoliación característica que le permite dividirse en láminas planas relativamente delgadas (Bonewitz, 2012). La pizarra tiene una densidad de 2,7 a 2,8 g/cm³.

6.3.2 Propiedades físico-ópticas de las rocas.

Para la identificación de rocas y minerales se define una serie de características propias de cada ejemplar, las cuales son inherentes de cada material, entre éstas se encuentra el color, el brillo, la exfoliación, la fractura, la tenacidad, la dureza, el índice de refracción y la fluorescencia. En el ámbito arqueológico, al tratar con artefactos de contexto histórico y por consiguiente que representen un patrimonio cultural, estos artefactos no pueden modificarse, por lo tanto, características como la tenacidad, la dureza y la fluorescencia no son variables que puedan medirse a efectos de esta propuesta, enfocándose en aquellas propiedades que puedan medirse "*in visu*", es decir, por medio de métodos físicos y ópticos.

El color como primera variable visible de las rocas y minerales, se debe a diversos factores aún en estudio, el factor más relevante es la presencia de elementos llamados "cromóforos", como el hierro (Fe), el Cromo (Cr), el Cobre (Cu) y el Cobalto (Co), entre otros (UCM, sf., p. 3). En muchas ocasiones el color superficial del material se ve alterado por una capa de compuesto orgánicos denominada pátina (Álvarez, 2007). Aunque algunos minerales tienen colores característicos, como el amarillo del azufre y el verde de la malaquita, esto no es cierto para todos los minerales; por ejemplo, el cuarzo se presenta en diversos los colores, al igual que el mármol o la jadeíta (Astilleros, J., et al., 2010, p. 1). Esto se debe a inclusiones de otros elementos en la composición química del mineral e incluso en la estructura cristalina del mismo. (Bonewitz, 2012, p. 14).

El brillo es una propiedad óptica presente en la superficie de un mineral, cuando la luz incide y es reflejada por este (UCM, s.f.). Hay dos grandes tipos de brillo: metálico y no metálico. El metálico es el de una superficie metálica intacta como el oro, o la plata. Los minerales de brillo no metálico muestran cierto grado de transparencia o translucidez. El brillo vítreo y subvítreo describe un lustre que recuerda a un pedazo de vidrio roto; el resinoso al brillo de una pieza de resina; y el nacarado al de una perla. El brillo graso se refiere a la apariencia de estar cubierto por una capa de aceite, el sedoso a la apariencia de la superficie de la seda. El brillo opaco implica poca o nula reflexión, y el brillo terroso el aspecto de la tierra cruda (Bonewitz, 2012, p. 15).

La exfoliación es la rotura de un mineral al aplicar la fuerza, dejando dos superficies planas. No todos los minerales presentan exfoliación, pero de tenerla constituye un criterio decisivo para diagnóstico (Astilleros, 2010, p. 4). La exfoliación está ligada a la estructura interna del cristal, por ejemplo, la mica presenta una estructura por capas o láminas, exhibiendo una exfoliación perfecta.

La fractura es el comportamiento quebradizo de los materiales a través del impacto o presión sobre la roca. En otras palabras, es la rotura de un mineral o roca y se distingue por las formas siguientes: a) fractura concoidal: genera una superficie curva, como la cara interior de una concha, por ejemplo, la fractura del pedernal o la obsidiana; b) fractura fibrosa: cuando un mineral se rompe con salientes puntiagudas en forma de astillas (Astilleros, et al., 2010, p. 6); c) fractura irregular: la más común, cuando un mineral se rompe en superficies bastas y sin forma definida; d) fractura ganchuda: cuando un mineral se rompe en forma tosca e irregular, mostrando bordes agudos y dentados (Cornelius, S., Hulbut, Jr y Klein, 1974); y 3) fractura terrosa: como su nombre indica, presenta una superficie irregular, similar a la tierra seca.

Por otra parte, en los aspectos físicos se cuenta con la densidad, que se refiere al peso específico de un mineral, cuya composición determinada es constante (Astilleros, et al., 2010, p. 3) y nos permite tener una idea de la caracterización preliminar de una roca o mineral.

6.4 Fuentes naturales de jade en Mesoamérica

En 1952, cuando Robert Leslie documentó fuentes de jade en Manzanotal, en el Valle del Motagua, se conoció la importante presencia de jadeíta en la región (Foshag y Leslie, 1955). En la actualidad se conocen distintas fuentes de extracción a lo largo del Río Motagua, llegando a encontrarse afloramientos hasta de 40 kilómetros a cada lado del Valle del Motagua Medio (Taube, 2004).

En un principio algunos investigadores (Coe, 1968, pp. 100-103; Griffin, 1981, p. 219) planteaban que la variación en las tonalidades de jadeíta, era una indicación de que ésta provenía de diferentes regiones o fuentes. Algunos estudios (Bishop, et al., p. 1985) demostraban que, al analizar los tipos de jadeíta en artefactos y fuentes conocidas, resultaron ser química y estructuralmente diferentes y esto apoyaba a la idea anterior.

No obstante, George Harlow (1993), planteó que “debido al proceso metamórfico que tiene lugar durante la creación de la jadeíta, su composición química puede variar notablemente dentro de una misma región”. Por lo tanto, según Harlow, todos los tipos de jade que se conocen en la antigua Mesoamérica pueden haber tenido su origen en el Valle del Motagua Medio (Rochette, 2007).

Actualmente se conocen yacimientos de jade sobre el curso del río La Palmilla, en las cercanías del río Hondo (Romero et al., 2005); también se han descubierto afloramientos de jadeíta en la parte alta del río Blanco en la Sierra de las Minas, al norte del Valle del Motagua (Seitz et al., 2001). Por último, se conocen fuentes importantes en las cercanías de las comunidades de La Ceiba, San José y Carrizal Grande, siendo la del pueblo de San José, en la llamada Quebrada Seca, dónde se han identificado grandes yacimientos de jadeíta. En la región de Quebrada Seca, se han identificado cuerpos de jadeíta translúcida de varios colores: verde, púrpura claro y azul.

La serpentina por su parte, es una piedra verde que se encuentra en mayores cantidades y en áreas más generalizadas. Pero, debido al proceso de metamorfismo profundo en los yacimientos de jade, también se encuentran yacimientos de serpentina (Soto, 1986, p. 80).

Figura 3
Valle del Motagua Central



Fuente: (Taube, Hrubry y Romero, 2005)

6.5 Marco conceptual

A razón de los objetivos planteados en este trabajo es necesario comprender el concepto de contexto arqueológico, pues este se considera una variable indispensable para la interpretación de artefactos de piedra verde. El control adecuado del contexto indica la procedencia de un artefacto dentro de un asentamiento y al segmento de la sociedad en que un objeto desempeña su función. El análisis del contexto implica la importancia del uso y función de la piedra verde en los diferentes estratos sociales de un asentamiento.

6.5.1 Contexto arqueológico.

Se refiere a un modelo espacial el cual describe los materiales dentro de un sistema cultural y que ahora son objeto de la investigación (Schiffer, 1972, p. 1). Los artefactos al adquirir una dimensión obtienen una localización tridimensional. La distribución vertical en la arqueología basada en la estratigrafía que representa la cronología; y su distribución horizontal, muestra cómo se relaciona con otros artefactos (Contreras, 1984, p. 328).

La suposición más importante respecto al contexto arqueológico, es que el modelo espacial de los restos arqueológicos refleja el modelo espacial de las actividades llevadas a cabo (Binford, 1972). Pues, la “pérdida, fractura y abandono de implementos en distintos sitios... Deja un registro fósil de la actividad de una sociedad extinta” (Binford 1964, p. 425). A partir de esta teoría, se concibe la idea del contexto sistémico, que señala la condición de un elemento que dentro de un sistema de comportamiento (Schiffer, 1972, p.2); debido a que una cultura es concebida como un sistema de comportamiento integrado por subsistemas interrelacionados que procesan material, energías e información (Clarke, 1968).

El contexto es parte de un sistema dividido, donde los artefactos siguen una ruta unilineal. Y en este caso, el aspecto más relevante del concepto de contexto sistémico, es que hay una localización espacial específica para cada proceso por el que pasa un elemento (Schiffer, 1972, p. 7). El análisis de estas localizaciones y de las actividades en que se articulan, reflejan la matriz de comportamiento de una sociedad.

6.5.2 Conceptos técnicos para el análisis de artefactos.

6.5.2.1 Clasificación y Tipología.

En algunos estudios arqueológicos, la clasificación y la tipología son considerados conceptos intercambiables (Chang, 1976); mientras que en otros se considera que la clasificación es *“un agrupamiento empírico de elementos de acuerdo a su similitud y diferencias”*, en tanto que la tipología es *“más teórica en su orientación y problemática”* (Kluckhohn, 1960). En otros casos, como considera Klejn (1982), la tipología intenta analizar la estructura más interna de los materiales y su lugar como objetos dentro de un sistema.

La tipología, es, por lo tanto, un sistema de clasificación basado en los atributos, tales como *“la forma, la manufactura o la funcionalidad de los artefactos”*. Según Contreras (1984, p. 328), una vez los artefactos se clasifican mediante tipos, se puede analizar su distribución temporal/espacial y determinar la relación entre los tipos. Los tipos, son los grupos de atributos específicos escogidos por el arqueólogo. Y los atributos son una variación independiente de cualquiera de los elementos que componen un artefacto (Clarke, p. 1984). La clasificación es importante para el estudio arqueológico, pues, organiza grandes cantidades de datos y resume las características de muchos objetos individuales, mediante sus atributos (Sharer y Ashmore, 1979, p. 277).

Para efectos de esta investigación, se detallan a continuación una serie de conceptos esenciales, que deben manejarse para el análisis de artefactos dentro de un laboratorio arqueológico.

6.5.2.2 Conceptos Teóricos para el Análisis.

A continuación, se presenta una serie de conceptos utilizados en el análisis arqueológico de gabinete;

Primeramente, es necesario definir el concepto de arqueometría, el cual puede ser definido como “*mediciones realizadas sobre el material arqueológico*” (Aitken, 1961, pp.5), y también como la “*aplicación e interpretación de datos de las ciencias naturales en estudios arqueológicos e históricos*” (Olin, 1982, p.19).

Los artefactos según Kidder (1947) son “*todos los objetos de piedra tallada, piedra pulida, hueso, concha y barro...*”, dentro de esta definición, la piedra pulida es la categoría de análisis principal que concierne al trabajo. El artefacto también se define, según Contreras (1984, p. 327), como todo lo que ha sido construido o modificado por el hombre, y que proporcionan dimensiones formales a la investigación arqueológica, estas pueden medirse cuantitativamente y cualitativamente.

Esta categoría principal se desliga de la separación de las materias primas, como base para reconocer las industrias de artefactos. Tratándose la industria, de un agrupamiento de artefactos de acuerdo a su materia prima en una serie común de procedimientos, las cuales constituyen una serie de categorías inherentes de la cultura material (Fowler, 1984, p. 112). La mayoría de industrias de piedra tallada y piedra pulida son de naturaleza substractiva y no aditiva, la cual consiste en la eliminación de partes del material original hasta adquirir la forma deseada, ejecutando en el proceso, técnicas de transmisión cultural.

El análisis de materiales proporciona otro dato de sumo interés para la interpretación, esta es la técnica de manufactura. La técnica es aquella donde el ser humano impone una serie de atributos al objeto, de acuerdo a sus necesidades específicas (Ruíz, 1986, p. 119). Según Torres (1981), “habrá técnicas que requieran de mayor o menor habilidad, en cambio otros requerirán conocimientos tecnológicos, pero la operación puede mecanizarse a un grado que la habilidad solo se manifiesta en el diseño”.

En función de la técnica y el uso dentro de una actividad cultural aparece la “categoría”, la cual, según MacNeish (1958), se refiere a los artefactos que, cumpliendo con los rasgos distintivos de técnica y función, se perfilan a un uso específico; por ejemplo, cuchillos para corte, etc. Por lo tanto, la técnica depende del rendimiento de la función asignada a un artefacto (García Cook, 1967, p. 40).

La categoría de análisis de más alto nivel corresponde a la materia prima. Para la manufactura, el ser humano utiliza como materiales los recursos naturales, como rocas y minerales, iniciando la búsqueda de materiales útiles a sus necesidades (Mirambell y Lorenzo, 1974, p. 64). Es así como la industria de la lítica se divide en sub-industrias por cada tipo de roca; pedernal, obsidiana, basalto o piedra verde, la última que engloba una serie de materiales de diverso origen mineral.

El conocimiento de la materia prima es importante pues, según Mirabell y Lorenzo (1974, p. 69), el empleo de determinados materiales implica conocimientos al respecto, preferencias en el uso, la existencia de organización social y económica para el desplazamiento de artefactos, la obtención de los recursos y el intercambio de estos. La selección del recurso cumple varios objetivos, el primero indica el aprovechamiento de un material en el área, y el segundo, el intercambio de materiales locales a larga distancia (Torres, 1981, p. 30).

La selección de la materia prima provee al artesano la posibilidad de producir artefactos más eficientes, aumentando la producción del mismo, Torres (1981, p. 41) indica que esta selección, cambia las condiciones socioeconómicas de una etnia. Posteriormente la sociedad contraerá nuevas necesidades que tendrán que satisfacer a través del intercambio y el comercio a mediana y larga distancia.

6.6 Enfoque teórico de la Arqueología de Sistemas para el análisis metodológico

A partir del establecimiento de conceptos y terminología, en el presente trabajo se ha definido la corriente sistémica de la arqueología como la más adecuada para guiar teórica y filosóficamente la investigación; y por consiguiente la posterior interpretación y la imprescindible crítica metodológica. La Arqueología de Sistemas enfocada en la interpretación de los datos, haciendo especial énfasis en los contextos culturales; también ha sido llamada Arqueología Procesual, y en la corriente americana, una fase de la Nueva Arqueología. Pero para el presente trabajo se hará uso del término sistémico.

Para entender la Arqueología de Sistemas, se tiene como base el criterio de Leslie White (1940), quien define la cultura como un sistema integrado por subsistemas, donde todos sus rasgos están interrelacionados entre sí. Una idea desarrollada posteriormente por Clarke (1986), integrando los principios fundamentales de la Teoría General de Sistemas al estudio de la cultura. Según Clarke, las sociedades mantienen dos grandes sistemas, el sociocultural y el ambiental, que interactúan entre sí de forma dinámica y continua.

Los grandes sistemas de la sociedad contienen distintos subsistemas (social, religiosos, económico y material), en este caso, cualquier cambio en la estructura de uno, provoca cambios en el conjunto sistémico, dada su interrelación e interconexión (Almudena, s.f., p. 18). Se considera que la cultura es un sistema adaptativo (Fernández, 1989, p. 32) y que la unidad política, la región, y la localidad, así como su población, son vistos como sistemas donde el cambio se produce en respuesta a un estímulo externo (Renfrew, 1982, p. 11).

En la Arqueología de Sistemas prevalece el método de razonamiento hipotético-deductivo, bajo la posibilidad de poder reconstruir un sistema cultural a partir de los restos materiales. Se hace uso de los sistemas de análisis cuantitativos para integrar y relacionar la información (Almudena, s.f., p. 18). Esta herramienta teórica se ve coadyuvada por el uso de las leyes de probabilística. Y es importante señalar que bajo esta premisa se crea la necesidad de un método científico para conocer el pasado y búsqueda de generalizaciones que permitan generar explicaciones.

La Arqueología de Sistemas se desarrolla a través de los postulados sintetizados por Gándara (1982, p. 69), descritos a continuación: a) Se adopta el modelo Hempeliano de explicación y el método hipotético-deductivo; b) Se considera a la arqueología como antropología, a partir de un objeto de estudio común (la cultura como sistema), y tiene un objetivo común (descripción y explicación de la variabilidad cultural); c) La naturaleza organizada del registro arqueológico; y d) Se establece la necesidad de controlar la representatividad, certeza y significado de observaciones hechas en el registro arqueológico.

La aplicación de la Teoría de Sistemas (TS) en las investigaciones arqueológicas proporciona una base sólida para la interpretación de los restos materiales dado su enfoque transdisciplinar. De esta forma se obtiene un modo específico de reflejar la estructura de objetos materiales, su cambio cuantitativo y su relación con el entorno (Fleissner, 2009). La teoría representa la descripción, diseño y reconstrucción de una totalidad, al sintetizar generalidades; una interpretación.

La Teoría de Sistemas relaciona estructura, función y dinámica de un sistema, las relaciones entre sus elementos y el sistema global. (Fleissner, íbidem). Específicamente para arqueología, para efectos de este trabajo, cabe mencionar la concepción de Binford (1965, pp. 203-210), sobre los subsistemas culturales; el tecnológico, el sociológico y el ideológico. Según Binford, *“aunque solo se cuente con la cultura material de un yacimiento, es posible reconstruir todos los subsistemas a partir de ésta, puesto que sus componentes pueden cumplir diferentes papeles, relacionados con estos subsistemas”*. Se presentan los artefactos funcionales y los artefactos de prestigio; pero también los objetos ceremoniales, relacionados a las creencias y la psicología. De esta forma, la asignación del papel de los elementos materiales, podrán reconstruir todos los subsistemas en un mismo objeto.

6.7 Antecedentes de investigación

A continuación, se presenta un esbozo sobre los diferentes niveles de investigación realizados en el pasado sobre la industria lítica, para más adelante profundizar en los estudios sobre la piedra verde, el cual se organiza de la siguiente manera:

6.7.1 Investigaciones previas en el sureste de Petén.

El sureste de Petén es una región que ha sido estudiada desde mediados del siglo XIX con las primeras exploraciones realizadas por el coronel Modesto Méndez, quién para entonces, siendo Gobernador de Petén, visita el sitio arqueológico de Ixkún en 1852 (Laporte y Mejía, 2005, p. 12). Durante esta visita, se le encomienda la documentación de los monumentos al artista Eusebio Lara, cuyas obras fueron posteriormente estudiadas y discutidas por Hammond (1984) y Escobedo (1993). Durante este mismo año, Méndez y Lara, visitan el sitio de Ixtutz.

Posteriormente, Alfred Maudslay visita Ixkun en 1887 (Laporte y Mejía, 2005), realizando el primer plano de la ciudad, y descubriendo a su paso, las Estelas 2 y 3, de las cuales realizó moldes, dibujo y fotografía (Maudslay, 1899). También menciona la existencia de otros sitios como Yaxché y El Chal.

En 1914, Sylvanus Morley y Herbert Spinden, visitan Ixkun para documentar con material fotográfico las inscripciones de los monumentos, así también realizar un nuevo levantamiento cartográfico del asentamiento (Morley, 1937-1938). Es hasta 1970, cuando la arqueóloga Merle Greene Robertson registra los monumentos y publica un mapa actualizado del sitio de Ixtutz (Zender, s.f., p. 1). Al año siguiente Ian Graham inicia una serie de expediciones que continuarían en 1972 y 1978, donde junto a Eric von Euw realizan planos de los sitios de Ixkun e Ixtutz, con dibujos y fotografías de los monumentos tallados (Graham, 1980; Zender, s.f.; Fash, y Graham, s.f).

Es a partir de 1985 que profesionales guatemaltecos comienzan a realizar investigaciones en la región del sureste de Petén. En dicho año, como parte de las actividades del Proyecto Nacional Tikal, Laporte y Torres (1987) realizan un reconocimiento con el objetivo de iniciar con los estudios enfocados hacia el patrón de asentamiento comunitario y rural, bajo la justificación de que los proyectos

arqueológicos se habían enfocado mayormente en la investigación de las grandes urbes prehispánicas del noreste de Petén. Este trabajo realiza investigaciones en Tigres, Curucuitz, Ixtonton, Ixkun, Ixtutz y Sacul; determinando generalidades del sureste de Petén, elementos arquitectónicos y elementos rituales característicos

6.7.2 Trabajo efectuado por el Atlas Arqueológico de Guatemala

Una vez realizado el primer proyecto de reconocimiento en 1985, fue creado el Proyecto sureste de Petén como programa regional, el cual proponía la investigación arqueológica en el área de las Montañas Mayas, iniciando investigaciones sobre el patrón de asentamiento en el Valle de Dolores (Laporte y Torres, 1993). Es a partir de 1987 cuando el Atlas Arqueológico de Guatemala (AAG) se consolida como tal (Laporte y Morales, 1994), a través de una propuesta planteada en la Primera Reunión del Seminario Permanente Bilateral llevada a cabo en 1986 en San Cristóbal de las Casas, México (López y Samayoa, 1994). Para 1994 ya se tenía una idea de las relaciones entre entidades políticas de la región.

Los trabajos realizados por el AAG no se limitaron a la identificación y mapeo de los sitios, consecuencia de las excavaciones realizadas en los sitios de interés, surgió material arqueológico que debía analizarse, siendo el análisis de la cerámica uno de las mayores especialidades del Proyecto. A raíz de la cantidad de trabajo en materia de análisis cerámico, Laporte llegó a establecer una secuencia cerámica exhaustiva para los sitios arqueológicos del sureste de Petén, basados en el Método Tipo-Variedad aplicados a otros sitios de Petén, como Holmul, Uaxactun y Altar de Sacrificios (Laporte, 1995; 2002). Demostrando a través de este proceso cómo la metodología aplicada al análisis de materiales en otros sitios, puede adaptarse a la región y resolver problemas analíticos identificados a través de los métodos previamente aplicados en otros sitios.

A partir de ese momento, la participación de distintos investigadores propicia la generación de datos sobre los diferentes sitios de la región, integrados en los programas del Atlas Arqueológico a través de su historia de vida. (Suasnávar, 1995; Gómez, 1996; Mejía, 1998, 2005, 2010; Ramos, 1999; Chocón, 2004; Reyes, 2008,

2014; entre otros). Se han realizado investigaciones biológicas por parte de Nora López (1992; 1995) y Vera Tiesler (1997, 2008 y 2011).

6.7.3 Metodología de análisis lítico en el Área Maya

La muestra de lítica del Atlas Arqueológico de Guatemala, ha facilitado trabajos iniciales de catalogación (Gómez, 1994; Quezada, et al., 1995), que sirvieron posteriormente para la elaboración de una propuesta de análisis de los artefactos de piedra tallada procedentes de las investigaciones del AAG (Laporte, et al., 1996), sin embargo, este trabajo se enfocó en el análisis de artefactos de pedernal y de obsidiana, así como únicamente en material lítico tallado. No obstante, se establecieron criterios para la caracterización de materiales según su morfología y funcionalidad, en adición de un sistema de tipología basado en funciones. Dentro del análisis se hace uso del contexto y ubicación del hallazgo, así como de un análisis basado en las evidencias cerámicas.

El trabajo de Laporte constituyó una base para que Briggs (1997), elaborara la clasificación del material lítico tallado y pulido con la colección del AAG. Se realiza un análisis comparativo del sistema creado por Laporte, a diferencia del sistema tipológico de Kidder en 1947 y de Willey en 1972. Las características esenciales del trabajo de Briggs se basan en los atributos no métricos de los artefactos, enfocándose nuevamente en aspectos de funcionalidad. Sin embargo, en este caso no se analizan los materiales de piedra verde, siendo nombrada únicamente por su término genérico.

Los primeros trabajos de análisis lítico realizado en las tierras bajas Mayas fueron desarrollados por Kidder (1947) en Uaxactun, en colaboración con Ricketson y Ricketson (1947). Este trabajo se basó en la división de los artefactos utilitarios y ceremoniales, siendo quizá uno de los que mayor influencia ha tenido en el área maya. Años después otros proyectos como el de El Mirador (Fowler, 1984) y Mundo Perdido en Tikal (Ruíz, 1986, pp. 113-133), presenta un análisis de industrias líticas con énfasis en las cualidades tecno-económicas.

Es importante mencionar los trabajos realizados por Kazuo Aoyama, quien desarrolla diversos métodos de arqueometría para el análisis del material lítico, enfocando sus esfuerzos en el diagnóstico de la obsidiana. En trabajos iniciales, el

reconocimiento de los tipos de obsidiana procedentes de contextos arqueológicos, eran examinados a través de métodos físicos como la observación (Aoyama, 1993), para después corroborarse con métodos como la activación de neutrones. Estos diagnósticos tecnológicos apoyan a los métodos físicos para corroborar inferencias sobre la distribución, intercambio y detección de fuentes del material. Según Aoyama, los artefactos líticos sirven como indicadores sensibles para reconstruir los procesos sociales, políticos y económicos de los cambios surgidos a largo plazo en una región determinada.

6.7.3.1 Investigación sobre piedra verde en el Área Maya.

Las primeras investigaciones formales relacionadas al jade en el área maya se definieron por la caracterización del material, llevadas a cabo principalmente por Foshag (1957), Mirabell (1968) y Hammond (1977). Varios años después, los trabajos en territorio nacional empiezan a cobrar importancia. En 1994, Gustavo Orellana en su Tesis de Licenciatura, presenta una investigación enfocada en el jade de Guaytán, con énfasis en las relaciones comerciales y su implicación en el sistema social. Se hace mención del estudio a partir de observaciones con equipo especial de análisis tanto químico como físico, pero no se detallan especificaciones del mismo.

Posteriormente, los trabajos realizados por Brigitte Kovacevich sobre la piedra verde, se han enfocado en la determinación de la especialización artesanal y las relaciones comerciales a partir del control del material exótico en Cancuén, recuperando material de excavación y analizando según el contexto arqueológico, estableciendo áreas de actividad asociadas a contextos domésticos controlados por la élite gobernante (Kovacevich, 2001, 2002). Los aportes de Karl Taube y Zachary Hruby (2004; 2005) en el estudio del jade han sido de gran importancia, debido al enfoque que se ha dado a la identificación de fuentes de extracción en la zona del Motagua Medio. A partir de la prospección del Proyecto Arqueológico del Jade, se identificaron diversos yacimientos regionales y una considerable cantidad de talleres prehispánicos de manufactura de artefactos de este material.

7. MARCO REFERENCIAL

La región conocida como el sureste de Petén comprende los Municipios de El Chal, Dolores, Poptún, San Luis y una sección de Melchor de Mencos; esta región conforma parte de las montañas de Chiquibul y Montañas Mayas, así como el Valle de Dolores. Las dos primeras son compartidas con el territorio administrado por Belice. Corresponde a un área heterogénea que presenta serranías, valles y mesetas con zonas de pinares, y cuya principal formación topográfica son los cerros de origen kárstico (Laporte y Torres, 1993). Esta variabilidad en la elevación fue aprovechada en épocas prehispánicas para la edificación de sus construcciones (Gómez, 1996).

Según Laporte y Torres (1987, pp. 7-8), la vertiente oeste que corresponde a las Montañas Mayas y norte que constituye la sabana húmeda del sureste de Petén (Laporte, 1997, p. 37), están formadas geológicamente por rocas sedimentarias paleozoicas, como esquistos, pizarras, areniscas (Bateson, 1972, pp. 956-963) y sedimentos marinos, incluyendo rocas de origen volcánico como el granito, el porfirito, y cuarcitas, además de vetas de pedernal, cuarzo y pirita (Bullard, 1963, pp. 98-99). Esta zona contiene los únicos yacimientos de material de origen volcánico en la planicie de caliza de la región (Dunham, et al., 1989). Se trata de una región con variaciones geológicas de transición, por lo que la formación del terreno presenta características de caliza dolomítica, a veces con inclusión de concha, llamadas también calizas fosilíferas procedentes de depósitos marinos.

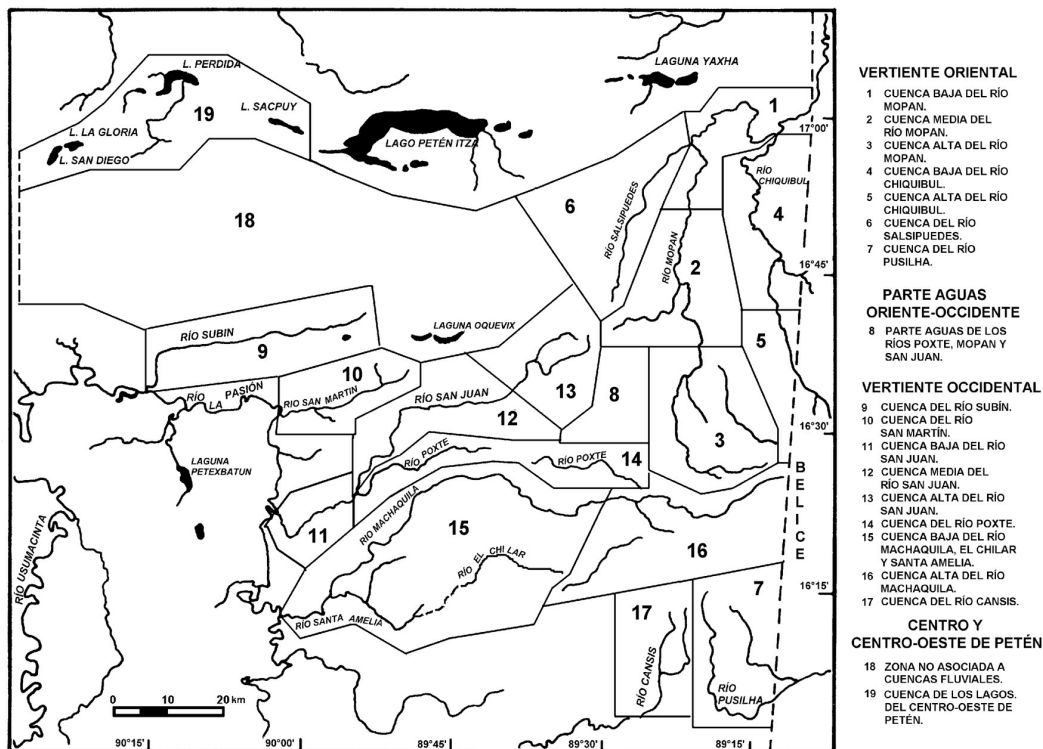
La región es una zona de recarga hídrica, conformando arroyos que descienden de la montaña y afluyen hacia los ríos en la parte baja de la cuenca, considerándose una ruta de movilidad hacia el sur del área Maya Central (Laporte y Torres, 1994). Algunos de los ríos en la parte norte de la región perfilan la cuenca angosta formada por aluviones difíciles de navegar (Suasnávar, 1995), esta red de ríos conforma el afluente principal del Río Mopán.

La geografía del sureste de Petén, fue dividida según Laporte (1997) en subregiones determinadas por sus características climáticas, hidráulicas y topográficas, dividida por vertientes geográficas (Figura 4). La subregión montañosa en el sur de San Luis presenta materiales ígneos y metamórficos dentro de una planicie sedimentaria y de

bosque tropical, presenta areniscas, granitos y cuarcitas. Esta zona tiene un alto grado de bio-diversidad, generalmente un indicador de bosques tropicales no disturbados y maduros (Miller y Miller, 1994, pp. 12-20). El carácter kárstico de este paisaje conduce a la presencia de resumideros, así como de condiciones particulares debido a la combinación del suelo, la roca subyacente y el agua, generando la disposición de lagunas o bajos en las zonas donde las depresiones son cerradas y planas, rodeadas por cerros formando una especie de valles interiores (Ford y Williams, 1989), dónde cerros residuales de caliza emergen a través de las planicies aluviales (Jennings, 1985).

La otra subregión es la denominada Sabana Húmeda que presenta una precipitación mayor a los 1000 mm con una textura de suelo arcillosa y pantanosa. Los suelos son de carácter latérico y en su base, suelos de arcilla negra. Las zonas de bosque tropical son resultado del paso de las cuencas fluviales de cause perenne de los ríos Mopán y San Juan (Laporte y Mejía, 2005).

Figura 4
Plano de cuencas del sureste y centro oeste de Petén



Fuente: (Reyes M., 2004).

8. METODOLOGÍA

La elaboración del trabajo de investigación es un procedimiento que se realiza siguiendo diferentes etapas, según los indicadores propuestos como actividades para cumplir los objetivos de esta investigación. Cada uno de estos indicadores ocurren en lo que puede denominarse “fase metodológica”. La metodología presente trabajo de investigación se basa en una fase previa de documentación bibliográfica, en la documentación técnica y en la posterior comprobación de los supuestos planteados para este trabajo, a través de observación y la deducción sistemática.

8.1 Hipótesis

Los artefactos arqueológicos elaborados en materiales de piedra verde son posibles de caracterizar a través del análisis sistemático de sus propiedades físicas y ópticas sin necesidad de análisis químico.

8.2 Variables

Para el presente trabajo de investigación se toman como variables las propiedades inherentes de cada material, por lo tanto, se consideran características o atributos propios de la materia prima aquellas que nos permiten su identificación y diferenciación, siendo estas: brillo, fractura, textura, exfoliación, translucidez y densidad relativa.

8.2.1 Definición conceptual de las variables

El brillo es una propiedad óptica presente en la superficie de un mineral, cuando la luz incide y es reflejada por este (UCM, ídem). Los minerales de brillo no metálico muestran cierto grado de transparencia o translucidez. El brillo vítreo y subvítreo describe un lustre que recuerda a un pedazo de vidrio roto; el resinoso al brillo de una pieza de resina; y el nacarado al de una perla. El brillo graso se refiere a la apariencia de estar cubierto por una capa de aceite, el sedoso a la apariencia de la superficie de la seda. El brillo opaco implica poca o nula reflexión, y el brillo terroso el aspecto de la tierra cruda (Bonewitz, 2012, p. 15).

La fractura es el comportamiento quebradizo de los materiales a través del impacto o presión sobre la roca. En otras palabras, es la rotura de un mineral o roca y se distingue por las formas siguientes: a) fractura concoidal: genera una superficie curva, como la cara interior de una concha, por ejemplo, la fractura del pedernal o la obsidiana; b) fractura fibrosa: cuando un mineral se rompe con salientes puntiagudas en forma de astillas (Astilleros, et al., 2010, p. 6); c) fractura irregular: la más común, cuando un mineral se rompe en superficies bastas y sin forma definida; d) fractura ganchuda: cuando un mineral se rompe en forma tosca e irregular, mostrando bordes agudos y dentados (Cornelius, S., Hulbut, Jr y Klein, 1974); y 3) fractura terrosa: como su nombre indica, presenta una superficie irregular, similar a la tierra seca.

La exfoliación es la rotura de un mineral al aplicar la fuerza, dejando dos superficies planas. No todos los minerales presentan exfoliación, pero de tenerla constituye un criterio decisivo para diagnóstico (Astilleros, 2010, p. 4). La exfoliación está ligada a la estructura interna del cristal, por ejemplo, la mica presenta una estructura por capas o láminas, exhibiendo una exfoliación perfecta.

Por otra parte, en los aspectos físicos se cuenta con la densidad, que se refiere al peso específico de un mineral, cuya composición determinada es constante (Astilleros, et al., 2010, p. 3) y nos permite tener una idea de la caracterización preliminar de una roca o mineral.

8.2.2 Definición operacional de las variables

Para la medición de las variables se ejecutan técnicas tanto cualitativas como cuantitativas, tratándose de un trabajo de enfoque mixto, pero con énfasis en la investigación puramente arqueológica.

Las variables como el brillo, la fractura y la textura, son propiedades físicas y ópticas de las rocas metamórficas cuyo comportamiento puede ser observado con ayuda de herramientas que magnifiquen la visión real, para tal caso se utiliza un micro-estereoscopio electrónico. Las propiedades físicas mencionadas pueden observarse a través los cristales que componen la estructura interna de las rocas, identificando el comportamiento de estos ante la luz, para lo cual es necesario establecer comparaciones entre una muestra geológica previamente caracterizada contra una

muestra de artefactos arqueológicos, lo que permite evidenciar similitudes y diferencias, y en el proceso establecer la caracterización, a través de la comparación.

La propiedad física conocida como densidad relativa, se mide a través de un cálculo de volúmenes por medio de una expresión matemática: $d = m/v$. Donde p hace referencia a la densidad, m a la masa del artefacto y v al espacio en centímetros cúbicos del mismo. La masa puede medirse en gramos por medio de una balanza electrónica, mientras que para el volumen es necesario aplicar el principio de Arquímedes por medio de probetas calibradas según sea necesario.

8.3 Población del estudio

Para efectos del presente trabajo, se analizan únicamente los artefactos arqueológicos elaborados en el material conocido como piedra verde, el cual procede de diferentes rocas metamórficas que son definidas durante el proceso de investigación. Estos artefactos provienen de los hallazgos recolectados en sitios del sureste de Petén por medio del Proyecto Atlas Arqueológico de Guatemala y el Proyecto Arqueológico Ucanal, los cuales incluyen sitios de la misma región geográfica, antes mencionada.

8.4 La muestra

La muestra de análisis para el presente trabajo constituye el cien por ciento de los artefactos de la colección de piedra verde del Proyecto Atlas Arqueológico de Guatemala y de los artefactos catalogados hasta la fecha de julio de 2019 del Proyecto Arqueológico Ucanal, los cuales suman un total de 111 artefactos de piedra verde.

8.5 Instrumento de recolección de los datos

El presente trabajo se basa en la metodología a través de la observación experimental, el método comparativo y la deducción, auxiliados primeramente por el análisis bibliográfico, la identificación y el estudio de metodologías afines utilizadas con anterioridad en la resolución de problemáticas similares. Para lo anterior se hace énfasis en la utilización de técnicas de arqueometría, es decir, de medición de variables naturales sobre artefactos culturales.

Para el establecimiento de las variables de identificación macroscópicas definidas como propiedades físicas de la roca se aplican herramientas como un micro-estereoscopio electrónico facilitado por el Laboratorio de la Carrera de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agropecuaria del Centro Universitario de Petén, tratándose de un sistema de visualización no invasivo, en caso de la ausencia de dicho aparato, se utiliza un microscopio electrónico digital operado por la estudiante de posgrado Murielle Gariépy del Proyecto Arqueológico Ucanal, y una lupa de mano de 20 aumentos. La medición de otros atributos de los artefactos como el peso y el tamaño, se realizan por medio de una balanza electrónica y un calibrador.

La separación de categorías básicas consiste en la identificación de un orden taxonómico medio de clasificación arqueológico basada en el reconocimiento visual de formas básicas y funciones conocidas de cada artefacto de piedra verde.

Para la realización de la comparación entre el material geológico con el material arqueológico, se utiliza el mismo equipo auxiliar utilizado durante la observación experimental, es decir, un micro-estereoscopio, un microscopio, lupas de mano, y fotografías tomadas durante el proceso de identificación de propiedades físicas.

8.6 Tratamiento de los datos

El análisis de la información parte de la tabulación de los datos por medio de una base de datos, la cual se desarrolló a partir de matrices utilizando el software Excel, la cual tomaba en cuenta diferentes categorías de análisis, siendo estas No. De Catálogo; medidas: peso (g), dimensiones (mm), volumen (cm³), densidad (g/cm³); propiedades: fractura, textura, brillo, caracterización, variante, calidad de la pieza; contexto arqueológico: cronología, operación, suboperación, lote, familia, tipo; y ubicación: sitio arqueológico y ubicación específica.

La organización y sistematización de estas variables y categorías de análisis facilita la síntesis de los datos recopilados durante la investigación para la creación de estadísticas y gráficas que representen las relaciones existentes entre la materia prima y el contexto arqueológico. Finalmente, los datos proceden a sistematizarse a través de una ficha de caracterización que sintetiza la propuesta para la caracterización de los artefactos de piedra verde.

9. PRESENTACIÓN, ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

9.1 Identificación de la materia prima

La identificación de los materiales es el primer paso para la caracterización de los artefactos de una muestra. Para tal caso, se necesita el conocimiento previo de la materia prima, conociendo preliminarmente el conjunto de las rocas que componen la agrupación tipológica de piedra verde; se define entonces que la materia prima a identificar se enmarca en las familias de rocas metamórficas conocidas como jadeíta, serpentina, anfibolita, eclogita, mármol, moscovita y pizarra.

En la muestra de materia prima se contó con un ejemplar para cada tipo, el origen de estas provino de distintas colecciones. Teniendo una colección inicial perteneciente al muestrario de rocas del Proyecto Atlas Arqueológico de Guatemala, el cual contenía muestras de jadeíta, serpentina, anfibolita, eclogita, pizarra, mármol, entre otras; se logró obtener una muestra de moscovita a través de una estudiante de la Facultad de Geología ubicada en el Centro Universitario del Norte, de la Universidad de San Carlos de Guatemala; y a través de la recolección de campo, se logró obtener muestras de diversos tipos de serpentina y mármol.

Por medio de un proceso de gestión con la Carrera de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agropecuaria y la Dirección del Centro Universitario de Petén, se logra el préstamo de un micro-estereoscopio electrónico, el cual sirvió como auxiliar para el análisis macroscópico a través la observación de las características físicas y ópticas de la muestra recolectada. El análisis de estas características sirve para posteriormente establecer relaciones entre la muestra de materia prima y la muestra de artefactos. Por lo tanto, el contraste de muestra geológica contra muestra arqueológica, permite establecer la caracterización, tomando en cuenta las propiedades de cada material mediante la observación y la medición.

Figura 5
Herramientas para la caracterización de los artefactos de piedra verde



Fuente: (Propia, 2019).

El análisis con el micro-estereoscopio ayudó a la medición de las características físicas debido a su capacidad de aumentar la imagen real a 2x y 4x que corresponden a un aumento de 20 y 40 veces respectivamente. Adicionalmente apoyó a observar la translucidez, brillo y transparencia de las muestras gracias a la luz incorporada (directa y contraluz).

Muestra 1-1 (jadeíta):

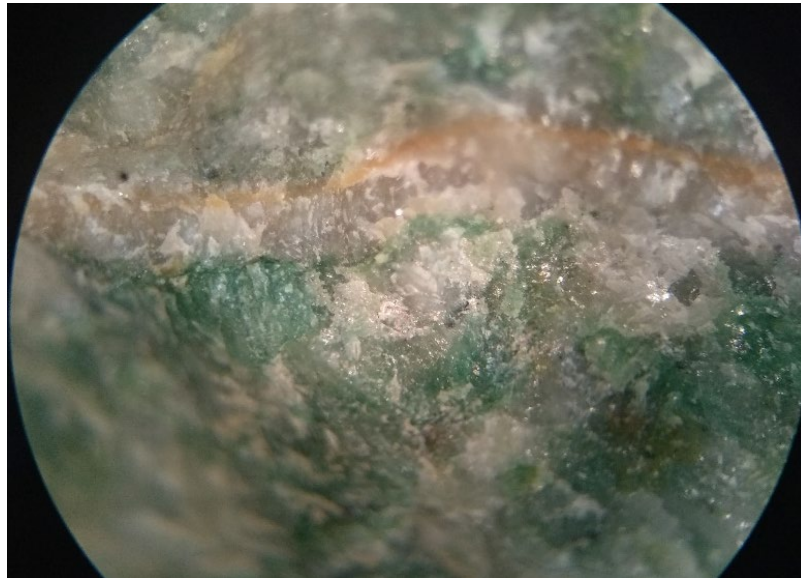
La muestra observada bajo el micro-estereoscopio a 2x y 4x que corresponden a un aumento de 20 y 40 veces el tamaño en la realidad, permite observar una serie de características extrapolables para la comparación.

Como se puede observar en la Figura 6, bajo el lente de aumento se evidencia la presencia de un alto grado de sílice, compuesto que da origen a la jadeíta y que carece de coloración, así como también se puede observar la fragmentación irregular y el brillo subvitrero y traslúcido que este material refleja.

La coloración verde presente en la jadeíta es debido a la oxidación del cobre que compone la estructura química del mineral anfíbol², que como se puede observar más adelante, se encuentra presente en la mayoría de las rocas de la muestra.

Figura 6

Fotografía de una muestra (1-1) de jadeíta a través de un aumento 2x



Fuente: (Propia, 2019).

En la Figura 7 se puede observar la exposición de los cristales de sílice que componen la estructura de la jadeíta, siendo el mismo componente principal del cuarzo, por eso su similitud, ya que este les da su apariencia vítrea. Como aclaración, la banda roja que se observa en la fotografía pertenece a una inclusión de óxido de hierro presente únicamente en esta muestra y que no debe ser tomado en cuenta para la comparación.

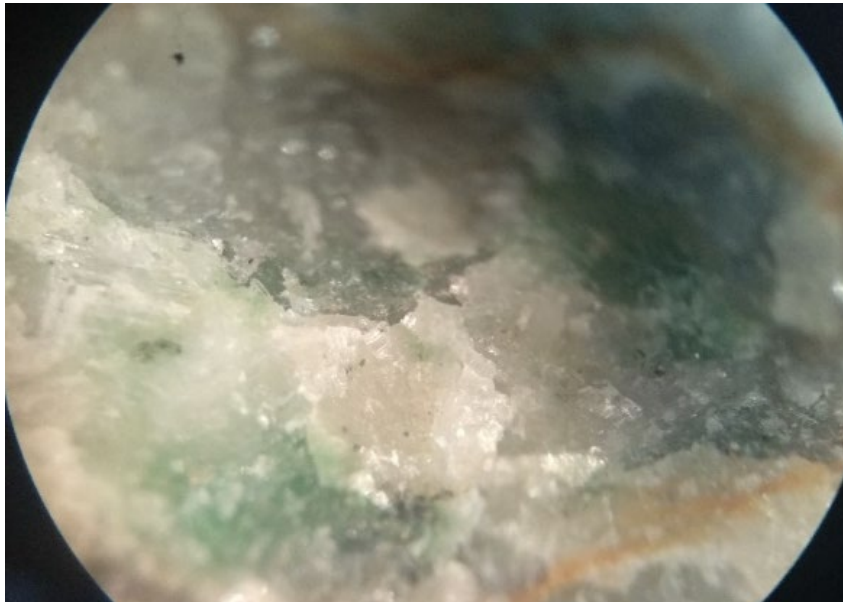
Las características propias de la jadeíta le otorgan una morfología semi-cristalina y una apariencia translúcida y brillante. Pero, el color no debe ser un factor diferencial, pues en este tipo de roca puede presentarse en una diversa gama de colores, debido a la presencia de elementos cromóforos³. Es debido al origen de las rocas

² Son los minerales más comunes en la tierra, son derivados de los silicatos, por lo tanto, su componente principal es el elemento Silicio (sílice).

³ Elementos cromóforos: Determinados elementos absorben longitudes de onda de manera distinta, reflejando la luz visible. Por lo que la presencia de dichos elementos que componen la roca proporciona su color característico. Pero, también establecen su transparencia, traslucidez y cohesión.

metamórficas que estos elementos en el ambiente pueden incursionar en la formación de las nuevas rocas resultantes y hacer variar tanto colores como tonalidades.

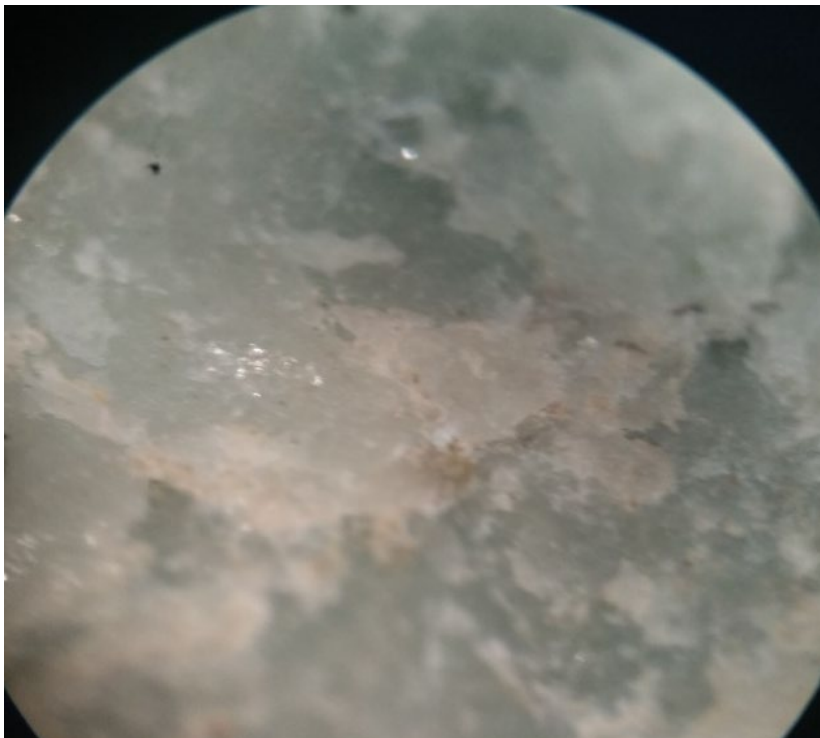
Figura 7
Cristales de sílice presentes en muestra de jadeíta. Aumento 4x



Fuente: (Propia, 2019).

Ocasionalmente durante el proceso de formación metamórfica, los núcleos de jadeíta contienen un material llamado *albita*, que da origen al denominado 'jade blanco', el cual se observa en la **Muestra 1-2** (Figura 8), presentando las mismas características físicas que la muestra anterior.

Figura 8
Cristales de sílice presentes en muestra de jadeíta. Aumento 4x



Fuente: (Propia, 2019).

Las características físicas de la jadeíta se sintetizan a través de la Tabla 1 a continuación:

Tabla 1

Características físicas de la jadeíta	
Color	Variable
Densidad	3.2
Fractura	Irregular
Textura	Vítrea – Subvítrea
Brillo	Graso – Subvítreo

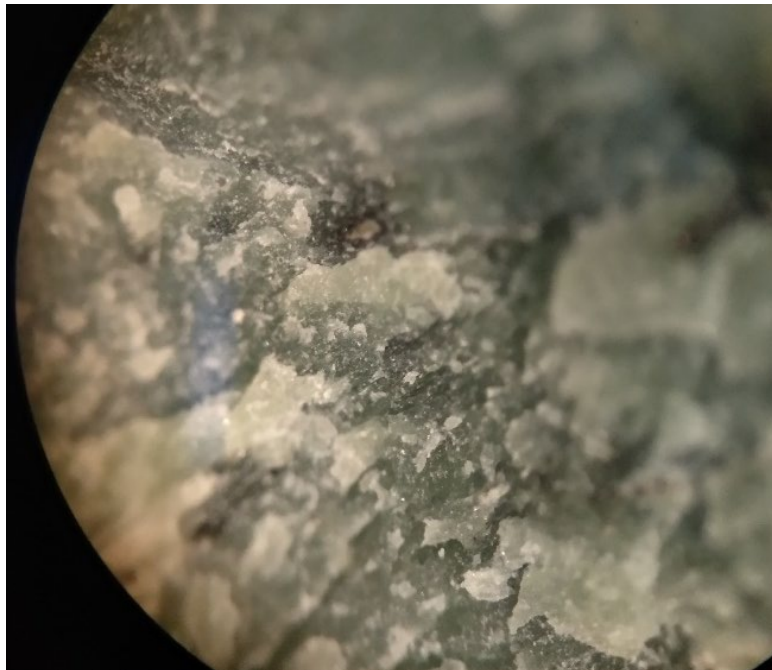
Fuente: (Elaboración Propia, 2019).

Muestra 2-1 (serpentina):

La serpentina es un grupo de minerales relativamente amplio, se presentan al menos 15 rocas derivadas de este, por lo que sus características físicas suelen variar, debiendo partir de un punto general de características presentes en todos sus ejemplares, para lo cual se realizó un análisis óptico de varias muestras recolectadas. En algunos casos se presentaron características similares a la jadeíta, pero como se puede observar en la Figura 9, hay diferencias evidentes.

Figura 9

Superficie fragmentada de serpentina (Muestra 1-1) aumento a 4x



Fuente: (Propia, 2019).

En dicha figura se puede observar que esta variante de serpentina presenta una fragmentación irregular, difiere de la jadeíta al ser más ‘escamosa’ y por no presentar una superficie lustrosa ni una textura vítrea. También se puede observar una exfoliación buena, al escamarse, pero no perfecta al no presentar láminas.

De igual manera, presenta la coloración verdosa propia de la oxidación del cobre. Pero su superficie no permite la translucidez.

Debido a la variación en el proceso metamórfico de las piedras verdes, la cristalización y cohesión de su estructura no es perfecta, ni siempre muestran la misma apariencia, como es el caso de la Muestra 2-2 (Figura 10), que aparece semi cristalizada y se observa observar pequeños cristales de sílice de color verde, y pueden llegar a confundir al investigador dada su similitud con la jadeíta, pero sin presentar el color claro, transparente y translúcido de la segunda. De igual forma, se diferencia pues el grano de los semicristales son más finos irregulares y con brillo graso.

Figura 10
Superficie de serpentina semi cristalizada de Muestra 2-2

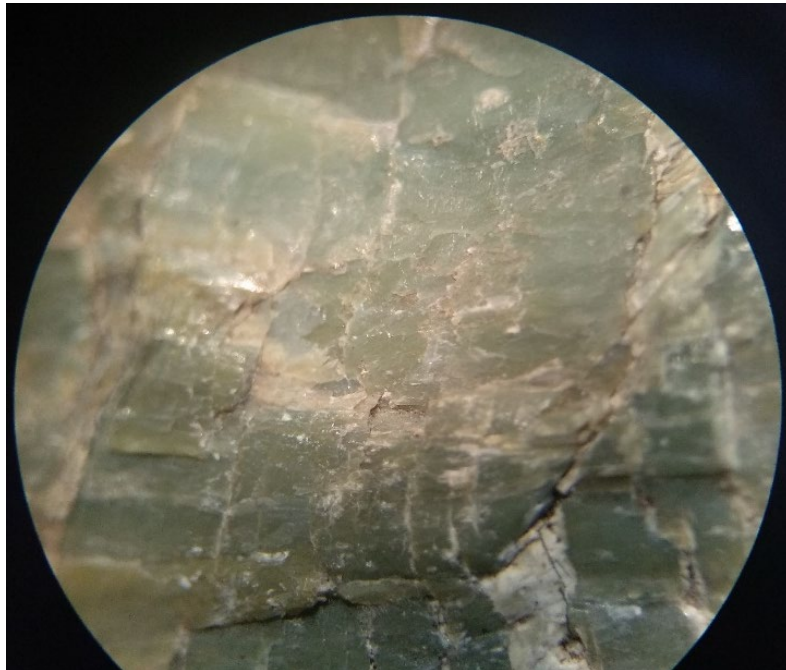


Fuente: (Propia, 2019).

El mismo proceso de creación de la roca provoca que tenga segmentos mejor cristalizados que otros (Figura 11) cambiando el tipo de fractura de irregular a uno denominado 'ganchuzo o ganchudo'. Todas las propiedades observadas de este material se muestran en la Tabla 2.

Figura 11

Muestra 2-2, fragmento semicristalizado con fractura ganchoza



Fuente: (Propia, 2019).

Tabla 2

Características físicas de la serpentina

Color:	Verde
Densidad:	2.5 – 2.6
Fractura:	Irregular – Ganchuda
Textura:	Variable
Brillo:	Opaco - Semigraso

Fuente: (Elaboración Propia, 2019).

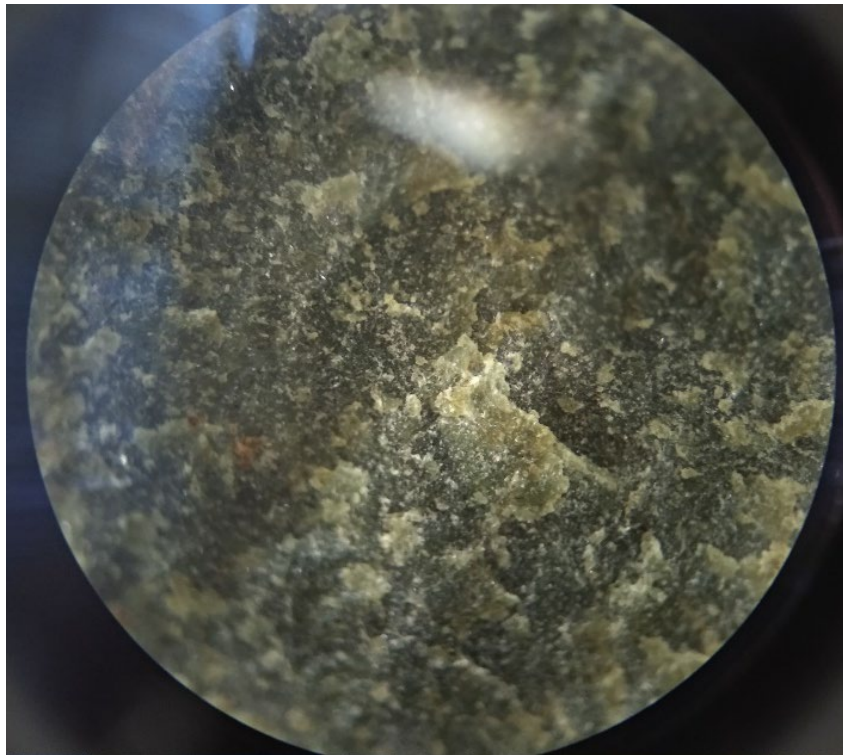
Muestra 3-1 (anfibolita):

La anfibolita es una roca metamórfica que se origina de rocas ígneas primarias como el gabro o el basalto, por lo que su textura puede ser similar, fanerítica o de grano fino. Con poca exfoliación, de brillo opaco y escasa traslucidez. Se observa alta compactación en el interior de la roca.

De igual forma, mantiene una coloración verdosa en tonalidades oscuras. Físicamente, es más densa por lo que se presenta más pesada que el resto de los materiales. La fractura se presenta irregular, pero muy espesa, gracias a la buena cohesión de su estructura.

Figura 12

Anfibolita (Muestra 3-1). Aumento 2X, fractura irregular



Fuente: (Propia, 2019).

Dentro del corte de un nódulo de anfibolita se puede presentar inclusiones ferrosas, como el óxido de hierro. En la Figura 13 se puede observar cómo adquiere un lustre entre opaco y subvitreoso. Pues es de mencionar que, en el proceso metamórfico, la anfibolita se considera como la roca madre que da origen a la eclogita y a la jadeíta. Resumen en Tabla 3.

Figura 13
Aumento 4x en fractura de la anfibolita



Fuente: (Propia, 2019).

Tabla 3

Características físicas de la anfibolita	
Color	Verde (oscuro)
Densidad	2.85 – 3.07
Fractura	Irregular – Terrosa
Textura	Fanerítica
Brillo	Opaco

Fuente: (Elaboración Propia, 2019).

Muestra 4-1 (eclogita):

La eclogita es una de las piedras verdes con mayor parecido a la jadeíta, puesto que esta se trata de una roca con tal grado de metamorfismo que queda a un nivel intermedio entre la anfibolita y la jadeíta.

Figura 14

Muestra de eclogita (3-1). Fractura irregular escamosa

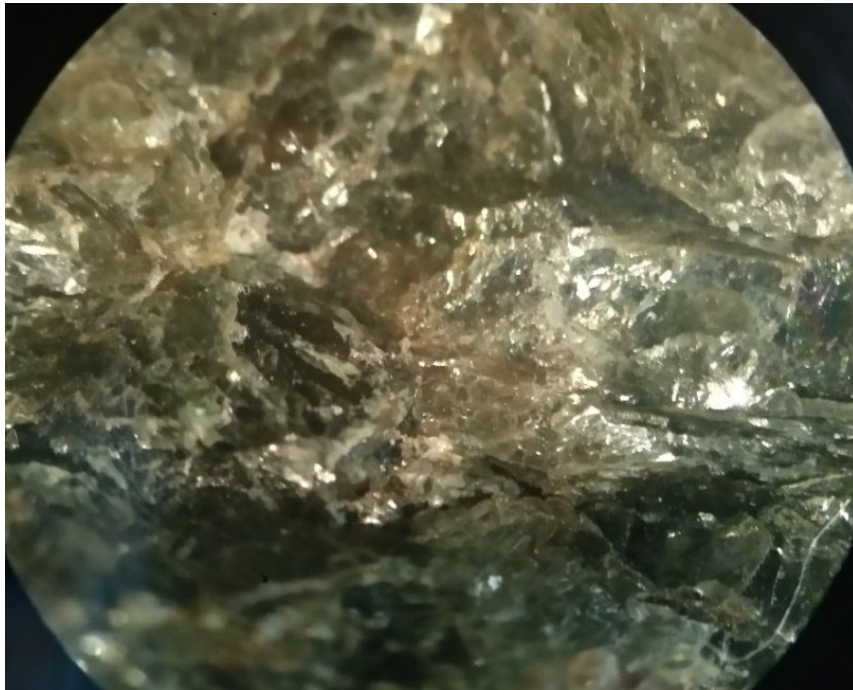


Fuente: (Propia, 2019).

Como puede observarse en las Figuras 14 y 15, su fractura sumamente irregular deja expuesta la cristalización de su estructura generando la apariencia de escamas. Esta cristalización se debe a las aglomeraciones de cuarzo (sílice) que se exponen cuando se fragmenta y en ocasiones pueden aflorar a la superficie de las piezas, aunque estas se traten de artefactos tallados y pulidos.

La eclogita es incluso más densa que la anfibolita, pero no tan dura como esta última, ni como la jadeíta.

Figura 15
Aumento de 4x sobre la fractura de la eclogita



Fuente: (Propia, 2019).

A pesar de la estructura cristalina de las fracturas, en el exterior los nódulos y de los artefactos pulidos de eclogita suelen presentarse opacos. Esto posiblemente se deba gracias a las propiedades reflectivas de sus cristales. En la Tabla 4 se presenta la información general de sus propiedades físicas.

Tabla 4

Características físicas de la eclogita	
Color	Verde (oscuro)
Densidad	3.3
Fractura	Irregular
Textura	Afanítica (cristalizada)
Brillo	Opaco

Fuente: (Propia, 2019).

Muestra 5-1 (mármol)

El mármol es una roca metamórfica al igual que las anteriores; pero a diferencia del resto, está compuesta principalmente de rocas calizas, es decir, carbonatos cálcicos. Su origen sedimentario le atribuye propiedades físicas distintivas en relación al resto de las piedras verdes.

La fractura de una pieza de mármol, presenta textura de apariencia terrosa, con granulosis muy homogénea, pues se separa por distintos puntos de la superficie sin

formar biseles, pero dejando una apariencia similar a la tierra seca. Este material adquiere un brillo sedoso esto es debido a su origen cálcico, también se puede observar principalmente en los puntos blancos que quedan expuestos (Figura 16).

Esta roca se puede presentar en unas variedades cromáticas. En contraste con las rocas vistas en las anteriores muestras, el mármol supone un material con claras diferencias en sus propiedades ópticas que permiten la inmediata diferenciación caracterización. A través de la Tabla 5 se puede observar un resumen de sus sus características físicas.

Figura 16
Fractura de mármol verde vista bajo lente 4x de un micro-estereoscopio



Fuente: (Propia, 2019).

Tabla 5

Características físicas del mármol	
Color	Variado
Densidad	2.6 – 2.8
Fractura	Terrosa
Textura	Terrosa - Sedosa
Brillo	Graso - Semiopaco

Fuente: (Elaboración Propia, 2019).

Muestra 6-1 (pizarra)

La pizarra pese a presentarse en diversos colores debido a la presencia de una variedad de minerales durante su proceso metamórfico, generalmente prevalece en colores grisáceos y blancos. Se decidió incluirla dentro de la muestra, puesto que, durante el proceso de validación, dentro de la muestra del Atlas Arqueológico se identificó reiteradamente los artefactos pertenecen a la categoría de hachas, ocupando un 13% de la muestra.

Figura 17
Exfoliación de la pizarra



Fuente: (Propia, 2019).

Se trata de una roca metamórfica de grano intermedio, por lo que en apariencia presenta una textura terrosa, a la que da su nombre, denominándose “pizarrosa”. De grano más fino y suave que el mármol, mucho más similar a la caliza suave. Se reconoce fácilmente por el tipo de exfoliación, pues la pizarra se forma por diferentes láminas u hojas delgadas de roca de forma paralela, similar a las páginas de un libro. Los artefactos elaborados en este material, suelen carecer de brillo, es decir, presentan un lustre opaco (Tabla 6).

Tabla 6

Características físicas de la pizarra	
Color	Gris – Blanco
Densidad	2.7 – 2.8
Fractura	Regular – Plana (Exfoliación en láminas)
Textura	Terrosa (Pizarrosa)
Brillo	Opaco

Fuente: (Elaboración Propia, 2019).

9.2 Cálculo de la Densidad Relativa.

Una vez constituida la muestra que servirá para el análisis comparativo, se procede a determinar otros métodos de análisis de características físicas. Siguiendo el objetivo predeterminado de proveer métodos para la caracterización, que puedan llevarse a cabo por cualquier proyecto arqueológico, se considera experimentar con el método del cálculo de densidad de los materiales.

La densidad es una propiedad física de todas las rocas y minerales, la cual se encuentra relacionada estrechamente a otra propiedad física, la porosidad. La densidad se encuentra definida por una relación entre la masa de una roca y su volumen. Entonces, se define como el cociente entre la masa de una sustancia sólida (roca o mineral) y el volumen de la misma, y se expresa con la siguiente ecuación:

$$p = m/v$$

Donde **m** representa la masa, que se define como la cantidad de materia que contiene un cuerpo, a mayor cantidad de materia, mayor cantidad de masa; la masa actúa sobre la gravedad, la cual es fija (9.8 m/s^2), y el resultado de esta relación es el peso. Por lo que para obtener la masa (**m**) simplemente se procede a medir el peso del artefacto que se pretende caracterizar.

Figura 18
Proceso de obtención de la masa del artefacto a través de una alanza electrónica



Fuente: (Propia, 2019).

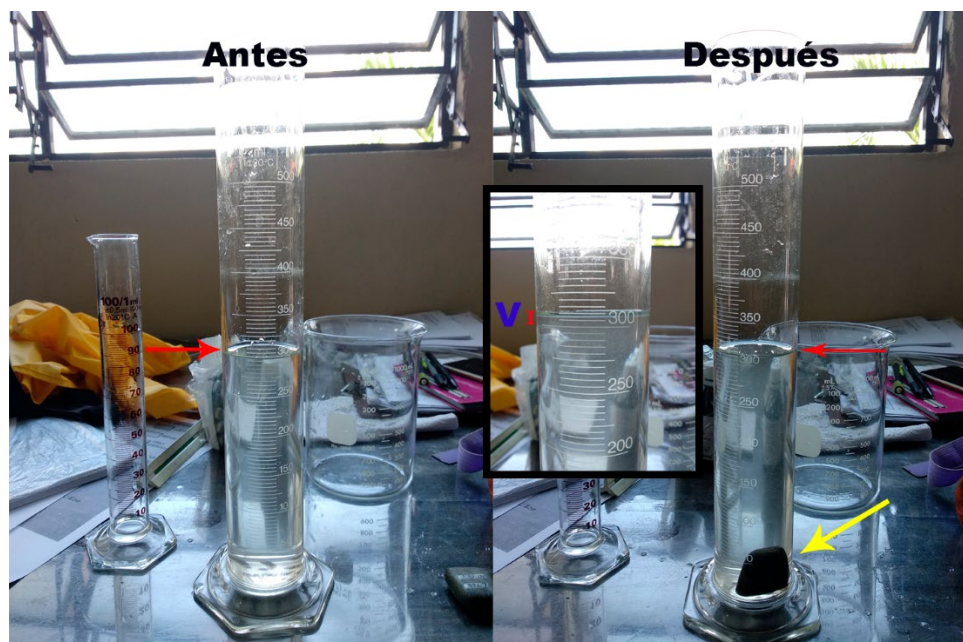
Lo siguiente que se debe obtener es el volumen (**v**) del artefacto. El volumen es el lugar en el espacio que ocupa la materia. Para medirlo se utiliza la unidad de metro cúbico (m^3). El método de obtención del volumen se realiza a través del llamado “principio de Arquímedes”, en el que un peso total o parcialmente sumergido en algún fluido, experimenta un

empuje vertical hacia arriba igual al peso del volumen del fluido.

Para esto se utilizan herramientas calibradas en mililitros o centímetros cúbicos. En este caso se utilizaron probetas de 100 y de 500 ml, así como un beacker con capacidad de 1000 ml para sumergir los artefactos más grandes. Se vierte agua en el recipiente, hasta una medida deseada y se observa hasta qué marca alcanza el agua en reposo.

Posteriormente se deposita el artefacto a examinar y se vuelve a observar cuanto subió el agua. Por lo tanto, el volumen (V) del artefacto será la diferencia de los volúmenes medidos antes (V_1) y después (V_2) de sumergirlo ($V = V_2 - V_1$) (Figura 19).

Figura 19
Proceso de obtención del volumen de un artefacto lítico



Fuente: (Propia, 2019).

Para ejemplificarlo se tomó la muestra catalogada como L-1233 de la muestra de hachuelas del Atlas Arqueológico de Guatemala;

- 1) el peso de la hachuela L-1233 es de 330 gramos (g);
- 2) se vierte el agua en la probeta hasta calibrarla a la marca de 300 ml;
- 3) se sumerge la hachuela hasta el fondo y se deja en reposo, se observa que el agua sube hasta la marca de 396 ml;
- 4) si $V = V_2 - V_1$, entonces $V = 396 - 300$; el volumen de la pieza es $V = 96 \text{ cm}^3$.
- 5) Para calcular la densidad se toma en cuenta que: (densidad) $p = m/v$;
- 6) $P = 330/96$, $P = 3.44$; la densidad de la hachuela L-1233 es 3.44 g/cm^3

Para que este dato nos sirva se debe tomar en cuenta que el resultado obtenido experimentalmente debe compararse con una tabla de densidades ya conocidas (Tabla 7). En este caso, el resultado al que más se acerca, es al de la densidad relativa de la eclogita, que es de 3.3 g/cm^3 . Por lo tanto, este dato experimental nos ayuda a obtener indicios del material con el que se está trabajando.

Tabla 7

Tabla de densidades de piedras verdes	
Densidad Conocida	Roca
Jadeíta	3.2
Serpentina	2.5 – 2.6
Eclogita	3.3
Anfibolita	2.85 - 3.07
Mármol	2.6 - 2.8
Pizarra	2.7 – 2.8

Fuente: (Elaboración Propia, 2019).

9.2.1 Observaciones del cálculo de densidades.

Para llevar a cabo las pruebas de análisis con este método se utilizaron las muestras de hachuelas y cuentas provenientes de la colección del Atlas, haciéndose efectivo el análisis por densidades en un total de 27 artefactos. Durante la experimentación del método de cálculo de densidad, se llegó a la conclusión de que este método es más eficaz cuando los artefactos pesan más de 10 gramos, puesto que, en artefactos de menor peso, el cociente de la ecuación dispara números dispares. En resumen, mientras más pesado, más preciso.

Por otro lado, se analizaron materiales principalmente de jadeíta, serpentina, pizarra, mármol y eclogita, siendo esta última en la que mejores resultados se observaron. Es posible que esto se deba a que, al tratarse de un material con mayor densidad que el resto, este método es más preciso. En casi todas las muestras de eclogita, el cociente de la ecuación se acercaba bastante a la tabla de valores de densidad conocida, mientras que, en los artefactos de otros materiales, el resultado era variable.

A pesar de que el cálculo de densidades proporciona datos para determinar preliminarmente el material que compone un artefacto, este resultado no es concluyente, pero sí constituye un auxiliar en el proceso. Para poder caracterizar, se debe tomar en cuenta este resultado sumado al análisis óptico del resto de las propiedades físicas mencionadas con anterioridad.

Puesto que, en un análisis sistemático de las características físicas, un solo resultado no es determinante, sino que, es el conjunto de las observaciones de una muestra. En otras palabras, se debe realizar en conjunto con el resto de exámenes.

Por lo anterior, este método se recomienda mayormente para el análisis y caracterización de hachuelas y no para el análisis de cuentas y mosaicos, al ser elementos muy pequeños y livianos. Siempre y cuando se realicen en conjunto con el resto de análisis ópticos correspondientes.

9.3 Análisis de los artefactos

El análisis de los artefactos consiste en la ejecución de la prueba para validar el método de comparación de características físicas, por medio de las propiedades antes físicas de la roca, y aplicando las observaciones vistas en cada una de las muestras de material geológico, para lo cual se gestionó con el Atlas Arqueológico de Guatemala, entidad que proporcionó su colección de artefactos de piedra verde. Adicionalmente también se incluyó en el análisis, material proveniente del Proyecto Arqueológico Ucanal, con artefactos provenientes del sitio del mismo nombre. Ucanal, es un asentamiento ubicado en la región del sureste de Petén, anteriormente trabajado por el Atlas, por lo que se conforma en una misma unidad regional.

En total se analizaron 98 artefactos de piedra verde, distribuidos de la siguiente manera: 69 hachuelas, 20 cuentas, 1 orejera, 2 fragmentos de mosaico, y 6 desechos de talla; todos de la colección del Atlas. A los que se sumaron: 3 hachuelas, 1 desecho de talla, 21 cuentas, 2 colgantes, y 1 orejera, dando un total de 25 artefactos del Proyecto Arqueológico Ucanal.

Para la identificación de cada uno de los diferentes artefactos, se utilizó la nomenclatura que ya había sido asignada por el Atlas, manteniendo el número de catálogo. A continuación, se describe el análisis de los artefactos cuya caracterización resulta relevante para efectos de este trabajo.

El primer paso, para mantener una metodología con un orden sistemático, se debe establecer la diferenciación de las familias de objetos. Por lo tanto, se procede a la separación por formas útiles, que consisten en identificar la categoría de artefacto, ej.: hachas, cuentas, orejeras, mosaicos, etc.; y agruparlas para el análisis.

El análisis de artefactos de piedra verde, permite establecer la totalidad de los restos materiales ubicándose dentro de la clase de piedra pulida, y oscilantes entre las categorías de artefactos cortante, percutores y ceremoniales para las hachuelas, y artefactos ornamentales para las cuentas y orejeras. Teniendo en cuenta que clase se refiere al tipo de industria trabajada (Fowler, 1984), y categoría que como supone McNeish (1958), constituye los objetos que cumplen determinadas características de técnica y función. Para efectos del presente trabajo se ha sintetizado una tabla con la taxonomía de nivel medio de las categorías de análisis de piedra verde (Tabla 8).

Tabla 8

Categorías de análisis para artefactos de piedra verde			
Clase	Categoría	Familia	Tipo
Piedra Pulida	Artefactos cortantes	Hachas	Hachuelas Cinceles
		Cuchillos	
		Puntas de proyectil	Puntas de lanza Puntas de flecha
	Percutores		
	Ceremoniales	Hachas	
		Altorelieves	
	Ornamentales	Cuentas	Tubulares Esféricas Antropomorfas Zoomorfas Otras
		Mosaicos	Placas
		Orejeras	Concoidales Fitomorfas Zoomorfas

Fuente: (Elaboración Propia, 2019).

9.3.1 Hachuelas.

Las hachas constituyen el grupo de artefactos más numerosos del presente análisis, las cuales a su vez se clasifican en los siguientes tipos: hachuelas, micro-hachuelas, cinceles y hachas ceremoniales. El término “hachuela” hace referencia a la forma útil de herramientas destinadas al corte y talla de madera, e incluso destinada a usos ceremoniales. Estos artefactos tienen una relación de aspecto de Largo > Ancho > Grueso, cada medida menor que la anterior. Es decir, con un Largo mayor que el Ancho.

L-114:

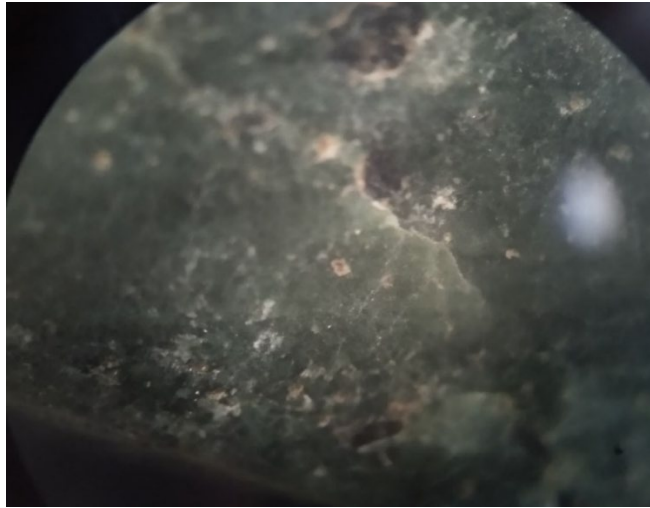
Figura 20
Hachuela L-114 del sitio Mopan 3-Este



Fuente: (AAG, 2013).

Este artefacto proveniente del sitio Mopán 3 está catalogado dentro de las hachuelas sin uso determinado. Su ubicación se rastrea a la Estructura Este del Grupo 15 de dicho sitio.

Figura 21
Hachuela L-114, aumento 2x, exfoliación y brillo

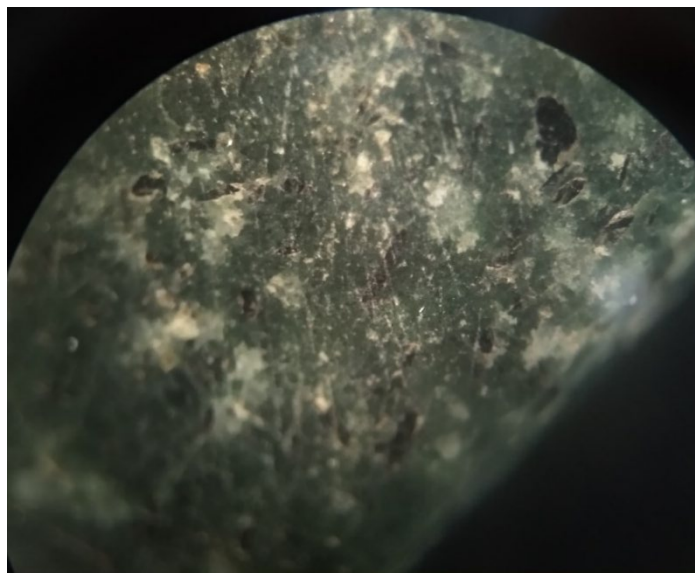


Fuente: (Propia, 2019).

Las propiedades físicas de L-114 presentan un brillo semigraso en la superficie, provocado por el pulido de origen antropogénico (artificial) y en parte por el desgaste de uso. La textura es de tipo sedoso, similar a la observada en la serpentina, por lo que puede caracterizarse dentro del grupo esta roca, carecer de cristales expuestos y fracturas irregulares.

El artefacto L-114 presenta un acabado de superficie altamente pulido y resistente a daños superficiales; la erosión y el uso provocan el desgaste observado tanto a simple vista como bajo el micro-estereoscopio. Estos datos dan pauta para determinar que se trata de un artefacto de producción fina destinada al uso cortante, se puede observar en la Figura 22, el análisis óptico evidencia huellas de uso.

Figura 22
Evidencia de huellas de uso en L-114



Fuente: (Propia, 2019).

L-335:

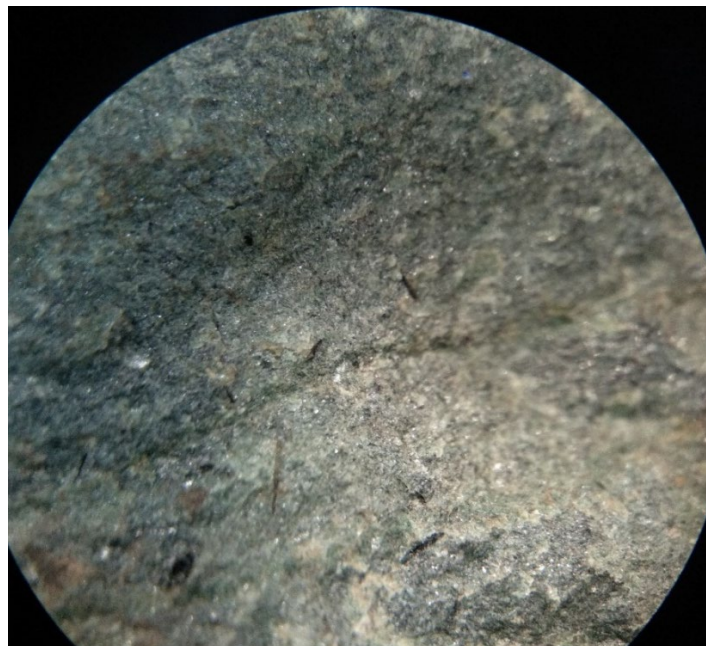
La Hachuela L-335 se encontró en la Plaza del Sector B del Sitio Ix 'Ek. La forma original de esta pieza, hace suponer que no se trató de un artefacto cortante sino más bien enmarcado dentro de la categoría de artefactos de percusión.

Figura 23
Percutor L-335, Sitio: Ix 'Ek



Fuente: (AAG, 2013).

Figura 24
Percutor L-334, análisis de fractura y textura



Fuente: (Propia, 2019).

Durante el análisis óptico (Figura 24) se pudo observar una fractura de tipo irregular, más no ganchosa, no presentando picos agudos, pero tampoco ningún tipo de exfoliación. La apariencia expuesta evidencia la poca densidad de la roca. Y presenta un brillo opaco. La comparación visual de este artefacto con el resto de los materiales relaciona la hachuela L-334 con la serpentina del tipo talcosa, una de las más comunes y con menor dureza. Estas conclusiones fueron atribuidas a la experimentación visual, y personal con la pieza.

L-399

Figura 25

Hachuela L-399 fabricada en hornblenda, sitio: El Chal



Fuente: (AAG, 2013).

L-399 consiste en la sección proximal de un artefacto alargado y de grandes dimensiones (Largo 130* Ancho 54* Grueso 21), posiblemente se trata del mango de un hacha de categoría ceremonial. Lo interesante de este artefacto es que presenta inclusiones dentro de la roca, similares a fragmentos de carbón calcinado (Figura 26).

Figura 26
Inclusiones de granos de hornblenda en hachuela



Fuente: (Propia, 2019).

Tras el análisis óptico y comprobaciones visuales con una estudiante de Ingeniería en Geología de la USAC (Soza, A., *comunicación personal, 2019*), se llegó a la conclusión que este artefacto fue elaborado a partir una de *hornblenda*, una roca metamórfica formada a partir de minerales del mismo nombre, similares a los anfíboles que componen el resto de las piedras verdes, que además adquiere un patrón de diseño diferencial.

Este artefacto es un hallazgo ubicado en el lado este de la Estructura 3 de la acrópolis de El Chal. Estableciendo que se trata de un artefacto del tipo ceremonial encontrado dentro de un grupo restringido, se asume que el artefacto L-399 era para uso elitista y ceremonial, y estuvo asociada al período clásico tardío.

L- 938

Figura 27

Hachuela L-938, sitio: La Lucha



Fuente: (Propia, 2019).

Este artefacto consiste en una hachuela de material duro y con acabado regular, con claras señales de desgaste en la superficie. Se trata de un hallazgo ubicado en el sitio arqueológico La Lucha, sin contexto documentado. Cronológicamente se encuentra asociada al clásico terminal. Las señales de desgaste en el filo, lo caracterizan como un artefacto de categoría herramienta cortante, más sin embargo es importante mencionar que durante el análisis óptico se logró determinar que presenta una fractura irregular, con textura afanítica y un brillo opaco. Esta herramienta fue elaborada en eclogita.

Figura 28

Hachuela L-938, vista de fractura a 2x



Fuente: (Propia, 2019).

L-945

Figura 29

Hachuela L-945, sitio: Ucanal

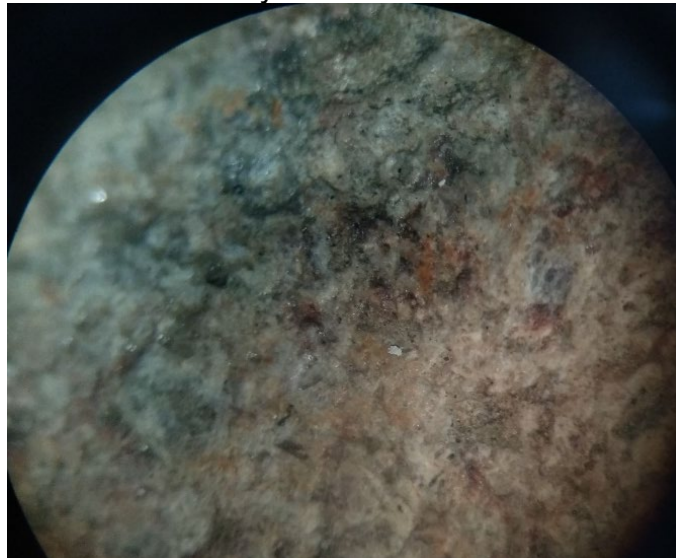


Fuente: (AAG, 2013).

Esta hacha fue ubicada en la Estructura 2 del Grupo CG de Ucanal, se trata de un artefacto de acabado burdo, dentro del tipo hacha, debido a sus dimensiones; de la categoría herramientas cortantes.

Figura 30

Hachuela L-945, análisis de fractura y textura. Aumento a 4x.



Fuente: (Propia, 2019).

El análisis físico identifica la materia prima como roca sedimentaria, pero con alta proliferación de silicatos. Presenta una fractura irregular, un brillo opaco y una textura afanítica, o de grano grueso. Cronológicamente se encuentra asociada al clásico terminal.

L-1387

Figura 31

Hachuela L-1387, artefacto de jadeíta procedente del sitio Santa Rosa



Fuente: (AAG, 2013).

Esta hachuela es de tipo cincel por sus cortas dimensiones, se encontró en la Plaza A del Grupo E del sitio de Santa Rosa. Por lo tanto, se ubicó dentro de un complejo arquitectónico del tipo ceremonial. Lastimosamente no se cuenta con más detalles del hallazgo al encontrarse dentro de los ‘archivos muertos’⁴ del Atlas Arqueológico, puesto que son investigaciones muy antiguas.

Los análisis físicos determinaron que presenta un alto nivel de translucidez, una fractura irregular, textura subvítrea y un brillo entre graso y subvítreo (Figuras 32 y 33). Por lo tanto, la caracterización de la pieza es indudablemente jadeíta. La manufactura de la pieza es de un alto nivel de fineza. Aunque la pieza se encuentra fragmentada, se puede observar la muesca para adherirla a un soporte en la parte proximal. Es interesante mencionar que la variante de jadeíta presente es de color verde manzano. La pieza se encuentra asociada al preclásico medio.

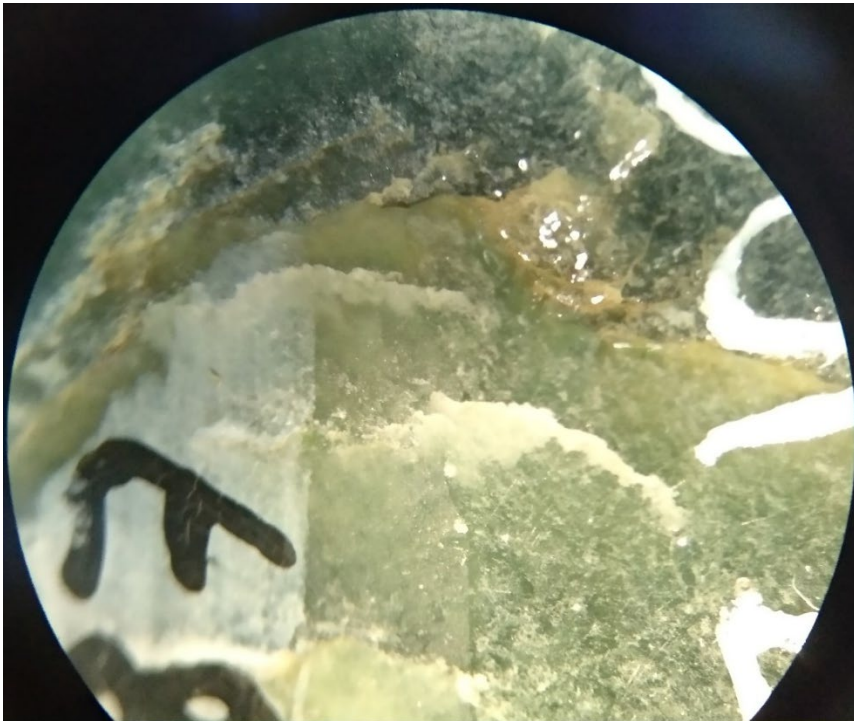
⁴ Archivos del Atlas Arqueológico de Guatemala, que debido al tiempo se han perdido dentro de la base de datos.

Figura 32
Hachuela L-1787, aumento 4x de superficie



Fuente: (Propia, 2019).

Figura 33
Hachuela de jadeíta L-1781, aumento 2x de superficie



Fuente: (Propia, 2019).

L-1388

Figura 34
Hachuela L-1388 de Ixkun

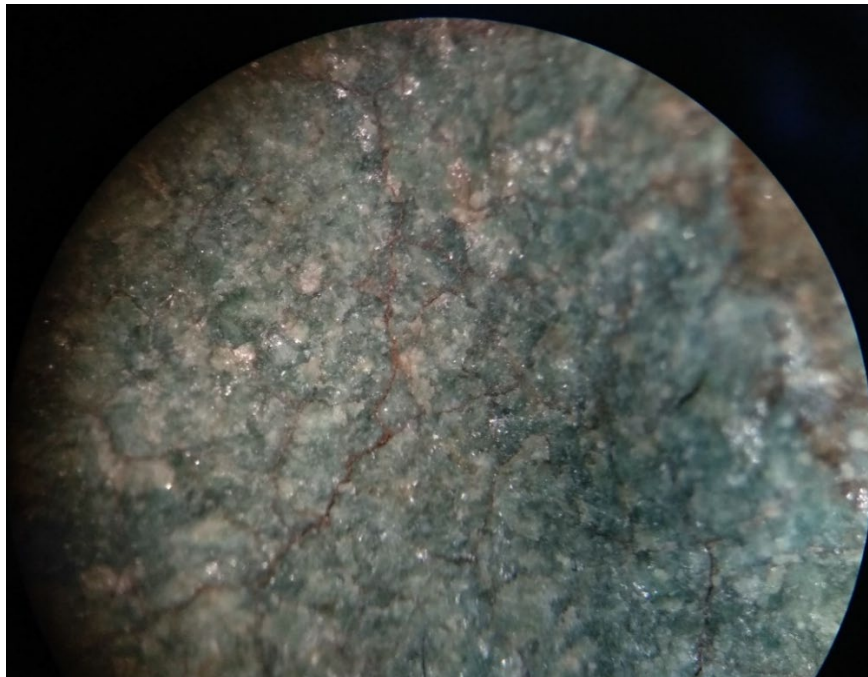


Fuente: (AAG, 2013).

Esta hachuela fragmentada presenta un acabado pulido y regular en la superficie, únicamente se encontró la sección distal, donde se ubica el filo de la misma. Se encontró en la Estructura 24 del Grupo 48 de Ixkun.

El análisis óptico determina una fractura ganchuda, una textura afanítica y un brillo opaco, caracterizándose como serpentina. El tipo de serpentina de su manufactura es de mala calidad, evidente por el tipo de fragmentación que presenta, con poca densidad y cohesión. Categoría: herramienta cortante, familia: hacha, tipo: hachuela y una cronología asociada al período clásico terminal.

Figura 35
Hachuela L-1388, aumento a 4x de área fracturada



Fuente: (Propia, 2019).

L-1493

Figura 36
Hachuela L-1493 del sitio El Chal



Fuente: (AAG, 2013).

Hachuela procedente de la Plaza A de la acrópolis de El Chal. Presenta evidencia de uso por fragmentación del filo (sección distal). Las observaciones iniciales muestran indicios de poca dureza, aunque la técnica de manufactura muestra buen desempeño artesanal, el material es de baja calidad.

Los análisis ópticos presentan una fractura ganchosa, una textura subvítrea y un brillo semigraso. Quizá por sus características cristalizadas, pueda confundirse fácilmente con la estructura de la jadeíta, pero la nula traslucidez y el acabado de superficie permiten su caracterización como serpentina. El artefacto L-1493 se encuentra asociado cronológicamente al clásico terminal.

Figura 37
Hachuela L-1493, visualización de fractura, textura y brillo



Fuente: (Propia, 2019).

L-1537

Figura 38
Hachuela L-1537 de El Chal



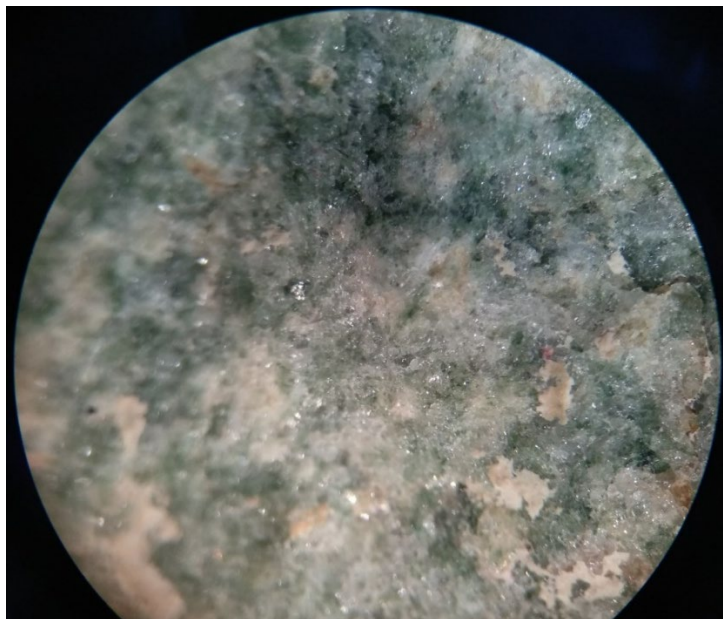
Fuente: (AAG, 2013).

Este artefacto es una sección proximal de una hachuela con categoría indeterminada debido a que no existe evidencia completa de la pieza. Se encontró en la estructura oeste de la Plaza C de la acrópolis de El Chal. El artefacto se encuentra asociado al período clásico terminal.

El análisis óptico determinó que está fabricada en jadeíta albítica, presentando una fractura irregular, una textura subvítrea y un brillo igualmente subvítreo.

Este artefacto es una evidencia de la utilización de diversos derivados de jadeíta por la cultura maya del clásico. Presentando variantes en las tonalidades de verde, que como se ha mencionado antes, al incluir albíta, esta roca llega a presentarse a ser casi blanca o totalmente blanca en algunas ocasiones.

Figura 39
Hachuela L-1537 de El Chal, visualización de fractura, textura y brillo



Fuente: (Propia, 2019).

L-1708

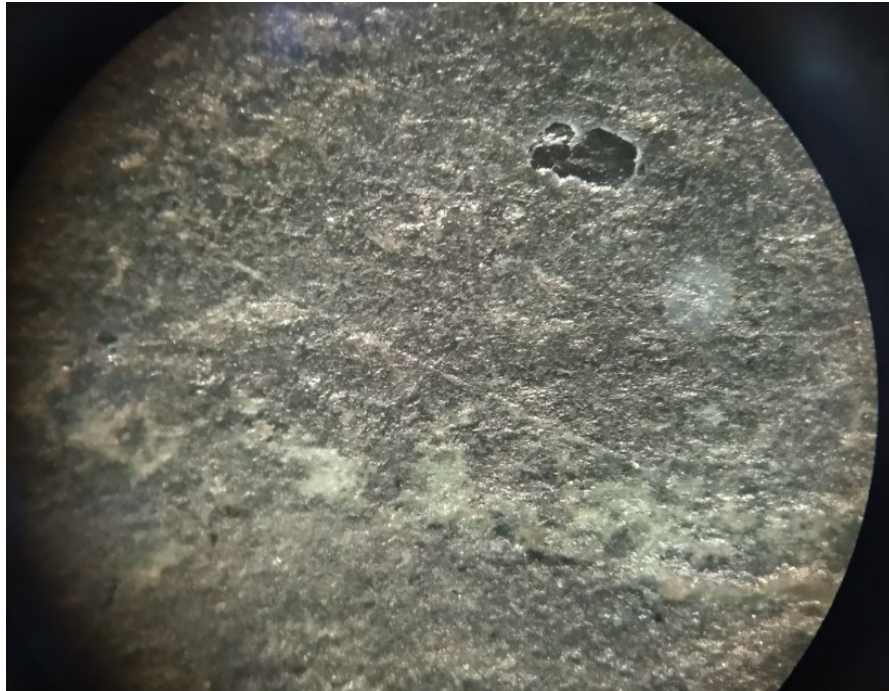
Figura 40
Hachuela L-1708 de Ixtonton



Fuente: (AAG, 2013).

Este artefacto consiste en una hachuela, posiblemente cincel, por su reducido tamaño, procedente del sitio arqueológico de Ixtonton, asociado al período clásico terminal. El análisis visual determinó que consistía en un artefacto fabricado en mármol, determinado por la superficie vetada, un claro marmoleo, pero este factor no sería determinante de no ser por sus propiedades físicas, identificadas con una fractura ganchuda, una textura sedosa y un brillo opaco. Adicionalmente para corroborar esta información, la densidad relativa fue de 3.00, muy cercana a los 2.8 de la densidad conocida del mármol.

Figura 41
Hachuela L-1708 de Ixtonton, análisis de propiedades físicas



Fuente: (Propia, 2019).

L-2119

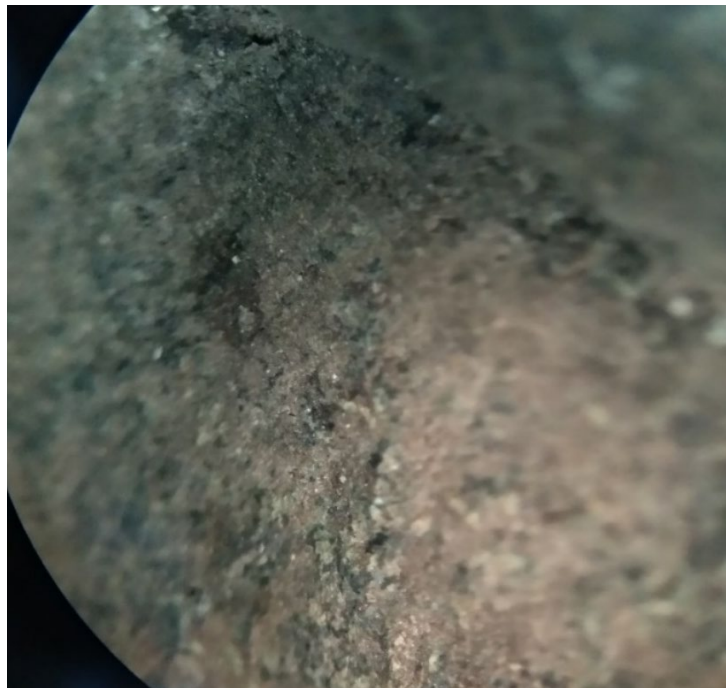
Figura 42
Hachuela L-2119 de Yachul



Fuente: (AAG, 2013).

Esta hachuela proveniente del sitio arqueológico de Yachul, obtuvo una densidad de 3.16 en el análisis de cálculo de densidades. Presenta un acabado regular, una fractura terrosa, textura fanerítica y un brillo opaco. Por sus características físicas, este artefacto aparentemente fue elaborado utilizando una roca de anfibolita.

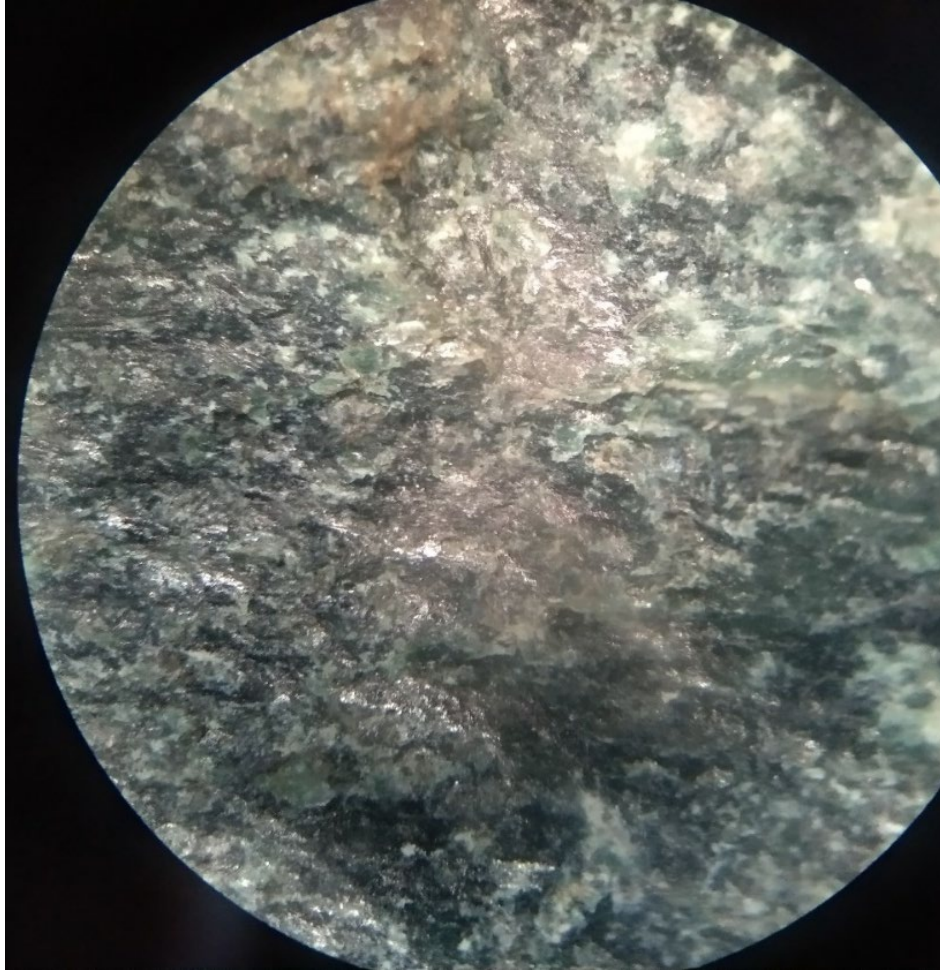
Figura 43
Hachuela L-2119, aumento 2x en fractura



Fuente: (Propia, 2019).

L-2419

Figura 44
Análisis de Hachuela L-2419 de Ixtutz



Fuente: (Propia, 2019).

La hachuela L-2419 proviene del Sitio Arqueológico de Ixtutz, y no cuenta con mayores datos de procedencia. Presenta un acabado regular en la superficie, con una técnica de producción poco elaborada. El análisis preliminar del AAG la asocia al periodo clásico tardío. Los datos obtenidos por el análisis óptico la caracterizan como un artefacto de eclogita, debido a la presencia de fracturas irregulares, texturas de afanítica y un brillo opaco. Adicionalmente el cálculo de densidades presenta una puntuación de 3.61, sumamente densa.

9.3.2 Cuentas.

L-2355

Figura 45
Cuenta L-2355 de Ixkun



Fuente: (AAG, 2013).

Este artefacto es una cuenta de collar, con menos de 1 centímetro de diámetro, la cual se tomó como muestra para ejemplificar los casos de las distintas “calidades” o variedades de jadeíta que se pueden presentar en los hallazgos arqueológicos. Esta en específico, a los pertenecientes a la categoría de artefactos ornamentales.

A primera vista, las cuentas analizadas en la muestra presentan un alto grado de translucidez, lo que nos da una idea del tipo de material con el que se tratará. Como se ha visto anteriormente, esta es una característica propia de los altos niveles de sílice en la roca, característica presente generalmente en los artefactos de jadeíta.

Otra pauta que nos puede indicar que se trata de jadeíta, es la predisposición de la cultura maya hacia el color verde manzano, aunque como se ha indicado anteriormente, la jadeíta se presenta en una gran variedad de tonalidades; sí este color está presente, en conjunto con un brillo subvítreo o vítreo y la translucidez característica, seguramente se trata de dicho material.

Pero dentro de la muestra, la cuenta L-2355 llama la atención pues al reflejar la luz en su superficie pulida, esta da la apariencia de tener inclusiones de mica, por lo que tras un análisis óptico auxiliado por herramientas visuales como el micro-estereoscopio se puede identificar la propiedad física que da origen a esta particularidad.

Como se puede observar en la Figura 46, se examinó la fuente de la particularidad, y, como se supuso, esta variedad de jadeíta brillante no se debe a las inclusiones de mica, sino al afloramiento del cuarzo en la superficie. Pues, como se ha mencionado, la sílice es un compuesto base tanto en el cuarzo como en la jadeíta, y se encuentra en grandes cantidades.

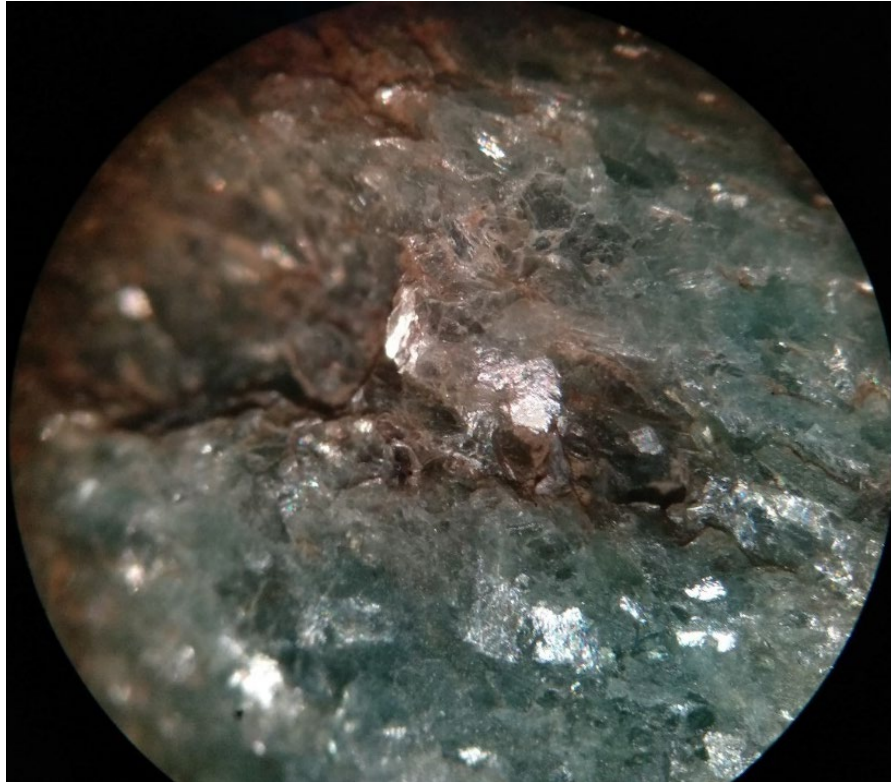
Figura 46
Cuenta L-2355 de Ixkun. Análisis de estructura interna



Fuente: (Propia, 2019).

Se presentan casos en los que aflora a la superficie generando la propiedad óptica mencionada. En la Figura 47 se observa esta característica, adentrándonos en la estructura cristalina de la pieza con un zoom de 40 veces el tamaño en la realidad.

Figura 47
Cuenta L-2355 de Ixkun, análisis de estructura interna, aumento 4x



Fuente: (Propia, 2019).

9.3.3 Orejeras.

L-255

Figura 48
Orejera L-255 de Ixtonton

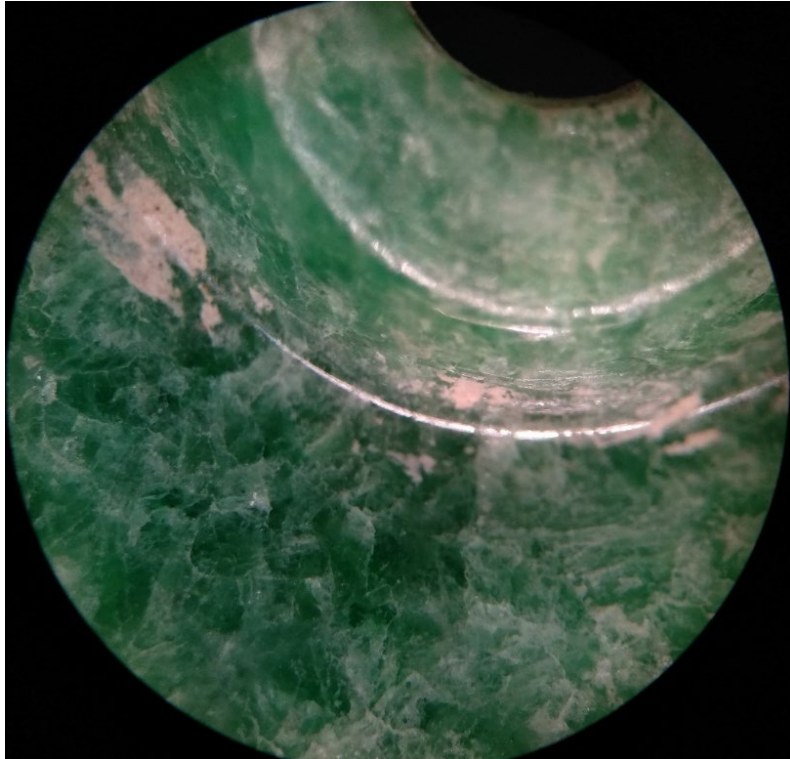


Fuente: (AAG, 2013).

En la muestra de piedras verdes proporcionada por el Atlas Arqueológico de Guatemala únicamente se contó con un fragmento de orejera. El cual se analizó bajo un aumento de 2x y 4x auxiliándose con el micro-estereoscopio. Tras la observación se caracterizó como jadeíta. Al igual que en ocasiones anteriores, el color predominante fue el verde manzano, identificado por el alto nivel de translucidez y la apariencia cristalina.

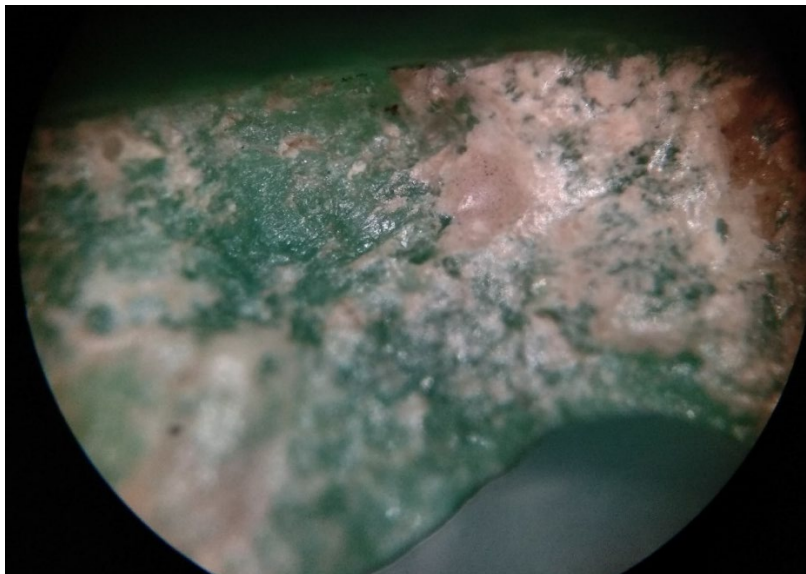
En este artefacto, el acabado de superficie se presenta sumamente fino, observándose a simple vista el patrón cristalizado de la jadeíta. De la misma manera la fractura se presenta de forma irregular con una textura totalmente vítrea (Figuras 49 y 50). Este hallazgo se encontró en la estructura oeste de la Plaza Este, en el área central de Ixtonton asociado a un contexto cerrado en el Entierro 023 del sitio, datado para el clásico tardío. Por su forma y uso, pertenece a la categoría de artefactos ornamentales, familia orejera y del tipo concoidal.

Figura 49
Aumento 2X en orejera de Ixtonton, análisis de textura, brillo y estructura cristalina



Fuente: (Propia, 2019).

Figura 50
Orejera de Ixtonton, análisis de fractura



Fuente: (Propia, 2019).

10.3.4 Mosaicos.

L-411

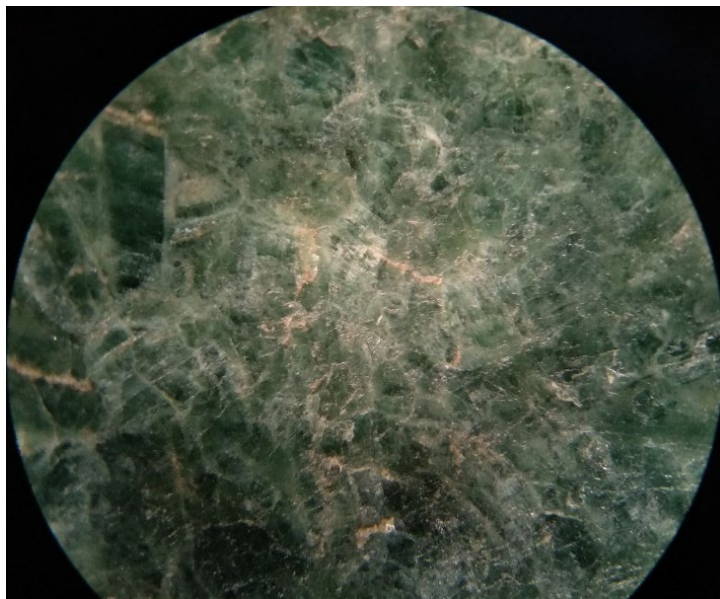
Figura 51
Mosaico L-411, sitio: Ixkun



Fuente: (AAG, 2013).

Este pequeño fragmento de mosaico, de 2 centímetros de ancho fue encontrado dentro del 1er. cuerpo de la Estructura 5 de Ixkun, en un contexto superficial (humus) por lo que no se tiene mayor información del mismo. Posiblemente proveniente del clásico tardío. Se trata de otro ejemplo perfecto de las características propias de la jadeíta. Con brillo y textura que oscilan entre subvítreo y vítreo y con un pulido graso muy brillante. Otra de las características evidentes en las muestras observadas, consiste en la superficie de cristales fragmentados, suponiendo que los artefactos de jadeíta no presentan esa textura totalmente lisa y homogénea en su coloración (Figura 52).

Figura 52
Aumento 2X en mosaico L-411 de Ixkun



Fuente: (Propia, 2019).

9.3.6 Artefactos del Proyecto Arqueológico Ucanal.

Los análisis realizados para evaluar la aplicación de la herramienta metodológica, se realizaron primeramente en la colección del Atlas Arqueológico, pero posteriormente ya establecidos los parámetros de comparación, es decir, cuando ya se conocieron las propiedades físicas y visuales para establecer una relación entre materia prima y artefacto, entonces se procedió a gestionar el acceso a las piezas de piedra verde recuperadas en las excavaciones del Proyecto Arqueológico Ucanal.

Para este caso, la herramienta de análisis visual fue un microscopio electrónico (Figura 53), con la finalidad de poder demostrar que la comparación visual es factible cuando ya se ha establecido la referencia visual con las muestras anteriores. También se utilizó una lupa de mano como herramienta auxiliar.

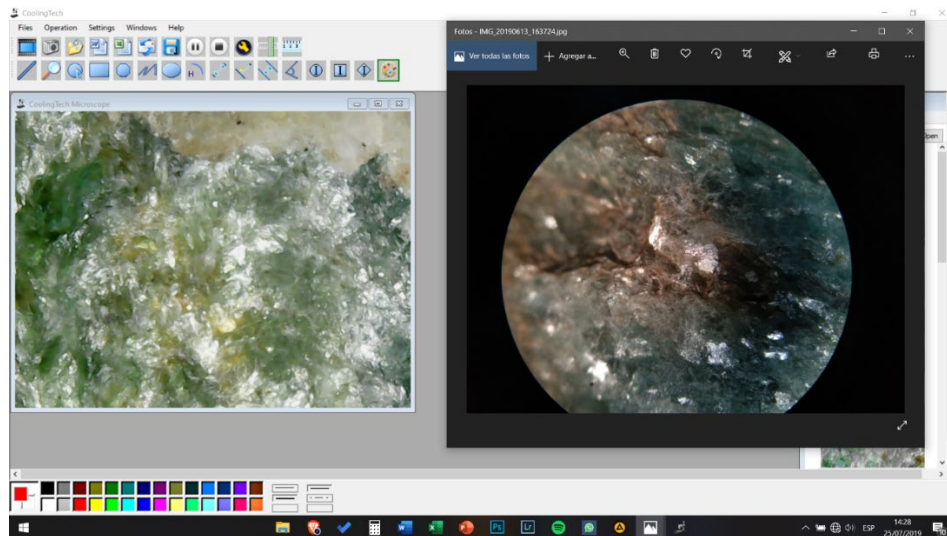
Figura 53
Equipo de análisis para muestras de Ucanal



Fuente: (Propia, 2019).

En la Figura 54 se puede observar la comparación en tiempo real, es decir, imágenes de ambos artefactos al mismo tiempo, visualizando las características físicas de ambas muestras, en la imagen de la izquierda se observa una transmisión del microscopio sobre la muestra del Lote 360 de Ucanal, a la derecha se muestra la imagen tomada con el micro-estereoscopio de la muestra L-2355 del Atlas.

Figura 54
Análisis comparativo de artefactos de piedra verde Ucanal-Atlas



Fuente: (Proppa, 2019).

La imagen obtenida por el micro-estereoscopio, al ser una herramienta completamente óptica y mecánica, no se obtiene una imagen digital, por lo que la resolución es la real, lo que puede observarse en la fotografía. Por otro lado, la imagen obtenida por el microscopio electrónico, es una imagen digital de baja resolución que no puede compararse en calidad de detalles. Aun así, bajo las pruebas realizadas, si es un auxiliar para poder determinar parámetros como el brillo, la fractura y los colores de la estructura cristalina de las piezas.

UCA-1A-4-2-9

Este artefacto consiste en colgante con forma de mosaico encontrado al frente de la Estructura 1, a nivel del patio, bajo el derrumbe. Y tras los análisis con el microscopio queda claro que se trata de una pieza de jadeíta, cuya calidad es distinta a las anteriores, pues se trata de una pieza de jadeíta opaca. Aun así, las propiedades físicas como una fractura irregular y la textura y brillo subvítreo, establecen esta caracterización.

Figura 55
Colgante antropomorfo de la operación 1 de Ucanal



Fuente: (Propia, 2019).

Bajo estas observaciones, se concluye que a pesar de que en la superficie las piezas no presenten el brillo o translucidez características del material, es recomendable observar las fracturas para determinar a través de su estructura interna el tipo de material de fabricación. Ya que el brillo exterior de la pieza es una variable que no depende únicamente del material de origen, sino también de la técnica del artesano.

UCA-6A-1-9-346

Figura 56
Cuenta tubular de la operación 6 de Ucanal



Fuente: (Propia, 2019).

Esta cuenta tubular procedente del Entierro #6-3 de Ucanal tiene la característica de reflejar la luz de manera intensa, similar a la muestra L-2355 de Ixkun (Figuras 45, 46 y 47), por lo que, en una revisión preliminar del material se pensó que esta cuenta tenía inclusiones de mica, de forma similar a la muestra del Atlas, pero el análisis de la primera hizo suponer que el caso de este material era el mismo.

Los análisis pertinentes de esta pieza (Figura 57) nos permiten observar que la suposición era correcta, la luz reflejada que da la impresión de contener inclusiones de mica o inclusiones metálicas, se debe a la abundancia en la afloración del cuarzo en la superficie de la pieza. Como se ha mencionado anteriormente, esta particularidad procede de la formación de sílices en los compuestos base de la jadeíta, aumentado por la estructura cristalina poco homogénea del material, similar a un veteado de cristales rotos.

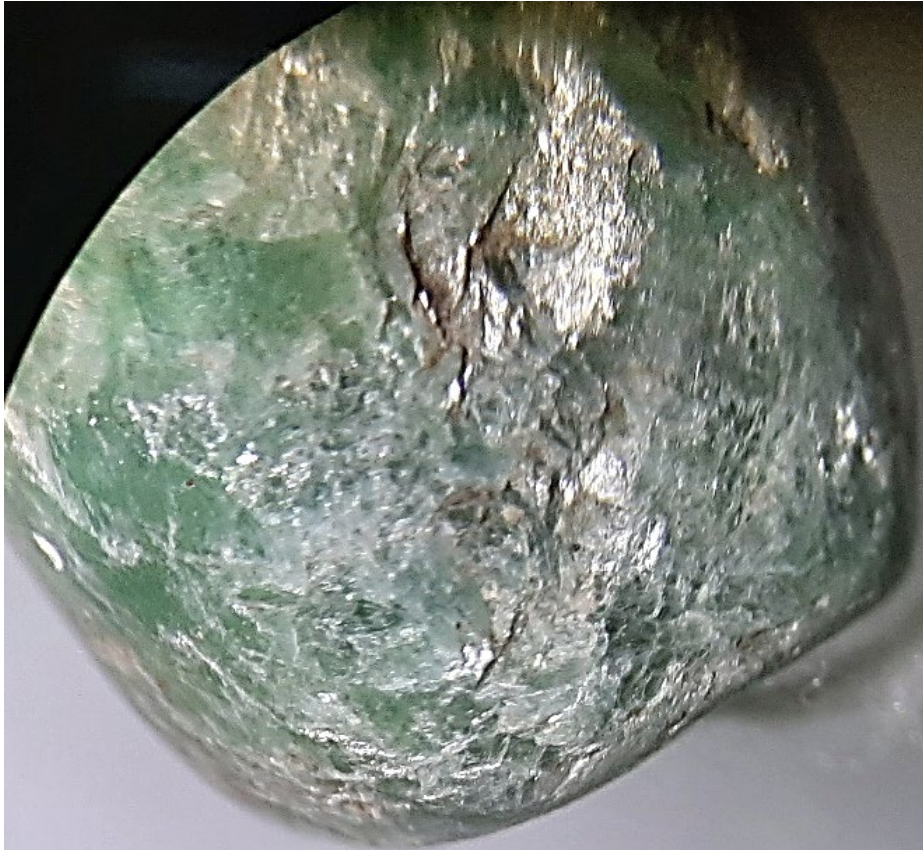
Figura 57
Aumento2x de sección cristalina de cuenta del lote 346 de Ucanal



Fuente: (Propia, 2019).

En comparación a la pieza anterior, la cuenta con diseño antropomorfo (Figura 55), se refiere a una cuenta tubular, gracias al nivel de cristalización no necesitó de gran pericia artesanal para adquirir su brillo característico, evidenciando la diversidad de particularidades ópticas compartidas por una sola roca, caracterizadas por su estructura física interna.

Figura 58
Afloramiento del cuarzo en cuenta 346 de Ucanal



Fuente: (Propia, 2019).

UCA-6A-3-10-335

Dentro de la colección de cuentas del Proyecto Ucanal, se encontró una cuenta esférica del Lote 335, ubicado en el Entierro #6-2 de la Estructura 1 del sitio. La particularidad de esta pieza es que se trataba de una roca completamente negra, pero con una translucidez y estructura cristalina similar al de la jadeíta.

Las observaciones macroscópicas determinaron que la estructura interna efectivamente es la característica de dicho material, como se puede observar en la Figura 59, presenta el brillo subvítreo y el patrón heterogéneo propio de esta roca.

Figura 59

Detalle bajo microscopio electrónico de cuenta esférica jade grisáceo de Ucanal

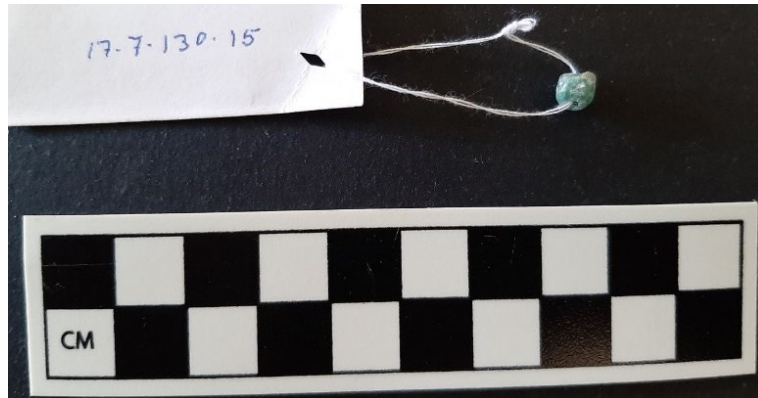


Fuente: (Propia, 2019).

Es de hacer notar que, a pesar del cambio de pigmentación en las rocas la estructura es similar, independientemente del tratamiento artesanal en la superficie. Esta característica evidente no es compartida por ningún otro material identificado como piedra verde dentro de los contextos arqueológicos, por lo que si constituye elementos diferenciales para la caracterización precisa de la jadeíta.

UCA-8A-3-3-360

Figura 60
Cuenta esférica del lote 360 de Ucanal



Fuente: (Elaboración Propia, 2019).

Figura 61
Fotografía bajo microscopio electrónico de la estructura cristalina de la cuenta



Fuente: (Propia, 2019).

La cuenta del Lote 360, procede del Entierro #8-4, ubicada sobre la Estructura 4 de Ucanal. Esta pieza presenta iguales características a la 346, con afloramientos de cuarzo en la superficie, reflejando la luz de forma intensa. Se caracteriza igualmente como jadeíta.

UCA-21A-11-4-2154

Una de las piezas características del Proyecto Arqueológico Ucanal, consiste en un par de orejeras fitomorfas (forma de plantas, en este caso, flores). Fueron encontradas en el Entierro #103-1 sobre la Estructura 21, y posiblemente pertenecen al período clásico tardío.

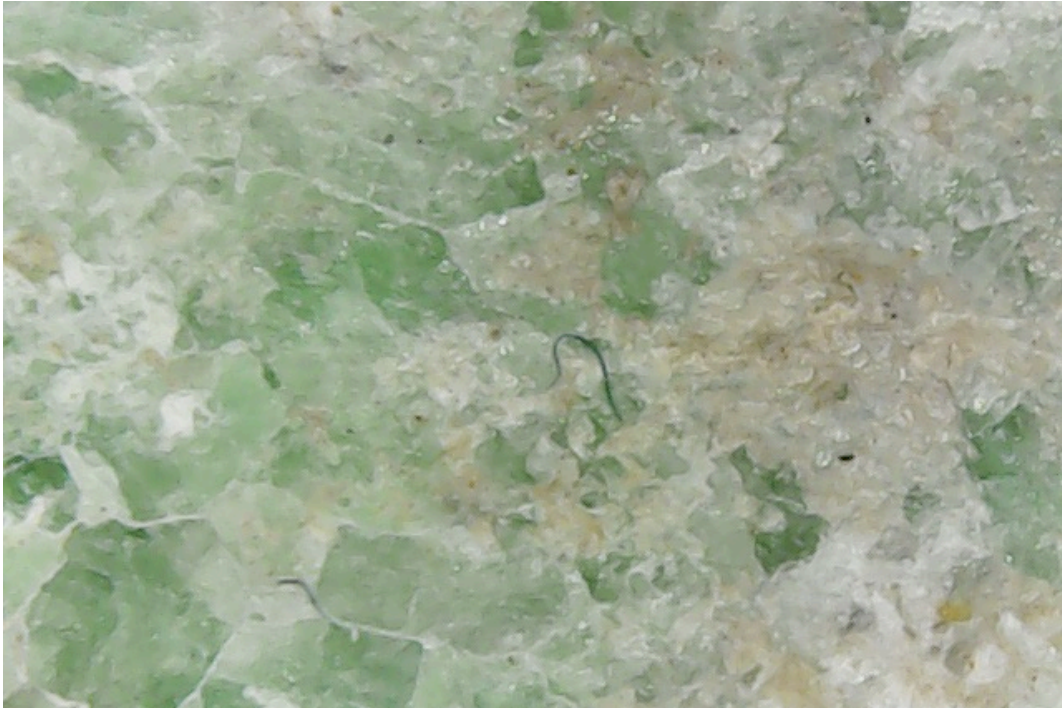
Figura 62
Orejeras del lote 2154 de Ucanal



Fuente: (Elaboración Propia, 2019).

A simple vista se puede observar que se trata de un material opaco, calizo y frágil, quizá pueda aparentar ser de fabricación en concha marina, pero el análisis macroscópico determina lo contrario. El microscopio electrónico, graduado a un aumento 4X, permite observar la estructura de la superficie y de las fracturas, evidenciando una estructura dividida en pequeños cristales fragmentados a modo de mosaico heterogéneo. En las Figura 63 y 64 se puede observar que se trata de jadeíta albítica (a la que debe su color blanco) que presenta la superficie plana debido al tratamiento pulido de la superficie.

Figura 63
Detalle bajo microscopio de estructura cristalina de orejeras de Ucanal



Fuente: (Gariépy, M., 2019).

Figura 64
Detalle de sección albítica en orejera de Ucanal



Fuente: (Gariépy, M., 2019).

9.3.7 Colgante de jade de Ucanal.

La pieza procede de la Estructura E-2 de Ucanal, encontrada como ofrenda para el Entierro #3-1. Se trata de un colgante de jadeíta color verde manchado con la forma de una cabeza antropomorfa. Las dimensiones de la pieza son de 180 mm de alto x 113.3 mm de ancho x 79.8 mm de grosor. Convirtiéndose en una de las piezas colgantes más grandes y pesadas (2363 gramos) de jade del área maya (Halperin et al., 2018). El colgante es una pieza tallada de forma ovoidal y diseño en alto relieve, con cuatro agujeros a cada lado del rostro para su utilización como colgante.

Figura 65
Colgante de jadeíta de Ucanal



Fuente: (Halperin, C., et al., 2018).

Esta pieza por su gran tamaño no se pudo analizar por medio del micro-estereoscopio ni por medio del microscopio electrónico, por lo que para poder observar sus características físicas y estructurales se recurre a la utilización de una lupa de mano tradicional. La cual, a pesar de no contar con un aumento significativo, fue suficiente para poder ubicar fracturas y analizar su nivel de cristalización.

El artefacto fue analizado previamente por Zachary Hrubry en 2018 (Halperin et al., ídem), por lo que se tomó como referencia para relacionar sus propiedades con las conocidas por el presente trabajo. No se encontraron diferencias en las propiedades de la jadeíta, entre las observaciones descritas en este trabajo de graduación y las realizadas previamente por Halperin y Hrubry.

9.4 Sistematización de los datos

El proceso metodológico constituye una serie ordenada de pasos que toma en cuenta varios aspectos como propiedades, características o variables para la resolución de un objetivo. Por lo que el mismo método conforma un proceso sistemático, puesto que cada variable no es determinante, sino que forma parte de un marco general de procedimientos en la que cada uno de los aspectos deben tomarse en cuenta como conjunto. Es lo que se conoce como sistema de análisis.

Para llevar un control adecuado y sistemático de toda la información recolectada se desarrolló una base de datos a partir de una matriz utilizando el programa Excel. Las cuales se separaron por familia de objetos, existiendo una base de datos para hachuelas, cuentas, orejeras; cada una por separado. Una muestra de esto puede verse en el Anexo 4. Para llevar un control ordenado se registraron los siguientes campos: **Correlativo:** No. De Catálogo; **medidas:** peso (g), dimensiones (mm), volumen (cm^3), densidad (g/cm^3); **propiedades:** fractura, textura, brillo, caracterización, variante, calidad de la pieza; **contexto arqueológico:** cronología, operación, suboperación, lote, familia, tipo; y **ubicación:** sitio arqueológico y ubicación específica.

9.4.1 Síntesis de la Herramienta Metodológica.

Para la aplicación del conocimiento obtenido por medio de los diversos análisis físicos, ópticos y contextuales, se propone la utilización de una *ficha de caracterización* (Tabla 9), donde se encuentren las categorías de análisis en un orden lógico y sistemático, esto quiere decir que abarque los aspectos geológicos y arqueológicos. Los datos deben ir agrupados para que el investigador al momento de consultarlo pueda visualizarlos de primera mano y como conjunto. Cada ficha de caracterización es individual para cada artefacto analizado.

La ficha consiste en un resumen del proceso de caracterización de artefactos de piedra verde, e incluye la siguiente información: número de catálogo, que es número correlativo a cada pieza, el cual puede variar dependiendo la colección y el proyecto

arqueológico. Este es importante ya que provee de una rápida identificación, y debe ser irreplicable dentro de una colección.

El número de operación que corresponde a la referencia arqueológica en la que se encontró el hallazgo dentro de una investigación, y al Sitio al que pertenece el artefacto. Posterior a la operación, se incluye la suboperación, que generalmente corresponde a un edificio en particular, y el Lote que hace referencia al material recuperado con el que se encontró asociado el objeto.

Se debe incluir una descripción breve de la ubicación para poder establecer un contexto, y, por consiguiente, se puede saber si se trataba de un ambiente ceremonial, habitacional, administrativo o de otra índole. Es importante incluir la cronología asociada para completar la información de la pieza. Posteriormente la clasificación tipológica del artefacto, en jerarquía descendente; por clase, categoría, familia y tipo.

El paso siguiente es la realización del proceso de arqueometría de la pieza, anotando las mediciones por dimensión, peso, volumen y densidad preliminares para realizar las conjeturas pertinentes a estos datos. Y, por último, la descripción resumida de las propiedades físicas inherentes de la roca o mineral sobre el cual se manufacturó el artefacto: color, fragmentación, brillo y textura; lo que en conclusión nos otorga la caracterización, que es la designación de la materia prima.

A continuación, en la Tabla 9 se observa un ejemplo de la ficha de caracterización de artefactos de piedra verde.

Tabla 9

Ficha de caracterización para artefactos de piedra verde

Atlas Arqueológico de Guatemala			
No. De catálogo	L-1387		
No. De operación	Sitio		
204	Santa Rosa		
Sub-operación	4	Lote:	3
Ubicación	Plaza A del Grupo tipo E		
Contexto	Ceremonial		
Cronología	Preclásico medio		
Clase	Piedra pulida		
Categoría	Herramienta cortante		
Familia	Hacha		
Tipo	Cinzel		
Dimensiones (LxAxG) (mm)	33 * 21 * 7		
Peso (g)	44		
Volumen (cm3)	14		
Densidad (g/cm3)	3.14		
Color	Verde manzana		
Fragmentación	Irregular		
Brillo	Subvítreo		
Textura	Graso – Subvítreo		
Caracterización / Materia prima	Jadeíta		

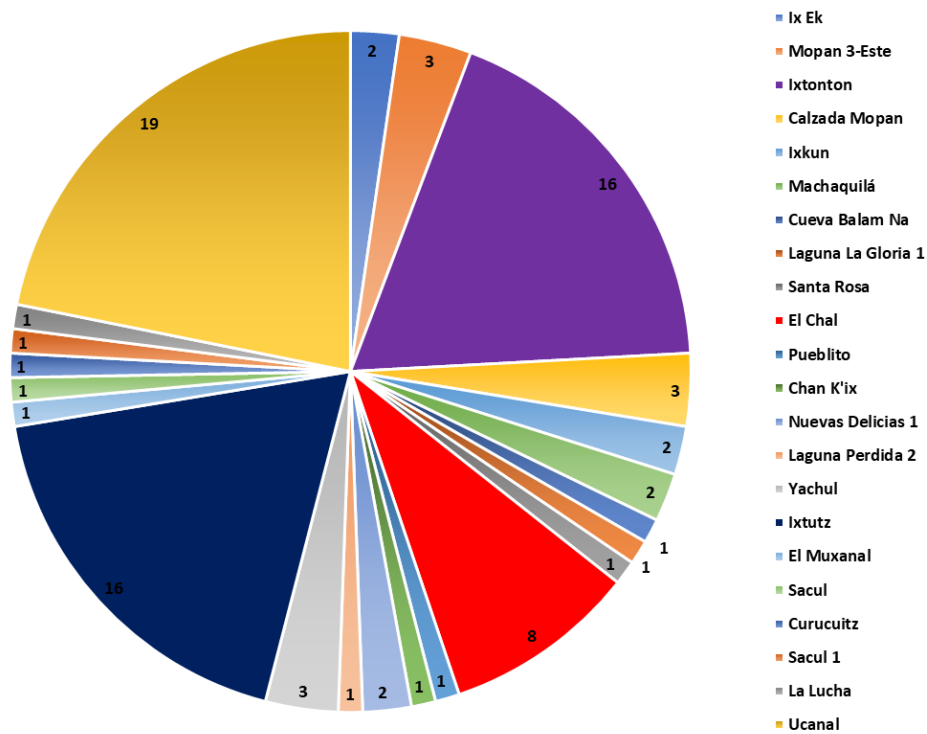
Fuente: (Elaboración Propia, 2019).

9.4.2 Posibles aplicaciones de la caracterización sistematizada

Para poder representar de manera sintetizada los datos recuperados durante la validación de los métodos de caracterización, se detallaron gráficas que establecen relaciones entre materia prima, artefacto y contexto. Esto se realiza con el fin de demostrar algunas de las posibles aplicaciones que pueden surgir a partir de la correcta caracterización de la piedra verde. El análisis y la clasificación de los artefactos permite visualizar estas relaciones, que de lo contrario no serían evidentes.

La Figura 66 representa el porcentaje piezas provenientes de los diferentes sitios arqueológicos, registrados como piedra verde tanto por Proyecto Atlas Arqueológico como por el Proyecto Arqueológico Ucanal. Se puede apreciar que los sitios con mayor porcentaje de muestras presentes son Ucanal con 19 artefactos, seguido de Ixtutz e Ixtonton con 16 cada uno, luego los demás sitios presentan pocas muestras, pues el siguiente ha sido El Chal, con únicamente 8 piezas.

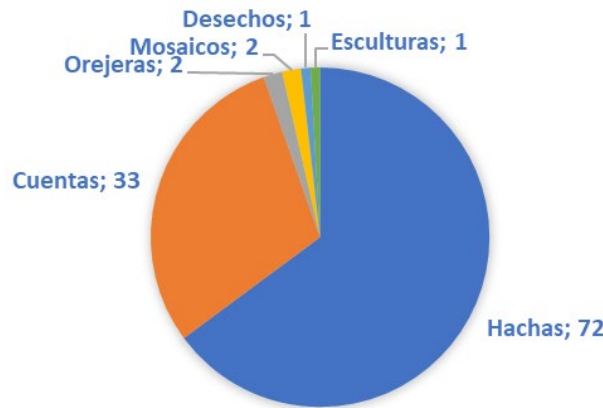
Figura 66
Procedencia de las muestras analizadas



Fuente: (Elaboración Propia, 2019).

La Figura 67 representa la proporción de la muestra analizada, clasificada por la familia de artefactos en que estuvo distribuido el material de análisis.

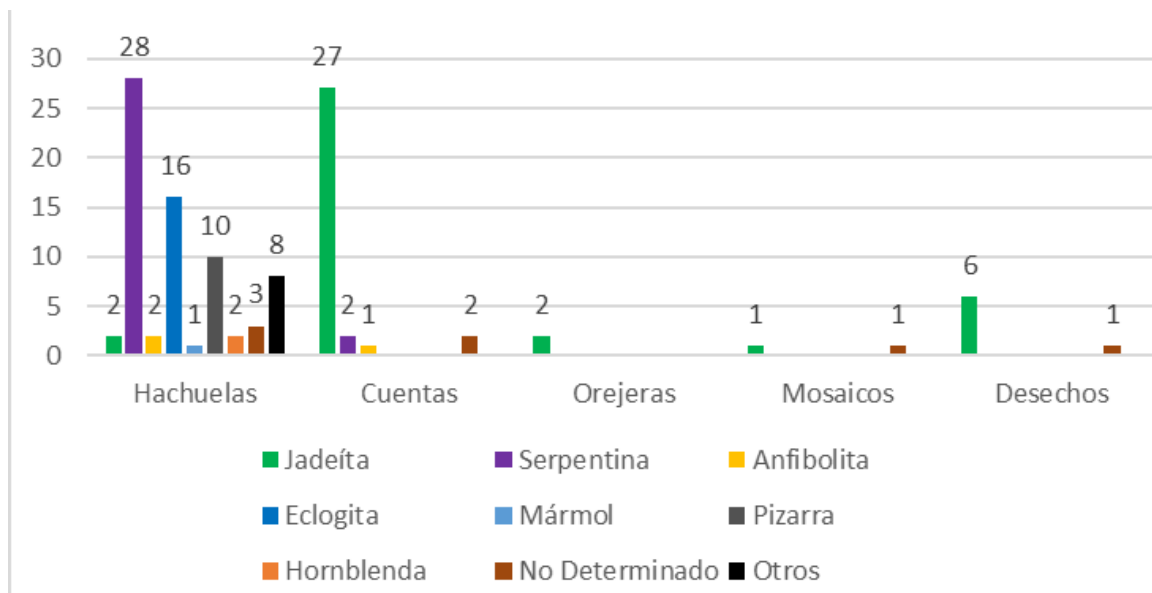
Figura 67
Muestra de artefactos analizados, clasificación por familia de artefactos



Fuente: (Elaboración Propia, 2019).

Es necesario visualizar la relación que existe entre familia de artefactos y la materia prima que los componen. Entre el total de las muestras analizadas, se incluye el material proporcionado tanto por el Atlas como por el Proyecto Ucanal (Figura 68).

Figura 68
Relación entre materia prima y artefactos analizados



Fuente: (Elaboración Propia, 2019).

La gráfica que se antepone a este párrafo representa la cantidad y proporción de artefactos de una materia prima determinada por cada tipo de objeto. Por lo que se observa que, dentro de las hachuelas de piedra verde, la mayor cantidad están fabricadas en serpentina y eclogita. Ambas rocas relativamente comunes de recolectar en los yacimientos, con similitudes físicas pero que difieren en su proceso de formación.

Ante lo anterior, es factible mencionar que la prevalencia de la serpentina en la fabricación de hachas se deba a la cantidad de estas rocas en la superficie de la corteza terrestre, por lo que es mucho más sencilla de encontrar. Estos artefactos forman parte de la categoría de herramientas cortantes, y aunque se han presentado como artefactos frágiles pues son susceptibles a fragmentarse, suponen un coste bajo para su dueño.

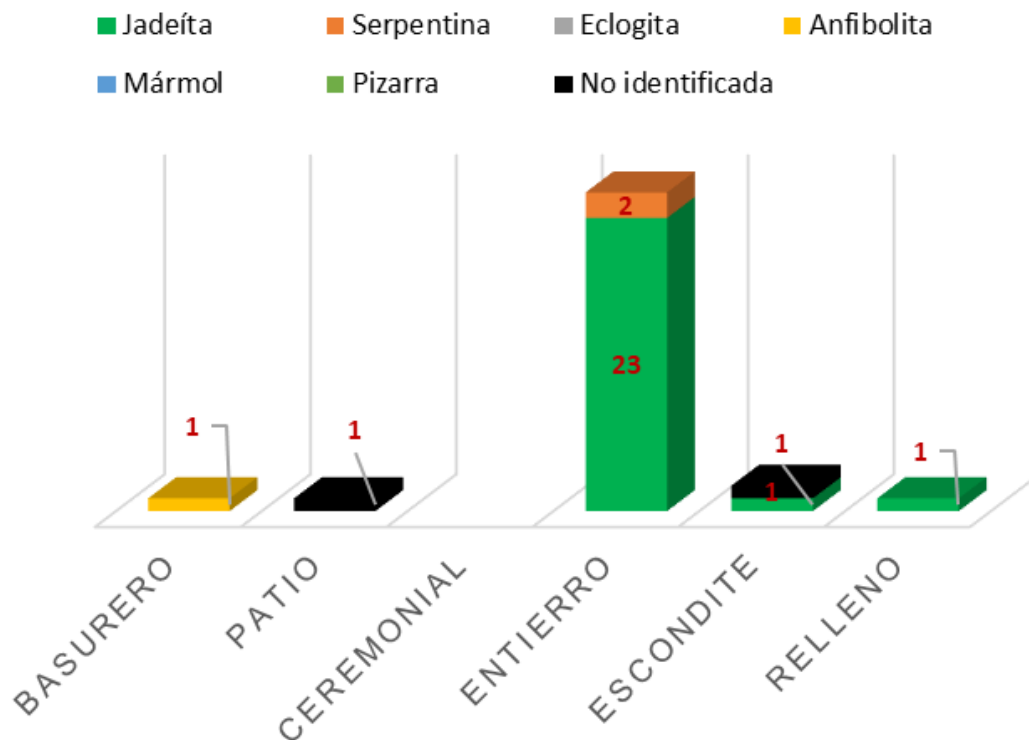
El hecho de que la segunda roca utilizada para las hachuelas sea la eclogita, supone una variable en cuanto a los prejuicios en las interpretaciones del tema de la piedra verde. La eclogita es una roca mucho más dura que la serpentina, y con mayor cristalización. Es una roca metamórfica con orígenes volcánicos por lo que presenta alta resistencia y cohesión. De hecho, las observaciones realizadas permiten determinar que la eclogita adquiere y mantiene mejor filo, formando en la pieza ángulos mejor definidos y funcionales.

Por otra parte, en la gráfica se puede observar un dato determinante, aunque existen al menos dos objetos de serpentina dentro de las cuentas, es seguro enfatizar que la categoría de artefactos ornamentales, es dominada completamente por artefactos fabricados en jadeíta. Tras los análisis, estos objetos son fácilmente identificados por características inherentes de la jadeíta, como la estructura cristalina y como particularidad, la preferencia por el color verde claro manzano.

Es fácil suponer que los artefactos ornamentales, al tratarse de joyería personal; los materiales de fabricación fueran seleccionados cuidadosamente para obtener los más llamativos, finos y con una alta calidad de acabados superficiales. Tomando esto en cuenta, se puede pensar que existía una diferencia entre las “calidades” de jadeíta, por lo tanto, del resto de los materiales de piedra verde.

Los artefactos ornamentales representados en su mayor parte son las cuentas (Figura 69), tanto tubulares, esféricas y antropomorfas. No solo fueron elaboradas en jadeíta de alta calidad cristalina, sino que contextualmente están asociadas a entierros dentro de grupos elitistas de los diferentes sitios que de donde provienen muestras analizadas. Por lo que estos artefactos representan la idea de la propiedad privada con un uso meramente como joyería, propiedad de una población élite de sus comunidades.

Figura 69
Contextos asociados a elementos ornamentales

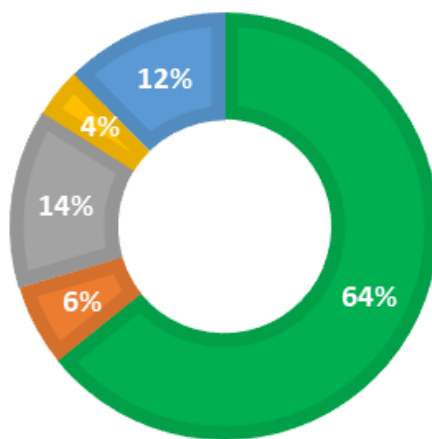


Fuente: (Elaboración Propia, 2019).

A partir de la clasificación tipológica de la familia de artefactos conocida como hachas, se distribuyeron en 5 tipos que ramifican de esta familia (Figura 70), entre los cuales se observa que el 64% de ellos pertenecen al tipo hachuelas, herramientas de golpe cortante; seguidamente de las micro-hachuelas con un 14%, este tipo de herramientas, con dimensiones menores a las hachuelas, pero posiblemente utilizadas para trabajos más delicados como la talla. El siguiente grupo con un 12% quedó en material no determinado, puesto que se trataban de fragmentos que no permitían proyectar la forma final del mismo; luego un 6% del material eran cincel, posiblemente utilizados para la talla y torneado de madera, siendo artefactos de tamaños bastante reducidos. Y, por último, el 4% de las hachas identificadas correspondían a una forma conocida indeterminada, siendo fabricadas generalmente de pizarra y que posiblemente tenían una función ceremonial.

Figura 70
Tipos de hachuelas identificadas en la muestra de piedra verde del AAG.

■ Hachuela ■ Cincel ■ Micro-Hachuela ■ Raqueta ■ No Determinado

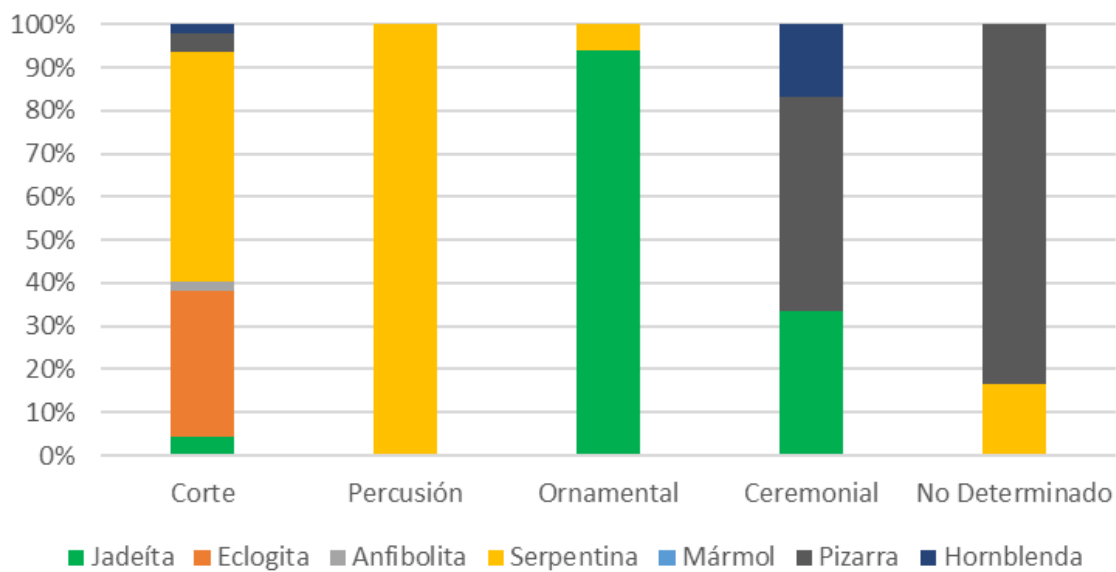


La Figura 71 indica la proporción del tipo de materia prima utilizada para determinadas funciones y el papel que estos artefactos jugaron tanto individual como

en la sociedad maya, tomando como referencia el periodo clásico de esta civilización, pues los artefactos fluctúan entre el clásico temprano y el terminal, con la excepción de un artefacto que fue asociado al preclásico medio.

En la gráfica se aprecia de forma resumida lo visto anteriormente en el presente trabajo. Las herramientas de corte son dominadas por artefactos fabricados en serpentina y eclogita, mientras que la representación de los artefactos de percusión no es determinante, pues únicamente se contó con un objeto de serpentina. Por otra parte, en los artefactos ornamentales, como se ha mencionado con anterioridad, parece ser un apartado destinado para el uso de la jadeíta.

Figura 71
Relación entre materia prima y uso del artefacto



Fuente: (Elaboración Propia, 2019).

La muestra de artefactos ceremoniales no presenta mayor información, pues los materiales se encuentran bien distribuidos dentro de esta categoría, específicamente por la presencia de hachas ceremoniales de pizarra que aparecen en esta región de Petén.

9.5 Discusión de los Resultados

9.5.1 La problemática en la caracterización de la piedra verde

La problemática de la clasificación ambigua como se ha mencionado anteriormente, radica en la generalización de un término que agrupa aspectos mucho más profundos. Dicha metodología se traduce en un diagnóstico insuficiente de los artefactos, considerando que, si no se tiene claro un material de origen, todos los demás aspectos de análisis que se ramifican de él, a nivel de industria, se ven desligados para su interpretación. Pues no es lo mismo hablar de hachuelas de jadeíta, que hablar de hachuelas de serpentina, puesto que se observan evidencias de calidades, tecnología y conocimientos; que, de no existir una caracterización adecuada, se propicia la pérdida de información cultural.

El presente trabajo de graduación logró observar y determinar diferentes factores que permiten establecer relaciones entre la materia prima, el artefacto y el contexto arqueológico. Primeramente, la hipótesis del trabajo fue comprobada de manera positiva gracias a las observaciones macroscópicas apoyadas por el uso de herramientas ópticas, proporcionando la posibilidad de caracterizar los artefactos de piedra verde a través del análisis sistemático de sus propiedades físicas sin la necesidad de recurrir a procesos de análisis químicos. El análisis que contempla aspectos tanto geológicos como arqueológicos permite la observación de las estructuras cristalinas, y de las propiedades físicas y ópticas, las cuales constituyen indicadores que facilitan la identificación de los diferentes tipos de piedra verde.

Dentro de las propiedades físicas que permiten la diferenciación geológica, es decir, la caracterización, se identifica el brillo, la textura, la fractura y la densidad relativa; aspectos que, si bien su análisis por separado no es de terminantes, es la visión como conjunto global la que conlleva a la caracterización adecuada de los artefactos.

A partir de esta caracterización, es posible visualizar relaciones existentes entre la materia prima, el contexto arqueológico asociado y el tipo de artefacto identificado. Tomando como ejemplo el tema de los artefactos ornamentales, que esta categoría de restos materiales es dominada en una proporción casi total por la jadeíta,

específicamente por un tipo de jadeíta en concreto, la de coloración cristalina verde manzano. Al mismo tiempo que estos objetos son vinculados a contextos funerarios, argumentando una característica de los objetos en propiedad privada y de función específica. Estas observaciones, por supuesto que no se hacen evidentes al verlas como elementos por separado, y menos aún, de no existir una caracterización que haga distinción entre la jadeíta, la serpentina y el resto de piedras de coloración similar.

Este caso se replica con el resto de los materiales, pues la caracterización es una auxiliar en el estudio de otros temas asociados, independientemente del objetivo del investigador, el conocimiento preciso de la materia prima evidencia aspectos relacionados a la economía, el comercio, ideología asociada, tradición y tecnología.

Al mismo tiempo, el aspecto más importante para la interpretación de los datos físicos recopilados, es la consideración del contexto arqueológico, es decir, la actividad o espacio social a la que estuvo asociado el objeto en el momento de su uso. Que dado el caso del estudio es el elemento que proporciona la cohesión entre los datos, pues le da sentido al elemento social de los restos materiales.

La totalidad de los aspectos de caracterización geológica y de clasificación arqueológica vistos en este trabajo, deben ser sistematizados a través de una herramienta. Para lo cual se desarrolla el proceso de identificación, que finaliza en la síntesis de una ficha de caracterización, el cual da como resultado un resumen por artefacto, visualizando un conjunto global de descripción de la pieza. Pues, los datos no deben ser analizados por separado, sino como un conjunto, representando la función sistémica de la metodología de análisis, donde cada aspecto funciona ligado a otro, para obtener una visión amplia e íntegra de cada artefacto.

Debido a la generalidad en el tratamiento de la categoría “piedra verde”, desde los inicios del estudio arqueológico, se han identificado problemáticas metodológicas para el análisis de los artefactos. Uno de los primeros inconvenientes documentados en el análisis de la lítica en el área maya, se registra durante las investigaciones de materiales de Uaxactún (Kidder, 1947; Ricketson y Ricketson, 1947), al separar los artefactos ceremoniales de los utilitarios y analizarlos de forma aislada, pues dependiendo del contexto en donde fue encontrado, puede ser considerado

automáticamente de uso especial o doméstico, creando automáticamente una dicotomía generando únicamente dos opciones de interpretación.

Es a raíz de esta dicotomía entre artefactos utilitarios y ceremoniales donde se establece el pensamiento arqueológico en relación a la interpretación de artefactos líticos. Pues, la existencia de materiales de lujo ha sugerido una inclinación a pensar que estos bienes exóticos son únicamente artefactos especiales, a tal grado de interpretarlos automáticamente como ceremoniales. Algo que empíricamente no parece ser cierto, pues si bien algunos materiales son considerados bienes de lujo, su uso no fue restringido únicamente al contexto ceremonial. Más bien proporciona la pauta de la creación de herramientas de alta calidad.

Adicionalmente Ruíz (1986) menciona que, en Mundo Perdido en Tikal, existían artefactos de piedra pulida cuyo análisis se dificultaba. En su diagnóstico fueron clasificados como misceláneos, pues en la bibliografía consultada eran “bautizados ambiguamente a nivel subjetivo y, además aparecen esporádicamente”, lo que la convertía en una clasificación ambigua. Se esperaba que ese problema debiera resolverse con el transcurso del tiempo ya que los objetos debieron tener un uso y función especial. A pesar de esto, la clasificación de sub-industrias de piedra pulida se dividió en rocas magmáticas, rocas sedimentarias e indeterminadas; de forma generalizada.

Por lo anterior, se tiene constancia de que no hubo análisis profundo en la categorización del material. Más aún, tomando en cuenta que ni siquiera se tenía en consideración la utilización de la materia prima metamórfica, categoría geológica que diera origen a los diferentes tipos de piedras verdes, que como se ha demostrado, fueron utilizadas asiduamente por la cultura maya.

En algunos trabajos en el sur de Petén, se hace mención en la distinción del jade de otras piedras verdes (Aoyama, 2000, p. 178; 2001, p. 730; 2003, p. 513), pero no se menciona cómo se hizo esta distinción. El mismo caso ocurre en los trabajos efectuados en el rescate de artefactos del Cenote Sagrado de Chichén Itzá, donde se le denomina jade a todo material de piedra verde, teniendo algunos de estos, claras diferencias en la superficie (Coggins, 1998).

En ambos casos, no se lleva un registro del proceso de caracterización, que, si bien se ha realizado de manera empírica por los expertos en la materia, no se logró documentar una metodología sistemática del proceso. Por lo menos, no publicada para la región mesoamericana. Por otro lado, se tiene una evidencia continua de la ambigüedad en la clasificación de los artefactos, en algunos casos únicamente se les conoce como “artefactos especiales”, “piedra verde” o “jade”, englobando a una gama variada de artefactos de similares características, pero diferencias, en sus particularidades que si son posibles de caracterizar.

10. COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS

A partir de las observaciones experimentales realizadas durante el trabajo de laboratorio, se logra determinar de manera positiva la hipótesis planteada para la presente investigación. Puesto que es factible caracterizar geológicamente los artefactos arqueológicos de piedra verde a través de sus características físicas.

Se logró identificar a través de un análisis macroscópico que contempla tanto aspectos geológicos como arqueológicos la identificación de propiedades físicas y ópticas inherentes del material que compuso la muestra: como el brillo, la textura, la fractura y la densidad relativa, independientemente del color superficial de la pieza; cuyo análisis en conjunto proveen de información suficiente para determinar el tipo de materia prima de cada artefacto de piedra verde, sin necesidad de recurrir a análisis químicos.

11. CONCLUSIONES

El presente trabajo de investigación fundamenta sus resultados a partir de las observaciones previstas durante el desarrollo de esta investigación, las cuales se describen de la siguiente manera:

1. Las observaciones macroscópicas apoyadas por el uso de herramientas ópticas permitieron la comprobación positiva de la hipótesis que se presentó como el supuesto para este trabajo de investigación, sugiriendo la posibilidad de la caracterización de los artefactos de piedra verde a través del análisis sistemático de sus propiedades físicas, sin recurrir a la ejecución de análisis químicos. El análisis a través de métodos que contemplan aspectos tanto geológicos como arqueológicos, permitió la observación de las estructuras cristalinas, y de las propiedades físicas y ópticas de la materia prima que compone los artefactos de la muestra.
2. Se identificaron como propiedades físicas para la caracterización: el brillo, la textura, la fractura y la densidad relativa; que, si bien su análisis por separado no es determinante, la visión como conjunto global de los mismos si conlleva a la caracterización de los materiales.
3. La sistematización de la información se realiza por medio del establecimiento de una herramienta metodológica, sintetizada en una ficha de caracterización, la cual también contiene el análisis del contexto arqueológico propio de cada pieza, y proporciona un medio para la consulta. La metodología facilita al investigador a realizar la identificación y descripción del tipo de piedra, enfatizando el uso del contexto arqueológico durante su análisis.
4. Al igual que en otras disciplinas, la observación puede ser subjetiva, ya que la caracterización física no es absoluta, pero es básica por ser el primer método de investigación a aplicar. Las observaciones realizadas durante el análisis visual están limitadas por la perspectiva del observador.

5. La identificación de las variantes propiedades físicas de la piedra verde, supuso establecer la existencia de particularidades propias de la jadeíta. El primero de ellos consiste en la estructura cristalina de la roca, que presenta un patrón heterogéneo. El segundo es el alto nivel de translucidez, que en la mayoría de los casos puede observarse en la superficie. También presenta un brillo y una textura subvítrea. Dentro de las variantes de este material, se identificaron piezas con alto contenido de albita, lo que le proporciona un característico color blanco, pero más allá del color, no se observaron variaciones en el resto de las propiedades ya descritas.
6. A nivel de clasificación de artefactos, la jadeíta se presenta en todas las categorías, pues se identificaron hachuelas, cuentas, mosaicos, esculturas, orejeras y desechos de este material. Los objetos pertenecientes a la categoría de artefactos ornamentales, presentan un patrón destinado al uso de la jadeíta. La mayoría de ellos están asociados a entierros dentro de grupos arquitectónicos cerrados en los diferentes sitios de las muestras. Esta observación ejemplifica la idea de la propiedad privada en bienes de lujo, y también el uso de estos artefactos como joyería de materiales exóticos.
7. La presencia de jadeíta en la muestra procede desde el preclásico medio, en sitios como Santa Rosa, hasta el clásico terminal en la mayoría de las muestras analizadas. A pesar de identificarse diversas calidades de esta roca, parece existir una preferencia por el uso de un tipo o calidad en específica: la de coloración verde manzano con un alto nivel de translucidez. Argumentando la suposición de que este tipo constituye la idea de material fino dentro de las variantes de la jadeíta.
8. Los materiales de serpentina presentan cierto grado de dificultad al momento de su caracterización, dada su gama de variantes que dependen del grado de metamorfosis de la roca. Pero en general, presentan características propias que con la constante observación y la reiteración del método pueden ser identificadas.

9. Algunas hachuelas de piedra verde fueron elaboradas en serpentina, pero este material al ser de menor calidad, presentan menos resistencia y son más propensos a la fragmentación. De igual forma, parecen adquirir y mantener en menor grado el filo.
10. Al contrario de la serpentina, la eclogita parece ser un mejor material para la elaboración de hachuelas, siendo de hecho el segundo material en proporción de fabricación de estos artefactos. La eclogita es más densa y resistente, y los artefactos presentan mejores acabados de superficie, posiblemente gracias a su alta dureza. Las hachuelas de este material adquieren y mantienen mejor el filo, lo que convierte a este material en la piedra verde más propicia para la elaboración de artefactos cortantes.
11. La caracterización de la eclogita puede ser confusa a primera vista por su similitud superficial con la serpentina, pero la fractura irregular, semicristalizada y su brillo opaco y de verde muy oscuro, facilitan la identificación. Además, presenta una densidad relativa con cálculo muy estable y reiterativo.
12. El cálculo de densidad solo puede utilizarse como auxiliar tomando en cuenta el resto de propiedades físicas, pues es fiable únicamente a partir de artefactos con un meso superior a 10 gramos. No funciona para la medición de cuentas y colgantes.
13. El acabado de superficie de los artefactos, aunque influenciado por el tipo de materia prima que se utiliza para su fabricación, no es exclusivo de un tipo de roca, pues parece depender de la habilidad del artesano, a pesar de que algunos tipos adquieren esta propiedad artificial más fácilmente que otros.
14. El uso de una herramienta de caracterización permite establecer relaciones entre los artefactos y su contexto, de forma que antes no eran visibles. Al igual que la relación entre la calidad de la pieza y el contexto arqueológico asociado.

15. Por último, en base a las observaciones realizadas durante la experimentación, surgen indicios a raíz de la relación entre materia prima y contexto arqueológico que permite suponer que la sociedad maya prehispánica tenía conocimiento de la calidad y el tipo de material utilizado para la elaboración de los distintos tipos de artefactos y el uso que se les daría.

12. RECOMENDACIONES

A partir de los resultados provistos en esta investigación, se recomienda al investigador de la cultura maya prehispánica en general: la utilización de una metodología sistematizada que tome en cuenta aspectos geológicos y arqueológicos, y que estos deben ser relacionados entre sí, es decir, analizando los datos como un conjunto de elementos interconectados, pues cada elemento proporciona un fragmento de la historia de un artefacto.

Se recomienda tanto a estudiantes de Arqueología como a arqueólogos del área maya, evitar el uso de términos ambiguos para no propiciar interpretaciones aisladas. Por lo tanto, mientras más datos se logren identificar, más específicas serán las clasificaciones y a su vez, más precisas las interpretaciones. A través de las conclusiones obtenidas en el presente trabajo, se establece la necesidad de sistematizar las metodologías de análisis, en las que se toman en cuenta perspectivas holísticas de un mismo problema.

Igualmente se recomienda a los investigadores del Proyecto Atlas Arqueológico de Guatemala, que durante los procesos de investigación arqueológica y en de catalogación de artefactos se realicen fichas con la descripción detallada del contexto en que fue ubicado un hallazgo, con la finalidad de poder proporcionar información rápida de este aspecto. Las fichas de identificación mecanizan y agilizan el proceso de recopilación de datos, los cuales a posteriori pueden utilizarse para trabajos de investigación como el presente.

Durante el proceso de clasificación, se recomienda al investigador que se interese por el análisis de los artefactos líticos, el establecer una metodología con orden taxonómico por categorías de análisis, cuyo principal y primer paso sea la identificación de la materia prima, para posteriormente realizar subdivisiones según el criterio y objetivo del investigador. Para lo cual se recomienda seguir una lógica deductiva, de lo general a lo particular. Partiendo de las generalidades hasta definir aspectos propios y característicos de los materiales.

Adicionalmente, cuando se realizan investigaciones de laboratorio, se le debe de dar la importancia que necesita el uso de equipo óptico, que facilitan, mejoran y aumentan la precisión de las observaciones para el trabajo arqueológico. Las herramientas son auxiliares cuya utilización es indispensable para el conocimiento de características macroscópicas, pues existen factores que no son visibles a escala real, y por lo tanto, estos estudios ópticos amplifican la visión y la perspectiva de la interpretación arqueológica.

13. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agurcia Fasquelle, R. Y Juan Carlos Pérez (2016). *La Estructura Oropéndula en la Acrópolis de Copán*. Honduras. Revista Ciencias Espaciales, 3 (2). Universidad Autónoma Nacional de Honduras.
- Aitken, M.J. (1961). *Physics and Archaeology*. New York: Interscience.
- Almudena, H. (s.f.). *Enfoques teóricos en arqueología*. Madrid. Fundación Ortega, Gasset.
- Aoyama, K. (1993). *Sistemas de producción, distribución e intercambio comercial de la lítica menor de obsidiana en el sureste de la Zona Maya*. Guatemala. En VI Simposio de Investigaciones Arqueológicas. Museo Nacional de Arqueología y Etnología.
- (1999). *El intercambio y la formación del antiguo estado en el sureste de las tierras Bajas Mayas: La evidencia de la lítica menor*. Guatemala. En XII Simposio de Investigaciones Arqueológicas. Museo Nacional de Arqueología y Etnología.
- (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*. Guatemala. En XIII Simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala. Museo Nacional de Arqueología y Etnología.
- (2001). *La subsistencia del Formativo en Albeño y la especialización artesanal clásica maya en Aguateca: La evidencia de micro huellas de uso en artefactos líticos*. Guatemala. En XIV Simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala.
- (2003) *La producción artesanal de la élite en la sociedad clásica maya: Evidencia de la lítica de los grupos domésticos en Aguateca*. Guatemala. En XVI Simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala. Museo Nacional de Arqueología y Etnología.
- (2011). *Estudios de lítica menor en el sureste y centro-oeste de Petén, Guatemala*. Museo Nacional de Arqueología y Etnología.

- (2012). *Perspectiva regional de los artefactos líticos en el sur de las Tierras Bajas Mayas*. Guatemala. En XXV Simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala. Ministerio de Cultura y Deportes, Instituto de Antropología e Historia y Asociación Tikal.
- Astilleros, J.M., Sol Viedma y Elena Vindel (2010). *Geología de Grado en Química. Prácticas: 1. Reconocimiento de visu de minerales y rocas*. Serie Fundamentos de Geología. 2 (4). Departamento de Cristalografía y Mineralogía. Facultad de Ciencias Geológicas, Universidad Complutense de Madrid.
- ATPP (2008). *La Densidad y el Peso Relativo*. Aplicaciones Técnicas y Procesos Productivos, Barcelona, España. Extraído de: <https://www.atpplleal.com/userfiles/files/densidad-y-peso-especifico.pdf>
- Bateson, J.H. (1972). *New interpretation of geology of Maya Mountains, British Honduras*. Tulsa Oklahoma. Bulletin of the American Association of Petroleum Geologist.
- Binford, L. (1964). *A consideration of archaeological research design*. USA. American Antiquity 24.
- (1965). *Archaeological systematics and the study of Cultural Processes*. USA. American Antiquity 31 (2).
- Bishop, R., Frederick Lange y Elizabeth Easby. (1991). *Jade in Mesoamerica: Pre-Columbian jade in the Central and Southern Americas*, en Keverne R. (1991). *Jade*. London. Anness Publishing Limited.
- Bonewitz, R. L. (2012). *Nature Guide Rocks and Minerals*. New York, NY: Smithsonian.
- Briggs Braswell, J. (1997). *Producción y consume en el área de Dolores, Petén: La clasificación de material lítico tallado y pulido para el atlas arqueológico de Guatemala*. Guatemala. En X Simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala, Museo Nacional de Arqueología y Etnología.
- Buergo, Á. (2007). *Pátinas en el patrimonio histórico*. XXVII Reunión de la Sociedad Española de Mineralogía. Madrid. Instituto de Geología Económica.

- Bullard, W.R. (1963). *A unique maya shrine site on the Mountain Pine Ridge of British Honduras*. American Antiquity.
- Chang, K. C. (1976). *Nuevas perspectivas en Arqueología*. Madrid. Alianza Editorial.
- Clark, J. (1981). *Hacia una definición de talleres*. Ponencia presentada en el simposio: La Obsidiana en Mesoamérica. Pachuca, Hidalgo. Prensa.
- Clarke, D. (1984). *Analytical Archaeology*. Barcelona. Bellaterra, S.A.
- Coe, M. (1966). *An Early Stone Pectoral from Southeastern Mexico*, en *Studies in Pre-Columbian Art and Archaeology* 1. Dumbarton Oaks, Washington D.C.
- (1968). *America's First Civilization: Discovering the Olmec*. New York. American Heritage Publishing Company.
- Collins, T., y Pratt, K. (2013, diciembre 8). Deep Carbon Observatory Scientist Discover Quick Recipe for Producing Hydrogen. Recuperado de https://deepcarbon.net/sites/dco.rpi.edu/files/dco_news_release_dec2013.3.pdf.
- Contreras, F. (1984). *Clasificación y tipología en arqueología, El camino hacia la cuantificación*. Cuadernos de Prehistoria en la Universidad de Granada 9. España. Editorial Universidad de Granada.
- Coggins, C. (1998). *Objetos Portátiles de Arte, en Los Mayas*. México. Consejo Nacional para la Cultura y las Artes, Instituto Nacional de Antropología e Historia.
- Coggins, C. y Orrin Shane III. (1984). *El Cenote de los Sacrificios, Tesoros mayas extraídos del Cenote Sagrado de Chichén Itzá*. México. Fondo de Cultura Económica.
- Cornelius S., Hurlbut y Klein (1974). *Manual de Mineralogía de Dana*. Barcelona, España. Editorial Reverte.
- Dunham, P., Thomas R. Jamison y Richard M. Leventhal. (1989). *Secondary Development and Settlement Economics: The Classic Maya of Southern Belize*. Prehistoric Maya Economics of Belize, ed. P. McAnany y B. Isaac. Greenwich, Inglaterra. Research in Economic Anthropology, Supplement 2, JAI Press.

- Dyar, Gunter, y Tasa (2007). *Mineralogy and Optical Mineralogy*. Mineralogical Society of America.
- Estrada-Belli, F. (2016). Holmul y la hegemonía del Reino Kaanul en el este de Petén. *Arqueología Mexicana* 23(137). México. Editorial Raíces, Instituto de Antropología e Historia.
- Fash, B. y Graham, I. (s.f.). *The corpus of maya hieroglyphic inscriptions program*. Peabody Museum of Archaeology and Ethnology. Harvard University. Recuperado en septiembre 8, 2019 de: <https://www.peabody.harvard.edu/cmhi/about.php>
- Fernández, V. (1989). *Teoría y metodología de la Arqueología*. Madrid. Historia Universal I, Prehistoria. Síntesis.
- Fleissner (2009). *Teoría de Sistemas*. Recuperado de <http://glossarium.bitrum.unileon.es/Home/115eofis-de-sistemas>
- Ford, D.C. y P.W. Williams. (1989). *Karst Geomorphology and Hydrology*. Londres, Inglaterra. Unwin Hyman.
- Foshag, W. (1957). *Mineralogical Studies on Guatemalan Jade*. Smithsonian Miscellaneous Collections 135 (5). Washington. Smithsonian American Art Museum.
- Foshag, W. y Robert Leslie (1955). *Jadeite from Manzanal, Guatemala*. USA. *American Antiquity* 21.
- Fowler, W. (1984). *Artefactual Analysis, The Harvard El Mirador Project, 1982-1983*. Mesoamérica, 5 (7). Antigua Guatemala. Centro de Investigaciones Regionales de Mesoamérica.
- García Cook, A. (1967). *Análisis tipológico de artefactos*. México. Investigaciones 12, Instituto Nacional de Antropología e Historia.
- Gómez, O. (1996). *Calzadas Mayas: Un estudio desde el sureste de Petén*. Guatemala. En IX Simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala, 1995. Museo Nacional de Arqueología y Etnología.

- (1994). *Catálogo de artefactos líticos*. En Reporte 8, Atlas Arqueológico de Guatemala. Guatemala. Instituto de Antropología e Historia.
- Gordon, G. (1896). *Prehistoric Ruins of Copan, Honduras: A Preliminary 116eofísica Explorations 1891-1895*. Memoir I:1. Harvard University, Peabody Museum of Archaeology and Ethnology.
- Graham, I. y Eric von Euw. (1980). *Corpus of Maya Hieroglyphic Inscriptions*. American Antiquity 45(1).
- Guderjan, T. (2007). *The Nature of an Ancient Maya City: Resources, Interaction and Power at Blue Creek, Belize*. Tuscaloosa. University of Alabama Press.
- Halperin, C., Zachary Hruby y Ryan Mongelluzzo. (2018). *The weight of ritual: Classic Maya jade head pendants in the round*. USA: Antiquity Publications Ltd.
- Hammond, N. (1977). *Maya Jade: Source Location and Analysis*, en Earle y Ericson (1977), *Exchange Systems in Prehistory*. New York. Academic Press.
- (1991). *Precious Stone of Grace*, en *Natural History*. New York. The American Museum of Natural History.
- Harlow, G. (1993). *Middle American Jade: Geologic and Petrologic Perspectives on Variability and Source*, en Lange, F. (1993). *Precolumbian Jade: New Geological and Cultural Interpretations*. Salt Lake City. University of Utah Press.
- Jennings, J.N. (1985). *Karst Geomorphology*. Oxford, Inglaterra. Basil Blackwell.
- Kidder A. V. (1947). *"The Artifacts of Uaxactún, Guatemala"*. Washington D.C. Carnegie Institution of Washington.
- Klejn, L. (1982). *Archaeological Typology*. Oxford. BAR International Series 153.
- Kluckhohn, C. (1960). *The Use of Typology in Anthropological Theory*, en Contreras, F. (1984). *Clasificación y tipología en arqueología, El camino hacia la cuantificación*. Cuadernos de Prehistoria en la Universidad de Granada 9. España. Editorial Universidad de Granada.

- Kovacevich, B. (2002). *La economía en el Reino Clásico de Cancuén: Evidencia de producción, especialización e intercambio*. En XV Simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala. Museo Nacional de Arqueología y Etnología.
- Kovacevich, B., Tomás Barrientos, Arthur Demarest, Michael Callaghan, Cassandra Bill, Erin Sears y Lucía Morán. (2001). *Producción e intercambio en el reinado de Cancuén*. Guatemala. En XIV Simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala. Museo Nacional de Arqueología y Etnología.
- Kovacevich, B., Hector Neff y Ronald L. Bishop. (2005). *Laser ablation ICP-MS chemical characterization of jade from a jade workshop in Cancuén, Guatemala*. En *Laser Ablation ICP-MS in Archaeological Research*. Albuquerque. University of New Mexico Press.
- Kubus Educación, Ciencias Exactas. (2016). *Hidrostatica*. En Programas Educativos S.A. de C.V. Guía examen para certificación COLBACH. México: Programas Educativos S.A. de C.V.
- Laporte, J. P. (1997). *Geografía y asentamiento prehispánico en el sureste de Petén*. Guatemala. En X Simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala. Museo nacional de Arqueología y Etnología.
- (1996). *Una propuesta para el análisis de los artefactos de piedra tallada del Atlas Arqueológico de Guatemala*. En: Reporte 10, Atlas Arqueológico de Guatemala. Guatemala. Instituto de Antropología e Historia.
- (1995). *¿Despoblamiento o problema analítico?: El Clásico Temprano en el sureste de Petén*. Guatemala. En VIII Simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala. Museo Nacional de Arqueología y Etnología.
- Laporte, J. P. y Héctor Mejía. (2005). *La organización territorial y política en el mundo maya clásico: El caso del sureste y centro-oeste de Petén, Guatemala*.
- Laporte, J. P. y Paulino Morales (1994). *Definición territorial en centro clásicos de las Tierras Bajas: Una aplicación metodológica a la región de Dolores*. Guatemala. En VII Simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala.

- Laporte, J. P. y Rolando Torres. (1994). *Los Señoríos del sureste de Petén*. Guatemala. En I Simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala. Museo Nacional de Arqueología y Etnología.
- (1993). *El Proyecto sureste de Petén: Resultados del programa regional 1985-1989*. Guatemala. En III Simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala. Museo Nacional de Arqueología y Etnología.
- (1987). *Los Señoríos del sureste de Petén*. Madrid. Revista Mayab 3. Sociedad Española de Estudios Mayas. España.
- MacNeish, R. (1958). *Preliminary Archaeological Investigations in the Sierra de Tamaulipas, México*. Philadelphia. Transactions of the American Philosophical Society.
- Maudslay, A. y Alfred Maudslay (1899). *A Glimpse at Guatemala, and some notes on the Ancient monuments of Central America*. Londres, Inglaterra. Taylor and Francis.
- Miller, B. y Carolyn Miller. (1994). *Caracol: An Ecological Perspective*. Studies in the Archaeology of Caracol, Belize, ed. D. Chase y A. Chase. San Francisco, California. Pre-Columbian Art Research Institute, Monograph 7.
- Mirabell, L. (1968). *Técnicas lapidarias prehispánicas*. Serie Investigaciones XIV. México. Instituto Nacional de Antropología e Historia.
- Morley, S. (1937-1938). *The Inscriptions of Petén, vol. II*. Washington D.C., Carnegie Institution of Washington. Citado por: Laporte, J.P. y Héctor Mejía (2005). *Ixkun, Dolores, Petén: Una introducción*. En *Ixkun, Petén, Guatemala: Exploraciones en una ciudad del alto Mopán, 1985-2005*. Guatemala. Atlas Arqueológico de Guatemala, Dirección General del Patrimonio Cultural y Natural, Ministerio de Cultura y Deportes.
- Mejía, H. (2002). *Ucanal: aproximación a su Espacio político territorial*. En XV Simposio Investigaciones Arqueológicas en Guatemala. Guatemala: Museo Nacional de Arqueología y Etnología.

- Moholy-Nagy, H. (1997). *Middens, construction fill, and offerings: Evidence for the organization of classic period craft production at Tikal, Guatemala*. *Journal of Field Archaeology* 24(3).
- Navarro-Farr, O., Griselda Pérez Robles, Juan Carlos Pérez Calderón y Damaris Menéndez Bolaños. (2016). *Investigaciones en el Perú-Waka', Guatemala*. *Arqueología Mexicana* 23(137). México. Editorial Raíces, Instituto de Antropología e Historia.
- Olin, J. S. (1982). *Future Directions in Archaeometry. A Round Table*. Washington D.C.: Smithsonian Institution Press.
- Olmedo Vera, B. & González, C. (1986). Áreas de actividad relacionadas con el trabajo del jade. En unidades habitacionales mesoamericanas y sus áreas de actividad, ed. Por Linda Manzanilla. México. Instituto de Investigaciones Antropológicas, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Orellana, G. (1994). *El rol del jade de Guaytán en el Clásico Tardío: Relaciones Económicas e Intercambio*. Tesis de Licenciatura. Guatemala. Escuela de Historia, Universidad de San Carlos de Guatemala
- Palmer, J.P. (1967). *Jade*. London. Spring Books.
- Quezada, H., Oswaldo Gómez, Benito burgos y Juan Pedro Laporte. (1995). *Catálogo de artefactos líticos: Parte 2*. En: Reporte 9, Atlas Arqueológico de Guatemala. Guatemala. Instituto de Antropología e Historia.
- Rathje, W. (1970). *Socio-Political Implications of Lowland Maya Burials: Methodology and Tentative Hypotheses*. United Kingdom. *World Archaeology* 1(3). Routledge.
- Renfrew, C. (1982). *Explanation revisited*. En, Renfrew, C.; M.J. Rowlands y B. Abbot Segraves. *Theory and explanation in Archaeology: The Southampton Conference*. New York. Academic Press.
- Reyes, M. (2004). *Cronología y contextos arqueológicos de los escondites en el sureste de Petén*. En XXVIII Simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala. Guatemala: Museo Nacional de Arqueología y Etnología.

- Ricketson, O. y E. B. Ricketson (1937). *Uaxactun, Guatemala: Group E (1926-1937)*. Washington. Carnegie Institution of Washington. En Kidder, A. (1947). *The Artifacts of Uaxactun, Guatemala*. Washington. Carnegie Institution of Washington.
- Rochette, E. (2007). *Investigación sobre la producción de bienes de prestigio de Jade en el Valle Medio del Motagua, Guatemala*. Guatemala: Foundation for the Advancement of Mesoamerican Studies, Inc.
- Rojas, M. F. (2013). *El papel social del jade en las sociedades precolombinas*. Costa Rica. Revista Herencia 26 (1,2).
- Ruíz, M. E. (1986). *Análisis preliminar de la lítica de Mundo Perdido, Tikal*. Mesoamérica 7(11). Antigua Guatemala. Centro de Investigaciones Regionales de Mesoamérica.
- Servicio Geológico Mexicano (22 de marzo, 2017). Tomado de: <https://www.sgm.gob.mx/Web/MuseoVirtual/Rocas/Introduccion-rocas.html>
- Schiffer, M. (1972). *Contexto arqueológico y contexto sistémico*. Arizona. American Antiquity 37(2).
- Sharer, R. y W. Ashmore (1979). *Fundamentals of Archaeology*. Menlo Park. The Benjamin/Cummings Publishing Co.
- Smith, A.L., y A.V. Kidder. (1943). *Explorations in the Motagua Valley, Guatemala*. Contributions to American Anthropology and History 53. Washington D.C. Carnegie Institution of Washington.
- Soto de Arechavataleta. (1986). *Áreas de actividad y talleres de piedra tallada*. En unidades habitacionales mesoamericanas y sus áreas de actividad, ed. Por Linda Manzanilla. México. Instituto de Investigaciones Antropológicas, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Taube, K. (2005). *The Symbolism of Jade in Classic Maya Religion*. Cambridge. Ancient Mesoamerica 16 (1). Cambridge University Press.

- Taube, K., Virginia Sisson, Russell Seitz y George Harlow. (2004). *The Sourcing of Mesoamerican Jade: Expanded Geological Reconnaissance in the Motagua Region, Guatemala*. En, *Olmec Art at Dumbarton Oaks*. Washington, D.C. Dumbarton Oaks.
- Torres, M. L. (1981). *El examen científico de artefactos arqueológicos: un cuadro teórico general*". México. *Anales de Antropología* 1. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Triadan, D. y Takeshi Inomata. (2016). *Los primeros centros de Petén: Ceibal*. *Arqueología Mexicana* 23(137). México. Editorial Raíces, Instituto de Antropología e Historia.
- Vásquez, G. (s.f). *Rocas sedimentarias (origen, evolución y procesos sedimentarios*. Universidad Autónoma de México. Recuperado de: <http://usuarios.geofisica.unam.mx/gvazquez/yacimientosELIA/zonadesplegar/Clases/Clase%205%20Rocas%20sedimentarias.pdf>
- Zender, M. (s.f). *A Note on the Inscription of Ixtutz Stela 4*. PARI Online Publications. Recuperado de <http://www.mesoweb.com/pari/publications/journal/204/Ixtutz.pdf>.

14. ANEXOS

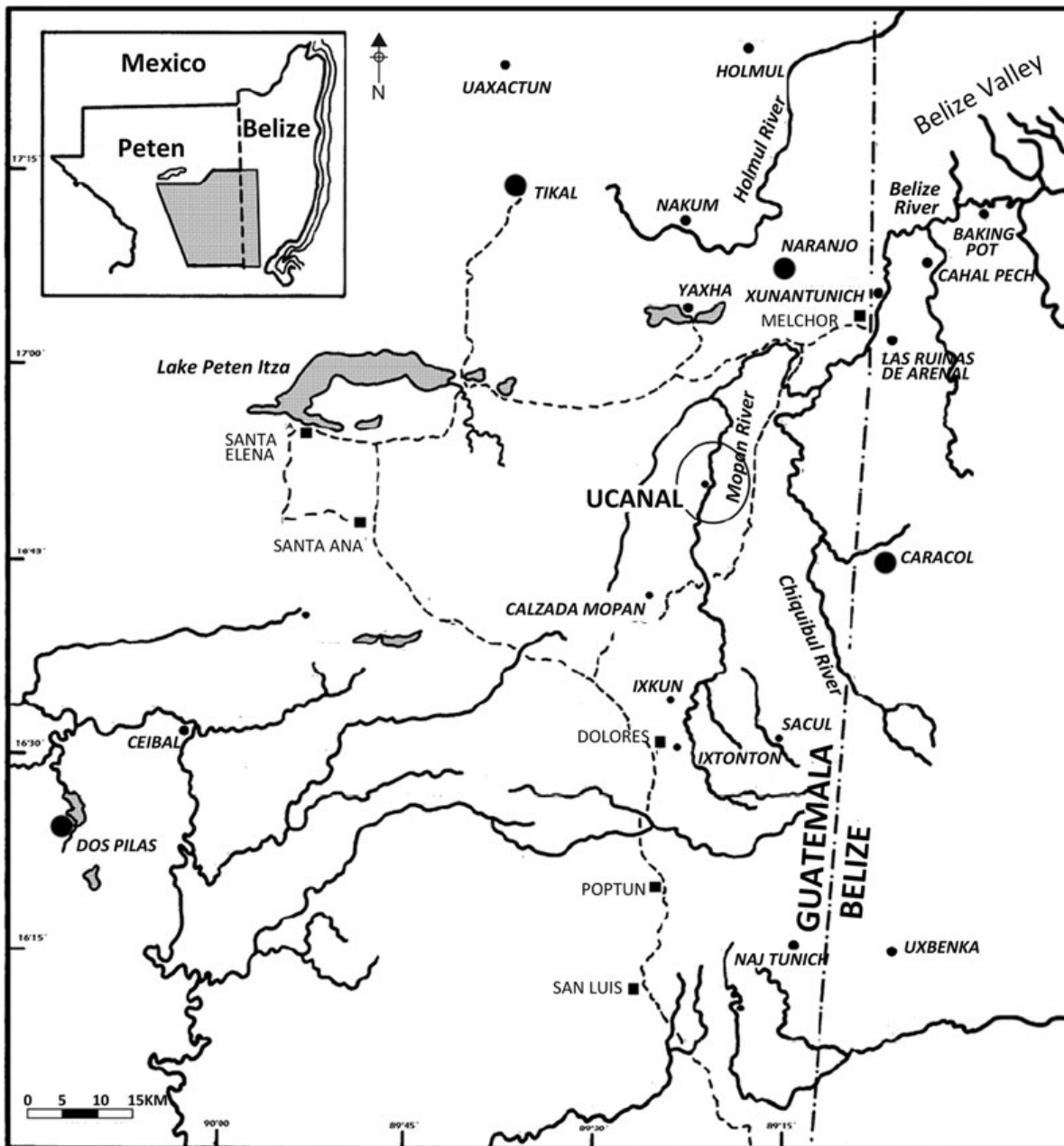
Anexo 1

Análisis óptico de piezas arqueológicas con micro-esteroscopio



Fuente: (Chalaleu, J., 2019).

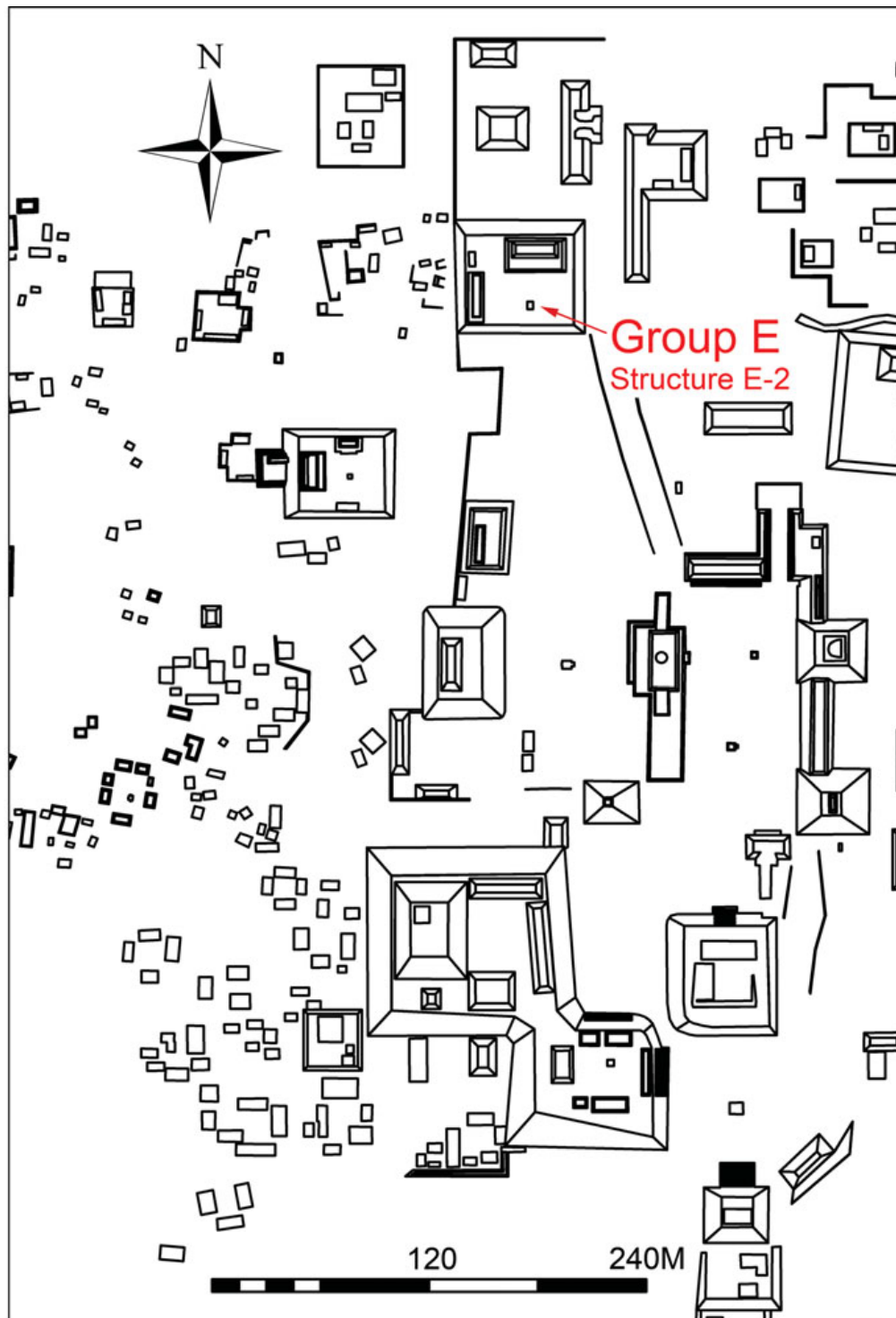
Anexo 2
Ubicación de algunos sitios del sureste de Petén



Fuente: (Mejía, H., 2002).

Anexo 3

Ubicación de la Estructura E-2 de Ucanal, ubicación de la cuenta de Jadeíta del sitio



a

Fuente: (Halperin et al., 2018).

Anexo 4

Base de datos para el control de la información utilizada en este trabajo

No. Catálogo	Peso (g)	Dimensiones (mm)	Volumen (cm3)	Densidad (g/cm3)	Fractura	Textura	Brillo	Caracterización	Cronología	Variante	Operación	Sub-Operación	Lote	Calidad	Familia	Tipo	Sitio	Ubicación
L-032	23	40*21*11		# DIV/0!	Terroso	Afanítica	Opaco	Anfibolita	PTR		10	42	10	Regular	Hacha	Micro-hachuela	Ix Ek	Grupo 88, Frente a Estructura 4, Superficie
L-114	27	34*32*13	6	4.50	No determinada	Sedosa	Semigraso	Serpentina	CTR	Huellas de usc	19	52	1	Fino	Hacha	Hachuela	Mopan 3-Este	Grupo 15, Estructura Este
L-115	103	53*47*23		# DIV/0!	Terrosa	Afanítica	Aspero	Roca Ignea	CTR		5	285	1	Burdo	Hacha	Hachuela	Ixtonton	Grupo 88, Estructura Norte, Lado Sur
L-1164	55	51*31*19		# DIV/0!	Ganchuda	Afanítica	Semigraso	Serpentina	PRC		37	1102	14	Regular	Hacha	Hachuela	Calzada Mopan	Grupo 121, en saliente sur bajo el piso estucado del Estadio 2
L-1189	47	83*57*7	10	4.70	Exfoliado	Grano Fino	Opaco	Pizarra	CTM		1	421	4	Burdo	No Deterinad	No Determinada	Ixkun	Grupo 42, Estructura 5, relleno de nivelación sobre banqueta
L-1233	330	105*60*21	96	3.44	Irregular	Sedosa	Opaco	Eclogita	CTM		69	114	1	Fino	Hacha	Hachuela	Machaquilá	Grupo G1, Estructura 3, Esquina N-O
L-1261	63	38*40*23		# DIV/0!	Irregular	Afanítica	Opaco	Eclogita	PRC		232	4	1	Fino	Hacha	Hachuela	Cueva Balam Na	
L-1283	16	31*24*11		# DIV/0!	Irregular	Subvitreo	Semigraso	Serpentina	CTR		279	15	1	Regular	Hacha	Micro-hachuela	Laguna La Gloria 1	Patio del Grupo 10
L-1329	139	79*41*25		# DIV/0!	Ganchuda	Afanítica	Opaco	Serpentina	CTM		69	241	1	Regular	Hacha	Hachuela	Machaquilá	Grupo 4, Estructura 4, Esquina N-O
L-1387	44	33*21*7	14	3.14	Irregular	Subvitreo	Graso - Subvitreo	Jadeita	PRI	Traslúcido Manzana	204	4	3	Fino	Hacha	Cinzel	Santa Rosa	Plaza A del Grupo Tipo E
L-1388	63	36*39*27		# DIV/0!	Ganchuda	Afanítica	Opaco	Serpentina	CTM	Serpentina Co	1	381	1	Regular	Hacha	Hachuela	Ixkun	Grupo 48, Estructura 24
L-1417	209	78*53*34		# DIV/0!	Irregular	Afanítica	Opaco	Eclogita	CTM		41	429	1	Regular	Hacha	Hachuela	El Chal	Acrópolis Plaza A
L-1431	34	36*37*11		# DIV/0!	Irregular	Afanítica	Opaco	Eclogita	CTM		35	1300	1	Regular	Hacha	Hachuela	Pueblito	Grupo 15, Estructura Sur, Esquina NE
L-1492	89	106*44*17		# DIV/0!	Terrosa - Exfolia	Pizarrosa	Opaco	Pizarra	CTR		319	8	2	Burda	No Deterinad	No Determinada	Chan K'ix	
L-1493	106	66*43*13	20	5.30	Ganchoso	Subvitreo	Semigraso	Serpentina	CTM		41	497	1	Regular	Hacha	Hachuela	El Chal	Acrópolis Plaza A
L-1510	326	87*52*44	100	3.26	Irregular	Afanítica	Opaco	Eclogita	CTM	Jaspeado	41	632	1	Fino	No Deterinad	No Determinada	El Chal	Acrópolis Plaza F, Estructura Sur-Oeste
L-1537	80	31*41*36	30	2.67	Irregular	Subvitreo	Subvitreo	Albita	CTM	Marmoleado	41	490	1	Regular	No Determina	Proximal (Mango)	El Chal	Acrópolis Plaza C, Estructura Oeste
L-1632	81	55*41*19		# DIV/0!	Ganchosa	Afanítica	Opaco	Serpentina	CTR		115	102	3	Regular	Hacha	Hachuela	Nuevas Delicias 1	Grupo 1, Estructura Oeste, Frente a Escalinata
L-1633	103	52*38*27	20	5.15	Irregular	Afanítica	Opaco	Serpentina	CTR		115	7	1	Burdo	Hacha	Hachuela	Nuevas Delicias 1	Grupo 3, Estructura Sur, Centro de Banqueta de Acceso
L-1708	9	30*21*7	3	3.00	Ganchosa	Sedosa	Semigraso	Mármol	CTM	Marmoleado	5	1123	3	Fino	Hacha	Micro-hachuela	Ixtonton	
L-1709	149	76*57*9		# DIV/0!	Terrosa - Exfolia	Pizarrosa - Af	Opaco	Pizarra	CTR		5	120	2	Regular	Hacha	Raqueta	Ixtonton	Plaza Este, Pozos eje norte-sur, bajo piso 1 hasta roca natural
L-1805	213	76*51*33	60	3.55	Terrosa Irregular	Fanerítica	Opaco	Granito	CTM		372	58	1	Burdo	Hacha	Hachuela	Laguna Perdida 2	
L-2119	158	69*48*30	50	3.16	Terrosa	Afanítica	Opaco	Anfibolita	CTM		410	133	1	Regular	Hacha	Hachuela	Yachul	
L-2120	48	32*36*21		# DIV/0!	Ganchuda	Afanítica	Opaco	Serpentina	PST		410	134	1	Burdo	Hacha	Proximal (Mango)	Yachul	
L-2121	13	35*33*32		# DIV/0!	Ganchosa	Afanítica	Opaco	Serpentina	CTM		410	130	1	Regular	Hacha	Hachuela	Yachul	
L-231	175	19*77*17		# DIV/0!	Terrosa - Exfolia	Pizarrosa	Opaco	Pizarra	CTM	Blanca	5	250	7	Burdo	Hacha	Raqueta	Ixtonton	Estructura 2
L-2419	361	11*56*33	100	3.61	Irregular	Afanítica	Opaco	Eclogita	CTR		6	479	1	Regular	Hacha	Hachuela	Ixtutz	
L-2420	284	91*41*21		# DIV/0!	Irregular	Afanítica	Opaco	Eclogita	CTR		6	408	1	Fino	Hacha	Hachuela	Ixtutz	
L-2421	263	82*40*41	70	3.76	Irregular	Fanerítica	Opaco	Eclogita	CTR		6	481	1	Burdo	Hacha	Hachuela	Ixtutz	
L-2422	9	28*12*8		# DIV/0!	Irregular	Afanítica	Semigraso	Serpentina	PRC		6	533	2	Regular	No Determina	No Determinado	Ixtutz	
L-2423	14	29*25*13		# DIV/0!	Exfoliada	Pizarrosa	Opaco	Pizarra	CTM	Huellas de usc	6	1035	1	Regular	Hacha	Cinzel	Ixtutz	
L-2424	29	47*16*27		# DIV/0!	Ganchuda	Afanítica	Opaco	Serpentina	CTR		6	1102	2	Regular	Hacha	Hachuela	Ixtutz	
L-2425	7	33*14*7		# DIV/0!	Irregular	Afanítica	Opaco	Eclogita	CTR		6	407	1	Fina	Hacha	Micro-hachuela	Ixtutz	
L-2426	24	46*27*11		# DIV/0!	Exfoliada	Pizarrosa	Opaco	Pizarra	CTR		6	1262	4	Regular	Hacha	Micro-hachuela	Ixtutz	
L-2427	79	51*46*51		# DIV/0!	Terrosa - Exfolia	Pizarrosa	Opaco	Pizarra	CTR	Roja	6	405	1	Burda	No Determina	No Determinada	Ixtutz	
L-2428	280	82*45*29		# DIV/0!	Irregular	Fanerítica	Opaco	Basalto	CTM		6	1066	1	Regular	No Determina	Proximal (Mango)	Ixtutz	
L-244	67	52*40*16	20	3.35	Indefinida	Afanítica	Opaco - Sedo:	Talcosa ?	CTM	Marmoleado	5	138	7	Fino	Hacha	Hachuela	Ixtonton	Pirámide Este, Lado Frontal, Tunel, Plaza Este
L-245	29	43*49*14		# DIV/0!	Ganchuda - Exfo	Sedosa	Opaco	Serpentina	CTM		5	174	3	Regular	Hacha	Micro-hachuela	Ixtonton	Calzada Este, Estructura Este
L-246	117	61*30*28		# DIV/0!	Irregular	Afanítica	Opaco	Serpentina / Horblenda	CTM	Inclusiones de	5	216	13	Regular	Hacha	Cinzel	Ixtonton	Grupo 2, Plaza B, Estructura Sur, Talud A-B
L-247	600	149*97*21		# VALOR!	Exfoliado	Grano Fino	Opaco	Pizarra	CTM		5	136	6	Fino	Hacha	Raqueta	Ixtonton	Plataforma Este, Templo Superior, Ixtonton Central, relleno bajo pisc
L-2499	239	91*61*20	55	4.35	Irregular	Grano Fino	Opaco	Eclogita	CTP		6	1902	3	Fina	Hacha	Hachuela	Ixtutz	
L-2500	278	100*46*34	60	4.63	Ganchosa	Afanítica	Semigraso	Serpentina	CTP		6	190	3	Regular	Hacha	Hachuela	Ixtutz	
L-2501	212	51*34*18	65	3.26	Ganchosa	Afanítica	Opaco - Sedo	Serpentina	CTP		6	1902	3	Fina	Hacha	Hachuela	Ixtutz	
L-2502	70			# DIV/0!	Irregular	Sedoso	Opaco	Eclogita	CTP		6	1902	3	Fina	Hachua	Hachuela	Ixtutz	
L-2503	46	44*37*15		# DIV/0!	Irregular - Ganchuda	Fanerítica - Grano Medio	Opaco	Eclogita	CTP		6	1902	3	Regular	Hacha	Hachuela	Ixtutz	

Fuente: (Elaboración Propia, 2019).

Anexo 5

Muestra final de ficha de análisis para la caracterización de artefactos de piedra verde, herramienta sistematizada

Hachas de Piedra Verde - Ficha de Caracterización		
Atlas Arqueológico de Guatemala		
No. De Catálogo		
No. de Operación	Sitio	
Suboperación		Lote:
Ubicación		
Contexto		
Cronología		
Clase		
Categoría		
Familia		
Tipo		
Dimensiones (LxAxG) (mm)		
Peso (g)		
Volumen (cm ³)		
Densidad (g/cm ³)		
Color		
Fragmentación		
Brillo		
Textura		
Caracterización / Materia Prima		

Fuente: (Elaboración Propia, 2019).