

Fotogrametría Digital terrestre de rango cercano aplicada como una herramienta de análisis en un basurero prehispánico del sitio arqueológico San Pedro, Sucre.

Trabajo de grado para optar al título de:

Antropólogo

Presentado por

Mauricio Roldán Llano

Asesor

Sneider Hernán Rojas Mora

Doctor en Antropología

Universidad de Antioquia

Facultad de Ciencias Sociales y Humanas

Departamento de Antropología

Medellín

2019

Agradecimientos

Agradezco infinitamente a mis padres, hermanos, sobrino y demás familiares por su apoyo constante; a Rudy por siempre estar a mi lado en esta etapa. También le doy mis agradecimientos al profesor Sneider Rojas quien abrió las puertas del laboratorio y me permitió hacer parte del Proyecto de Investigación de la Depresión Momposina y a Mónica Marín por sus enseñanzas y los agradables momentos de diversión en las arduas tareas.

Así mismo doy gracias a Tatiana, Fredy y su esposa Marcela, quienes me brindaron su apoyo y ayuda en la recta final de esta tesis. También doy las gracias a todas las personas que han estado y están involucradas en el proyecto de investigación por su esfuerzo, dedicación y compromiso para sacar adelante algo que nos supera con su descomunal inmensidad y las múltiples limitaciones siempre latentes.

Resumen

En la presente investigación, presentada en formato de tesis para optar al título de antropólogo, detalla las excavaciones arqueológicas realizadas en el marco de la tercera temporada de campo (2018) del Programa de Investigación de la Depresión Momposina (PIDMO): trayectorias de cambio social. Además, debido al tiempo que pasa desde el momento en el que se extrae el material arqueológico hasta cuando se consigue analizarlo en los laboratorios, los investigadores se valen de fichas en formato físico, diarios de campo, dibujos planimétricos y fotografías, para realizar los análisis de perfiles, distribución de materiales y objetos intra-sitio, con lo cual se consigna la mayor información posible y se reduce la pérdida de información.

El presente trabajo busca o analizar un basurero prehispánico en el sitio arqueológico San Pedro de la Depresión Momposina, ubicado en el municipio de San Benito Abad, departamento de Sucre, mediante la aplicación de Fotogrametría Digital como una herramienta arqueológica, que permita la representación, visualización y modelado 3D de un corte estratigráfico. Para ello, en el sitio se hizo un registro fotogramétrico, obteniendo una representación gráfica de los perfiles con parámetros métricos, lo que permitió examinar el sitio excavado en cualquier momento y lugar, evitando así la interpretación subjetiva que se genera al hacer un dibujo manualmente.

Palabras clave: Depresión Momposina, basurero prehispánico, fotogrametría, modelo 3D de un corte estratigráfico, representación gráfica, parámetros métricos

Abstract

Presented in thesis format to attain the anthropologist title, this research details the archaeological excavations carried out within the framework of the third field work (2018) of the Momposina Depression Research Program (PIDMO), Trajectories of social change. Researchers. This is done to allow recording as much information as possible and prevent loss that can happen due to the time that passes from the moment the archaeological material is extracted until it is analyzed in the laboratory. used physical format cards, field diaries, planimetric drawings and photographs to assess profiles, distribution of materials and intra-site objects. These strategies allowed recording as much information as possible and reducing its loss.

This work seeks to analyze a pre-Hispanic landfill at the archaeological site San Pedro of the Momposina Depression, located in the municipality of San Benito Abad, Sucre. Digital Photogrammetry was used as an archaeological tool, to represent, visualize and build a 3D model of a stratigraphic cut. A photogrammetric record was made on-site, to obtain a graphical representation of the profiles with metric parameters. This allowed examining the excavated site at any time and place. Thus, avoiding the subjective interpretation that could be generated when making a manual drawing.

Keywords: Momposina Depression, pre-Hispanic landfill, Photogrammetry, 3D model of a stratigraphic cut, graphical representation, metric parameters

Tabla de contenido

Introducción.....	11
Capítulo 1 Medio ambiente, contexto geográfico y paleoambiente de la Depresión Momposina	19
1.1 Medio ambiente y contexto geográfico	19
1.2 Paleoambiente	22
Capítulo 2 Investigaciones arqueológicas en la Depresión Momposina y uso de recursos técnicos	29
Capítulo 3 Marco Teórico.....	45
3.1 Enfoques arqueológicos	45
3.1.1 Neoevolucionismo.....	46
3.1.2 Arqueología Procesual o Nueva Arqueología.....	47
3.1.2 Arqueología experimental.....	49
3.2 Aproximación a la Fotogrametría Digital.....	50
3.2.1 Fotogrametría y Arqueología.....	51
3.2.2 Qué es la Fotogrametría.....	57
3.2.3 Cómo opera la fotogrametría.....	62
3.2.4 Clasificación fotogramétrica.....	64
3.2.5 La Fotogrametría Digital.....	65
3.2.6 Proceso (metodología / parámetros) para el registro fotogramétrico.....	67
3.2.7 Ventajas y desventajas de la técnica fotogramétrica.....	69
3.2.8 Restitución o renderización fotográfica digital.....	71
3.2.9 Nube de puntos.....	72
3.2.10 Ortofotografía.....	73
3.3 Aproximación teórica al concepto de basurero	75

Capítulo 4 Trabajo arqueológico (Metodología)	78
4.1 Investigación en arqueología el camino a seguir	78
4.1.1 Fase de campo temporada 2.018.	80
4.1.2 Fase de laboratorio temporada 2018.	84
4.2 Fase de campo y captura fotográfica	88
Capítulo 5 Resultados	92
5.1 Fase de laboratorio: restitución fotogramétrica	92
5.2 Modelado de imagen 3D	97
5.3 Distribución del material arqueológico	103
5.4 Análisis distribución espacial del material arqueológico	106
5.4.1 Vectorización y descripción del CE	106
5.4.2 Análisis material cultural	108
Capítulo 6 Conclusiones	117
Bibliografía	118
Anexos	126

Lista de Tablas

Tabla 3.1 Periodos de desarrollo de la fotogrametría	59
Tabla 3.2 Hitos fotogramétricos	60
Tabla 3.3 Reglas 3x3.....	68
Tabla 3.4 Configurar la cámara fotográfica	69
Tabla 3.5 Ventajas y desventajas de la fotogrametría de objeto cercano.....	70
Tabla 4.1 Convenciones usadas para el registro del material cultural	83
Tabla 4.2 Caracterización y descripción cerámica del PIDMO	84
Tabla 5.1 Propiedades de las fotografías (archivo original y modificado)	93
Tabla 5.2 Calibración distancia focal 18mm por PhotoModeler	96
Tabla 5.3 Cantidad de ensayos por programa y número de fotos usadas.....	97
Tabla 5.4 Material cultural (frecuencia y porcentaje).....	109
Tabla 5.5 Niveles estratigráficos (frecuencia y porcentaje del material arqueológico).....	109
Tabla 5.6 Cuadrícula de excavación (frecuencia y porcentaje del material arqueológico	109
Tabla 5.7 Tabla cruzada de niveles por grupo cerámico.....	115

Lista de figuras

Figura 3.1 Paisaje Depresión Momposina # 1, Sitio San Pedro Paisaje	63
Figura 3.2 Paisaje Depresión Momposina # 2, Sitio San Pedro Paisaje	63
Figura 4.1 Zona de interés arqueológico	80
Figura 4.2 Mapa red hídrica y sitio San Pedro	81
Figura 4.3 Cuadrículas de la UR-180, Sitio San Pedro, Costado norte de la plataforma	83
Figura 5.1 Rejilla de calibración PhotoModeler	94
Figura 5.2 Calibración cámara digital Nikon D3400	95
Figura 5.3 Ensayos de restitución fotogramétrica realizados con PhotoModeler	98
Figura 5.4 Ensayos de restitución fotogramétrica realizados con ReCap Photo	100
Figura 5.5 Ensayos de restitución fotogramétrica realizados con Metashape	101
Figura 5.6 Imagen modelo para trabajo con vectores y análisis de la UR-180	103
Figura 5.7 Distribución material cultural (cerámica y carbón)	104
Figura 5.8 Distribución material cultural (arcilla cocida-líticos, restos óseos, semillas, cerámica/carbón y otros)	105
Figura 5.9 Perfil oriental CE, UR-180, estratos arqueológicos-imagen planimétrica	107
Figura 5.10 Pozo de sondeo cuadrícula dos. Concentraciones de material arqueológico.....	111
Figura 5.11 Restos óseos pozo de sondeo, cuadrícula dos, UR-180.....	111
Figura 5.12 Porcentaje de fragmentos en grupo cerámico	112
Figura 5.13 Cantidad de fragmentos cerámicos por nivel.....	114

Anexos

Anexo 1 Microtopografía nivel 0.....	126
Anexo 2 Registro de material recuperado en los CE	129

Abreviaturas

Antes de Cristo	a. C
Antes del presente	A.P
Arqueología Experimental	AE
Corte Estratigráfico	CE
Después de Cristo	d.C
Fotogrametría Digital	FD
Fotogrametría Digital Terrestre	FDT
Programa de Investigación de la Depresión Momposina	PIDMO
Segunda Dimensión	2D
Sistemas de Información Geográfica	SIG
Tercera Dimensión	3D
Unidad de Recuperación	UR
Y otros	Et al

Introducción

La presente tesis de pregrado en antropología (línea arqueología), denominada *Fotogrametría digital terrestre de rango cercano aplicada como una herramienta de análisis en un basurero prehispánico del sitio arqueológico San Pedro, Sucre*, se inscribe en el Programa de Investigación de la Depresión Momposina (en lo consecutivo PIDMO), liderado por el arqueólogo y docente de la Universidad de Antioquia, Sneider Hernán Rojas Mora.

Dicho Programa de investigación se viene ejecutando desde el año 2012 hasta la fecha. Al interior de este programa mi interés está encaminado a cómo aplicar la fotogrametría digital terrestre de rango cercano en el análisis de un basurero prehispánico. Debido a que la arqueología se ha visto, desde sus inicios, en la necesidad de registrar lo mejor posible los hallazgos de las excavaciones; por lo que puede pasar mucho tiempo a partir del momento en el cual se extrae el material arqueológico hasta cuándo se consigue analizar en los laboratorios. Es conveniente, entender que se debe inspeccionar el contexto de una manera detallada, pues a medida que se excava y se recupera el material arqueológico, también se va destruyendo el sitio. Es así, como se comenzó a registrar y dibujar manualmente todo tipo de materiales, perfiles y objetos, con el fin de evitar la pérdida de información. Posteriormente con el desarrollo de la fotografía analógica y luego la digital, se incluyó el registro fotográfico de los descubrimientos, lo que permitió remplazar en cierta medida las representaciones subjetivas que se tiene con los dibujos.

En la segunda mitad del siglo XX, la arqueología acogerá los avances tecnológicos (técnicas, programas informáticos y sistemas) para generar un mejor el registro arqueológico. Desde la década de los 90 del siglo pasado los arqueólogos han vinculado la Fotogrametría Digital (en lo

sucesivo FD) al registro y posterior análisis de los sitios excavados, así como, a la documentación de estructuras monumentales, arte rupestre y conservación del patrimonio. A pesar, que estos desarrollos se han masificado, en la arqueología colombiana el uso de estas herramientas y técnicas es escaso o si, por el contrario, estos se aplican en alguna excavación o prospección, son presentados en informes como una parte de la metodología y no se genera una reflexión o discusión científica frente a su uso y los resultados producidos.

Al ser nulo o poco el uso de la FD en los contextos de investigación colombiana, el registro del material cultural excavado se hace forma manual. Por esta razón, el objetivo principal de esta tesis giró en torno a analizar un basurero prehispánico en el sitio arqueológico San Pedro mediante la aplicación de Fotogrametría Digital Terrestre (en lo sucesivo FDT) de rango cercano como una herramienta arqueológica, y lograr así, la representación, visualización y posterior modelado 3D de un corte estratigráfico.

Teniendo presente el anterior panorama, surge la necesidad de: 1) modelar una imagen tridimensional que permita la visualización de la estratigrafía y el comportamiento de esta en un corte estratigráfico en el sitio arqueológico San Pedro, 2) registrar por medio de programas especializados en modelado tridimensional la distribución del material arqueológico encontrado durante el proceso de excavación, y 3) interpretar con ayuda de la Fotogrametría Digital la distribución de los elementos de la cultura material recuperados en la excavación del sitio arqueológico. Es decir, se buscó estudiar la estratigrafía del sitio y la distribución de los elementos recuperados por medio de la aplicación de herramientas de documentación digital y su correspondiente procesamiento. Por consiguiente, se concibió a la FD como la herramienta más precisa para realizar el registro arqueológico, lo que permitió hacer el análisis del sitio excavado en cualquier momento y tener una representación gráfica de los perfiles con parámetros métricos

precisos, evitando así la interpretación subjetiva que se genera al hacer un dibujo técnico a mano alzada. Por tanto, en el sitio investigado, se llevó a cabo una excavación de un basurero prehispánico y su posterior registro (tanto en forma analógica, es decir, registro en fichas, dibujos a mano alzada y diarios de campo; como en forma digital, con un registro fotográfico de la plataforma prospectada).

Para la consecución de los objetivos propuestos, en el presente trabajo se emplearon los métodos y técnicas arqueológicas propuesto por el investigador principal del PIDMO. Igualmente, se usó de la FDT. En este último caso, metodológicamente se procedió de acuerdo con la precisión que era requerida por la investigación, es decir, cuanto mayor fuera la precisión mayor sería el número de imágenes a capturadas (Vozmediano, 2006). Además, era conveniente que la toma fotográfica fuera oblicua y que las imágenes se traslaparan en el mismo plano, evitando los contrastes de luces y sombras. Según Charquero (2016), metodológicamente se deben tomar fotografías convergentes con un objetivo de distancia focal fija, evitando las fotos desenfocadas o movidas. La fotogrametría resulta ser una herramienta muy apropiada para documentar superficies, por lo que se acomoda perfectamente al método Harris de registro (Charquero, 2016).

En esta tesis las fotografías tomadas en la Unidad de Recuperación (en lo sucesivo UR) 180 (UR-180) del sitio San Pedro fueron procesadas en un programa informático de restitución fotogramétrica, lo que permitió generar un modelo tridimensional del lugar (con sus texturas, colores y medidas) para su posterior estudio. Es así, como con los desarrollos en computación y los nuevos programas (software), surge una tendencia, la cual, apoya la organización del registro arqueológico y se puede agregar peso interpretativo en los análisis estratigráficos y de objetos, así como en la gestión, prevención y divulgación del patrimonio arqueológico.

Para lograr análisis robustos y significativos, los arqueólogos cuentan con un arsenal de softwares informáticos y herramientas tecnológicas que les permiten generar capas e interfases con información de superficies y volúmenes. Con el avance en esta dirección, el arqueólogo puede registrar, describir y analizar de forma objetiva los restos de la cultura material, pero se debe ser consciente de los límites humanos, técnicos y científicos a los cuales se ve abocado, teniendo presente que el resultado final depende el proceso interpretativo de los elementos vinculados en la investigación. Por ello se propuso el uso de la FD como herramienta de registro e interpretación de datos; de tal modo que la información espacial y volumétrica obtenida en las excavaciones pudieran ser evaluada en cualquier momento y ayuden a enriquecer el acervo científico de los sitios intervenidos.

Por otra parte, es necesario aclarar que en el marco del PIDMO se han realizado varias tesis de pregrado en antropología con participación mayoritaria de estudiantes del Departamento de Antropología de la Universidad de Antioquia. Lo anterior, ha posibilitado la elaboración de cinco tesis de estudiantes de este Departamento y un trabajo de fin de grado en biología de Mar Palanca Gascón, estudiante la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad de Valencia, España.

El primero de dichos trabajos, es el titulado, *San Pedro: del presente al pasado. Una aproximación a la dinámica espacial de las sociedades prehispánicas de la Depresión Momposina (Caribe colombiano)*, elaborado por Mateo Aristizábal Vásquez en el año 2013. En su tesis Aristizábal tiene como objetivo indagar por los procesos de cambio social en la zona a partir de una aproximación de ciertas dinámicas sociales, espaciales y físicas que permitan establecer algún tipo de patrón entre estos (Aristizábal, 2013). La propuesta de Aristizábal se llevó a cabo desde un análisis espacial. Esta tuvo presente la distribución de los elementos en el

espacio y la relación entre algunos elementos del paisaje y las unidades arqueológicas (canales, camellones, plataformas de vivienda, túmulos funerarios, entre otros) que permitirán establecer asociaciones entre las unidades que conforman el paisaje de la región (Aristizábal, 2013).

La metodología usada por Aristizábal (2013) incluyó herramientas de corte cualitativo y cuantitativo, según el propio autor, estas fueron: “la observación en campo y el uso de Sistemas de Información Geográfica (en lo consecutivo SIG). Siendo necesario hacer uso de muestreos exploratorios en campo como los pozos de sondeo y las recolecciones superficiales” (pág. 13). Para el análisis espacial Aristizábal (2013), decidió reconstruir una fotografía aérea de la zona investigada.

Introducción a la dieta de vertebrados de las poblaciones indígenas precolombinas del curso bajo y medio del río San Jorge en la Depresión Momposina (Colombia), es el trabajo realizado por Mar Palana Gascón. Según esta autora, su trabajo fue “un estudio general, desde la perspectiva de la zooarqueología, del material óseo extraído de los yacimientos arqueológicos situados en la Depresión Momposina (...) con la finalidad de comprender algunos aspectos culturales relacionados con la dieta de las poblaciones que habitaron este territorio” (Palanca, 2016, pág. 3). Los restos estudiados por Palanca estaban asociados a un contexto de vivienda y en ellos examina su composición y las modificaciones antrópicas presentes en estos. Además, esta autora estudió los aspectos ecológicos de la región mediante la identificación de los restos faunísticos excavados, clasificándolos hasta el nivel taxonómico de clase en algunos casos (Palanca Gascón, 2016).

En el año 2017 la estudiante Ana María Aguirre presentó su tesis titulada *Producción agrícola asociada a campos elevados en las Tierras Bajas inundables de América: Balance y Perspectivas*. En su trabajo Aguirre (2017), buscó identificar las perspectivas teóricas y

metodológicas empleadas para estudiar la producción de alimentos asociadas a campos de cultivos elevados en las tierras bajas de América. La metodología usada por la autora se basó en la revisión bibliográfica y análisis de contenido, lo que le permitió, analizar el contenido primario de los textos consultados, sus temas e ideas principales, así como el contenido latente y la información de contexto presente en estos.

Posteriormente, en el año 2018 Jorge Carlos Salcedo Mercado presentó su tesis de grado *Áreas de actividad y espacio domestico: aproximación a una plataforma artificial prehispánica en el sitio arqueológico de San Pedro, municipio de San Benito abad-Sucre*, la cual tenía como objetivo identificar áreas de actividad y posibles sitios de habitación en una plataforma artificial prehispánica. Para lograr tal fin, “aplicó un tratamiento estadístico a las distintas variables de la muestra, así como el uso del programa SURFER para la recreación de la distribución espacial de tres tipos de elementos del registro arqueológico: cerámica, carbón y restos óseos” (Salcedo, 2018, pág. 2).

Según Salcedo, Para la recuperación de los elementos del registro arqueológico se usaron las siguientes estrategias metodológicas: en primer lugar, se hizo un muestreo intensivo en una plataforma de vivienda con pozos de sondeo de 40 x 40 cm y se excavó por niveles artificiales de 10 cm, la profundidad fue variable dependiendo de los criterios de presencia-ausencia de material arqueológico, para el registro se usaron fichas diseñadas para tal fin, además, de diarios de campo, dibujos a mano alzada y registro fotográfico (2018, pág. 77). Posteriormente, el material recuperado fue tratado en el laboratorio e ingresado a una base de datos en una hoja de cálculo. Salcedo (2018) realizó el análisis estadístico con el programa informático SPSS Statistic, el cual, le sirvió para aplicar un análisis univariado a la muestra y, un análisis de contrastación de hipótesis de variable independiente, con el fin de observar si existía una

asociación estadística entre las variables. La distribución del material arqueológica fue analizada a partir de mapas en tres dimensiones producto del programa Surfer (pág. 12).

La fauna destinada a la alimentación humana. Análisis zooarqueológico de una muestra del sitio San Pedro de la Depresión Momposina (Sucre, Colombia), es el título de la tesis realizada en el año 2018 por la estudiante Saán Flórez Correa. La tesis surgió del análisis de restos óseos y dentales de fauna recuperados en basureros prehispánicos de dos plataformas artificiales del sitio San Pedro. Según Flórez (2018) la excavación se realizó en abril del año 2014. Como metodología de exploración se usó las prospecciones sistemáticas diferenciales en tres Plataformas. Luego, y teniendo en cuenta la distribución del material recuperado se intervienen los sitios mediante cortes (Flórez, 2018, págs. 52-53). El material zooarqueológico se recuperó en bloques enteros para ser micro excavados en el laboratorio, debido a que los suelos de la Depresión Momposina son de tipo arcilloso, lo que dificulta el cernido de estos (Flórez, 2018, págs. 56-57).

Los restos óseos fueron lavados y secados en laboratorio, posteriormente se procedió a la individualización del material, agrupando aquellos huesos que, por sus características, epifisación y fragmentación pertenecían a un mismo hueso. Flórez (2018), seleccionó los que por sus condiciones de preservación presentaran un amplio abanico de accidentes óseos, que posibilitaran su comparación anatómica y taxonómica con el material de referencia. Luego de individualizar el material óseo, se restauraron los casos en que fuera necesario, con el fin de permitir un adecuado acercamiento a la morfología ósea (pág. 58). Con el proceso de identificación anatómica y taxonómica Flórez llevó a cabo cuantificaciones, tales como, Número de Especímenes Identificados por Taxón (NISP por sus siglas en inglés), Mínimo Número de Elementos Óseos (MNE) y el Mínimo Número de Individuos (MNI) (2018; pág. 67). Los

resultados y su posterior análisis fueron presentados organizándolos por clase, órdenes, especie y familia.

La estudiante de Antropología Andrea Giraldo Vásquez, en el año 2019 presentó su tesis de grado titulada: *Campos y cultivos prehispánicos en el sitio San Pedro de la Depresión Momposina. Identificación de cultígenos mediante el análisis de fitolitos*. En este trabajo, Giraldo (2019) presentó los resultados del análisis de fitolitos realizados a muestras sedimentarias provenientes de un camellón construido por las comunidades prehispánicas que habitaron el sitio San Pedro.

Giraldo (2019), se propuso aportar al conocimiento de la Depresión Momposina a través de un proyecto de carácter descriptivo en el cual se preguntó por ¿Cuáles fueron los cultígenos sembrados por las sociedades prehispánicas en el sitio arqueológico San Pedro? Para dar respuesta la anterior pregunta Giraldo, se basó en el estudio de evidencias arqueobotánicas con el fin de determinar mediante el análisis de fitolitos las plantas que fueron cultivadas en el sitio.

Las tesis de pregrado realizadas por los estudiantes presentan enfoques metodológicos distintos, multiplicidad de técnicas y métodos para la recuperación, tratamiento y análisis de los restos de la cultura material, rescatados en el poblado prehispánico de San Pedro. Por consiguiente, con la presente tesis se desea aportar al enriquecimiento técnico y metodológico empleado para el análisis de la información recuperada. Por ello, se propuso trabajar la FDT de rango cercano desde la Antropología Experimental, con lo cual se buscó reconstruir una excavación estratigráfica y analizar el material cultural recuperado.

Capítulo 1 Medio ambiente, contexto geográfico y paleoambiente de la Depresión

Momposina

Los antecedentes abordados para el presente trabajo se dividen en dos. En la primera parte se hace un bosquejo del contexto geográfico de la zona de interés y el paleoambiente de la misma, mientras que en la segunda parte se esbozan las investigaciones arqueológicas llevadas a cabo en la Depresión Momposina. Sumado a lo anterior, en este apartado se marca el acento en el tipo de registros que se tiene y los recursos técnicos que se han utilizado en las diferentes investigaciones.

1.1 Medio ambiente y contexto geográfico

La Región Caribe colombiana está conformada por ocho departamentos (Atlántico, Bolívar, Cesar, Córdoba, La Guajira, Magdalena, San Andrés y Providencia y, Sucre), siete continentales y uno insular (Roca & Pérez V., 2006, pág. 9). Esta región geográfica tiene una extensión de 132.297 km². “En su aspecto físico, está constituida predominantemente por tierras bajas y planas, aunque el territorio se encuentra enmarcado por las estribaciones de las tres cordilleras, específicamente Córdoba, Bolívar y Cesar” (Roca & Pérez V., 2006, pág. 10).

Fuera de estar localizada en la llanura Caribe, la Depresión Momposina, está delimitada por las estribaciones de las serranías de Ayapel, Perijá y San Lucas; administrativa y políticamente la depresión abarca territorios de los departamentos de Bolívar, Sucre, Córdoba y Antioquia, además de Magdalena y Cesar (Fundación Reto Colombia, 2011). Tienen una temperatura de entre 27 y 28°C en los meses lluviosos y, de 31 a 32°C en los meses secos, mientras que, en los meses de transición, es decir, de invierno a verano o viceversa, las lluvias y temperatura tienen el mismo comportamiento (Herrera, Sarmiento, Romero, Botero, & Berrío, 2001). Según Parsons

(1952), “las lluvias normalmente comienzan en abril y continúan de manera intermitente hasta principios de diciembre, pero en algunos años las dos últimas semanas de junio y los primeros días de julio constituyen una estación seca secundaria reconocible” (pág. 68) [Traducción del autor]. Para Van Der Hammen (1986), “en la época de lluvias la zona permanece en gran parte inundada hasta por 8 meses del año” (pág. 12). Esto sucede porque la Depresión Momposina es alimentada por cuatro sistemas fluviales: (1) río Magdalena, (2) río Ariguaní-Cesar-Ciénaga de Zapatoza, (3) río Cauca-Ciénaga del Sur y, (4) río San Jorge-Ciénagas del suroeste (Herrera, Sarmiento, Romero, Botero, & Berrío, 2001).

Los anteriores ríos corren dentro de una zona plana, anegable, conformada por ciénagas cruzadas por una serie de brazos, caños y arroyos que cambian de curso y de dirección de acuerdo con las condiciones de las diferentes épocas del año y de los niveles altos y bajos de los cauces de los ríos principales (Aguilera, 2004, pág. 17).

La continua dinámica fluvial de éstos ríos hace que las lluvias que caen en época invernal al sur de dicha zona drenen por los principales ríos del país (el Magdalena, el Cauca y el San Jorge) hasta llegar a esta subregión, convirtiéndose así en una especie de “delta interior” de gran extensión (Van der Hammen 1986; Plazas y Falchetti 1986), y concentrando “alrededor del 80% del total de ciénagas de la región” (Herrera, Sarmiento, Romero, Botero, & Berrío, 2001, pág. 97). Según Aguilera (2004), los ríos Cauca, Magdalena y San Jorge recorren una zona plana y anegable que está conformada por ciénagas cruzadas por una serie de brazos, caños y arroyos. La otra razón por la cual la Depresión Momposina permanece inundada durante gran parte del año, tiene que ver con su forma cóncava, debido a que se halla en una zona de alta actividad tectónica, es decir, gracias a la acción del choque de las placas de Nazca, Caribe y Suramericana (como se cita en Herrera, Sarmiento, Romero, Botero, & Berrío, 2001), se han generado fractura en la

corteza terrestre sobre la cual se asienta esta región. Estas fracturas son generalmente conocidas como fallas tectónicas.

Las principales fallas que se encuentran en la zona son “las Fallas de Palestina, Romeral y Chicagua” (como se cita en Herrera, Sarmiento, Romero, Botero, & Berrío, 2001, pág. 99), además de un número elevado de fallas menores. Según *El Plan de la Mojana* adelantado por la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (CORPOICA) y el Instituto Nacional de Adecuación de Tierras (INAT), “geológicamente, la zona está circundada por fallas longitudinales y transversales que originaron un *graben*¹ o fosa tectónica” (1998, pág. 18).

Los aspectos anteriormente descritos hacen que la Depresión Momposina se depositen innumerables sedimentos finos y moderadamente finos traídos por los tres ríos principales desde las partes altas de las cordilleras, lo que genera una acumulación en la zona, a la vez que ocasiona el hundimiento del suelo. Así lo afirma Smith, cuando sostiene que, los resultados demuestran una estrecha relación entre el hundimiento rápido de la cuenca, las altas tasas de sedimentación y el estilo de deposición de los mismo (1986, pág. 194) [Traducción del autor]. Según este mismo autor, la tasa de deposición y de subsidencia probablemente fueron casi iguales durante los últimos 7.500 años, alrededor de 3,8 mm por año.

En la Depresión Momposina, se conjugan dinámicas ambientales, geológicas y geográficas que la hacen de gran importancia para el país, debido a la existencia de caños, canales, ciénagas, zapales² y pantanos, que cumplen una función reguladora de los volúmenes hídricos y sedimentarios de los ríos Magdalena, Cauca y San Jorge.

¹ Énfasis del autor

² Bosques inundados con árboles bajos y matorrales que actúan como retenedores de sedimentos provenientes de los ríos San Jorge y Cauca (Aguilera Díaz, 2004, pág. 21)

1.2 Paleoambiente

Los primeros registros que se realizaron en la Depresión Momposina de tipo ambiental, geoarqueológicos y paleoambiental, los hizo Van der Hammen en el año de 1956. Este investigador recolectó una serie de sedimentos en ciénagas o turberas, por medio de sondeos manuales llegando a unos ocho metros de profundidad con una sonda Dachnovsky (Van der Hammen, 1986, pág. 12 & Wijmstra, 1967, pág. 261). Con esta secuencia estratigráfica pudo generar un diagrama del polen presente en la zona por cerca de 3.000 años. Los resultados del estudio palinológico y las fechas de carbono 14 (C^{14}) obtenidas fueron publicadas por Wijmstra en 1967 (Van der Hammen, 1986).

Los resultados de la investigación hecha Van der Hammen y los análisis de Wijmstra, revelan que hubo una fluctuación en el nivel de las aguas por razones climáticas (Parsons, 1966, pág. 452). Esta serie de períodos húmedos y secos, parecen representar un fenómeno cíclico (Wijmstra, 1967, pág. 261). Además, de las fluctuaciones paleoambientales, los estudios realizados sirvieron para determinar la cantidad de sedimentos que se acumulan en la depresión y el nivel de subsidencia de esta.

Según Smith, la tasa de sedimentación en la Depresión Momposina se determinó usando dos enfoques. El primero, comparando las cantidades entrantes y salientes de sedimentos fluviales transportados (carga suspendida y de lecho) El segundo, con los datos de material orgánico de 18 muestras de radiocarbono enterrados en cinco pozos (1986, pág. 187) [Traducción del autor]. Los trabajos iniciados por Van der Hammen en 1956, serán complementados en los años 70 con el Proyecto Colombo-Holandés de *Estudios del Problema de las inundaciones en la Cuenca Magdalena-Cauca* (HIMAT), parte de este proyecto fueron los estudios geomorfológico y sobre hundimiento y sedimentación de la cuenca por medio de análisis palinológicos y dataciones de

C¹⁴ (Van der Hammen, 1986). Estos estudios reflejan los cambios en los regímenes de lluvias en la zona caribe y en la parte andina de país, con lo cual se puede determinar los cambios ambientales a nivel regional y nacional.

Herrera y Berrio (1998), investigaron sobre la vegetación y la acción antrópica prehispánica en los canales artificiales de Caño Carate en el municipio de San Marco, Sucre. El estudio se realizó a partir del análisis palinológico de muestras extraídas de un sitio denominado *Carate 25*. De los datos obtenidos se pudo establecer la alternancia entre períodos secos y húmedos a nivel climático, los cambios en la tasa de sedimentación en la zona, los niveles de inundación del terreno y la predominancia relativa entre vegetación de bosque y de sabana. Las muestras de polen de este sitio fueron tomadas en 1986 a partir de excavaciones arqueológicas llevadas a cabo por Plazas y Falchetti con el fin de efectuar análisis palinológicos y con ello determinar los cultígenos presentes en el sistema hidráulico de la Depresión Momposina. Para Herrera y Berrio (1998), la toma de las muestras se utilizaron canaletas metálicas de 50 cm de largo por 2,5 cm de ancho para obtener las muestras. Para separar el polen del resto de material, se le realizó un proceso de laboratorio que consistió en separar tres gramos de muestra y someterlos a procesos fisicoquímicos con el fin de obtener el material palinológico. El análisis de la muestra recuperada se hizo verticalmente y de abajo hacia arriba, cubriendo un rango temporal de 800 años aproximadamente, desde el año 1010 d.C. hasta el presente.

Los resultados del análisis palinológico de *Carate 25* determinaron seis zonas de actividad, estas son:

- *C-I (89 – 73 cm)*: comienza con un fuerte período seco. La vegetación cerrada (arbórea y arbustiva) se encontraba levemente disminuida. Hacia la parte media se presentó una mayor proporción de elementos de vegetación abierta, la vegetación de bosque tiende a disminuir;

posteriormente, hacia el final, muestra un incremento. Los cultígenos identificados en el análisis de polen para este nivel fueron: *Zea mays* (maíz), *Ipomoea batatas* (batatas) y *Cucurbita máxima* (ahuyama).

- *C-II (73 – 53 cm)*: en la parte inicial de la zona hubo un incremento de la humedad que indica inundaciones prolongadas en la región y una recuperación del bosque nativo circundante. Mientras que al final hubo una transición hacia una época seca, donde se observó una reducción de los elementos de bosque, al tiempo que aumentó la vegetación abierta. Al principio de la zona se identificaron cultígenos de *Zea mays* e *Ipomoea batata* hacia el final aparece *Manohot esculenta* (yuca).
- *C-III (53 – 43 cm)*: en esta zona, la vegetación abierta se incrementó al tiempo que disminuyó la vegetación de bosque.
- *C-IV (43 – 22 cm)*: al final de la zona hubo un aumento en los elementos de sabana y fueron muy pocos los elementos de bosque. En la parte final de esta se identificaron varios cultivos, entre ellos, *Zea mays*, *Ipomoea batata*, *Capsicum sp.*, *Cucurbita mixta*, *Erythroxylo cocca* y *Passiflora nítida*.
- *C-V (22 – 4 cm)*: hubo una desaparición de especies arbóreas, lo que representó una fragmentación que dio paso a especies de sabana. Para esta zona se encontraron cultivos de *Erythroxylo cocca*, *Ipomoea batata* y *Zea mays*.
- *C-VI (4 – 0 cm)*: en esta última zona, los investigadores, registraron las condiciones ecológicas actuales. En ella encontraron un deterioro de la vegetación natural, la cual es reemplazada por pastizales para la ganadería. Además, el análisis de la columna estratigráfica señaló un porcentaje menor de especies arbóreas. Se presentó un descenso en la vegetación cerrada, ya que es reemplazada por vegetación abierta.

En 2001 Herrera et al., hacen un análisis del desarrollo geológico y paleoambiental de la Depresión Momposina que, según sus autores, “es un ejemplo de un sistema fluvial anastomosado, desarrollado como respuesta al hundimiento progresivo de una cuenca transtensiva” (Herrera, Sarmiento, Romero, Botero, & Berrío, 2001, pág. 95). La metodología usada por los investigadores se basó en estudios interdisciplinarios, entre ellos, sobresalen los estudios de geomorfopedología, análisis cartográfico de la región e imágenes de radar, así como interpretación de fotografías aéreas (Herrera, Sarmiento, Romero, Botero, & Berrío, 2001).

Para el estudio geomorfopedológico se hizo un pozo con una profundidad de 50 metros. Al material extraído se le realizaron análisis granulométricos y geoquímicos tomando muestras cada 50 centímetros. Para los análisis palinológicos se tomaron muestras cada 10 centímetros; para mineralogía de arenas, los investigadores recolectaron muestras a partir del metro 14 cada 50 centímetros. También se tomaron 21 muestras para geocronología a diferentes profundidades. Mientras que, para los análisis de mineralogía de arcillas, hicieron un muestreo a partir de la superficie, cada 50 cm, los primeros 17 metros (Herrera, Sarmiento, Romero, Botero, & Berrío, 2001). Los estudios realizados permitieron demostrar que la dinámica de sedimentación está controlada por la subsidencia como efecto tectónico y los cambios climáticos. Además, se estableció que el potencial de arrastre de sedimentos es menor en el Holoceno. Desde el último Período Glacial los cambios climáticos generaron una mayor velocidad de erosión de las áreas cordilleranas y un régimen alto de sedimentación en las partes bajas del río Magdalena y sus tributarios.

Los estudios paleoambientales realizados en la Depresión Momposina permitieron identificar los diversos periodos de humedad y sequía, así como el tipo de vegetación asociado a dichos fenómenos climáticos. Según Wijmstra (1967) se pueden distinguir tres tipos de vegetación:

- *Vegetación abierta*: se generó bajo condiciones climáticas extremas, por ejemplo, las lluvias concentradas en unos cuantos meses del año y los climas seco los restantes. Se caracteriza por ser llanuras cubiertas de hierbas y grupos dispersos de árboles, además, hay presencia de vegetación más densa comparables con bosques de sabana.
- *Vegetación densa a lo largo de las riberas (bosque de galería)*: la característica principal de este tipo de vegetación radica en el predominio de una especie vegetal (árboles y matorrales) a lo largo de los diques del río.
- *Cinturones de vegetación alrededor de las ciénagas*: este tipo de vegetación se caracterizó inicialmente por tener una vegetación que se inunda durante la mayor parte del año, luego hay una presencia de arbustos y árboles.

Para Archila, el análisis de las muestras de polen tomadas en la región propone que existió una alternancia entre períodos secos “y húmedos durante el último periodo glacial y el Holoceno” (1993, pág. 117). En el período seco, hubo un aumento de vegetación herbácea y una disminución de la arbórea, lo cual parece indicar un aumento de las sabanas. Estos cambios paleoecológicos se debieron a cambios ambientales tanto a nivel global como locales. “Los primeros incluyen fluctuaciones de temperatura y humedad. Para el Pleistoceno estos cambios se relacionan con períodos glaciales y interglaciales” (Archila, 1993, pág. 114). Mientras que los segundos están representados por movimientos eustáticos del nivel del mar en épocas glaciales e interglaciales. “Otros cambios ambientales locales que pudieron haber afectado la zona [...] son: cambios en los cursos de los ríos o en los regímenes de inundación, la formación de lagos y ciénagas estacionales o aumentos en los niveles de agua de los lagos permanentes, en respuesta a fluctuaciones climáticas” (Archila M., 1993, pág. 117).

Berrio et al. (2001) hicieron una reconstrucción de los últimos 10.000 años de un ecosistema de humedales en el valle inferior del Magdalena, a partir del estudio multidisciplinario (sedimentología, mineralogía de arcilla, geoquímica de suelo, análisis de polen, datación por radiocarbono, entre otros) de 15 metros de sedimentos extraídos del núcleo de Boquillas, al sureste de Magangué, y al suroeste de Mompóx. Según los autores de esta investigación “el polen transportado por el río [Magdalena] desde una mayor distancia (...) muestra cambios en la actividad del río y refleja cambios a gran escala de las condiciones climáticas en la cuenca la Depresión Momposina” (Berrío, y otros, 2001, pág. 161) [Traducción del autor]. El análisis de polen se realizó asignándolo en 5 zonas:

- *BQS-Ia (1510 –1365 cm)*: esta zona se caracterizó por una alta presencia de vegetación abierta, seguida por bosque de galería, bosque montano y bosque seco. El paisaje era rico en hierba con galerías de bosques a lo largo de los arroyos. Las condiciones climáticas fueron secas. El sistema fluvial era de alta energía.
- *BQS-Ib (1365 –1200 cm)*: la zona se caracterizó por un aumento en el bosque de galería. Se prestó un entorno de menor energía. El clima fue seco y las precipitaciones favorecieron la expansión del bosque de galería.
- *BQS-Ic (1200 –1100 cm)*: hubo baja presencia de polen transportado por el río, lo cual indica condiciones climáticas secas. La vegetación abierta se hizo más abundante.
- *BQS-Id (1100 –670 cm)*: en los valores del análisis de polen apreció una vegetación abierta con parches de bosques de galería a lo largo de los arroyos.
- *BQS-II (670 –50 cm)*: la muestra de polen indicó que el sitio estaba al alcance del sistema fluvial principal. El alto suministro de sedimentos coincide con las frecuentes inundaciones causadas por una alta precipitación en la zona compuesta por los ríos Magdalena, Cauca, San

Jorge y Cesar. En la parte superior de la zona se registraron altos valores de fósforo, lo que apunta a la presencia de una ocupación prehispánica.

Capítulo 2 Investigaciones arqueológicas en la Depresión Momposina y uso de recursos técnicos

Las tierras de la Depresión Momposina han sido objeto de investigación arqueológica desde hace 70 años. En ellas, sus habitantes prehispánicos modificaron el paisaje haciendo grandes surcos en la tierra (canales), y ubicando el suelo removido en pilas (camellones) de hasta dos metros de altura. Por lo general, estas obras de infraestructura eran dispuestas de la siguiente manera, camellón-canal-camellón, dependiendo del lugar; además, utilizaron parte del material removido para crear sitios de vivienda más conocidos como plataformas.

Los primeros en investigar las llanuras de la región Caribe fueron los esposos Gerardo y Alicia Reichel-Dolmatoff, quienes realizaron investigaciones arqueológicas en el departamento del Magdalena entre 1946 y 1950 (Parsons & Bowen, 1966). También, llevaron a cabo trabajos sistemáticos en la región, por ejemplo, investigando la hoya del río Sinú y zonas aledañas en los años de 1954, 1956 y 1958, con ello establecieron las bases para la reconstrucción de la historia prehispánica de la Depresión Momposina (Falchetti, 1995, pág. 23). Es así, como sólo hasta la segunda mitad del siglo XX que las modificaciones hechas al paisaje del Caribe colombiano despertaron el interés arqueológico en ellas.

En 1965, James Parsons (profesor de geografía de la Universidad de California) y William A. Bowen (estudiante graduado en el mismo departamento) estudiaron el sistema hidráulico prehispánico de la Depresión Momposina. Primero lo hicieron mediante un análisis de fotografías aéreas, posteriormente, mediante un reconocimiento aéreo en la zona.

Parsons y Bowen, buscaban identificar a quiénes hicieron las modificaciones en el paisaje del Bajo San Jorge; “salvo una ligera referencia casual..., no parece encontrarse en la literatura

ningún reconocimiento de estos restos antiguos de cultivo en gran escala, aunque están directamente bajo las líneas principales de vuelo entre Medellín, Bogotá y las ciudades costeñas (Parsons, 1966, pág. 449). Para saber quiénes fueron las personas que hicieron las modificaciones del paisaje, en la Depresión Momposina, recurren a fuentes etnográficas e históricas.

Después del recorrido etnohistórico que realizan; los autores, proponen una clasificación de los terrenos estriados y elevados que pudieron observar; de este modo los canales y camellones son categorizados de acuerdo con los patrones que ellos identifican. Parsons y Bowen (1966), clasifican los terrenos elevados del bajo San Jorge en tres tipos:

(1) un patrón de “caño”, en el que las crestas y los ciénagas se extienden en ángulo recto o ligeramente oblicuo desde el nivel superior (diques naturales) a cada lado de los canales abandonados; (2) un patrón de “tablero de ajedrez”, en el que los bloques de crestas paralelas cortas, de diez a treinta yardas [(entre nueve a veintisiete metros)] en un lado, están dispuestos irregularmente pero más o menos en ángulo recto entre sí; y (3) una agrupación de crestas ligeramente paralelas, muchas de longitud considerable y sin orientación evidente a los diques naturales, que a menudo dan un aspecto “peinado” o “granulado” cuando se ven desde el aire (Parsons & Bowen, 1966, págs. 327-329)

[Traducción del autor]

A Parsons y Bowen, les llamó la atención el patrón en forma de *tablero de ajedrez*, por estar ampliamente distribuidos. Al mismo tiempo, resaltaron la presencia de un patrón orientado en forma de *espinas de pescado* que sólo se puede detectar con fotografías aéreas, por lo cual, se estaría identificando un cuarto patrón de distribución entre canales y camellones. Plazas & Falchetti (1981; 1985), y Plazas, Falchetti, Sáenz y Archila (1993), dicen que, a menudo en las

zonas bajas, los sistemas de espina de pescado son continuados, por largos canales terminales que distan hasta dos kilómetros del caño principal.

Las plataformas de vivienda y los montículos son otras de las modificaciones del paisaje que llamaron la atención de Parsons y Bowen. Estos montículos de tierra son construcciones artificiales que tienen una altura entre 1,5 a 4,5 metros, llegando en algunos casos a los 7,6 metros de altura. Para Rojas, las plataformas de vivienda se definen como geoformas antrópicas que están ubicadas varios centímetros o metros por encima del espejo de agua, estas modificaciones del paisaje se pueden observar formando conjuntos (concentradas), o presentes de manera aislada unas de otras (dispersas) (2010b, pág. 170). Dichas estructuras son usadas en la actualidad para la construcción de casas, pues ellas brindan protección contra las inundaciones causadas por la ola invernal. Al respecto afirma Parsons,

“Aquellos camellones antiguos no siempre han sido reconocidos por los habitantes de la localidad como obras del hombre. Mediante fotografías aéreas y reconocimientos hechos en avioneta, se ha señalado su extensión y estructura (...) Por medio de la fotografía aérea hemos podido trazar aproximadamente 100.000 hectáreas de tierra labrada en camellones en la zona del San Jorge (...) Desde una avioneta pudimos distinguir vestigios de camellones que no se observan en la fotografía aérea vertical, incluyendo una zona bastante amplia que se puede ver a través de las aguas extensivas, pero de poca profundidad, de la Ciénaga de Ayapel” (Parsons, 1966, pág. 449)

Es a partir de una revisión minuciosa de fotografías aéreas, sobrevuelos con aviones de reconocimiento de vuelo bajo y trabajo de campo, Parsons y Bowen lograron identificar, conocer la naturaleza y extensión de los canales y camellones. Según Parsons,

“No fue hasta 1965 que pude visitar el Instituto Geográfico "Agustín Codazzi" en Bogotá para examinar la cobertura de fotografías aéreas disponibles del área, y especialmente la parte baja de la llanura aluvial del río San Jorge, bien mapeada debido a la extensa exploración petrolera que recientemente allí se había llevado a cabo. Allí estaban en las fotos, magníficas características lineales, a menudo delineadas por agudos contrastes de vegetación, casi como si alguien hubiera dibujado un peine gigante... Después de mapear unas 70,000 hectáreas de estos paisajes de campo surcado de las fotos, salimos al campo para ver de cerca. No hubo dudas al respecto. Desde los canales o a caballo eran apenas visibles, pero desde una pequeña aeronave alquilada (...) se podía ver una cresta claramente delineada y un surco que se extendía por muchos kilómetros a través de las llanuras de inundación.” (1978, págs. 118-119) [Traducción del autor].

Fue gracias a los trabajos pioneros de los esposos Reichel-Dolmatoff, los análisis y posterior caracterización realizada por Parsons y Bowen de las adecuaciones hidráulicas (canales, camellones y plataformas de vivienda) que las arqueólogas Clemencia Plazas y Ana María Falchetti investigaron la zona entre 1976 y 1982. Los estudios arqueológicos que realizaron en la Depresión Momposina se recogen en cuatro publicaciones: 1) *Asentamientos Prehispánicos en el bajo río San Jorge*, 1981, 2) *Poblamiento prehispánico y adecuación hidráulica en el bajo río San Jorge*, 1985, 3) *Cambios ambientales y desarrollo cultural en el bajo río San Jorge*, 1988 y, 4) *La sociedad hidráulica Zenú*. La tercera publicación contará con la participación de Thomas Van Der Hammen y Pedro Botero, mientras que en la cuarta publicación participan Juanita Sáenz Samper y Sonia Archila.

En la metodología de investigación usada por las arqueólogas y sus colegas, sobresale el uso de la fotointerpretación, y el análisis de fotografías en infrarrojo (película infrarroja) de los sistemas

de drenaje en el caño La Pita y caño Carate. Con estos métodos, reconstruyen el sistema hidráulico creado por los pobladores prehispánicos de la Depresión Momposina. Esta información fue trasladada a mapas, con lo cual, lograron ubicar los vestigios arqueológicos en un área de 50.000 hectáreas. Con la ayuda de las fotografías aéreas detectaron la distribución funcional del espacio, es decir, identificaron distintos tipos de canales y las plataformas de vivienda asociadas a ellos (Plazas, Falchetti, Sáenz & Archila, 1993, pág. 16). Con la información obtenida a través de la fotointerpretación Plazas y Falchetti, procedieron a realizar diversos tipos de excavaciones arqueológicas en 200 sitios, que en su mayoría se efectuaron en basureros de plataformas de vivienda, algunos en sitios de enterramiento. También realizaron cortes estratigráficos en canales y, trincheras en sitios de cultivo.

Plazas y Falchetti, incluyeron en su metodología de investigación, el análisis de fragmentos cerámicos. Analizaron la decoración, su forma, el tipo de pasta y las técnicas de fabricación. A la cerámica rescatada en las excavaciones se la hicieron los siguientes análisis fisicoquímicos:

“interpretación petrográfica, difracción de rayos X y espectrografía de emisión. El primero permitió conocer la textura de pasta, la forma y medidas de las inclusiones, los componentes minerales de las rocas presentes, la forma y distribución de los poros y la eventual presencia de fragmentos ajenos a la pasta arcillosa (...). Con la difracción de rayos X se identificaron los minerales arcillosos y su proporción dentro de la pasta y se obtuvo información acerca de la temperatura de cocción con base en la transformación de unas especies minerales en otras (...). La espectrografía de emisión identifica minerales y elementos químicos expresados en porcentajes y partes por millón (ppm), permitiendo conocer la totalidad de los elementos presentes en la muestra.” (Plazas, Falchetti, Sáenz & Archila, 1993, pág. 17)

Estos análisis fisicoquímicos les permitieron a las antropólogas conocer los materiales usados en la fabricación (inclusiones o desgrasante) de la cerámica y los tipos de arcilla. También, pudieron diferenciar tres grandes grupos o tradiciones cerámicas:

*“La primera, denominada **Granulosa Incisa**³, se caracteriza por su pasta granulosa, su decoración incisa e impresa en diseños geométricos... La segunda tradición cerámica asociada al manejo hidráulico, se denominó **Modelada Pintada**⁴. Caracterizada por su color crema predominante y su decoración modelada y/o pintada en diseños lineales y geométricos de pintura rojiza... La tercera tradición, muy diferente a las anteriores, se denominó **Incisa Alisada**⁵. Se caracteriza por sus formas sobrias y su decoración fina, predominantemente incisa. No se asocia a sistemas hidráulicos ni a plataformas artificiales o túmulos funerarios”* (Plazas, Falchetti, Sáenz & Archila, 1993, págs. 18-19).

La tradición Granulosa-Incisa, representa los “vínculos culturales de los primeros pobladores de la depresión inundable, con comunidades de la costa atlántica” (Plazas & Falchetti, 1985, pág. 184). Mientras que la tradición Modelada-Pintada se asocia con la modificación del paisaje de la Depresión Momposina haciéndolo más afable para la vida, lo que les permitió tener grandes zonas de cultivo y controlar el nivel de las inundaciones. Los portadores de la tradición cerámica Modelada-Pintada, crearon un patrón de asentamiento lineal a largo de las vías acuáticas, que también se vería reflejado en los entierros en túmulos funerarios. Los portadores de la tradición Incisa-Alisada, era un grupo étnico procedente del río Magdalena que no controló extensas áreas, y tampoco hicieron grandes modificaciones en el paisaje, pues sólo aprovecharon el área circundante de los espacios elevados (Plazas & Falchetti, 1981). Para llegar a estas conclusiones,

³ Énfasis de las autoras

⁴ Énfasis de las autoras

⁵ Énfasis de las autoras

las investigadoras se basaron en la distribución espacial de los asentamientos y las diferentes modificaciones del paisaje, así como, en los análisis estilísticos, tecnológicos y fisicoquímicos de la cerámica. Pero también, tuvieron en cuenta las fuentes documentales de época (crónicas de conquista, documentos etnohistóricos), fechas de radiocarbono, análisis de material lítico y óseo, análisis de polen, análisis estratigráficos y fisicoquímicos de suelos.

En 1992 en el marco de su tesis de pregrado realizada en el bajo río Sinú, al norte de la Depresión Momposina, Montejo y Rojas planteaban ampliar el conocimiento sobre las ocupaciones prehispánicas en esta zona y establecer las posibles regiones culturales con desarrollos a nivel regional, todo esto, desde el punto de vista de las modificaciones del medio y las formas de ocupación del espacio. Su metodología se basó en un reconocimiento regional parcial dirigido,

“que consistió en una recuperación sistemática del registro material de la cultura en áreas delimitadas y previamente definidas en cada uno de los paisajes. Dichas áreas (...) fueron establecidas a partir de una evaluación de la información geomorfológica y del registro material de la cultura durante la prospección de los diferentes paisajes, complementada con una revisión de fotografías aéreas y planchas cartográficas previa a la salida de campo” (Montejo & Rojas, 1992, pág. 167).

Para la prospección del terreno, Montejo y Rojas (1992) realizaron pozos de control con los cuales hallaron restos óseos de fauna, fragmentos cerámicos, un estrato artificial de rocas y un objeto orfebre. La fotointerpretación realizada por los investigadores le permitió identificar canales y camellones artificiales, así, como sitios de vivienda que fueron comprobadas en campo. Finalmente, el reconocimiento regional parcial fue hecho en áreas de paisajes de ciénagas, abarcando zonas inundables y zonas de ribera.

Los estudios espaciales llevaron a Rojas y Montejo (1999) a preguntarse por el funcionamiento del sistema de adecuación hidráulica y sus actividades agrícolas dentro de la organización de la sociedad prehispánica. Según los investigadores, su trabajo se concentró en el manejo agrícola en las distintas formas de adecuación del paisaje, apoyados en los estudios previos de cronología cultural y poblamiento (Rojas & Montejo, 1999), especialmente en el análisis de aerofotografías, con el cual identificaron diferentes áreas con formas particulares de modificaciones o adecuaciones antrópicas, también realizaron “excavaciones estratigráficas y comparaciones paleoambientales basadas en los trabajos de Van der Hammen, y de Herrera y Berrio” (Rojas & Montejo, 1999, pág. 28). En su investigación Rojas y Montejo, también hicieron análisis cartográficos. Por otro lado, en las plataformas de vivienda dispersas identificadas en la zona de estudio, así como en los canales y camellones, realizaron pruebas de garlancha y recolecciones superficiales en las primeras, y cortes en forma de trincheras en los últimos. Además, hicieron pruebas de flotación para la identificación de carporrestos botánicos, con lo cual comprobaron el uso de especies vegetales con relación a las estructuras del sistema hidráulico de la Depresión Momposina. Igualmente, los investigadores tomaron muestras de suelo a diferentes profundidades para realizar análisis fisicoquímicos.

Rojas y Montejo (1999) con el fin conocer los cultivos presentes en el sistema hidráulico, hicieron el registro de polen fósil tomando muestras con canaletas metálicas de 50 cm de longitud, en los perfiles de los cortes excavados, estas muestras, fueron tomadas en forma vertical. Posteriormente, extrajeron 3 cm³ de muestra de las canaletas, cada cinco centímetros. De acuerdo con los sitios analizados, los investigadores pudieron determinar que entre el año 1.000 y 1.270 A.P. el área estuvo dominada por pastizales de sabana disectada, por parches de matorrales y bosques de galería (Rojas & Montejo, 1999).

Los fragmentos cerámicos que fueron recuperados durante las excavaciones, las pruebas de garlancha y recolecciones superficiales fueron analizadas por los investigadores quienes,

“consideraron las siguientes variables: características de la pasta, técnicas de manufactura, descripción de formas y decoración a partir de los fragmentos (...) Dentro del estudio de la pasta cerámica se consideró el análisis detallado de las inclusiones de materiales antiplásticos en las arcillas, para observar las técnicas de manufactura y procesos de cocción. Posteriormente se llevó a cabo el análisis del tratamiento de superficie y las técnicas y estilos decorativos, presentes en diferentes partes de las vasijas, tales como: bases, bordes, cuellos y otros.” (Rojas & Montejo, 1999, pág. 62).

Con la información obtenida Rojas y Montejo (1999) y Montejo y Rojas (2001), plantean que quizás exista una diferencia en lo que se había pensado hasta el momento por Plazas y Falchetti, para las estructuras del sistema hidráulico. Los canales largos “debieron tener como función principal el drenaje, pero también, de acuerdo con la información recuperada (...) la función de campos de cultivos” (Rojas & Montejo, 1999, pág. 134). “Mientras que los canales ajedrezados fueron utilizados para la producción de cultivos de una sola especie” (Rojas, comunicación personal, 03 de marzo de 2019).

“Teniendo en cuenta que la mayor parte de los cultivos se registraron en los sistemas cuya función está relacionada principalmente con el control de excedentes de agua, es posible plantear como hipótesis que los cultivos allí sembrados estaban integrados dentro de la economía como productos de pancoger que servían de consumo a quienes vivían en las plataformas.” (Montejo & Rojas, 2001, pág. 166).

La caracterización del sistema económico dentro del desarrollo social como puerta de entrada al estudio de las dinámicas sociales, será el eje de las investigaciones realizadas por Rojas y Montejó (1999; 2006) y por Montejó y Rojas (2001) en la Depresión Momposina. En 2006 estos investigadores continuaron explorando algunas hipótesis acerca del uso y posterior manejo del espacio por las comunidades prehispánicas asentadas en la región.

Los estudios espaciales de Rojas y Montejó (2006) les permitieron identificar en el curso medio de caño Carate cinco estructuras pertenecientes al sistema hidráulico de la zona, estas son:

1) Canales largos perpendiculares a los caños. Según los investigadores, se presentó un descenso en los niveles de inundación y humedad para el año 1270 d.C., también encontraron que para la época se sembraba en estas estructuras *Capsicum sp.* (ají) *Cucurbita mixta* (calabaza), *Manihot esculenta* (yuca) y *Zea mays* (maíz). Hacia el año 1400, este tipo de canales era utilizado nuevamente para la siembra de productos vegetales, entre ellos, *Ipomoea batata* (batata), *Cucurbita mixta* (calabaza), *Erythroxylon coca* (coca) y *Passiflora nitida* (maracuyá), así como, calabaza, maíz y ají. Para este tipo de canales, Rojas y Montejó, encuentran estructuras de vivienda ubicadas sobre plataformas dispersas.

2) Canales en espina de pescado. Fueron identificados a lo largo del paleocauce del río San Jorge; según los análisis realizados, en estos, se efectuaban actividades de despeje de vegetación.

3) Canales en forma de abanico. Igual que los anteriores, estos fueron identificados sobre el antiguo eje del San Jorge. Entre los años 610 a 680 d.C. se realizaron adecuaciones con el fin establecer viviendas o usarlos como zona de cultivo. Rojas y Montejó (2006) recuperaron macro restos vegetales de *Zea mays* (maíz), *Elaeis oleífera* (nolí), *Erythroxylum sp.*, entre otras, tanto en los canales en forma de abanico como en los de espina de pescado.

4) Canales ajedrezados. Su construcción estuvo relacionada con la alternancia de vegetación arbórea y sabana registrada hacia el año 180 a.C. estos mismos canales

fueron utilizados hacia el año 10 d.C. con fines agrícolas, debido a un cambio en las condiciones ambientales que favorecieron una baja inundación, además, se observó la existencia de unidades de vivienda ubicadas en plataformas concentradas asociadas a estructuras ajedrezadas (Rojas & Montejo, 2006, pág. 90). **5) canales cortos cercanos a plataformas de vivienda.** En este tipo de canales, los investigadores, identificaron un aumento de las inundaciones hacia el año 1220 d.C. En la época de alta humedad registrada se observa la siembra de maíz y la disminución de especies arbóreas.

En las adecuaciones hidráulicas anteriormente mencionadas, los investigadores, realizaron análisis de suelos y polen fósil, así como, análisis lítico y cerámico; sumado al de carporrestos vegetales y arqueofauna. Es así como Rojas y Montejo (2006) determinaron que, aprovechando el sistema de canales, los habitantes prehispánicos de la Depresión Momposina realizaron pescas de forma masiva. “Lo anterior unido a la presencia de huesos de aves, mamíferos y reptiles, y sumado a las condiciones ambientales que favorecen una variedad de este recurso, (...) sugiere que la fauna representaba otro importante renglón dentro de la economía de estas comunidades” (Rojas & Montejo, 2006, pág. 88). Además, gracias a los análisis realizados, se pudo establecer una secuencia de periodos secos y húmedos, así como, una alternancia en la cobertura vegetal con vegetación abierta y cerrada.

“De acuerdo con los datos obtenidos en el estudio paleoecológico, las sociedades asentadas en la región (...) durante 2000 años, manejaron un medio cuya dinámica natural exige estrategias especiales de uso equilibrado (...). Esto les permitió acceder a una amplia variedad de especies de fauna y flora, (...) que aseguraron los recursos necesarios para su sostenimiento, logrando, probablemente, excedentes de producción destinados a poblaciones alejadas con menores posibilidades de suelos fértiles. El manejo que consistió

en la construcción de canales y camellones parece basarse a su vez en la protección de los bosques nativos para el mantenimiento de las estructuras de drenaje y cultivo, controlando la inundación y evitando la sedimentación de los mismos, con demandas distintas de producción. En ocasiones los canales fueron abandonados quizás como consecuencia de cambios drásticos en los niveles de inundación y posteriormente reutilizados, luego de haber abandonado otros lugares de cultivo (Rojas & Montejo, 2006, pág. 90).

Con el fin de determinar la relación existente entre las modificaciones del paisaje realizadas en la Depresión Momposina y aspectos sociales como la economía, la política o la religión; el arqueólogo Sneider Hernán Rojas Mora, publica su tesis doctoral en 2010, este mismo año escribió para el Boletín de Antropología de la Universidad de Antioquia, sobre los patrones de asentamiento en el bajo río San Jorge. En estos dos textos Rojas hace un amplio análisis del área de investigación por medio de un SIG, lo que le permitió identificar patrones de asentamiento y develar la estructura física del sistema de adecuación hidráulica, con lo cual pudo reconocer la forma de organización social de los habitantes prehispánicos de la Depresión Momposina (Rojas, 2010a; Rojas, 2010b).

Como estrategia de investigación Rojas hizo un reconocimiento regional (Rojas, 2010b, pág. 100) y excavaciones en campos de cultivo y plataformas de vivienda. Igualmente, llevó a cabo “análisis de cerámica, polen y suelos” (2010a, pág. 290; 2010b, pág. 87). Además, estimó necesario hacer una interpretación aerofotogramétrica, recorridos de superficie donde se hicieron recolecciones superficiales, lectura de perfiles estratigráficos, pruebas de barreno, pozos de sondeo y análisis fisicoquímicos (Rojas, 2010b, pág. 103).

El análisis espacial realizado por Rojas arrojó la presencia de cinco patrones diferentes de camellones en la región, estos son: **1)** Camellones largos y cortos asociados al antiguo curso del

río San Jorge, con una longitud entre 9,5 y 1047 metros de longitud. Para este tipo de patrón, el área de siembra calculada fue de 120,61 hectáreas. **2)** Camellones internos y externos a zonas meándricas de ríos. **3)** Camellones con patrones entrecruzados cortos cercanos a ciénagas o a orillas del curso principal de agua. **4)** Camellones cortos alejados de los cuerpos de agua y cercanos a áreas de habitación. **5)** camellones largos y cortos, en ocasiones entrecruzados, con patrones complejos e irregulares y predominio de los cortos. Para los camellones cortos de patrón cruzado se calculó un área disponible para siembra de 29,13 hectáreas (2010b, pág. 295).

En la región explorada, Rojas (2010a) logró identificar un conjunto de plataformas de vivienda destacadas en tres grandes grupos. El primero es una combinación entre grupos concentrados y dispersos de plataformas, siendo las concentradas las más recurrentes. En el segundo grupo se observaron plataformas dispersas, mientras que en el tercer grupo solo se presentaron canales sin plataformas. Según Rojas, se puede señalar que

“existe mayor concentración de plataformas al norte de la región de estudio (zona de influencia del antiguo curso del río San Jorge), asociadas a canales cortos perpendiculares a los caños mayores y a los cursos principales, así como canales ubicados en los meandros de los caños naturales. Mientras que al centro del territorio explorado, se presentan más plataformas dispersas que están asociadas con canales cortos cruzados o ajedrezados, ubicados cerca de las ciénagas. Al sur, se presentan canales largos, con pocas plataformas de vivienda” (Rojas, 2010a, pág. 297).

En el análisis espacial de los patrones de asentamiento y la organización política en el bajo río San Jorge, Rojas concluye que:

- En la región de estudio hay presencia de dos tipos de modificaciones del paisaje: la primera son los canales y camellones, y la segunda, la conforma las plataformas de vivienda.
- Las estructuras observadas en la Depresión Momposina son elementos de origen antrópico. Fueron construidas para regular el flujo de las aguas y como campos de cultivo.
- Los canales y camellones están agrupados en por lo menos cuatro unidades organizadas: 1) Canales y camellones perpendiculares al curso del río (en forma de abanico y espina de pescado). 2) Canales largos paralelos al curso principal de agua. 3) Canales y camellones cortos entrecruzados, cercanos a las plataformas de vivienda. 4) Canales y camellones cortos (forma tablero de ajedrez).
- Los camellones largos cumplieron una doble función, por un lado, se usaron para la siembra de cultivos y, por el otro, sirvieron en el control y manejo de las aguas. Los canales en forma de espina de pescado fueron aprovechados para cultivar varias especies vegetales. Los canales y camellones largos presentan un área de cultivo de 20 hectáreas.
- Los camellones en forma de tablero de ajedrez fueron usados principalmente como campos de cultivo. Ellos fueron aprovechados en monocultivos. Para esta forma de canales y camellones se calculó un área de siembra disponible de 29 hectáreas.
- En el marco regional se pudo afirmar que los camellones tienen una superficie de 6167 hectáreas disponibles para uso potencial en agricultura.
- La estratigrafía de los camellones no presenta readecuaciones mediante el transporte de sedimentos a sus cimas.
- El cálculo de mano de obra necesaria para la construcción y mantenimiento del sistema hidráulico es un requisito básico para entender procesos como la centralización o descentralización en la administración del poder. Dicho cálculo es difícil de estimar para la

región. Sin embargo, debido a las condiciones ambientales y de suelos presentes es imposible establecer dichas correlaciones.

- No se puede señalar que la ocupación de la Depresión Momposina sujeta a las dinámicas ambientales de la misma, se ajuste a un modelo de planificación centralizada o incluso a los principios organizativos de comunidades locales. Ya que no se sabe si fue un esfuerzo único, continuo, o no, es decir, no es posible estimar la envergadura de la inversión de trabajo en la construcción de los canales, camellones y plataformas.

La investigación realizada por Rojas (2010b) también permite concluir que es necesario profundizar en el conocimiento de las diferentes formas de organización social presentes en la Depresión Momposina, ya que la información recabada hasta el momento no permite discutir, cómo, cuándo, dónde y porqué surgen las sociedades complejas, así como, sus formas de organización económica, política y simbólica. Por otra parte, las extensas modificaciones del paisaje presentes en la zona de estudio hacen pensar en una sociedad agrícola y jerarquizada, con un control político y económico regional. Esto último, aún debe ser comprobado en términos arqueológicos, es decir, en las evidencias recuperadas del registro material, es necesario rastrear las formas de acceso y manejo de los recursos, los niveles de intercambio de bienes y la jerarquía de los asentamientos de la organización social región.

Según Rojas, “la organización social presente en la región no demanda de un arreglo centralizado y un sistema burocratizado de agricultura intensiva” (2010b, pág. 232). Un claro ejemplo de lo anterior está representado en el patrón de asentamiento disperso, pues este, permite una explotación intensiva de los terrenos; por lo tanto, dicho patrón no es necesariamente lo opuesto a una organización política centralizada, ya que implica una estrategia de control político diferente a una en donde existe un patrón concentrado (Rojas, 2010b, pág. 234). Rojas resalta

otra alternativa al modelo de organización social presente en la Depresión Momposina, según este autor, es posible un modelo descentralizado en el que las unidades familiares se comprometen con la producción de tipo local (2010b, pág. 234). Esto último también está en discusión.

Capítulo 3 Marco Teórico

Teóricamente la arqueología se ha estudiado y realizado por variados enfoques. Ellos han nutrido la investigación, el análisis y posterior debate en torno a los elementos encontrados en el registro arqueológico y las sociedades que los produjeron. Es por ello, que en este apartado se expondrán los principios teóricos de la arqueología, específicamente los concernientes al enfoque Neoevolucionista, y la Nueva Arqueología (o Arqueología Procesual como se conocerá luego). Finalmente se abordará de la Arqueología Experimental y con ella los conceptos referentes a la Fotogrametría Digital.

3.1 Enfoques arqueológicos

La arqueología es una disciplina que combina el trabajo campo (recolección de evidencias generalmente por medio de excavaciones) con el trabajo de laboratorio (análisis, clasificación, descripción y contrastación de hipótesis). En ambos momentos del que hacer arqueológico se necesita de un enfoque metodológico que guíe el actuar de los arqueólogos, tanto para estudiar, comprender y conocer las sociedades del pasado y los restos de la cultura material que estos dejaron. Dentro de estos enfoques se cuenta, por ejemplo, con la arqueología histórico-cultural, la arqueología ambiental, la arqueología evolucionista, entre otras.

Desde las primeras excavaciones en el siglo XVIII, pasando por los inicios de la arqueología moderna a mediados del siglo XIX, hasta su consolidación antes del final del siglo XIX (Renfrew & Bahn, 2007), los diferentes enfoques teóricos y metodológicos han permitido multiplicidad de interpretaciones del registro arqueológico, lo que ha enriquecido y fortalecido la arqueología como disciplina.

3.1.1 Neoevolucionismo.

El Neovolucionismo en la arqueología surgió dos décadas después de la Segunda Guerra Mundial. La prosperidad económica y la hegemonía política de los Estados Unidos y el aumento de la autoconfianza en las comunidades de Europa occidental y Gran Bretaña, estimuló la creencia de la existencia de un modelo para la historia humana, sumado al progreso tecnológico que era considerado como la llave de la superación humana (Trigger, 1992). El Neovolucionismo en arqueología tendrá como base fundamental las propuestas teóricas de la evolución cultural de los años 40 del siglo XX.

Para Renfrew y Bahn (2008), fueron Julian Steward y Leslie White, los dos responsables de situar la evolución cultural en la escena antropológica Norteamérica. El primero interesado en la explicación de la trayectoria adaptativa de sociedades concretas, y el segundo, que veía la evolución cultural como un proceso extremadamente general, en el cual las sociedades progresaban como resultado de la extracción de cantidades crecientes de energía del medio ambiente, gracias a los procesos de evolución tecnológica. Según Trigger (1992), White adoptó una postura estrecha de determinismo tecnológico reflejo de su fe en la tecnología como fuerza de progreso social, mientras que Steward optó por una forma ecológica menos restrictiva. “Estos enfoques contemplan el comportamiento humano como algo que se ha conformado en mayor o menor medida debido a condicionantes no humanos” (Trigger, 1992, pág. 274).

Los planteamientos de Steward y White están fundamentados en el determinismo tecnológico, lo que no permitía inferir rasgos específicos de las culturas individuales, pero sí, para estudiar las líneas generales del desarrollo cultural (Trigger, 1992).

3.1.2 Arqueología Procesual o Nueva Arqueología.

El Neoevolucionismo surgió en los años 60 del siglo XX. Según Renfrew y Bahn (2007), esto señaló un importante cambio en el desarrollo de la arqueología. Los cambios acaecidos en esta época se debieron puntualmente a dos insatisfacciones respecto al modo en que se llevaba a cabo la investigación en este campo. La primera de ellas se refería al papel de la datación arqueológica, que era un sistema lento y laborioso debido a la cronología comparada. Con la aparición de la datación por carbono 14 (C^{14}), se podían establecer las fechas más rápidamente. La segunda, se centraba en la forma en que los arqueólogos explicaban las cosas, pues las investigaciones arqueológicas giraban en función de las migraciones de pueblos e influencias externas en el cambio cultural.

En el marco arqueológico del Neoevolucionismo surgió la “Nueva Arqueología” o “Arqueología Procesual”, como se conocería posteriormente. Esta propuesta surge en parte en los Estados Unidos, allí, los arqueólogos sostenían que el potencial de los restos de la cultura material para investigación en los aspectos sociales y económicos de las sociedades del pasado era mayor de lo que habían advertido (Renfrew & Bahn, 2007). Según Trigger (1992), los arqueólogos habían progresado considerablemente en el uso de técnicas, métodos y conocimientos derivados de las ciencias físicas y biológicas para la implementación de estos en el registro arqueológico, especialmente en los modelos de subsistencia y las prácticas tecnológicas. Lo anterior, implicó el uso y aplicación de un enfoque positivista, con lo cual se pretendía establecer una base objetiva para la interpretación científica de los datos. Este enfoque positivista permitió comprender que la explicación y la predicción son equivalentes y que ambas reposan sobre la demostración de una constante articulación de variables (Trigger, 1992). Al respecto Renfrew y Bahn (2008), afirmaron que, los arqueólogos debían entender que su objetivo

era encontrar explicaciones, no describir. Las explicaciones arqueológicas debían estar apoyadas por una comprensión clara del registro arqueológico y limitarse de hacer meras especulaciones.

El principal exponente de la Nueva Arqueología fue Lewis H. Binford, arqueólogo norteamericano, quien en dos artículos publicados 1962 y 1965, esbozó el programa de este nuevo enfoque. Según él, el objetivo de la arqueología era el de “explicar la amplia gama de similitudes y diferencias del comportamiento cultural, también mantenía que los datos arqueológicos eran particularmente útiles para estudiar los cambios ocurridos durante largos períodos de tiempo” (Trigger, 1992, pág. 277).

En conclusión, lo que proponía Binford y los arqueólogos procesuales, era la aplicación de técnicas y métodos cuantitativos (enfoque positivista) que permitieran ampliar el estudio, comprensión e interpretación del registro arqueológico, de tal forma que, al indagar en los restos de la cultura material por aspectos sociales, políticos, religiosos o económicos, no se diera cabida a interpretaciones erróneas sobre un grupo humano o sistema cultural.

Siguiendo estos postulados, la investigación propuesta para el análisis de la UR-180 del sitio San Pedro en la Depresión Momposina, se usaron herramientas que permitieron reducir la interpretación de los procesos realizados. Por ejemplo, el uso de herramientas métricas digitales para reconstruir y graficar el Corte Estratigráfico (en lo consecutivo CE) evitando la interpretación subjetiva del arqueólogo o auxiliar de campo a la hora de realizar el dibujo de los perfiles, logrando así una copia fidedigna de los estratos arqueológicos presentes en el sitio excavado. Otro ejemplo de lo propuesto anteriormente es el uso de programas estadísticos, geoespaciales y de Diseño Asistido por Computador (en lo consecutivo CAD) para el análisis de la distribución del material cultural en los diferentes niveles y cuadrículas de la UR180.

3.1.2 Arqueología experimental.

Las personas que se dedicaban a la arqueología se fascinaron en gran medida por saber cómo se hacían los objetos que encontraban en sus excavaciones, igualmente, deseaban conocer cómo funcionaban y cómo era la forma correcta de utilizarlos, en otras palabras, se buscaba comprender cuál era la técnica utilizada en la producción de los elementos que componen la cultura material, así como qué tipo de tecnología fue usada en su elaboración (Pfaffernberger, 1988 y Vergara & Troncoso, 2015). Para dar respuestas a estas preguntas, hicieron experimentos con distintos tipos de materiales (líticos, metales, arcillas, hornos, entre otros). Según Renfrew y Bahn (2008), a pesar de que en la arqueología ya se venía haciendo experimentación científica, fue sólo hasta la década del sesenta del siglo pasado, que ésta recibiría su reconocimiento formal.

“Durante fines del siglo XX la AE alcanzó mayor desarrollo apoyándose en marcos teóricos y epistemológicos más consistentes. La denominada “Arqueología procesual” fue la que le brindó un marco de ese tipo y un nuevo impulso a estas cuestiones. Esta escuela tuvo en cuenta y enfatizó en muchos aspectos como: 1) la explicación, 2) la generalización, 3) el razonamiento deductivo, 4) la validación mediante prueba, 5) el diseño de investigación, 6) el método cuantitativo y 7) el optimismo” (como se cita en Ramos, 2012, pág. 76).

Los aportes de la arqueología procesual le brindaron a la arqueología experimental herramientas para pulir los medios por los cuales infería. Además, contribuyó para que el registro arqueológico fuera interpretado de una mejor manera. En esta medida, Coles define a la arqueología experimental en su acepción más amplia como, el término que engloba a todos los experimentos empleados para dilucidar un problema arqueológico (Renfrew & Bahn, 2008). Al

respecto, Renfrew y Bahn (2007) afirman que, la AE constituye un medio eficaz para estudiar los procesos postdeposicionales, también se convierte un estudio aplicable a los componentes del pasado, bajo condiciones científicas controladas. Es decir, “las teorías o hipótesis se prueban por medio de experimentos, con los resultados cuidadosamente observados y medidos. Los resultados se utilizan para refutar una idea o sugerir modificaciones a una teoría” (Renfrew & Bahn, 2008, pág. 84).

Lo que se busca con la AE, es describir detalladamente los hechos, aspectos, y actividades humanas en el pasado. Igualmente, se desea interpretar la presencia de los objetos en el registro arqueológico y los procesos de transformación del registro material (Ramos, 2012, pág. 82), a partir, de experimentos sobre la realidad sociocultural del pasado, que permiten entender los modos de vida. (Morgado & Baena, 2011, pág. 23)

Por lo anterior, esta tesis se inscribe teóricamente en el Antropología Procesual con un fuerte acento en la Antropología Experimental, debido a que ésta permite, investigar cuestiones arqueológicas mediante experimentos (Renfrew & Bahn, 2008, pág. 82). Además, “por medio de ella se pueden representar las escenas y los contextos (reproducción de objetos, reconstrucciones y recreaciones de ambientes), poniendo en práctica todas las técnicas dentro de un proceso real” (Acevedo & Vega, 2009, pág. 30). Es decir, todos aquellos procedimientos, técnicas y métodos que permitan hacer un análisis diferenciado del registro arqueológico son considerados en su conjunto como experimentos aplicados a la arqueología.

3.2 Aproximación a la Fotogrametría Digital

La AE permite hacer reconstrucciones y recreaciones de los objetos y contextos arqueológicos excavados. En el caso la aquí presentada, se buscó hacer una reconstrucción

digital 3D de un CE excavado, por tal motivo, se realizó un acercamiento a los conceptos considerados clave para comprender la Fotogrametría Digital, con lo cual se expone de manera sucinta la relación entre esta y la arqueología. Dicha relación dio sentido a la investigación realizada.

3.2.1 Fotogrametría y Arqueología.

Las excavaciones arqueológicas son documentadas gráficamente (dibujo a mano alzada, dibujos planimétricos y fotografías). Es así, como los sitios excavados son registrados de modo que se pueda comprender la ocupación que se dio en ellos, por lo cual, los arqueólogos registran los restos de la cultura material a partir de la estratigrafía horizontal (Cots, Vilà, Diloli, Ferré, & Bricio, 2018). Al respecto Charquero (2016), sostiene que hay una necesidad de documentar los trabajos arqueológicos y que dicha documentación está intrínsecamente ligada al método de excavación. Según esta autora, actualmente se sigue excavando en áreas abiertas y siguiendo la estratigrafía, además esto viene acompañado de un registro en papel de los estratos. En otras palabras, el método de registro por excelencia ha sido el dibujo (en dos dimensiones, largo y ancho), con el cual se busca representar la ubicación del material recuperado y la secuencia deposicional del material. Sin embargo, dichos dibujos son una representación subjetiva de la realidad que se quiere representar. Por lo anterior Charquero propone una documentación 3D de la excavación.

Para Charquero (2016) una excavación está conformada por una superficie, un contorno y un relieve, en otras palabras, por coordenadas tridimensionales X, Y, Z, que serían captadas por la fotogrametría; una técnica que permite medir la distancia que hay entre un objeto o espacio y el lente de la cámara fotográfica. Al usar una serie de imágenes tomadas a un mismo objeto y

pasarlas por un programa de computar, se puede obtener un modelo digital en 3D de lo que se ha fotografiado. Esta técnica de medición a través de imágenes se ha usado en la arqueología con óptimos resultados, por ejemplo: en el registro, análisis y evaluación de petroglifos y pictogramas (Miranda, 2004; Lerma, Navarro, Cabrelles & Villaverde, 2010; Tejerina, Boluferi, Esquembre & Ortega, 2012; Lerma, Cabrelles, Navarro & Seguí, 2013; Johnson y Solis, 2016; y Torregrosa, 2018). También se han realizado trabajos fotogramétricos en grandes estructuras (monumentos, castillos, iglesias, tumbas, estructuras megalíticas, entre otros) (Almagro, 1991; Vozmediano, 2006; Pérez, Mozas, Cardenal & López, 2011; Soler, 2013; Ortiz, Martínez, Rego & Meijide, 2013; y Thomas & Kennedy, 2016), conservación, difusión y restitución de bienes patrimoniales (Fujii, Watanabe & Murakami, 2009; Cardenal, Mata de Castro, Pérez, Mozas, Fernández del Castillo, Delgado, Castillo, 2011; Angulo, 2013; Caro & Hansen, 2015; y Hernández, 2016).

El registro de niveles estratigráficos es otro de los usos que se le ha dado a la FD en arqueología. Antoñanzas, Iguácel, Lopetegui y Valle (2003), llevaron a cabo en el 2000 una investigación fotogramétrica y arqueológica en el yacimiento de El Sequeral (Calahorra, La Rioja). Para la recuperación de información optaron por una excavación en área a lo largo de la superficie del yacimiento, así como, el uso del método estratigráfico desarrollado por Harris. Para el registro de las diferentes unidades estratigráficas de la excavación se valieron de métodos topográficos y fotogramétricos (pares de fotografías). En este sentido se utilizó de forma pionera el registro fotogramétrico digital para generar archivos de pares estereoscópicos; lo que facilitó recuperar todos los elementos arqueológicos significativos de la excavación.

Charquero y López (2012), realizaron un registro tridimensional de una secuencia estratigráfica. Esta investigación es un claro ejemplo de que puede hacer la FD cuando se hace

una intervención arqueológica. Para este caso, los investigadores pusieron en práctica en el año 2010 una metodología de registro estratigráfico a partir pares estereoscopios de fotografías cenitales en el sitio arqueológico de lo Boligni (Alacant), logrando obtener un modelo tridimensional acumulativo de la secuencia estratigráfica gracias a herramientas digitales, tales como: CAD y SIG, lo que generó nuevas posibilidades para el tratamiento cotidiano de la información arqueológica. Según estos autores, su objetivo era proponer la FD como una herramienta de uso cotidiano en las intervenciones de campo, ya que,

“la línea de aplicación más prometedora surgida de la trabazón entre fotogrametría y arqueología es la que toma la estratigrafía como objeto del registro fotogramétrico, en tanto que esta técnica se puede acomodar perfectamente y con resultados muy interesantes (...), al llamado “método Harris” de excavación empleado de forma mayoritaria en los trabajos arqueológicos” (Charquero & López, 2012, pág. 82)

En la excavación de lo Boligni, la FD se expresó como un elemento novedoso a la hora de representar los datos obtenidos en campo, porque, permitió una aproximación cercana a la realidad de la excavación, en donde los arqueólogos e investigadores lograron una representación más completa y comprensible visualmente del lugar intervenido (Charquero y López, 2012). Por su parte, los ingenieros del Departamento de Ingeniería Gráfica de la Universidad de Sevilla, España; mientras realizaban los trabajos arqueológicos en la Catedral de Sevilla buscaban formas alternativas a las limitaciones encontradas en las técnicas tradicionales de documentación y registro estratigráfico (Aguilar, Granado & Barrera, 2013). En la búsqueda de nuevas metodologías para llevar a cabo la documentación estratigráfica, los ingenieros de la Universidad de Sevilla generaron un procedimiento para aplicar a la documentación y al registro en arqueología a partir de la FD. El trabajo realizado, permitió que cualquier profesional de la

arqueología pudiera acceder a los perfiles excavados tantas veces como lo necesitaran, permitiendo así el constante análisis e interpretación estratigráfica, dado que la excavación arqueológica es un proceso destructivo, en el cual las condiciones originales del sitio cambian constantemente.

Otro ejemplo del uso de FD en investigaciones arqueológicas, en general, y en el registro de niveles estratigráficos, en particular, es el presentado por Ana María Charquero (2016) en su artículo *Prácticas y usos de la fotogrametría digital en Arqueología*. Allí, la autora examinara las posibilidades de integrar la FD como herramienta de registro a la arqueología. Charquero inició el artículo hablando de las técnicas y herramientas de registro de la FD, posteriormente, la autora desarrolló de idea de cómo se debe realizar un proyecto fotogramétrico, iniciando por la planificación de la toma de fotos, pasando por la configuración de la cámara, la toma de medidas de referencia, hasta llegar al antes y después de la restitución 3D.

Como se pudo observar en los ejemplos anteriormente citados, el uso de FD en contextos arqueológicos es amplio, este va desde el registro de objetos patrimoniales a la reconstrucción de estructuras arquitectónicas, sin dejar de lado el análisis e interpretación que se hace del arte rupestre y el registro de matrices estratigráficas. Por otro lado, la bibliografía referente a investigaciones o trabajo hechos con FD en Colombia es escasa. En el rastreo bibliográfico que se realizó para el presente trabajo sólo se encontraron dos textos que relacionan fotogrametría con arqueología. El primero es un artículo de revista (Rincón & Arévalo Vera, 2014) y el segundo es una tesis de pregrado (Martin & Otálora, 2016).

El artículo de Rincón y Arévalo (2014), tiene como objetivo la aplicación de FD para digitalizar piezas arqueológicas y otros objetos con resultados hiperrealistas, de tal modo, que se puedan hacer estudios a profundidad sin poner en riesgo la pieza original. Según los autores,

“los modelos en 3D han permitido la interactividad entre objetos y personas, generando una relación que va mucho más allá de la visualización directa a una visualización virtual, lo cual permite explorar y estudiar el objeto de interés... sin alterarlo y sin que la perspectiva de la visión humana tienda a deformarlo” (Rincón & Arévalo, 2014, pág. 144).

Para Rincón y Arévalo (2014), los modelos en 3D, además,

“permiten analizar especialmente la morfología de objetos arqueológicos en su estructura como tal, tanto a escalas pequeñas como a grandes escalas, es posible analizar las relaciones entre figuras y/o movimientos que se encuentren sobre un soporte claramente discontinuo expuesto a diferentes procesos e meteorización y deterioro cuando se tienen diferentes puntos de vista a los tradicionales ” (pág. 144).

Metodológicamente, el trabajo realizado por Rincón y Arévalo (2014), se basó en la regla 3x3 (geométricas, fotográficas y organizativas) expuesta por Waldhäusl y Ogleby. Los parámetros que usaron los autores son: planificar y hacer un croquis del trabajo, escribir lo que se ha hecho (metadatos), revisar cuidadosamente el trabajo hecho antes de archivarlo. Mantener fijos los parámetros de la cámara, evitar sombras y buscar luz homogénea, no editar, transformar o recortar las fotos. Tomar fotos a varias distancias, fotografiar el objeto cada diez grados y mantener una normalidad en la toma de fotos. Una vez tomadas las imágenes, las ingresaron un programa informático, posteriormente, le indicaron a este que detectara los puntos en común existente entre las imágenes.

Bohórquez y Otálora (2016), hacen una comparación entre fotogrametría terrestre y escáner laser aplicados a pictogramas en el municipio de Soacha y así crear una propuesta de protección

para el área, con lo cual, buscan aumentar el interés y la información sobre la zona en general y en especial sobre la roca No. 27 conocida como Piedra de las Cruces.

La metodología propuesta por Bohórquez y Otálora (2016) combinaba varios métodos (fotografía terrestre, barrido con escáner laser 3D y georreferenciación mediante un GPS-RTK). Con los métodos aplicados obtuvieron fotografías estándar e infrarrojas, referenciaron los pictogramas y se hizo un levantamiento de la roca con el escáner laser. Posteriormente unieron las fotos para generar un modelo 3D, generaron ortofotos de la roca para su análisis y procesaron una nube de puntos del escáner laser.

Teniendo presente la pesquisa bibliográfica realizada, se puede decir que en Colombia los trabajos, investigaciones y excavaciones arqueológicas no han aplicado la técnica de fotogrametría digital terrestre al estudio, análisis e interpretación de la estratigrafía en arqueología y si esto se ha hecho, no se ha publicado en informes o artículos académicos. Al respecto Miranda (2004) asegura que la aplicación de la fotogrametría en el campo arqueológico es numerosa pero aún no alcanza el nivel global de aplicación. Según esta investigadora, la aplicación y ventajas de la fotogrametría en el análisis de datos y documentación de un sitio arqueológico son casi desconocidos por la mayoría de los arqueólogos. En la misma línea de pensamiento Miranda está Charquero quien afirma que; “aunque van en aumento, son escasos los ejemplos del uso de la fotogrametría para documentar completamente una excavación arqueológica” (2016, pág. 149). Según Cheli, “lo que pocos saben es que, desde los inicios de la fotogrametría, su primera (y permanente aplicación fue documentar el patrimonio arquitectural y arqueológico” (2011, pág. 235).

Es así, como en tres décadas de desarrollo tecnológico e innovación la FD se ha configurado como una alternativa a las tradicionales formas de registrar las excavaciones arqueológicas.

Además, el uso de SIG y programas de diseño o CAD, han permitido estudiar la posición absoluta (coordenadas X, Y, Z) de los objetos en particular y del yacimiento o sitio arqueológico en particular.

3.2.2 Qué es la Fotogrametría.

Etimológicamente la palabra *fotogrametría* se deriva de tres raíces griegas: *photos*, luz, *grama*, que significa lo que está dibujado, y *metron*, medir (Sifuentes & Vásquez, 1997; Cheli, 2011, Soler, 2013). Es decir, la palabra fotogrametría en conjunto, significa *medir gráficamente por medio de la luz* (Soler, 2013). Al respecto Vozmediano (2006), sostiene que la etimología de la palabra significa, la medida de lo escrito con luz. En otras palabras, es una técnica de medida que tiene la particularidad de extraer información de la fotografía. Por lo tanto, se aplica el principio fundamental de la fotografía, el cual es, pintar o dibujar con luz en una película (fotografía analógica) o en un sensor (fotografía digital). Para lograr esto se debe hacer una exposición del material sensible a la luz, y así crear la imagen que se desea capturar. Posteriormente, se hacen mediciones sobre la imagen tomada.

Según la Sociedad Internacional de Fotogrametría y Sensores Remotos (ISPRS, por sus siglas en inglés),

“la fotogrametría es la ciencia de realizar mediciones e interpretaciones confiables por medio de las fotografías, para de esa manera obtener características métricas y geométricas (dimensión, forma y posición), del objeto fotografiado” (Soler, 2013, pág. 27).

Para Soler (2013) y Medina (2014) la fotogrametría se apoya en los mismos principios de la topografía, es decir, determina unas direcciones en el espacio y define mediante ellas la posición

de un objeto a partir de perspectivas obtenidas mediante fotografías. En cuanto a la perspectiva Soler (2013) afirma que

“La perspectiva, como sistema de representación de proyección centrada, es el resultado de la intersección con un plano de proyección o plano de imagen, del haz de direcciones generado al unir los puntos a representar con el centro de proyección. Esto significa que si disponemos de una imagen fotográfica y conocemos la posición relativa de su centro de proyección (orientación interna), podremos reconstruir el haz proyectivo y con ello las direcciones de todos los puntos que aparezcan registrados en la imagen. Si además conocemos la posición y orientación de la cámara en el momento de obtención de la imagen (orientación externa), tendremos determinadas las direcciones del espacio de todos esos puntos referidas no sólo a la estación o punto de toma de la fotografía, sino al sistema general de coordenadas.” (Soler, 2013, pág. 28)

Lo que la fotogrametría hace en otras palabras es, tomar información de una fotografía, sea esta analógica o digital, y determinar en ella la dirección en la cual fue toma, permitiendo así ubicar espacialmente un objeto. Esta forma de obtener los datos la convierte en método indirecto de medición. Según Diaz y Galindo (2017) las mediciones no se llevan a cabo sobre el elemento fotografiado, sino sobre imágenes apoyadas en relaciones matemáticas y la visión estereoscópica que poseen los humanos.

Como se puede observar en la Tabla 3.2 la fotogrametría no es una técnica de registro y medición nueva, ya que los principios matemáticos en los que se basa son conocidos desde hace más de un siglo” (Valdés, 1981). Posteriormente, con el nacimiento de la misma fotografía el método fotogramétrico tiene un desarrollo constante. Según Vozmediano (2006), la evolución de

la fotogrametría ha estado influenciada por los diversos avances tecnológicos a lo largo de la historia. Ya desde el siglo XVI se conocían los principios básicos de dicha técnica.

Posteriormente, en 1893 se hace público el invento de la fotografía e inmediatamente se piensa en utilizar este invento en los levantamientos topográficos. Para este mismo autor, la fotogrametría ha experimentado a partir de 1850 diferentes periodos de desarrollo, como se puede observar en la Tabla 3.1 se agrupan en cuatro momentos (Vozmediano, 2006).

Tabla 3.1 Periodos de desarrollo de la fotogrametría

<p>Fotogrametría Gráfica (1850 a 1900)</p>	<p>Aimé Laussedat, considerado como fundador de la fotogrametría, desarrolló el método denominado iconometría, consistente en utilizar fotografías para determinar gráficamente, por medidas lineales, los ángulos de acimut y de vista de puntos del paisaje fotografiado, y después, en determinar las posiciones de estos puntos por intersecciones gráficas. Para ello ideó una cámara fotográfica especial que se estacionaba como un instrumento topográfico y que se consideró como el primer fototeodolito.</p>
<p>Fotogrametría Analógica (1900 a 1950)</p>	<p>En 1901, Pulfrich construye el primer estereocomparador, y unos años más tarde, en 1909, Von Orel construye el primer instrumento de restitución estereoscópica, el estereoautógrafo. Es un periodo donde además se desarrollan las técnicas, métodos e instrumentos necesarios para la aplicación de la fotogrametría aérea.</p>
<p>Fotogrametría Analítica (1950 a 1990)</p>	<p>Con la aparición de la computadora (en 1950) y su uso en los procesos fotogramétricos, se introduce el cálculo electrónico. En 1953, Hellmut Schmid, desarrolla los principios de la fotogrametría analítica moderna usando notaciones matriciales y soluciones mínimo-cuadráticas y, además, elabora un completo estudio de la propagación de los errores. En 1957, Uki Helava inventa el estereoploter analítico.</p>
<p>Fotogrametría Digital (1990 hasta la actualidad)</p>	<p>Nace en el año 1988, cuando se presenta la primera estación estereofotogramétrica digital comercial, KERN DSP1, en el Congreso de ISPRS en Kyoto. Desde los años 90 hasta la actualidad el progreso en la fotogrametría digital es tan rápido y paralelo como los avances informáticos</p>

Elaboración propia.

Fuente: Vozmediano Montoya, D. (2006).

Autores como Cheli (2011) y Soler (2013), hacen un despliegue más amplio de los hitos, procesos, etapas, inventos y personas que aportaron en el desarrollo de la fotogrametría.

Tabla 3.2 Hitos fotogramétricos

1553	Giovanni Battista della Porta describe detalladamente la cámara oscura; su construcción, así como los usos que se le pueden dar.
1600	El aporte de la óptica y de la estereoscopia fue básico para el desarrollo de la especialidad. El pintor J. Chimenti dibuja pares de figuras para verlas en tercera dimensión.
1704	Sir Isaac Newton publica el libro Opticks, estableciendo los principios de la óptica moderna.
1725	M. A. Capeller produce un mapa del Monte Pilatus, basándose en dibujos en perspectiva.
1727	Johan Heinrich Schulze determina la sensibilidad de las sales de plata a la luz.
1759	Johan Heinrich Lambert desarrolló en su obra Perspectiva libre, el procedimiento sistemático para la transformación de una perspectiva.
1801	Joham Carl Friedrich Gauss propuso el "método de los mínimos cuadrados" adoptado para la resolución de las ecuaciones a usar en la Fotogrametría Analítica.
1802	Thomas Wedgwood inicia las primeras aplicaciones de las ideas de Schulze.
1827	Joseph Nicéphore Niépce toma la primera fotografía del mundo.
1832	Sir Charles Wheatstone describe el fenómeno de la estereoscopia (no solo proyecta el estereoscopio de espejos, sino que utiliza figuras dibujadas para usar los mismos, anticipándose al uso de fotografías).
1839	Louis Jacques Mandé Daguerre (1787-1851), quien en 1839 divulga el proceso de "daguerrotipia"
1840	François Arago, demostró la posibilidad de usar fotografías en los levantamientos topográficos.
1841	A. Claudet usa la fotografía estereoscópica.
1849	Sir David Brewster mejora el estereoscopio y construye la primera cámara estérea con dos lentes. El oficial del cuerpo de ingenieros del ejército francés, Aimé Laussedat (1819-1907), desarrolla los conceptos básicos y aplica las fotos para la confección de planos (basado en las ideas de M. A. Carpellier, quien realizó levantamientos en el monte Pilatos (Suiza) mediante perspectivas dibujadas a mano, en 1726).
1852	A Lussedat su dedicación al tema le valió ser reconocido como "el padre de la fotogrametría", si bien en su momento se la llamó "iconometria" o "metrografía"
1855	El fotógrafo Gaspard-Félix Tournachon (Nadar) toma la primera fotografía aérea del mundo, sobre el poblado de Petit-Bicêtre, desde un globo. El 23 de octubre de ese mismo año, patenta la idea de utilizar la fotografía aérea para realizar los levantamientos topográficos y la realización de mapas.
1870	Comienza a aplicarse la fotogrametría en los levantamientos cartográficos
1885	Primer registro fotogramétrico de sitios arqueológicos, en las ruinas de Persépolis.

1892	F. Stolze inventa la marca flotante (índice móvil), como órgano de medición y trazado, al posibilitar la identificación estereoscópica de los puntos homólogos (o correspondientes) del par de fotos.
1893	Habiendo tomado conocimiento de la aplicación de la foto en los levantamientos, el alemán Albrecht Meydenbauer (1834-1921) lo usa intensamente para relevar los edificios más importantes de Europa, por lo cual se lo reconoce como "padre de la fotogrametría arquitectural". Pero aún más, fue el primero -en 1893- en usar el término "fotogrametría"
1896	Edouard Gaston Daniel Deville presenta el primer instrumento que usa pares estereoscópicos para realizar planos de línea.
1898	Theodore Sheimpflug desarrolla un instrumento de restitución basado en la proyección óptica directa (el doble proyector) y presenta su teoría para enderezar imágenes en un transformador fotográfico universal
1901	Carl Pulfrich construye el "estereocomparador", dando origen al principio de la estereofotogrametría analítica. A partir de esta construcción, se puede decir que todos los instrumentos se basarán en esta idea.
1909	Carl Pulfrich inicia experimentos con fotos estereoscópicas.
1909	El 24 de abril, un fotógrafo toma la primera fotografía aérea desde un avión, pilotado por Wilbur Wright, sobre Centocelli, cerca de Roma, durante uno de los vuelos de entrenamiento realizados para oficiales de la armada italiana.
1910	Fundación de la Sociedad Internacional para la Fotogrametría, ISP en sus siglas en inglés, actualmente ISPRS, en Austria por E. Dolezal.
1913	Primer congreso de la ISP, llevado a cabo en Viena.
1913	El capitán Cesare Tardivo produce el primer fotoplano basado en fotografías aéreas tomadas desde un avión sobre Benghazi, Libia.
1920	Bauersfeld, Scheimpflug, M. Gasser, E. H. Thompson, U. Nistri, E. Santoni y J. Poivilliers extienden el principio del estereoautógrafo, para usar en sus aparatos las primeras fotos aéreas.
1970	Los restituidores analógicos comenzaban a sufrir una conversión, al ser interconectados con elementos periféricos (codificadores incrementales, colectores de datos, procesadores de control, pantallas, etc.), y transformarse en "restituidores híbridos" o "digitalizadores tridimensionales".
1990	Surge la fotogrametría digital, utilizando imágenes digitales como fuente primaria de datos (ya sean adquiridas directamente con una cámara digital o a través de la digitalización matricial de una imagen analógica (utilizando un escáner fotogramétrico de precisión)."

Fuente: Cheli, A. E. (2011). Y Soler Alemán, E. (Septiembre de 2013).

3.2.3 Cómo opera la fotogrametría.

El principio general de la fotogrametría está basado en la visión estereoscópica. Según Cheli (2011), este tipo de visión es una facultad de los seres humanos que le permite ver relieve en los objetos que observa con sus dos ojos. Mientras que Fier afirma que,

“debido a que los humanos tienen dos ojos y las pupilas están separada unos 6,3 centímetros, el mundo se ve de forma estereoscópica, es decir, cada ojo ve un objeto ligeramente diferente. Para formar una sola imagen en 3D que transmita profundidad, volumen, distancia, altura y anchura, el cerebro fusiona la imagen registrada por un ojo con la imagen registrada por el otro.” (2010, pág. 91)

El principio de visión estereoscópica se aplica en fotogrametría con el uso de pares fotogramétricos, es decir, en la utilización de dos fotos del mismo objeto, pero tomadas con margen de distancia entre una y otra. A este tipo de imágenes se le conoce también con el nombre de pares estereoscópicos (Vozmediano, 2006 y Soler, 2013). Montero y Sardi sostienen que,

“este tipo de visión es natural del ser humano y consiste en la obtención de imágenes de un mismo objeto desde dos posiciones ligeramente diferentes la posición de cada ojo, las cuales son transmitidas hacia el cerebro; ahí, mediante un proceso de comparación y triangulación de las imágenes capturadas, se logra interpretar las diferencias (por ejemplo, la profundidad de los objetos). Esto genera un modelo estereoscópico tridimensional en la mente del observador.” (2017, pág. 28)

Cheli (2011), afirma que la fotogrametría tiene el propósito de reconstruir un espacio tridimensional, ya sea un terreno o un objeto a partir de imágenes bidimensionales (coordenadas

X, Y). Para lograr tal fin y obtener una reconstrucción tridimensional (coordenadas X, Y, Z) de un objeto o espacio, las imágenes deben ser convergentes y tener puntos homólogos que se puedan acomodar la distancia interpupilar (Cheli, 2011).

Un claro ejemplo de lo anterior se puede observar en las Figura 3.1 y Figura 3.2. Allí se muestran dos fotografías que fueron tomadas desde el mismo sitio, pero con diferencia en la ubicación de la cámara. En la primera (izquierda) se observa una estaca clavada en el suelo, encerrada por un círculo de color rojo. Dicho objeto está ligeramente ubicado al lado izquierdo de la imagen. En la segunda foto (derecha) se tiene el mismo objeto ubicado más al centro de la imagen. Los puntos de referencia que se encuentran en ambas imágenes son denominados puntos comunes u homólogos. Las dos fotografías contienen puntos homólogos que pueden ser triangulados por un programa informático lo que permite generar una imagen estereoscópica y obtener coordenadas 3D de ese punto.



Figura 3.1 Paisaje Depresión Momposina # 1, Sitio San Pedro Paisaje

Figura 3.2 Paisaje Depresión Momposina # 2, Sitio San Pedro Paisaje

Pares fotogramétricos o estereoscópicos

Fotografías: Mauricio Roldán Llano

La fotogrametría permite reconstruir un espacio u objeto en forma tridimensional a partir de imágenes bidimensionales (planas o 2D) de este y los parámetros que los vinculan (Cheli, 2011).

Para lograr una reconstrucción en 3D, las fotos deben tener puntos en común. Es decir, entre más alto sea el porcentaje de solape o correlación de las imágenes se obtendrán mejores reconstrucciones.

3.2.4 Clasificación fotogramétrica.

Miranda (2004) clasifica la fotogrametría en dos: terrestre y aerofotogrametría. La primera se usa para fotografías fijas y en posiciones determinadas sobre el terreno, mientras que, en la segunda, se acoplan cámaras a aeronaves (aviones, globos, entre otros) para obtener imágenes de la superficie de la tierra. Para Vozmediano (2006) la fotogrametría se clasifica según la posición de la cámara en el momento de tomar las fotos. Para este autor existen tres clases de fotogrametría: 1) *espacial*, que emplea imagen captadas por satélites, 2) *aérea*, son las imágenes obtenidas desde aviones, 3) si han sido tomadas sobre la superficie de la tierra se subdivide en *terrestres*, empleadas en levantamientos topográficos, y de *objeto cercano*, son las utilizadas en levantamientos no topográficos.

Al-Ruzouq y Abu Dabous (2017) denominan la fotogrametría *de objeto cercano* como de corto alcance. Según los autores, la información es recopilada desde una distancia cercana al objeto seleccionado, por lo general a menos de 100 metros. Por su parte Lerma, Navarro, Caballero y Villaverde (2010) la nombran fotogrametría de rango cercano. Según estos autores, esta técnica se aplica a objetos que van desde unos pocos metros hasta 200 metros de tamaño.

Otro de los nombres que recibe la fotogrametría de objeto cercano es el de fotogrametría a corta distancia, esta se divide en corta distancia de área y terrestre. Es considerada a corta distancia, cuando la distancia entre la cámara y el objeto no sobrepasa los 100 metros en la tierra y 1.000 metros de altura de vuelo (Miranda, 2004).

Teniendo presente lo anterior, se puede decir que, la fotogrametría de objeto cercano se caracteriza por ser una técnica de captura fotográfica que se usa para extraer información métrica de objetos. El rango de distancia para esta técnica varía entre los 10 centímetros y los 300 metros, ubicando la cámara cerca de objeto (Vozmediano, 2006). Mozas, Pérez, Barba y López (2011), agregan que la fotogrametría de objeto cercano se basa en la obtención de varias tomas fotográficas a corta distancia, gran resolución y con una determinada geometría sobre el objeto que permite extraer información tridimensional de él.

3.2.5 La Fotogrametría Digital.

La FD es una técnica que nace en la década de los 90 del siglo pasado (Vozmediano, 2006; Cheli, 2011; Soler, 2013, Charquero, 2016), pero tiene sus inicios en tiempos más remotos. Como técnica tridimensional nace de la mano del pintor J. Chimenti, en 1960 cuando dibuja pares de imágenes para verlas en tercera dimensión (Cheli, 2011). Como se pudo observar en la Tabla 3.1 y Tabla 3.2 el desarrollo de la fotogrametría tiene sus bases en la creación y evolución de la fotografía, incluso se puede rastrear más allá en el tiempo. Por otro lado, la tecnología para hacer FD es relativamente nueva, y está en constante desarrollo (Hernández, Peña & Narvárez, 2010). La FD se logra “utilizando imágenes digitales como fuente primaria de datos (...) o a través de la digitalización material de una imagen analógica” (Cheli, 2011, pág. 24).

Miranda (2004), define la FD como el uso de sistemas informáticos (hardware y software) para procesar la información referente a la restitución fotogramétrica de las imágenes almacenada en forma de píxeles en una cámara digital o un computador. Según Medina,

“La fotogrametría digital se basa en la utilización de imágenes digitales. Una imagen digital es simplemente un mapa de píxeles. Y un mapa de píxeles es una matriz donde

cada punto está ordenado en el espacio y codificado unitariamente. Desde el punto de vista de las aplicaciones fotogramétricas, bastará con conocer qué pixel corresponde al punto y cuál es la distancia principal, también medida en píxeles, para poder conocer su posición en el espacio. Como toda esta información es puramente numérica desaparece cualquier error que provocan los sistemas mecánicos de medición y los ópticos de observación.” (2014, pág. 16)

Para poder conocer la posición en el espacio de un objeto se deben tener mínimo dos fotografías. Para Fujii, Fodde, Watanabe y Murakami (2009), no se puede obtener coordenadas tridimensionales de una sola foto, pero si se toman dos fotos de un mismo objeto desde diferentes direcciones se logra formar una imagen estereoscópica, con lo cual se puede calcular las coordenadas tridimensionales del mismo objeto, además, proporcionan información sobre el color de los objetos.

La FD convierte imágenes 2D en modelos 3D, permitiendo observar texturas, contornos y volumen. Es decir, para lograr tener una imagen en tres dimensiones (largo, ancho y alto, o X, Y, X), primero se debe obtener una serie de imágenes en dos dimensiones (largo y ancho, o X, Y) con una cámara fotográfica digital. Luego las fotografías obtenidas deben ser procesadas en un computador para crear un modelo en 3D del objeto o espacio que ha registrado. En otras palabras, en FD, se extrae de la imagen, no solo las coordenadas X, Y sino también la coordenada Z (Martín, 1993 y Miranda, 2004). Para Montero y Sardi, el proceso de crear modelos 3D “consiste en convertir imágenes o fotografías bidimensionales en modelos tridimensionales examinando cada una de ellas y reconstruyendo la ubicación de cada cámara (posición desde donde se ha capturado una imagen), su orientación, el tipo y la distorsión de la lente” (2017, pág. 25).

Para realizar FD se necesita de una cámara (métrica, semimétrica o convencional), un computador o estación de trabajo, que soporte procesos con imágenes de rango grande o medianas, y un software para el procesado de las fotografías tomadas. Para obtener una imagen digital de un objeto, primero se debe hacer una serie de capturas fotográficas con una cámara digital, cuidando de hacer tomas en puntos o lugares donde las dos imágenes coincidan; a esto se le conoce como pares estereoscópicos. Luego se deben trasladar las imágenes obtenidas a un computador, y posteriormente cargarlas en software especializado, donde se hará la restitución de las imágenes. Finalizado este proceso, el programa informático, genera una nube de puntos, dicha nube tiene incrustada la información sobre el color (colorimetría) y las medidas (métricas), las cuales serán condensada en una imagen que presentará textura y profundidad.

Díaz y Galindo (2017) afirman que cuando las imágenes son procesadas en un programa de computador, éste automáticamente identifica los puntos relevantes y representativos de cada fotografía. Luego de identificar los puntos, el software busca puntos semejantes en otras imágenes (foto cercanas, estereopares, pares fotogramétricos o pares estereoscópicos) y las conecta. Luego de procesar las imágenes y emparejar los puntos en varias imágenes el programa los guarda como puntos 3D, los cuales son visibles en la nube de puntos, entendiendo esta última como un conjunto de vértices o sistema de coordenadas tridimensionales que representan la superficie externa de un objeto.

3.2.6 Proceso (metodología / parámetros) para el registro fotogramétrico.

En la toma de fotografías o recolección de datos digitales del proceso fotogramétrico se deben seguir unos pasos mínimos para lograr resultados adecuados, por ellos autores como Vozmediano (2006) proponen unas pautas para hacer dicha captura fotográfica. Según el autor, la toma de

imágenes se debe hacer teniendo en cuenta la precisión que requiere el proyecto. Además, las fotografías obtenidas deben solaparse con pares adyacentes. Así como, evitar los contrastes de sombras y luces altas (brillo), para evitar lo anterior, Vozmediano recomienda llevar a cabo la captura de imágenes en días nublados.

Autores como Soler (2013), Rincón y Arévalo (2014) recomiendan usar el método o reglas 3x3, que se puede observar en la Tabla 3.3, creado por el profesor Peter Walhäusl de la Universidad Técnica de Viena. Para Cots, Vilà, Diloli, Ferré y Bricio (2018) se debe hacer un registro fotográfico desde diferentes ángulos para así obtener una visión detallada del objeto o sitio de interés. Para estos autores, el control de la iluminación es de suma importancia. Para exteriores, ellos recomiendan tomar las fotografías en ciertos momentos cuando el sol no es brillante o en días nublados, mientras que en interiores es recomendable usar iluminación artificial o flas.

Tabla 3.3 Reglas 3x3

Geométricas	<ul style="list-style-type: none"> • Tomar las fotografías desde una altura igual a la mitad de la altura del objeto. • Añadir tomas oblicuas que cubran fotografías adyacentes. • Tomar varias distancias e identificar.
Fotográficas	<ul style="list-style-type: none"> • No usar zoom. • Elegir una iluminación homogénea. • Use una buena cámara.
Organización	<ul style="list-style-type: none"> • Tomar nota de fecha de realización de fotografías, cámara y objetivos utilizados. • Planifique y haga croquis de su trabajo. • Revise con cuidado cuanto haga antes de archivarlo

Fuente: Adaptado de Soler (2013) y, Rincón y Arévalo (2014)

Charquero (2016) recomienda que para tener éxito en la toma de fotos es necesario planificar la misma. Según esta autora, se debe configurar la cámara previamente para la adquisición de las imágenes como se observa en la Tabla 3.4. Igualmente, se debe hacer un croquis de la escena y las posiciones de la cámara a la hora de tomar las fotos, esto último, porque se recomienda no

mover el objeto, sino que sea la persona encargada de realizar las tomas fotográficas la que se mueva en torno a él. Igualmente recomienda Charquero que las fotografías hechas a superficies planas tengan un grado de solape, tanto lateral como superior e inferior. Además, aconseja evitar los contrastes fuertes entre luces y sombras.

Tabla 3.4 Configurar la cámara fotográfica

<ul style="list-style-type: none"> • El formato RAW de las cámaras semiprofesionales y profesionales no es necesario. Se ha comprobado que el formato JPG de alta calidad proporciona buenos resultados.
<ul style="list-style-type: none"> • Utilizar un objetivo de distancia focal fija (35 o 50 mm). Mantener la misma distancia focal en todas las fotos.
<ul style="list-style-type: none"> • Utilizar el modo manual de la cámara, así como el enfoque manual.
<ul style="list-style-type: none"> • Evitar las fotos con zonas desenfocadas; producirán error al modelarlas. Para evitarlo, aseguraremos una buena profundidad de campo cerrando el diafragma (f/16- f/22).

Fuente: adaptado de Charquero (2016)

Según Soler (2013) y Charquero (2016), gracias al desarrollo técnico y tecnológico de los computadores, programas de restitución y las propias cámaras digitales, no es necesario calibrar la cámara antes de tomar las fotos o cuando se está haciendo la restitución digital del objeto capturado por el obturador, basta con una adecuada configuración de esta para obtener unos resultados favorables.

3.2.7 Ventajas y desventajas de la técnica fotogramétrica.

El uso de la fotogrametría y en particular de la FD en comparación con otros medios de registro manuales en arqueología ha permitido resaltar detalles, mantener las texturas y estructuras sin deformación e interpretaciones subjetivas. Para Cots, Vilà, Diloli, Ferré y Bricio (2018) la fotogrametría se ha convertido en una herramienta indispensable para el registro arqueológico porque agiliza el trabajo, tiene una gran precisión métrica y permite analizar los resultados obtenidos a nivel científico e interpretativo.

Autores como Miranda (2004), Vozmediano (2006), Aguilar, Granado y Barrera (2013) y, Cots, Vilà, Diloli, Ferré y Bricio (2018) resaltan la importancia de la fotogrametría como un método de reconstrucción tridimensional basado en imágenes bidimensionales de la realidad. Según estos autores, el hecho de convertir imágenes 2D a 3D presenta tanto ventajas como desventajas que están estrechamente ligadas a la forma como se hace el registro fotográfico. Para Miranda (2004), la recolección de datos en campo tiene las siguientes ventajas: 1) aumento en la precisión, 2) información más completa, 3) costos bajos, 4) reducción en el tiempo de registro, y 5) se evita regresar al campo para obtener nuevos datos. Como se observar en la Tabla 3.5, Vozmediano (2006) muestra esquemáticamente lo que para él son las ventajas y desventajas de la fotogrametría de objeto cercano.

Tabla 3.5 Ventajas y desventajas de la fotogrametría de objeto cercano

VENTAJAS	DESVENTAJAS
No es necesario tener contacto con el objeto a documentar o fotografiar.	Debe ser posible fotografiar el objeto.
La toma de datos es cuantitativamente más rápida que con cualquier otro sistema de medida clásico, hoy en día en cuestión con la aparición de los escáneres 3D.	Los resultados de la medida todavía no son inmediatos.
Permite obtener una amplia densidad de registro de datos, tanto cuantitativos como cualitativos.	Alta interdependencia de los procesos, específicos y caros.
Es posible el registro de formas y movimientos irregulares	Escasez de instrumental específico, adecuado y preparado.

Fuente: Vozmediano Montoya, D. (2006)

Elaboración propia.

Aguilar, Granado y Barrera (2013), destacan las siguientes ventajas frente a los métodos tradicionales de registro arqueológico:

- No se hace una interpretación subjetiva de la estratigrafía, con lo que se evita la pérdida y distorsión de la información.

- Se elabora una representación completa de la realidad.
- Hay una representación fidedigna de la geometría y las relaciones espaciales entre los elementos.
- Se conservan la texturas, colores y composiciones originales.

Las ventajas enumeradas por Aguilar, Granado y Barrera están encaminadas a conservación de detalles, tamaño y precisión de un objeto registrado a partir de la técnica fotogramétrica. Por su parte Cots, Vilà, Diloli, Ferré y Bricio (2018), resaltan la conservación de la información real que emerge y evita que parte de ella desaparezca. También destacan que solo se requiere de una cámara para documentar el objeto o espacios de interés para el arqueólogo.

3.2.8 Restitución o renderización fotográfica digital.

Cuando se desea convertir una imagen plana o bidimensional (2D) en una imagen con volumen (3D), y que se pueda rotar 360 grados, es necesario, hacer un proceso de restitución o renderización. Dicho proceso se hace con ayuda de un computador y programas informáticos especializados. El software convertirá las imágenes planas en tridimensionales.

La restitución “es un método (...) donde se trata de devolver a tres dimensiones lo que ahora parcialmente está en dos” (Rascón & Sánchez, 2008, pág. 81). Para lograr esto, el software viene previamente configurado con algoritmos o líneas de código binario, que ejecutan cálculos analíticos. Lo anterior, permite determinar “las coordenadas del objeto a partir de las coordenadas medidas sobre las imágenes” (Soler, 2013, pág. 34). Para Vozmediano (2006) la renderización o restitución fotogramétrica está compuesta por una estructura numérica de datos que representa la distribución espacial (coordenadas o valores X, Y, Z) de una variable cuantitativa y continua que definen las características topográficas del objeto real.

“El proceso de renderizado es el mecanismo utilizado para obtener una imagen a partir de la descripción de una escena tridimensional” (como se cita en Cendejas, Ordoñez, Ferreira, Vega & Rosano, pág. 1). Dicha imagen se obtiene después de calcular la posición y la dirección de la cámara al momento de tomar la fotografía. Por otro lado, el programa informático (software) empareja la posición del par de imágenes digitales basado en las diferencias de color y contraste, generando así coordenadas 3D que se representa en puntos (Fujii, Fodde, Watanabe & Murakami, 2009).

En pocas palabras, la restitución o renderizado de fotografías digitales, es un término que se usa para referirse al proceso de capturar lugares, espacios u objetos, en una serie de fotografías planas (imágenes 2D) y convertirlas en una imagen tridimensional (modelo digital) de computador, la cual puede ser manipulada o modelada de acuerdo con las necesidades de su creador.

3.2.9 Nube de puntos.

De acuerdo con Charquero (2016), la nube de puntos tridimensional tiene información volumétrica y colorimétrica de la escena o el objeto. Es decir, la nube de puntos es la información digital que genera el programa o software informático, después de restituir las fotografías. En ella se encuentra toda la información sobre el color, texturas y medidas del objeto o espacios renderizados. Para lograr este proceso, el programa informático utilizado, debe buscar las coincidencias en cada par estereoscópico, al encontrarlas quedan convertidas en un punto tridimensional de la nube de puntos (Charquero, 2016).

Para Hernández,

“una vez que se toman las fotos con la necesaria superposición, se procesan en el software que creará la nube de puntos. En este caso, el algoritmo trabaja eligiendo una serie de píxeles en común de cada fotografía y los procesa de tal manera que es capaz de saber la localización de la cámara en cada disparo. Eso le permite ir ubicando píxel por píxel el resto de las fotos y, por tanto, extraer esa localización para crear la nube de puntos.” (Hernández, 2016, pág. 136)

En otras palabras, la nube de puntos es una malla o entramado de triángulos (puntos generados por un software) que representa un objeto o espacio específicos a partir de un modelado 3D. Para generar una nube de puntos, el programa informático lee a través de los píxeles la información capturada por la cámara (distancia y color) y posteriormente la incorpora a la nube, permitiendo con esto la generación de un modelo digital similar al capturado en el espacio real.

3.2.10 Ortofotografía.

Después de hacer la captura fotográfica, renderizar las imágenes en un computador con ayuda de un software especializado y luego de obtener la nube de punto, se puede generar una ortofoto que podrá ser usa en sistemas de diseño fotográfico, geoespaciales o tipo SIG y CAD.

Vozmediano, define la ortofografía como

“un documento fotogramétrico generado a partir de una imagen fotográfica, que conserva toda la información de está y con características geométricas equivalentes a las de los planos. Esto permite, que pueda ser combinado con información cartográfica o SIG (...) o que se pueda superponer sobre un modelo tridimensional, para formar un modelo virtual” (2006, pág. 39)

Según Thomas y Kennedy (2016), las ortofotos son imágenes sin distorsión que proporciona una vista de un espacio u objeto específicos. Además, permite medir distancias reales debido a que las distorsiones producidas por el lente de la cámara y el ángulo de esta se corrigen digitalmente.

La ortografía y su producto final la ortofoto es un archivo de imagen digital que se puede guardar en extensiones JPEG, TIFF, PNG y KML (Charquero, 2016; Hernández, 2016), lo cual facilita el uso de ortofografías en diseño asistido por computadora y posibilita hacer mediciones precisas del objeto fotografiado (Charquero & López, 2012; Arévalo, Bayona & Rincón, 2015). Además, si se tiene en cuenta que una de las herramientas fundamentales para documentar un sitio o yacimiento arqueológico es el dibujo, por ser este una representación de la realidad, ya que recoge y aísla información que se considera relevante en una excavación (Charquero, 2016), la ortofoto se puede usar para obtener calcos digitales directamente de la imagen, lo que permite hacer múltiples interpretaciones después de haberse destruido el sitio arqueológico excavado, escapando a la interpretación única e incontrastable del método tradicional (dibujo técnico a mano alzada) (Charquero & López, 2012; Charquero, 2016).

La aproximación teórica presentada hasta el momento hizo un esbozo de lo que se entiende por FD terrestre de rango cercano y los diferentes procesos y elementos que la componen. Al realizar un trabajo fotogramétrico los arqueólogos e investigadores pueden reconstruir un contexto arqueológico específico, lo cual brinda la opción de estudiar este a pesar de que el sitio excavado sea destruido. Por tal razón, se propuso hacer una reconstrucción digital de un basurero prehispánico y el análisis posterior de este. Es así, como se hizo un acercamiento teórico a lo que se entiende por basurero y las implicaciones que este tiene para la investigación arqueológica.

3.3 Aproximación teórica al concepto de basurero

En la sociedad contemporánea las personas arrojan a los cestos de la basura todas aquellas cosas que no usan y que, por uno u otro motivo, han dejado de serles útiles. Los elementos descartados van a dar a un sitio de disposición final conocidos en algunos casos como rellenos sanitarios o basureros. Pero dichos productos antes de ser descartados fueron usados y previo a su utilización fueron intercambiados, procesados o cosechados y en algunos casos fabricados. Los procesos que viven los elementos, que cotidianamente son usados, son similares a los vivieron los restos de la cultura material encontrados en el registro arqueológico. Un claro ejemplo de lo anterior es el estudio que llevó a cabo Menacho (2001) quien, al investigar las trayectorias de vida de los artefactos cerámicos, aportó al entendimiento de dicha trayectoria. Según esta autora, el estudio de la historia de vida de los elementos materiales

“es de gran utilidad para ordenar, en un esquema témporo/espacial, lo que las personas hacen con sus bienes materiales y puede aplicarse a poblaciones humanas en diferentes situaciones culturales, históricas, sociales, económicas, etc. [La investigación] contempla la participación de artefactos en sistemas de conducta humana mediante etapas o procesos básicos” (Menacho, 2001, pág. 120)

La propuesta de Menacho se basó en el artículo *Archaeological Context and Systemic Context*, de Michael B. Schiffer (1972). En este Schiffer propuso un modelo de flujo para estudiar el contexto arqueológico a partir de los bienes durables y consumibles respectivamente. Lo que buscaba con este modelo era entender la vida útil de cualquier elemento. Según el modelo propuesto, hay elementos que se agotan o quedan inservibles, y que posteriormente serán reemplazados y descartados.

Mientras que uno puede visualizar fácilmente el flujo de cerámica, o alimentos, o incluso puntas de proyectiles, a través de un sistema cultural, todos los elementos, entran en un sistema, son modificados, descompuestos o combinados con otros elementos, usados y eventualmente descartados (Schiffer, 1972, pág. 157) [Traducción del autor]

El sistema para los bienes duraderos está dividido en cinco etapas: 1) adquisición, 2) fabricación, 3) uso, 4) mantenimiento, y 5) descarte. Por su parte, el modelo de flujo de bienes consumibles está basado en cuatro pasos, estos son: 1) adquisición, 2) preparación, 3) consumo, y 4) descarte. Los elementos que componen el registro arqueológico (cerámica, líticos, metales, material óseo, carbón, semillas, entre otros) son en su mayoría productos de descarte. Dichos productos son depositados en lugares específicos, conocidos generalmente en el ámbito arqueológico como basureros.

Según Schiffer (1990), los elementos son desechados cuando estos terminan su vida útil y no son reutilizados, estos luego de ser desechados se convierten en basura, es decir, tienen la doble particularidad de no participar en el sistema descrito y convertirse en los objetos de la investigación arqueológica. Para este autor, los elementos descartados pasan a formar parte del contexto arqueológico que “incluye todos los materiales que se encuentran en un sitio, se encuentren o no en lugares especializados de desecho y sea o no que se hayan desechado intencionalmente por los ocupantes pasados de un sitio” (Schiffer, 1990, págs. 85-86).

Con base en lo anterior, se conjetura que existen diversos tipos de basureros dentro del registro arqueológico, estos son: 1) los talleres de fabricación o industriales, en los cuales se encuentra material lítico o cerámico y en algunos casos textiles o metales, 2) los basureros de preparación y consumo; se evidencian en el registro arqueológico, porque en ellos se encuentran semillas, huesos y utensilios (cerámica y líticos), y 3) los basureros habitacionales, que son generados por

los desechos que se producen al interior de la casa o lugar de residencia. Allí, se pueden hallar todos los elementos que componen el registro arqueológico (Schiffer, 1972).

Capítulo 4 Trabajo arqueológico (Metodología)

En este capítulo se describen los métodos, técnicas y procedimientos que fueron empleados para lograr los objetivos propuestos por este proyecto. El mismo se inscribe (en concordancia con el objetivo general) dentro de la Antropología Procesual y la Antropología Experimental, las cuales permiten solucionar los problemas que surgen a la hora del registro arqueológico, y abren un campo de acción que no se ha explorado en Colombia.

El presente trabajo tiene la intención de implementar herramientas y técnicas informáticas o virtuales que permitan hacer un mejor análisis de los sitios arqueológicos en Colombia.

4.1 Investigación en arqueología el camino a seguir

El enfoque metodológico que sustenta el presente trabajo (tanto en la fase de campo como en la de laboratorio), es la Arqueología Procesual. Este enfoque sostiene que los restos de la cultura material tienen un alto potencial para investigar los aspectos sociales de las poblaciones prehispánicas (Renfrew & Bahn, 2007). Desde el PIDMO, se busca comprender el cambio social (explicar por qué y cómo ocurrió) en las poblaciones prehispánicas que habitaron esta zona del Caribe colombiano (Rojas, comunicación personal, 07 de febrero de 2019).

Para explicar los cambios a lo largo del tiempo en las sociedades estudiadas, los arqueólogos se apoyan en las muestras y utensilios que recuperan en el campo. La adquisición de las muestras y recolección de los restos de la cultura material se hacen siguiendo las técnicas tradicionales en arqueología (excavación, recolecciones en superficie, sondeos, análisis geomorfológicos, registro gráfico, registro de fichas y diarios de campo, entre otros). En este sentido Mora, Martínez, Roda, Roy y Vega., afirman que “el registro arqueológico constituye la base a partir de la cual se interpretan las sociedades del pasado” (2014, pág. 8).

Según Morales (s.f.), la prospección arqueológica engloba un conjunto de procesos técnicos que tienen una finalidad clara: obtener un volumen importante de información en una zona o región arqueológica determinadas. En el caso de los trabajos realizados en el sitio arqueológico San Pedro, se hizo trabajos de prospección tradicional con un carácter intensivo por el tamaño de la plataforma a prospectar. Para lograr dicha intensidad se realizaron cortes estratigráficos, pozos de sondeo, barrenos y recolecciones superficiales⁶. Para el caso específico de esta tesis, se hizo además un amplio registro fotográfico de un CE para su posterior análisis y restitución fotogramétrica.

Posterior a la temporada de campo se efectuó la clasificación, marcado y análisis del material arqueológico recuperado. Además, se sistematizaron los diarios de campo, las fichas de registro y los dibujos a mano alzada de los perfiles y de la distribución de material. En esta etapa del trabajo se hizo la restitución fotogrametría de un CE en el poblado prehispánico San Pedro. Para llevar a cabo dicha labor, los trabajos y análisis se basaron en la AE, la cual permite conocer a través del hacer y la innovación, y así esclarecer o solucionar los interrogantes que se suscitan en el quehacer arqueológico.

A continuación, se esquematiza el proceso de investigación y las distintas fases que se realizaron en la temporada de campo 2018 del PIDMO. Posteriormente, se abordará las distintas fases metodológicas del trabajo fotogramétrico realizado para el análisis del basurero prehispánico excavado.

⁶ Es necesario aclarar que la metodología de prospección, excavación y análisis del material cultural recuperado son parte fundamental del diseño de investigación creado por arqueólogo y docente de la Universidad de Antioquia Sneider Hernán Rojas Mora para el PIDMO. Programa de investigación titulado *Distribución de Asentamientos prehispánicos en el sector oriental del Poblado Arqueológico San Pedro (Depresión Momposina)*, el cual cuenta con autorización de intervención arqueológica **No. 6470 (AIA 6470 – ICANH)** otorgada por el Instituto Colombiano de Antropología e Historia el arqueólogo y docente Sneider Roja.

4.1.1 Fase de campo temporada 2.018.

La fase de campo para el Programa de Investigación “*Distribución de Asentamientos prehispánicos en el sector oriental del Poblado Arqueológico San Pedro (Depresión Momposina)*”, se realizó entre el 22 de marzo y el 03 de abril de 2018. En la Figura 4.1 y Figura 4.2, las actividades de prospección y excavación se llevaron a cabo en el poblado prehispánico San Pedro, ubicado en la finca Tuloviste, corregimiento la Sierpe, municipio de San Benito Abad, Sucre.

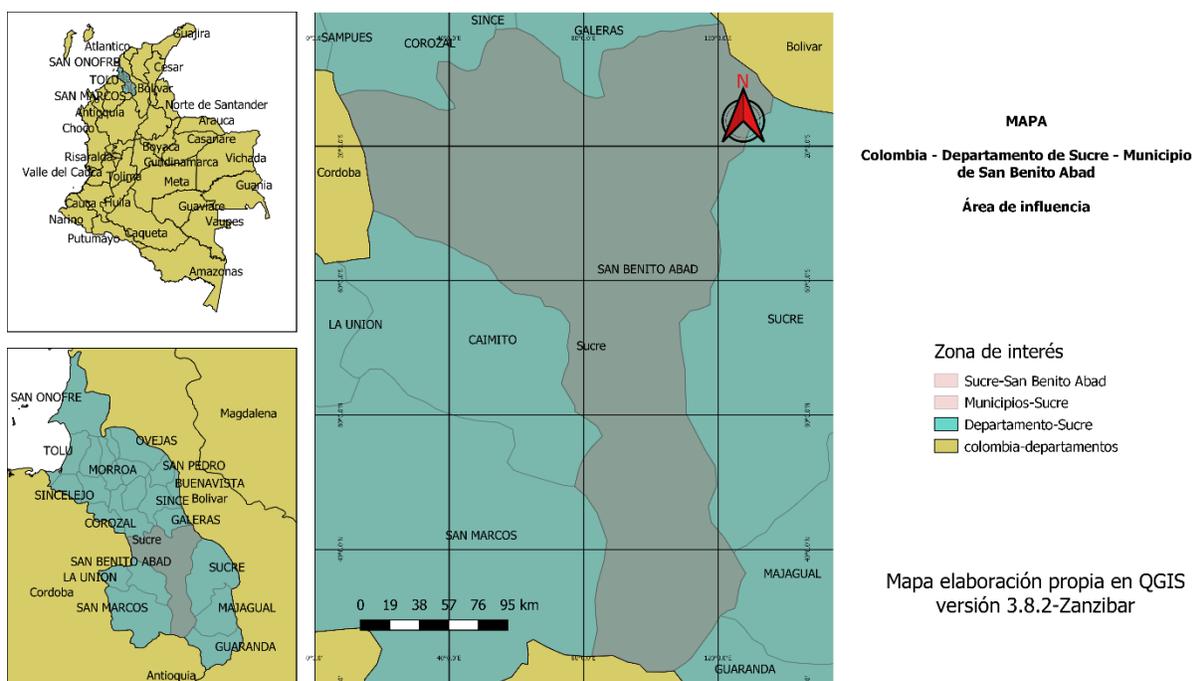
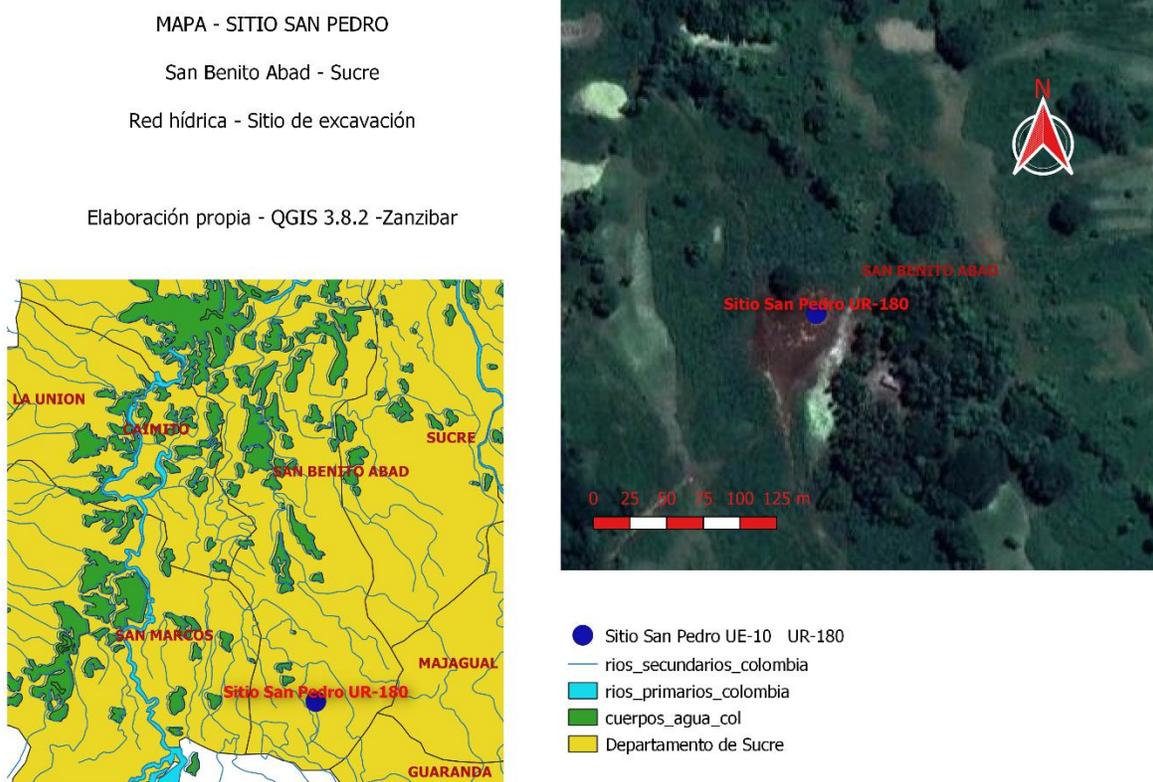


Figura 4.1 Zona de interés arqueológico



*Figura 4.2 Mapa red hídrica y sitio San Pedro
 Ortofoto: tomada de Google Earth*

En campo se excavó usando herramientas tales como: baldes, bolsas plásticas con cierre hermético, brochas, flexómetro, paladragas, palines, palustres, papel aluminio, entre otros. También se recolectó y registró información en las distintas áreas de trabajo. Para el registro se usaron variados instrumentos (diarios de campo, fichas de registro, hojas de block milimetrado y fotografía digitales). La excavación se hizo en una UE, que para el programa corresponde a una Unidad Espacial delimitada inicialmente de manera geomorfológica y posteriormente de manera antrópica. La identificación de la UE se hizo tomando en cuenta los trabajos realizados en el sitio en las temporadas 2014 y 2017, de tal manera que se continuó con el consecutivo (UE-10) al que se llegó en ese momento. (Rojas, comunicación personal, 24 de marzo de 2018). Así pues, una

vez definida la UE que se intervino, se procedió con la asignación de la UR, que para este proyecto puede corresponder a un pozo de sondeo, barreno, recolección superficial, limpieza de perfil, prueba de pala, CE, entre otros. Igual que en la UE, se asignó una nomenclatura que continuara el orden de la temporada anterior (Rojas, comunicación personal, 24 de marzo de 2018).

En la UE-10, se hicieron cinco CE, cuatro de dos metros largo por uno de ancho (2 x 1 m), identificados con los consecutivos 180 (corte ubicado en la pendiente norte de la UE), 181 (ubicado al este de la plataforma intervenida) 182, 183 (ubicados las laderas sur y oeste respectivamente de la UE), en lo que se consideró el centro de la plataforma artificial se excavo un corte de dos por dos metros (2 x 2 m), identificado con el consecutivo 184. Cada una de las UR-180, 181, 182, 183 y 184 estaban dividida en cuadrículas de un metro cuadrado. Dichas cuadrículas se nombraron como 1 y 2 para las UR de 2 x 1 metros, en la UR-184 se trabajó en cuatro cuadrículas (1, 2, 3 y 4). La excavación y recuperación del material cultural en cada una de las UR se hizo bajando por niveles arbitrarios de 10 centímetros. Igualmente, se realizaron pozos de sondeo de 50 x 50 cm, los que se excavaron por niveles arbitrarios de 10 centímetros. Además, en la UE-10 del poblado prehispánico San Pedro se hicieron pruebas de barreno identificados con un número consecutivo o UR específico para cada prueba. La profundidad de los CE, los pozos de sondeo y las pruebas de barreno, es variable de acuerdo con la presencia-ausencia de material arqueológico.

Como se puede observar en la Figura 4.3, el 22 de abril, se iniciaron los trabajos de excavación; se trazó la cuadrícula de la UR-180 (de 2x1 metros), y además, se levantó la microtopografía de todos los perfiles, incluyendo el centro del CE (ver Anexo 1). Antes de

iniciar los trabajos de excavación se socializaron las convenciones que se usarían en el registro del material cultural recuperado durante este periodo (ver Tabla 4.1).



Figura 4.3 Cuadrículas de la UR-180, Sitio San Pedro, Costado norte de la plataforma
Fotografías: Mauricio Roldán Llano

Tabla 4.1 Convenciones usadas para el registro del material cultural

CONVENCIONES PIDMO	SIGNIFICADO CONVENCIONES	CONVENCIONES "SURFER"
○	Cerámica	+
△	Lítico	◇
X	Restos óseos	■
●	Semillas	○
*	Carbón	△
□	Otros	★
⊙	Arcilla cocida	⊕
	Cerámica/Carbón	⊕

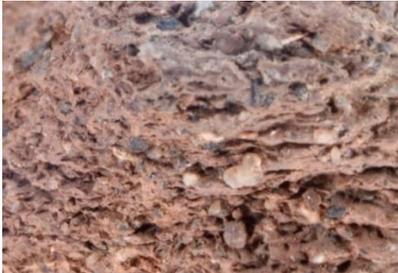
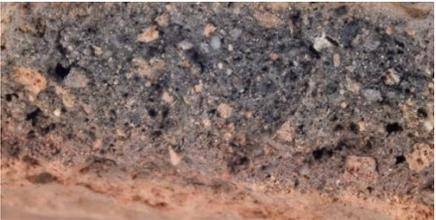
Fuente: elaboración propia

4.1.2 Fase de laboratorio temporada 2018.

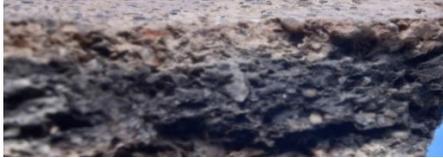
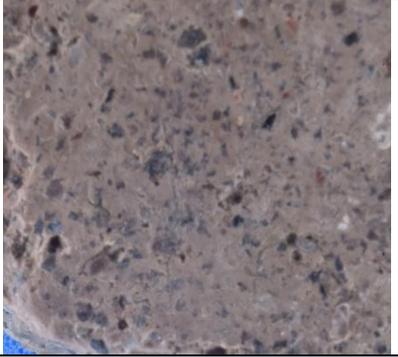
Los materiales recolectados en campo fueron procesados en el laboratorio, pasando por distintas fases: inicialmente se lavó y se puso a secar todo el material cerámico que fue recuperado en la temporada de campo 2018. Posteriormente, se clasificó la cerámica de acuerdo con los criterios definidos por la arqueóloga Mónica Marín y el profesor Sneider Rojas Mora para el PIDMO. Los grupos cerámicos y sus respectivas características de clasificación se pueden consultar en la Tabla 4.2. Finalmente, el material cerámico fue rotulado con un código que individualiza cada pieza recuperada (dicho código es alfanumérico y consecutivo) y se ingresó a una base de datos creada para registrar las características particulares del material cultural recuperado.

Tabla 4.2 Caracterización y descripción cerámica del PIDMO

GRUPO	CONJUNTO	DESCRIPCIÓN	
1	GRANULOSO		
		<i>PASTA</i>	<i>SUPERFICIE</i>
			
		<i>SUPERFICIE</i>	<i>PASTA</i>
Arcilla con contenido de hierro. Cuarzo lechoso (abundante) y cristalino (escasos) angular y a subangular. Feldespato félsico angular y subangular (la muestra cuenta con máficos, en menor proporción). Micas biotita (escasas)			

GRUPO	CONJUNTO	DESCRIPCIÓN	
2	GRANULOSO		
		<i>PASTA</i>	
			
		<i>SUPERFICIE</i>	
Arcilla con contenido de hierro. Cuarzo lechoso (escaso) y cristalino (abundante y de tamaño pequeño) de forma angular y subangular. Feldespato máfico (principalmente) y félsicos. Micas biotitas. Abundante óxido de hierro.			
3	GRANULOSO		
		<i>PASTA</i>	<i>SUPERFICIE</i>
		Arcilla con contenido de hierro. Contiene cuarzo lechoso (abundante) y cristalino (escasos), las formas son angulares y subangulares. Feldespato angular a redondeado. Mica moscovita y biotita redondeada. Escaso óxido de hierro.	
6A	ARCILLOSO		
		<i>PASTA</i>	<i>SUPERFICIE</i>
		Arcilla de tipo caolinita (Cuarzo escaso a no visible), presencia de cuarzo con muy escaso feldespato y mica, no visible a simple vista.	

GRUPO	CONJUNTO	DESCRIPCIÓN	
6B	ARCILLOSO		
		<i>PASTA</i>	<i>SUPERFICIE</i>
		Arcilla caolinita con cantidad media de cuarzo, presencia de óxido de hierro, contiene feldespato en muy baja proporción.	
7A	ARCILLOSO		
		<i>PASTA</i>	<i>SUPERFICIE</i>
		Gran cantidad de óxido de hierro, abundante cuarzo y feldespato de gran tamaño.	
7B	ARCILLOSO		
		<i>PASTA</i>	<i>SUPERFICIE</i>
		Tiesto no visible. Cuarzo y feldespato en menor cantidad, pero hay más presencia del primero. Es posible que contenga desgrasante de tiesto.	
9	ARCILLOSO		
		<i>PASTA</i>	<i>SUPERFICIE</i>
		Textura de "talco". Contiene cuarzo, mica y feldespato de tamaño muy pequeño, visible plenamente a 45X (por estereoscopio).	

GRUPO	CONJUNTO	DESCRIPCIÓN	
9B	ARCILLOSO		
		<i>PASTA</i>	<i>SUPERFICIE</i>
			
		<i>SUPERFICIE</i>	<i>PASTA</i>
Material organizado con desgrasante de tiesto. Material muy fino y compacto			
10	GRANULOSO		
		<i>PASTA</i>	<i>SUPERFICIE</i>
		Desgrasante “fino” (no tanto como el grupo 9), contiene cuarzo feldespato y mica. Superficies alisadas.	
10B	GRANULOSO		
		<i>PASTA</i>	<i>SUPERFICIE</i>
		Desgrasante de cuarzo, feldespato y mica con estructura compacta (es posible que contenga fragmentos de tiesto). Grano fino, con mica grandes y poco desgrasante en comparación con el diez.	

Fuente: Mónica Marín, arqueóloga, docente e investigadora del PIDMO

Fotos: Mauricio Roldán Llano

4.2 Fase de campo y captura fotográfica⁷

La información que se tomó para este trabajo corresponde a la obtenida de la UR-180, en la cual se dibujó a mano alzada la microtopografía o nivel cero del CE en papel planímetro, también conocido como milimetrado. Dichos dibujos fueron digitalizados (escaneados) y luego vectorizados con se observa en el ver Anexo 1. En la microtopografía se registraron los cuatro perfiles y el centro del CE a partir de un *punto 0* definido previamente (el punto de referencia para todas las UR trabajadas en la UE-10 se ubicó en la parte superior de la plataforma a un lado del UR-184).

La información recabada se registró en las fichas diseñadas para tal fin por el proyecto y en los diarios de campo. Las fichas, contenían espacios para registrar información como: descripción general del horizonte (textura, límite inferior, estructura, presencia de material arqueológico, entre otros), ubicación del material en cada cuadrícula (número del material, coordenadas X, Y, Z), registro gráfico (fotografías de los nivel y perfiles, espacialización del material recuperado, dibujo de material en planta y dibujo de perfiles).

Según Parcerro, Méndez y Blanco (1999), el dibujo de planta es la representación horizontal de la superficie de una única UR, y la forma más adecuada para hacer el dibujo arqueológico de una plana es trabajando en una escala 1:10 cm. Por consiguiente, es preciso aclarar que el registro del material en planta se hizo por cada nivel estratigráfico, dibujando en el papel

⁷La fase de campo que se describe hace parte del PIDMO, es decir, es un complemento de lo mencionado anteriormente en el trabajo de campo de la temporada 2018. Para este apartado se hace hincapié en los procedimientos desarrollados en la UR-180 de la cual se toma la información para la reconstrucción fotogramétrica.

milimetrado los objetos de la cultura material recuperados durante la excavación. Para el registro se tuvo en cuenta las convenciones establecidas para tal fin (ver Tabla 4.1) por el PIDMO, pero estas fueron modificadas. Posteriormente estos insumos fueron digitalizados y las coordenadas de cada objeto o material arqueológico se trasladaron a el programa “*Surfer*”⁸, que genera superficies tridimensionales a partir de varios puntos” (Sánchez, s.f.), lo que permite trabajar con datos geoespaciales y su fácil representación. En el

⁸ En su versión 13

Anexo 2, es posible observar la ubicación espacial de los restos de la cultura material graficados por la interfaz del Surfer. Como se observa en la Tabla 4.1, las convenciones usadas inicialmente para el PIDMO fueron modificadas al momento de trasladarlas al programa geoespacial.

De otro lado, inicialmente para la UR-180 se propuso una excavación en área, la cual se llevó a cabo en ambas cuadrículas. El registro y recolección de información, así como del material arqueológico, se hizo profundizando los niveles arbitrarios ya definidos. Por dificultades con tiempo de estadía en la zona, se modificó la metodología durante la fase de campo. Fue así, como luego del nivel 14 (140 cm de profundidad), se hizo un pozo de sondeo de 60 x 60 cm en el centro de la cuadrícula dos (2), excavando hasta el nivel 24 (240 cm). Finalmente, las cuadrículas 1 y 2 son exploradas con barrenos hasta llegar a una profundidad en la que no se halla material cultural en ninguna de las dos.

Finalizada la excavación en la UR-180 y hecho los registros correspondientes de los niveles estratigráficos, perfiles y material arqueológico recuperado. Se procedió a tomar una serie de fotografías que registraron detalladamente los cuatro perfiles del corte excavado y el suelo o planta. Lo anterior con el fin poner en práctica la técnica de FD y con ello hacer un modelo digital 3D del sitio intervenido.

La toma de imágenes se hizo el último día de estadía en el sitio excavado y estuvo condicionada por el método utilizado, los parámetros internos de la cámara digital (modo automático) y las condiciones atmosféricas (alta luminosidad causada por el sol) y logísticas del sitio (escasa cobertura vegetal). El registro se realizó con una cámara NIKON D3400, con lente 18–55mm. En total, se tomaron 1416 fotos, con el objetivo de obtener resultados de alta calidad, invirtiendo en total una hora en la toma fotográfica. Las fotos se tomaron en formato JPG con una calidad de 17 megabits. La dimensión de las fotografías fue de 6000 x 4000 píxeles (6000

pixeles de ancho por 4000 pixeles de alto) y una resolución de 300 ppp (puntos por pulgada), a una profundidad de 24 bits. Estas imágenes ocuparon 15.5 GB (gigabyte), en espacio de almacenamiento.

Capítulo 5 Resultados

5.1 Fase de laboratorio: restitución fotogramétrica

Una vez concluida la fase de laboratorio correspondiente al trabajo arqueológico, es decir, el lavado, la clasificación y el rotulado de los fragmentos cerámicos se procedió a realizar el modelo en tercera dimensión de la UR-180. Esta fase fotogramétrica del laboratorio se divide en tres partes: 1) organización del material fotográfico, 2) orientación interna de la cámara o proceso de calibración, y 3) levantamiento fotogramétrico y modelización tridimensional por medio de software especializado.

Teniendo presente la propuesta de Charquero (2016) (ver Tabla 3.4), inicialmente se eliminaron 38 fotografías que fueron tomadas a una distancia focal de 55mm, quedando así 1.378 fotos con distancia focal de 18mm. Posteriormente se eliminaron las fotos desenfocadas o borrosas con el fin de evitar errores en el proceso de molado⁹. El ejercicio de eliminar o filtrar las fotos permitió llegar a un total de 228 fotos seleccionadas como óptimas para realizar el proceso de restitución fotogramétrica. Dicho ejercicio se hizo en varias ocasiones dejando 535 fotos en el primer intento, 398 para el segundo, 333 en el tercer intento, quedando finalmente 228 fotografías consideradas con parámetros ideales para el ejercicio proyectado.

Tomando en cuenta el carácter experimental del proyecto se redujo el tamaño de las fotos (no obstante, se mantuvo la calidad de estas en 300 ppp), teniendo presente que dicha actividad podría generar errores en la restitución del modelo digital. En la Tabla 5.1 se pueden observar los cambios hechos a 535 fotos. En consecuencia, con los cambios generados se hizo que las

⁹ Antes de eliminar las fotografías se hizo una copia digital de la carpeta que las contenía de tal modo que no perdiera información importante para el proyecto.

imágenes pesaran menos y facilitar así su manipulación en los programas usados para la elaboración del modelo 3D.

Tabla 5.1 Propiedades de las fotografías (archivo original y modificado)

PROPIEDADES	ARCHIVO ORIGINAL	ARCHIVO MODIFICADO
Dimensiones	6000 x 4000	2500 x 1667
Ancho (en pixeles)	6000	2500
Alto (en pixeles)	4000	1667
Resolución horizontal (en ppp)	300	300
Resolución vertical (en ppp)	300	300
Profundidad en bits	24	24
Representación del color	sRGB	No calibrado

Fuente: Creación propia, información obtenida en los metadatos de los archivos

La organización del material fotográfico finalizó con la clasificación y encarpetado de las fotografías por cada uno de los perfiles, así como también, por fotos de planta (piso del CE) o si las fotos estaban relacionadas con el pozo de sondeo hecho en la cuadrícula dos (2).

En la segunda parte de la fase fotogramétrica, es decir, la orientación interna de la cámara los programas informáticos usados para elaborar el modelo 3D fueron, *PhotoModeler Premium*, *Agisoft Metashape Standar*, y *Autodesk ReCap Photo*. La orientación manual interna de la cámara sólo se realizó para el primero de los programas en cuestión¹⁰. Para tal fin se usó la rejilla de calibración del programa que se puede observar en la Figura 5.1. En el vídeo tutorial sobre calibración de la cámara de PhotoModeler (2010) se afirma que este proceso se requiere para obtener precisión en los proyectos ejecutados, además, resuelve los parámetros internos de la cámara.

Para realizar el proceso de calibración se debe buscar en el computador el archivo pdf con la cuadrícula o rejilla de calibración que están en las carpetas del software. Una vez impresa la

¹⁰ PhotoModeler Premium 2019.1.0.2438, evaluación (64-bit)

cuadrícula, se debe sujetar firmemente al piso para evitar deformaciones y errores de calibración. PhotoModeler (2010), recomienda tomar una serie de 12 fotografías a la rejilla. En las cuatro primeras la cámara debe estar en posición horizontal y cada foto se toma desde una cara diferente de la cuadrícula. Las restantes ocho imágenes se deben tomar girando la cámara 90 grados (cuatro tomas girando la cámara 90° a la derecha desde su posición inicial y luego las restantes cuatro rotando 90° a la izquierda partiendo de la posición horizontal o también viceversa).

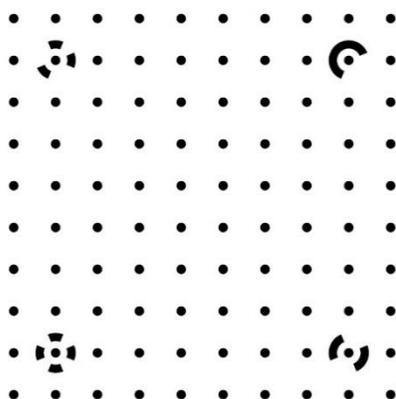
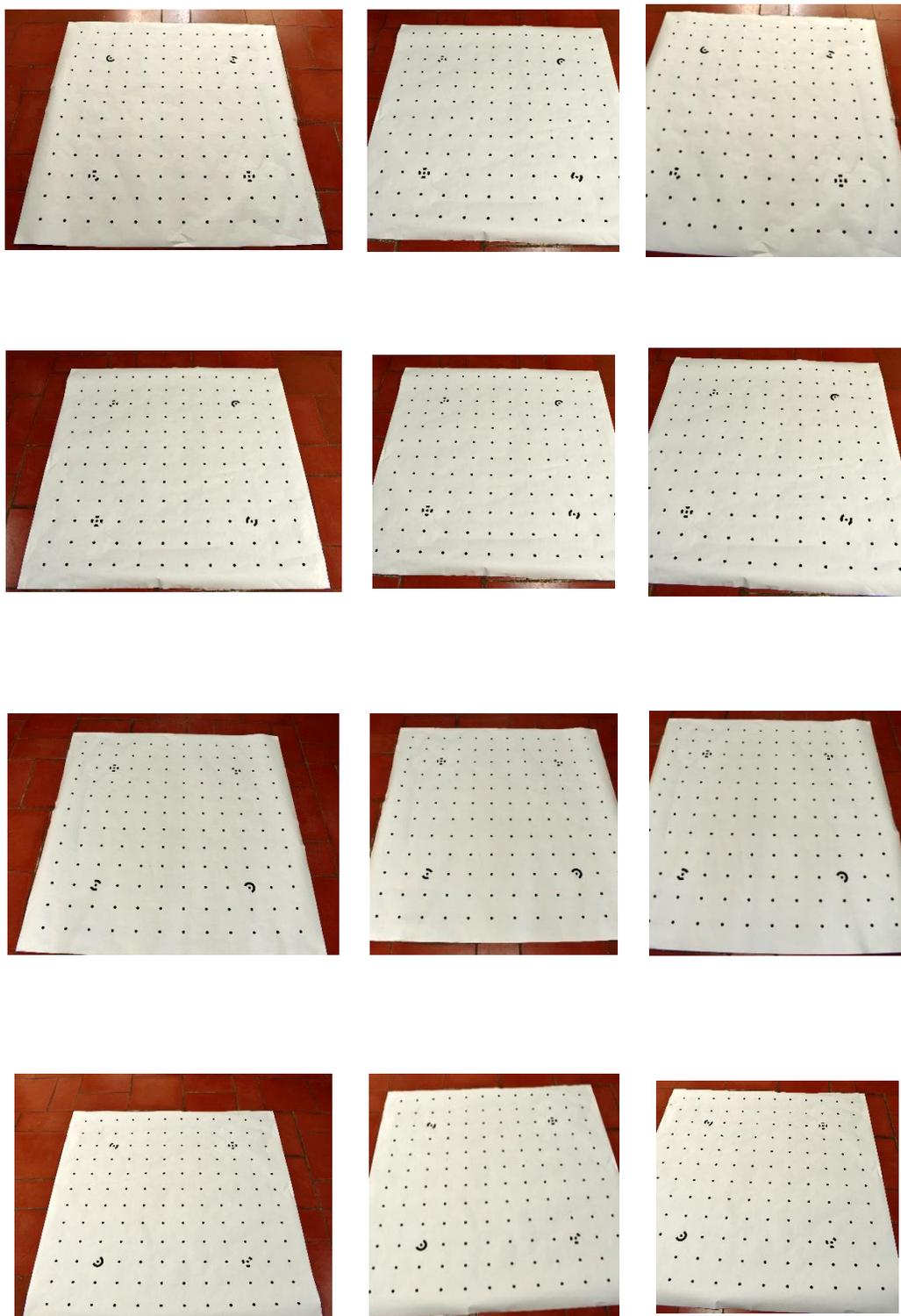


Figura 5.1 Rejilla de calibración PhotoModeler
 Archivo: *PhotoModeler Pro Calibraion Grid – Copyright 2003Eos Systems Inc*

PhotoModeler (2010) recomienda empotrar la cámara fotográfica en un trípode, con el fin de evitar movimientos y desenfoces en las fotografías. Luego de realizar la secuencia fotográfica, se procede a abrir el programa y ejecutar el proceso de calibración. Para este proyecto se calibró el lente 18-55mm en la distancia focal 18mm. Las fotografías tomadas para esta distancia focal se muestran en la Figura 5.2 y los resultados de la calibración en la Tabla 5.2.

La orientación de las imágenes en los programas informáticos de restitución y modelado 3D “Agisoft Metashape Standar y Autodesk ReCap Photo” fue realizada de forma automática por los parámetros internos de los paquetes informáticos.



*Figura 5.2 Calibración cámara digital Nikon D3400
Fotografías: Mauricio Roldán Llano*

Tabla 5.2 Calibración distancia focal 18mm por PhotoModeler

Cameras		
Camera1	NIKON D3400 (18.00)	
Calibration	Yes	
Number of photos using camera	12	
Average Photo Point Coverage	77%	
Point Marking Residuals		
Overall RMS:	0.730 pixels	
Maximum	3.422 pixels	Point 49 on Photo 9
Minimum	0.359 pixels	Point 90 on Photo 6
Maximum RMS	2.365 pixels	Point 73
Minimum RMS	0.231 pixels	Point 90
Point Precisions		
Overall RMS Vector Length	0.00019	
Maximum Vector Length	0.000237	Point 3
Minimum Vector Length	0.000182	Point 86
Maximum X	0.000106	
Maximum Z	0.00018	
Minimum X	7.74e-05	
Minimum Y	7.85e-05	
Minimum Z	0.000144	
Point Angles		
Maximum	65.72 degrees	Point 79
Minimum	56.13 degrees	Point 131
Average	61.85 degrees	

Fuente: datos tomados del informe de calibración generado por PhotoModeler

Finalizado el proceso de calibración, se inicia la tercera parte de la fase fotogramétrica en laboratorio, la cual corresponde a la restitución fotogramétrica. En esta parte, en los distintos programas usados para reconstruir el modelo 3D del CE se hicieron varios ensayos con diferente número de fotos. La Tabla 5.3 muestra el número de ensayos por programa y la cantidad de fotos usada para cada uno¹¹.

¹¹ El programa Autodesk ReCap Photo, sólo permite trabajar con un máximo de 100 fotografías, lo que limitó el ensayo a este número de imágenes.

Tabla 5.3 Cantidad de ensayos por programa y número de fotos usadas

PROGRAMA	# DE ENSAYO	# DE FOTOS USADAS	# DE FOTOS NO ORIENTADAS
<i>Metashape</i>	1	535	534
	2	183	183
	3	42	31
<i>PhotoModeler</i>	1	594	467
	2	398	380
<i>ReCap Photo</i>	1	100	No se tiene información de la cantidad de fotos orientadas
	2		
	3		
	4		
	5		
	6		
	7		

Fuente: elaboración propia

5.2 Modelado de imagen 3D

Para poder visualizar la estratigrafía del CE realizado en el sitio San Pedro de la Depresión Momposina se hicieron 12 ensayos de restitución fotogramétrica con tres diferentes programas. El objetivo de dichos ensayos no era calificar la capacidad y rendimiento de los programas informáticos usados; el fin de dicha actividad radicó en obtener un modelo 3D de buena calidad con el cual se pudieran visualizar elementos diagnósticos al interior del corte y de este modo facilitar la interpretación de este.

El primer programa en ser usado fue el *PhotoModeler*. En la Tabla 5.3 se observa la cantidad de ensayos realizados para obtener el modelo 3D, mientras que en las Figura 5.3 es posible ver los resultados de dicha actividad. En el primer ensayo se usaron 594 fotografías, de estas se orientaron 467, es decir, sólo 78,6% de las fotos usadas sirvieron para la restitución digital, el proceso de restitución se generó una nube de puntos baja (imagen A). Posteriormente se hizo

otro ensayo con un número menor de imágenes (398 fotografías). En esta actividad el 4,5% de las fotos no fueron orientadas y se obtuvo un total de 27.218.228 puntos de coincidencia para la nube de puntos, en consecuencia, se logró una nube de puntos densa y extremadamente pesada para ser arrastrada por el software.

A) Imagen ensayo # 1. Nube de puntos



B) Imagen ensayo # 2. Nube de puntos densa



Figura 5.3 Ensayos de restitución fotogramétrica realizados con PhotoModeler

ReCap Photo, es un software de la familia de programas Autodesk y se puede descargar junto con el programa de diseño AutoCad. El ReCap Photo permite montar a su plataforma un número máximo de 100 fotografías, estas son cargadas en los servidores de la empresa dueña de la licencia. Posteriormente cuando el modelo 3D está terminado se puede descargar en el computador del usuario final. Como se puede observar en la Figura 5.4, se obtuvieron modelos 3D de buena calidad, aunque en todos se observan espacios en blanco, lo anterior se debe a la ausencia de fotografías en dichos espacios o fotos no calibradas. El modelo 3D que menos

espacios presentó fue el número dos con apenas dos pequeños espacios vacíos en la pared este del CE.

A) Ensayo # 1



B) Ensayo # 2



C) Ensayo # 3



E) Ensayo # 4



F) Ensayo # 5



G) Ensayo # 6



H) Ensayo # 7

Figura 5.4 Ensayos de restitución fotogramétrica realizados con ReCap Photo

El tercer y último programa usado para hacer la restitución fotogramétrica del CE realizado en la UR-180 del sitio San Pedro, fue el *Metashape*. Con este software se hicieron tres ensayos. El primero, con el objetivo de restituir todo el corte, el segundo se hizo en busca de obtener una imagen de alta calidad del perfil oriental (Este) de la UR-180 y el tercero con miras a reconstruir el pozo de sondeo hecho en la cuadrícula dos del CE. Los resultados de estos ejercicios se pueden observar en la Figura 5.5.

A) Ensayo # 1. CE completo*B) Ensayo # 2. Perfil Oriental*

C) Ensayo # 3. Planta nivel 14 y pozo en C2



Figura 5.5 Ensayos de restitución fotogramétrica realizados con Metashape

En el ensayo # 1, realizado con el Metashape, se usaron 535 fotografías, de las cuales sólo el 0,1% ($n = 1$) no fue orientada, lo que permitió generar una nube de puntos cercana los 450.000 puntos, es decir, para los parámetros del programa la orientación tuvo una precisión alta. Además, la precisión del modelo en su profundidad generó un mapa de calidad media. Para el ensayo # 2, llevado a cabo con el mismo software, se usaron 183 fotos. En este ejercicio todas las fotografías fueron orientadas por el programa, lo que permitió obtener una nube con 189.603 puntos, lo cual demuestra una alta precisión en los parámetros de orientación. Finalmente, en el ensayo # 3, se montaron 42 fotos al programa, de estas el 73,8% ($n = 31$) fueron alineadas en el proceso de orientación. Las 31 fotografías tomadas por el software en este ensayo generaron una nube con 44.216 puntos, lo que equivale a una precisión alta al momento de orientar cada una de las fotos usadas.

Finalizados los ensayos, se procedió evaluar los modelos 3D generados por los programas y poder así establecer cuál de ellos era el indicado para ser usado en la etapa de análisis del

proyecto. Por consiguiente, se tomó en cuenta la calidad de las restituciones, el peso de los modelos y la versatilidad para ser usados en el análisis. En cuanto a la calidad de los modelos, el ejercicio mostró que los ensayos realizados con el PhotoModeler eran los que ocupaban el primer puesto, seguidos por los modelos generados en el programa ReCap Photo y Metashape respectivamente. Los dos ensayos llevados a cabo con el software PhotoModeler se descartaron por ser muy pesados y lentos a la hora de procesar la información requerida. De otro lado, los siete ensayos hechos con ReCap Photo, aunque tenían una buena resolución (calidad en la imagen) y un peso adecuado para ser transportados, manejados y modificados en otros programas; se decidió no usarlos para el análisis por presentar espacios en blanco en el modelo restituido.

En conclusión, se tomó la decisión de trabajar con el modelo generado en el primer ensayo llevado a cabo con el software Metashape. Esta decisión se tomó porque el modelo, tenía una buena calidad en la imagen final, se reconstruyeron todos los perfiles del CE, incluyendo la planta o piso del nivel 14 y el pozo de sonde de la cuadrícula dos. Además, el peso final de corte restituido permitió su fácil transporte y modificación para fines analíticos. Como se puede observar en la Figura 5.6, este fue modificado y únicamente se dejó la vista oriental del corte incluyendo el pozo. Una vez definido qué modelo se iba a usar, se exportó el modelo fotogramétrico en diversos archivos (3dm, 3ds, dxf, fbx, igs, las, ma, ms, pdf, png, obj, pts, stl, wrl, mtl, jpeg, tiff, entre otros) para ser procesado en programas de edición 3D, fotográfica, vectorial o en programas tipo SIG.



*Figura 5.6 Imagen modelo para trabajo con vectores y análisis de la UR-180
Ensayo # 1 Metashape, modificado (vista perfil)*

5.3 Distribución del material arqueológico

Como se mencionó anteriormente (ver Capítulo 4, título 2), el registro del material arqueológico recuperado en la UR-180 del sitio San Pedro, se hizo inicialmente de forma manual (fichas de campo y registro planímetro a mano alzada), tomando las coordenadas X (ancho), Y (largo) de cada elemento al interior del CE, mientras que las coordenadas Z (altura) se tomó de la profundidad del nivel estratigráfico en el que encontraron los restos de la cultura material.

Durante la excavación del CE no se halló material cultural en los niveles seis y siete, por lo cual en las imágenes que se pueden apreciar en el Anexo 2 no se encuentra ningún registro para dichos niveles. Igual sucede con el material cultural recuperado en el pozo de sondeo hecho en la cuadrícula dos, es decir, todos los elementos arqueológicos que se excavaron y recuperaron en él no fueron registrados en las fichas destinadas para tal fin, así como tampoco en los dibujos

planímetros. Por consiguiente, dicho elementos no aparecen en este apartado¹². En cuanto al material registrado en los niveles estratigráficos se encontró que la cerámica es el elemento más representativo con un 81,5% de total de los restos la cultura material recuperados. Le sigue el carbón con un 13,8% del total de la muestra recuperada en los niveles estratigráficos (Figura 5.7; **Error! No se encuentra el origen de la referencia.** y Tabla 5.4).

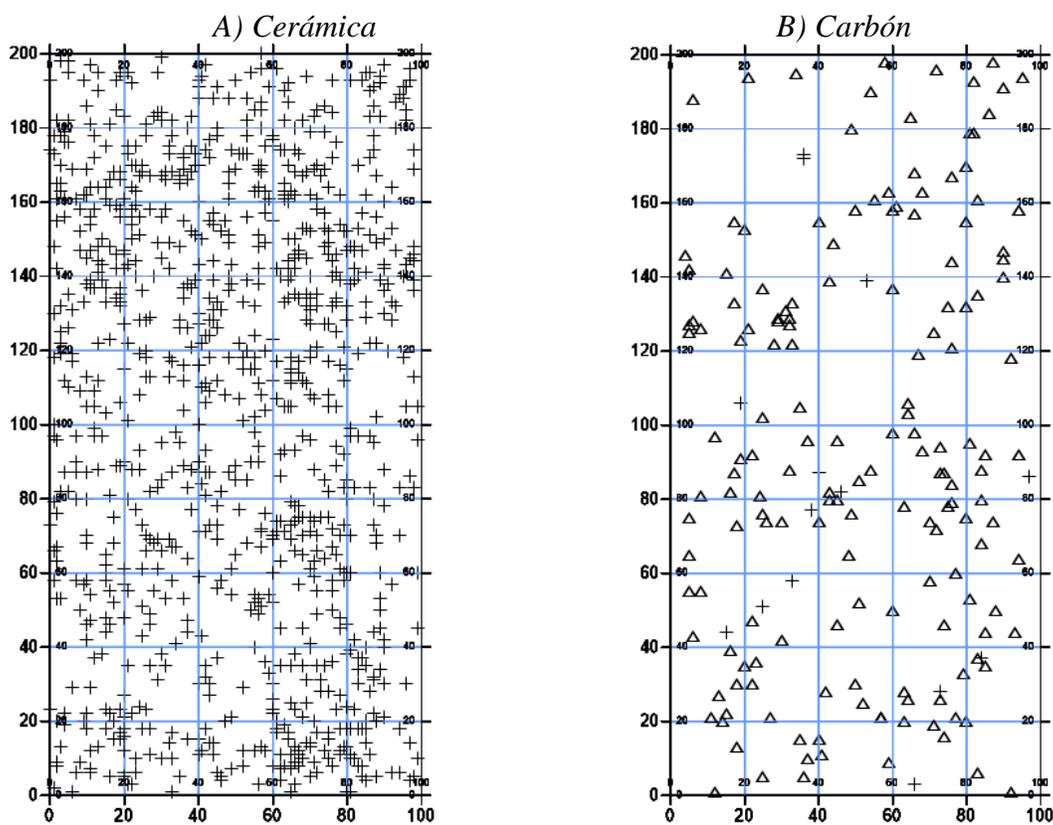


Figura 5.7 Distribución material cultural (cerámica y carbón)

De los 12 niveles en los que se encontró elementos arqueológicos, la cerámica tiene presencia en todos ellos, siendo el 14 y 13, respectivamente, los que mayor cantidad de material aportaron a la muestra (45,4% para este elemento) recuperada en los niveles. De otro lado, las trazas de

¹² El título tres del capítulo seis se hace un análisis de todo el material recuperado en la excavación, incluyendo los elementos procedentes del pozo de sondeo.

carbón se recuperaron entre los niveles dos y catorce, siendo el nivel 11 el de mayor representatividad para la muestra con un 26,7% del total.

Como se puede observar en la Tabla 5.4, el tercer elemento arqueológico con mayor representatividad en la muestra recolectada en la UR-180 es la arcilla cocida con un 3,3% del total de los elementos recuperados. Este indicador de actividad material se encontró en los seis últimos niveles del CE y se halló en mayor abundancia en el nivel 11 con un total de 11 elementos, es decir, el 25% del total de la muestra (Figura 5.8 A)

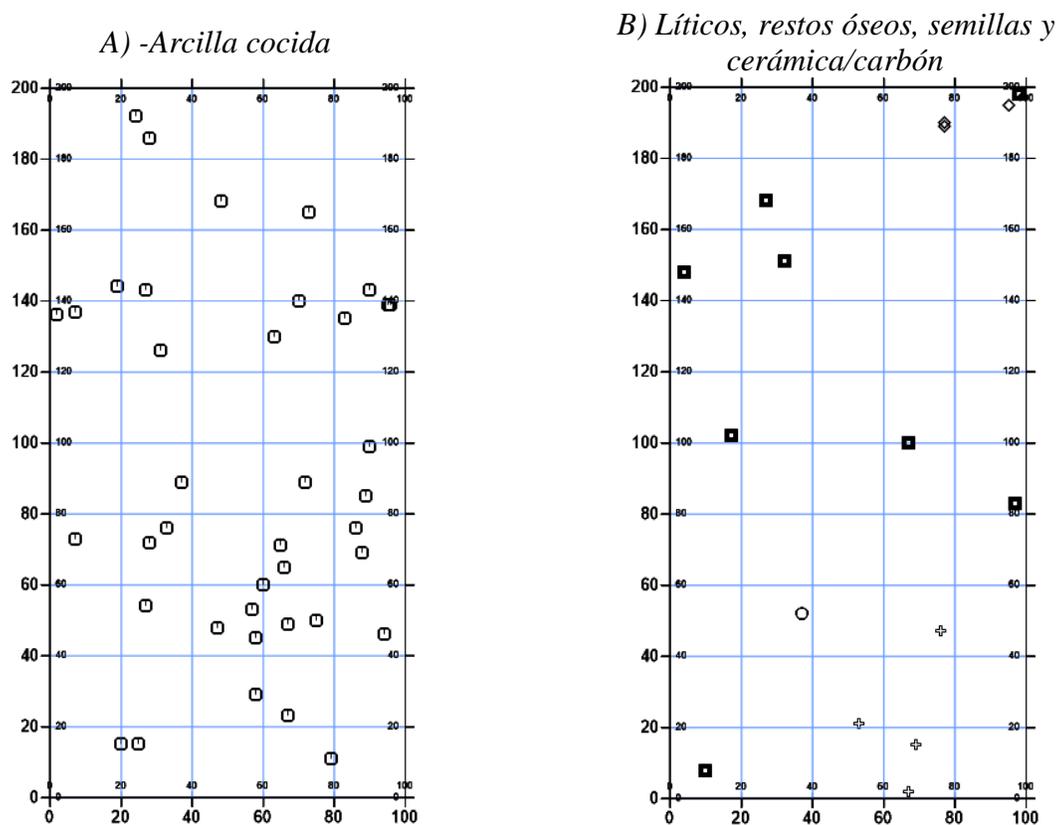


Figura 5.8 Distribución material cultural (arcilla cocida-líticos, restos óseos, semillas, cerámica/carbón y otros)

La Figura 5.8 B, se representa lo elementos de la cultura material con menor representatividad en la muestra, estos son: 1) restos óseos, con ocho elementos, 2) concentraciones de cerámica

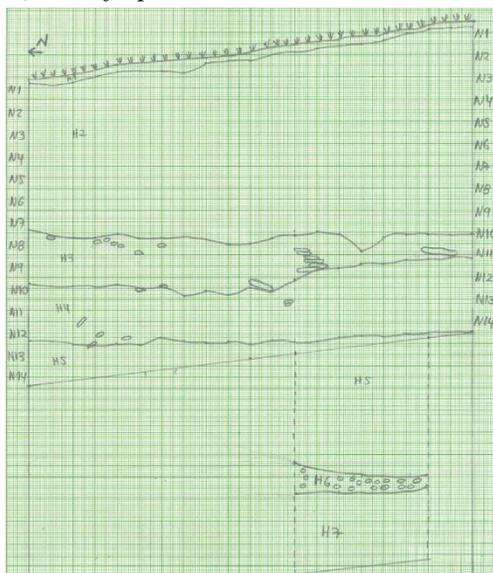
con carbón, con un total de 4 elementos, 3) líticos, con tres unidades, 4) semillas (macrorestos botánicos), tiene un representante en la muestra del CE, y 5) otros. En el Anexo 2, en la imagen M, es posible observar la distribución de todo el material arqueológico recuperado en los 14 niveles desde una vista cenital.

5.4 Análisis distribución espacial del material arqueológico

5.4.1 Vectorización y descripción del CE

Para poder comprender de forma adecuada cómo se encontró la distribución de los elementos de la cultura material en la UR-180, se hizo necesario vectorizar el perfil estratigráfico del sitio excavado. En primer lugar, se trazaron los vectores del dibujo planimétrico realizado en el perfil oriental del CE. En segundo lugar, se vectorizó el modelo 3D seleccionado para tal fin; **Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, lo anterior se realizó con el objetivo de tener una imagen exacta del sitio intervenido y evitar así la interpretación del dibujante. La Figura 5.9 ilustra los procesos de vectorización y dibujo del modelo planimétrico y el orto mosaico.

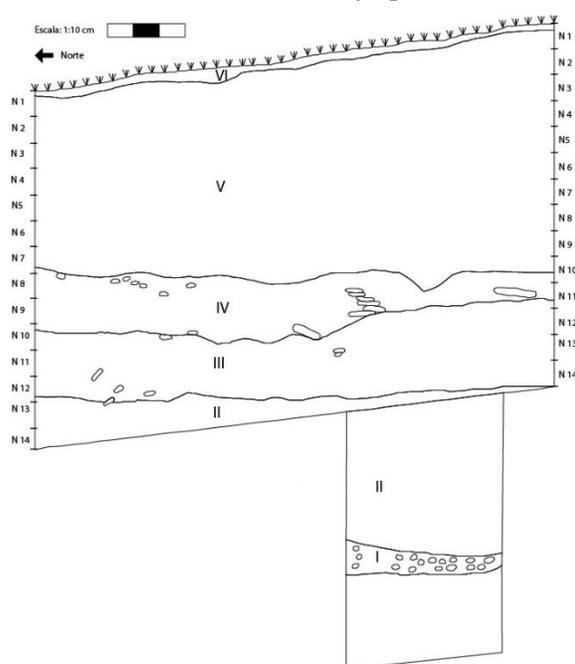
A) Dibujo planimétrico a mano alzada



B) Orto mosaico del perfil oriental



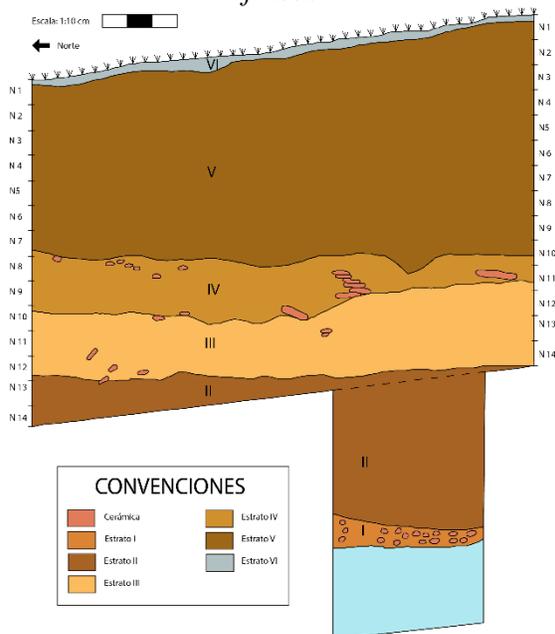
C) Vectorización del dibujo planimétrico



D) Vectorización del orto mosaico



D) Dibujo vectorial planimétrico-colores falsos



E) Dibujo vectorial orto mosaico-colores falsos

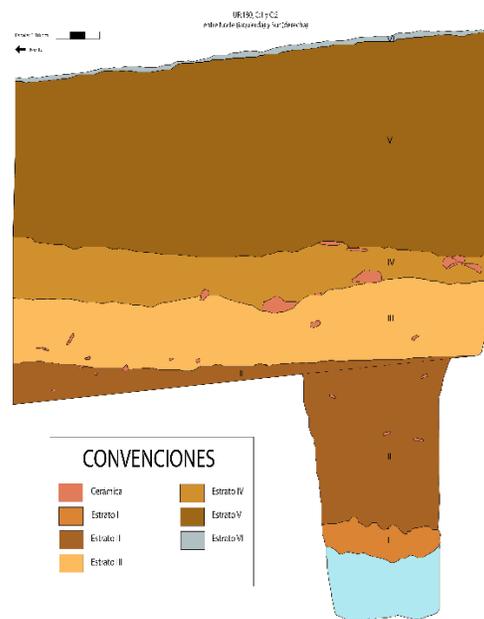


Figura 5.9 Perfil oriental CE, UR-180, estratos arqueológicos-imagen planimétrica

Como se pudo observar, en las imágenes se presentan similitudes, por ejemplo, el número de estratos arqueológicos, la presencia – ausencia de material cultural (cerámica) incrustado en el

perfil o el pozo de sondeo realizado en la cuadrícula dos del CE. Las diferencias radican, que en el dibujo realizado sobre el modelo 3D no hay cerámica en el estrato I, caso contrario sucede en el dibujo planímetro, en donde la dibujante agregó fragmentos de cerámica para representar la alta cantidad de este material hallado en este estrato. La otra gran diferencia que se pudo observar es el trazado de líneas rectas en el dibujo planímetro (la persona encargada de realizar el dibujo asumió que todas las medidas eran las mismas y que no había ninguna variación, cosa que no sucede en el dibujo realizado sobre el modelo restituido).

Con ambas imágenes (planimétrica y orto mosaico) se pudo observar que en la UR-180 se registraron seis estratos arqueológicos. El primero y el sexto son los de menor espesor, mientras que los que tienen un mayor volumen son los estratos dos y cinco. Por su parte los estratos centrales, es decir, el tres y cuatro tienen una distribución espacial más pareja. Además, las imágenes revelaron que los estratos cinco y seis estaban en dirección a la pendiente de la plataforma, mientras los restantes presentan una dirección contraria (sentido norte-sur).

Para comprender la estratigrafía del corte y el comportamiento del material hallado en este, se recurrió al uso de las ambas formas de registro gráfico y al diario de campo. Es así como se llegaron a los siguientes resultados. Lo anterior indica que los dos primeros estratos excavados son las adecuaciones más recientes realizadas en la plataforma y que con las adecuaciones antrópicas y la remoción de tierras se cambió el diseño de esta.

5.4.2 Análisis material cultural

De los 1197 elementos de la cultura material recuperados en los 14 niveles de la UR-180 del sitio San Pedro, se pudo observar que: la cerámica es el elemento más representativo (ver Tabla 5.4). Además, se estableció que el nivel estratigráfico en el cual se excavaron más elementos

arqueológicos fue el 12 (ver Tabla 5.5). De igual modo, la cuadrícula 2 del CE fue en la que se reportó mayor presencia de material cultura (ver Tabla 5.6).

Tabla 5.4 Material cultural (frecuencia y porcentaje)

Material cultural	Frecuencia	Porcentaje
<i>Cerámica</i>	976	81,5%
<i>Líticos</i>	3	0,3%
<i>Restos óseos</i>	8	0,7%
<i>Macro restos botánicos</i>	1	0,1%
<i>Carbón</i>	165	13,8%
<i>Arcilla cocida</i>	40	3,3%
<i>Cerámica/Carbón</i>	4	0,3%
Total	1197	100,0%

Fuente: elaboración propia

Tabla 5.5 Niveles estratigráficos (frecuencia y porcentaje del material arqueológico)

	Frecuencia material arqueológico	Porcentaje
1	15	1,3%
2	14	1,2%
3	38	3,2%
4	26	2,2%
5	10	0,8%
8	44	3,7%
9	158	13,2%
10	142	11,9%
11	133	11,1%
12	125	10,4%
13	205	17,1%
14	287	24,0%
Total	1197	100,0%

Fuente: elaboración propia

Tabla 5.6 Cuadrícula de excavación (frecuencia y porcentaje del material arqueológico)

Cuadrícula excavación	Frecuencia	Porcentaje
<i>Cuadrícula # 1</i>	568	47,5%
<i>Cuadrícula # 2</i>	629	52,5%
Total	1197	100,0%

Fuente: elaboración propia

Como se pudo observar, la cuadrícula dos del CE fue el sector de donde más material arqueológico se recuperó, pero si se tiene en cuenta los ocho primeros niveles (incluyendo el seis y siete, y el ocho por no haber restos de la cultura material en la cuadrícula dos), el porcentaje cambia a favor de la cuadrícula uno. En total para estos niveles se excavaron 147 elementos, de los cuales, el 57,8% se recuperaron en la primera cuadrícula. Caso contrario ocurre entre los niveles 9 a 14, en estos la tendencia del CE se mantiene, es decir, de los 597 elementos arqueológicos que se hallaron en los seis niveles (9, 10, 11, 12, 13 y 14), el con una 56,8% se ubicaron en la cuadrícula dos.

De otro lado, los tres líticos recuperados en el CE se hallaron en la cuadrícula dos, dos en el nivel cuatro y uno entre los 130 y 140 cm, es decir, en el nivel 14. Por su parte, la arcilla cocida se halló con más representatividad en la cuadrícula uno (60%), y con mayor frecuencia en el nivel 11. Además, en el nivel 1 de la cuadrícula uno, se excavo un macro resto botánico. Así mismo, en nivel 8 de la cuadrícula uno, se recuperaron cuatro fragmentos cerámicos acompañados de carbón.

El 56,4% (n = 96) de las trazas de carbón encontradas durante la excavación se recuperaron en la cuadrícula uno, siendo los niveles 9, 10 y 11 los que mayor frecuencia reportaron con 18, 13 y 29 trazas respectivamente. En lo referente a los restos óseos el 100% (n = 5) se hallaron en la cuadrícula dos del nivel 14. El porcentaje de trazas de carbón y restos óseos puede ser mayor debido a que en el pozo de sondeo realizado en la cuadrícula dos (Figura 5.10 y Figura 5.11), se recuperó este tipo de material junto fragmentos cerámicos, pero al no ser espacializados no se tiene registro de la cantidad total de estos dos elementos¹³. Caso contrario sucede con la

¹³ Los restos óseos de la UR-180 se encuentra en proceso de lavado, clasifica y análisis por parte de personal vinculado al PIDMO y que se especializan en el tema. Las trazas de carbón fueron guardadas y esperan por análisis especializados.

cerámica. Este tipo de elemento por ser un material que permite caracterizar el sitio de forma más rápida; fue lavado, rotulado, clasificado e ingresado a la base de datos del PIDMO.

A) Nivel 20 pozo de sondeo, concentración de cerámica, carbón y restos óseos.



B) Nivel 21 pozo de sondeo, concentración cerámica y restos óseos.



*Figura 5.10 Pozo de sondeo cuadrícula dos. Concentraciones de material arqueológico
Fotografías: Mauricio Roldán Llano*



*Figura 5.11 Restos óseos pozo de sondeo, cuadrícula dos, UR-180
Posibles restos óseos de tortuga adheridos a fragmentos de cerámica
Fotografías: Mauricio Roldán Llano*

Según la base de datos establecida para registrar la cerámica proveniente de la zona de Depresión Momposina, en la UR-180 del sitio San Pedro se recuperaron en total 1.925

fragmentos. La cerámica recuperada en las dos cuadrículas y el pozo de sondeo del CE se clasificó en los grupos establecidos para el PIDMO (ver Tabla 4.2).

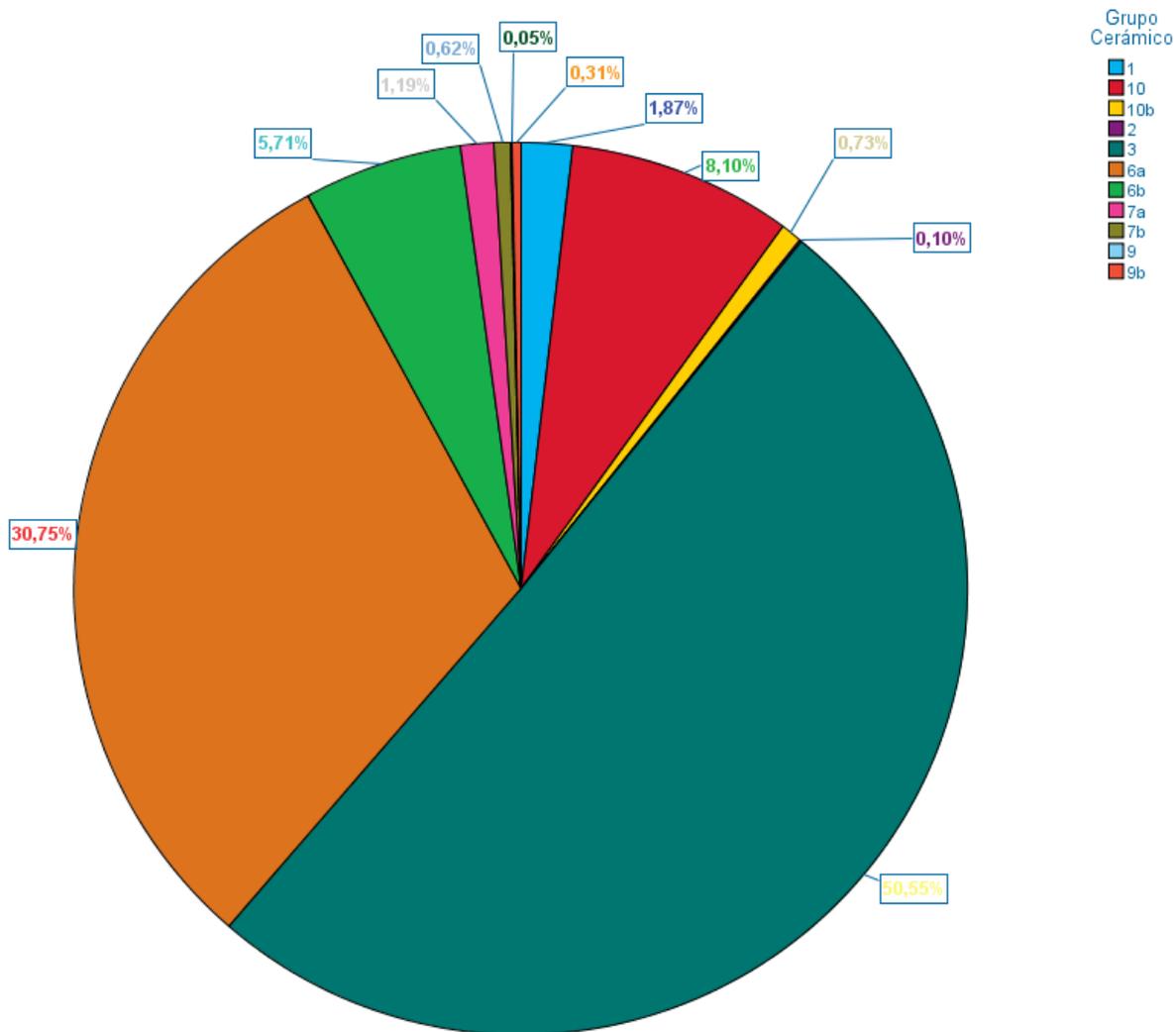


Figura 5.12 Porcentaje de fragmentos en grupo cerámico

Como se observa en la Figura 5.12, el grupo 3 es el que mayor porcentaje de material contiene con un 50,5% ($n = 973$). Le siguen en su orden el 6a y el 10 con una representación de 30,8% y 8,1% respectivamente. Los grupos cerámicos que menor representatividad tienen en la

muestra son el 2 y el 9 con apenas un 0,1% del total cada uno. Lo anterior quiere decir, que para el grupo 2 sólo hay dos fragmentos cerámicos reportados y para el grupo 9 apenas un fragmento.

A todos los fragmentos se les midió el espesor con un calibrador o pie de rey, según estas medidas, el espesor promedio está en 5,7 mm, siendo el mínimo un milímetro y el máximo registrado 24 mm. En esta medida sobresalen las piezas con 5 mm de espesor con un 28,7% del total, le sigue los fragmentos con un espesor igual a seis milímetros con el 25,3% (n = 488) de la muestra. El tercer espesor con mayor representatividad es el de 4 mm con un 18,1% (n = 348), luego le siguen en su orden 7 mm (11,3%) y 8 mm (5,4%). Las piezas con mayor espesor están en 24 mm (0,1%) y 23 mm (0,1%) De otro lado, los espesores delgados están representados en la muestra por grosores de 1, 2 y 3 mm; la representatividad de estos es de 0,2%, 0,5% y 3,9% respectivamente. Si se subdivide la muestra en piezas delgadas (0 a 4 mm), medias (5 a 8 mm) y gruesas (9 mm en adelante), se puede inferir que los creadores de la cerámica recuperada optaron por elaborar piezas de tamaño medio en mayor proporción (70,7%), seguidas de las piezas delgadas con un 22,7% (n = 432) y finalmente las piezas más gruesas.

Las piezas cerámicas de espesor grueso se clasificaron en siete grupos (1, 3, 6a, 6b, 7a, 7b y 10), de estos el que más frecuencia presenta es el 6a con 66 fragmentos. La cerámica hallada en la UR-180 y que tiene un espesor medio, está representada en los 11 grupos creados para las investigaciones del PIDMO, de estos, la mayor cantidad de fragmentos clasificados se encuentran en el grupo 3 con 606 pizas, le siguen el grupo 6a (468 fragmentos) y el 10 (97 fragmentos). Para el caso de la cerámica con espesor delgado está asociada a 10 grupos cerámicos, el grupo que no presenta ninguna representatividad para con este espesor de pasta es el 9, y el que mayor frecuencia de material cerámico presenta es el grupo 3 con 328 fragmentos clasificados.

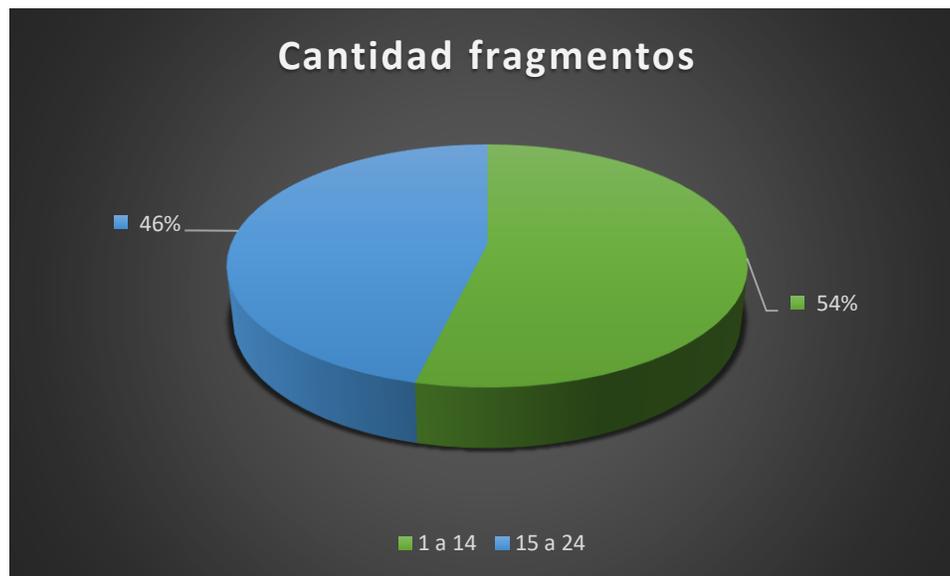


Figura 5.13 Cantidad de fragmentos cerámicos por nivel

En la intervención arqueológica realizada a la UR-180 se hicieron dos actividades bien definidas, la primera fue excavar en área un corte estratigráfico de 2 x 1 metros, la segunda actividad consistió en excavar un pozo de sondeo de 60 x 60 cm en la cuadrícula dos de esta unidad. Para el primer momento se profundizó hasta los 140 cm (nivel 14), mientras que para el segundo se profundizó hasta el nivel 24. Del total de los fragmentos cerámicos recuperados en la UR-180, el 54% de ellos se recuperó en el corte estratigráfico, mientras que el restante 46% de ellos fueron hallados en el pozo de sondeo (Figura 5.13). Es así como, el 31,5% se recuperó en la cuadrícula uno, el porcentaje restante, es decir, el 68,5% se halló en la cuadrícula dos, y de este último porcentaje, el 65,2% (n = 861) se excavaron en el pozo de sondeo.

En la Tabla 5.7, se anotó la cantidad de fragmentos cerámicos recuperados por nivel y la clasificación de estos en los grupos del PIDMO. El cruce de niveles estratigráficos con grupo cerámico permitió afirmar que para los niveles 1 y 3 el grupo con mayor frecuencia es el 6b con

63,6% para el nivel uno y el 34,3% en el nivel 3. Mientras que para los niveles 2 y 5, el grupo cerámico representativo es el 3, con un predominio de este grupo sobre los otros en un 66,7% y 60% respectivamente.

Tabla 5.7 Tabla cruzada de niveles por grupo cerámico

		Grupo Cerámico										
		1	2	3	6a	6b	7a	7b	9	9b	10	10b
Nivel	1	0	0	1	1	7	0	2	0	0	0	0
	2	0	0	6	3	0	0	0	0	0	0	0
	3	0	0	9	11	12	0	2	0	0	1	0
	4	0	0	1	8	6	0	0	0	0	2	0
	5	0	0	6	2	1	0	0	0	0	1	0
	8	0	0	19	83	11	9	0	0	0	2	1
	9	2	0	24	103	12	4	1	0	0	8	0
	10	0	0	11	46	0	2	0	0	1	3	1
	11	0	0	16	48	0	0	2	0	0	1	0
	12	1	0	19	52	0	2	0	0	0	11	0
	13	0	0	103	70	4	0	0	0	1	14	6
	14	15	0	74	84	36	1	3	0	2	43	0
	15	0	0	25	16	3	0	1	1	0	8	0
	16	1	0	21	24	1	0	0	0	0	15	0
	17	10	0	60	20	4	0	1	0	0	29	4
	18	4	2	29	1	0	0	0	0	0	2	0
	19	2	0	39	1	4	0	0	0	1	3	0
	20	0	0	111	8	2	0	0	0	0	1	1
	21	1	0	315	7	3	5	0	0	1	0	0
	22	0	0	39	1	3	0	0	0	0	0	0
	23	0	0	40	2	1	0	0	0	0	2	0
	24	0	0	5	1	0	0	0	0	0	9	1

Fuente: elaboración propia

En los niveles 4, 8 a 12 y 14, el grupo cerámico que más material aportó a la muestra analizada fue el grupo 6a con los siguientes porcentajes: 47,1% (nivel 4), 66,4% (nivel 8), 66,9% (nivel 9), 71,9% (nivel 10), 71,6% (nivel 11), 61,2% (nivel 12) y 32,6% (nivel 13). Para el nivel 13 la mayor frecuencia cerámica está representada por el grupo 3. Para los fragmentos cerámicos recuerdos en el pozo de sondeo se encontró que para el nivel 16 el grupo cerámico más representativo es el 6a, con un 38,7%, y para el último nivel, es decir, el nivel 24, la cerámica

que más abundaba según la clasificación oficial del PIDMO era la del grupo 10 con el 56,3% de la muestra para el nivel. Para los restantes niveles (15, 17, 18, 19, 20, 21, 22 y 23) excavados en el pozo el grupo cerámico con mayor representatividad fue el grupo 3.

Como se pudo apreciar, la distribución del material cultural recuperado en la UR-180 tienen una distribución mayoría hacia la cuadrícula dos del CE, lo anterior se debe a que después del nivel 14 (Figura 5.9) se realizó en esta un pozo de sondeo del cual se recuperó una alta cantidad de material cerámico así como restos óseos y carbón. La cerámica recuperada durante la excavación tiene una elevada representatividad en los grupos 3 y 6a (ver Tabla 4.2). El primero de ellos se caracteriza por ser arcillas con alto contenido de hierro, con desgrasante de cuarzo lechoso en abundante proporción y cuarzo cristalino escaso, los desgrasantes son angulares y subangulares. El segundo grupo cerámico fue hecho con arcilla caolinita y como desgrasante se halló cuarzo y en escasas proporciones feldespato y mica (Mónica Marín, 2018; comunicación personal).

Por otro lado, la restitución fotogrametría de CE realizado en la UR-180 del sitio San Pedro, permitió confirmar un cambio de pendiente o readecuación del sitio en los dos últimos estratos (V y VI), lo que demuestra la reutilización y readecuación del sitio arqueológico (al menos la plataforma intervenida en la temporada 2018). Es probable que este tipo de adecuaciones se diera también en canales y camellones. La anterior hipótesis está pendiente de ser demostrada debido a las contadas intervenciones que se han realizado en la zona por los investigadores del PIDMO. Claro está que una forma de comprobar la hipótesis es obteniendo cronologías absolutas de cada nivel lo cual permitirá afirmarla o negarla.

Capítulo 6 Conclusiones

El trabajo de grado acá presentado ha resumido los métodos y las técnicas utilizadas para la excavación, recolección y procesamiento de datos del PIDMO en sus diversas etapas. Con ello no se pretendió hacer un análisis crítico sobre las formas de intervención usadas. Ciertamente, se quería resaltar los métodos de campo y laboratorio usados y desarrollados por el programa para el registro de los hallazgos. Además, es preciso enfatizar que la metodología propuesta para el análisis de un basurero prehispánico no es nueva en el contexto arqueológico internacional, pero si lo es para sitio de la investigación en particular. El uso de la FD estuvo supeditada a los recursos humanos y financieros posibles, así como a la logística y las condiciones geográficas y climáticas del sitio, las cuales dictaron las pautas para la recolección de la información en campo. A pesar de lo anterior, los métodos usados en campo y en el laboratorio deben actualizarse constantemente, especialmente los del orden tecnológico y digital, pues sus avances se presentan una curva creciente.

Por otro lado, los métodos usados en la presente tesis deben tener un impacto positivo en el tiempo y la calidad de los datos recuperados, de modo tal que, impacten sustancial y considerablemente las interpretaciones que se hacen de los sitios excavados. Es otras palabras, a medida que se desarrollen y usen nuevas tecnologías, se podrán introducir mejoras en el registro y posterior interpretación científica de los sitios intervenidos. Con ello se logrará reducir las valoraciones subjetivas aumentando la precisión en el registro gráfico y espacial.

En términos generales, el objetivo principal y los específicos fueron alcanzados. Se evidenció el alcance de la FD en el registro y análisis arqueológico, generando un modelo 3D de alta resolución que permitió visualizar, estudiar y extraer información en dos dimensiones y 3D.

Bibliografía

- Acevedo Carvajal, P. A., & Vega Corredor, P. (2009). *Manual de procedimiento en arqueología forense: trabajo desarrollado bajo la modalidad de arqueología experimental*. Trabajo de grado, Universidad de Antioquia, Departamento de Antropología, Medellín. Recuperado el 22 de Mayo de 2018
- Aguilar Camacho, J., Granado Castro, G., & Barrera Vera, J. A. (Mayo de 2013). Aplicación de técnicas avanzadas para el registro y la documentación estratigráfica en arqueología. *Virtual Archaeology Review*, 4(8), 130-134.
- Aguilera Díaz, M. M. (Octubre de 2004). La Mojana: riqueza natural y potencial económico. *Documentos de trabajo sobre economía regional*(48), 1-73. Recuperado el 23 de Enero de 2018
- Aguirre Ocampo, A. M. (2017). *Producción agrícola asociada a campos elevados en las Tierras Bajas inundables de América: Balance y Perspectivas*. Tesis pregrado, Universidad de Antioquia, Departamento de Antropología, Medellín.
- Almagro, A. (1991). Levantamiento fotogrametrico del estanque monumental de Bibracte. En *Aplicaciones informáticas en arqueología* (págs. 267-274). Madrid: Complutense.
- Al-Ruzouq, R., & Abu Dabous, S. (2017). Archaeological site information modelling and management base on clos-range photogrammetry and GIS. *Conservation and management archaeological site*, 19(3), 156-173.
- Angulo Fornos, R. (Mayo de 2013). La fotogrametría digital: una herramienta para la recuperación de arquitecturas perdidas. Torre del Homenaje del Castillo de Constantina. *Virtual Archaeology Review*, 4(8), 140-144.
- Antoñanzas, M. A., Iguácel de la Cruz, P., Lopetegui Galarraga, A., & Valle Melón, J. M. (2003). El Sequeral (Calahorra, La Rioja). Investigación fotogramétrica y arqueología. *Arqueología de la Arquitectura*, 2, 13-16.
- (s.f.). *Apuntes de teoría: Principios de fotogrametría*. Universidad Nacional Del Nordeste, Facultad de Ingeniería. Recuperado el 23 de Abril de 2018, de <http://ing.unne.edu.ar/dep/goeciencias/fotointer/pub/teoria2011/parte01/fotom.pdf>
- Archila M., S. (1993). Medio ambiente y arqueología de las tierras bajas del caribe colombiano. *Boletín museo del oro*(34-35), 110-164.
- Arévalo Vera, B., Bayona Ibáñez, E., & Rincón Parada, I. K. (2015). Metodología para documentación 3D utilizando fotogrametría digital. *Tecnura*, 19, 113-120.
- Aristizábal Vásquez, M. (2013). San Pedro: del presente al pasado. Una aproximación a la dinámica espacial de las sociedades prehispánicas de la Depresión Momposina (Caribe Colombiano). *Tesis*, 94. Medellín.

- Berrío, J. C., Boom, A., Botero, P. J., Herrera, L. F., Hooghiemstra, H., Romero, F., & Sarmiento, G. (2001). Multi-disciplinary evidence of the Holocene history of a cultivated floodplain area in the wetlands of northern Colombia. *Vegetation History and Archaeobotany*, 10, 161-174.
- Cardenal Escarcena, J., Mata de Castro, E., Pérez García, J. L., Mozas Calvache, A., Fernández del Castillo, T., Delgado García, J., . . . Castillo, J. C. (Abril de 2011). Integration of photogrammetric and terrestrial laser scanning techniques for heritage documentation. *Virtual Archaeology Review*, 2(3), 53-57.
- Caro, J. L., & Hansen, S. (Mayo de 2015). De la fotogrametría a la difusión del patrimonio arqueológico mediante game engines: Menga un caso de estudio. *Virtual Archaeology Review*, 6(12), 58-.
- Cendejas Valdéz, J. L., Ordoñez Toledo, O., Ferreira Medina, H., Vega Lubrún, C., & Rosano Ortega, G. (s.f.). Renderizado de recorridos virtuales de modelos tridimensionales para su aplicación en la educación superior. 6. Recuperado el 26 de Mayo de 2018, de http://www.iiis.org/CDs2012/CD2012SCI/CISCI_2012/PapersPdf/CA616ZA.pdf
- Charquero Ballester, A. M. (2016). Práctica y usos de la fotogrametría digital en Arqueología. *DAMA 1*, 139-157. Recuperado el 13 de Marzo de 2018, de <http://web.ua.es/es/dama/>
- Charquero Ballester, A. M., & López Lillo, J. A. (Mayo de 2012). Registro tridimensional acumulativo de la secuencia estratigráfica. Fotogrametría y SIG en la intervención arqueológica de lo Boligni (Alacant). *Virtual Archaeology Review*, 3(5), 81-88.
- Cheli, A. E. (2011). *Introducción a la Fotogrametría y su evolución*. La Plata: Hespérides. Recuperado el 23 de Abril de 2018, de <http://www.bibliotecacpa.org.ar/greenstone/collect/libagr/index/assoc/HASHd62c.dir/doc.pdf>
- Cots, I., Vilà, J., Diloli, J., Ferré, R., & Bricio, L. (2018). Virtual archaeology: from archaeological excavation to the management and diffusion on heritage. Les cases de la catedral (Tortosa) and the protohistorical settlement of la cella (Salou), Tarragona. *Virtual Archaeology Review*, 9(19), 102-113.
- Diaz Villarraga, J., & Galindo, Y. P. (2017). *Comparación de la eficacia lograda en el uso de modelos digitales de terreno generados a partir de topografía convencional y tecnología Lidar en proyectos de infraestructura vial*. Trabajo de grado de maestría, Universidad Santo Tomas De Aquino, Facultad de Ingeniería, Bogotá.
- El Plan de la Mojana: aplicación del nuevo paradigma de desarrollo sostenible. (Junio de 1998). *Revista CORPOICA*, 2(2), 18.
- Falchetti, A. M. (1995). *El Oro del Gran Zenú. Metalurgia prehispánica en las llanuras del Caribe colombiano*. Bogotá: Banco de la República.

- Fier, B. (2010). *La composición en la fotografía*. (B. Trigueros Campillo, Trad.) Madrid: Anaya Multimedia.
- Flórez Correa, S. (2018). *La Fauna Destinada a la Alimentación Humana. Análisis Zooarqueológico de una Muestra del Sitio San Pedro de la Depresión Momposina (Sucre, Colombia)*. Tesis de grado, Universidad de Antioquia, Departamento de Antropología, Medellín.
- Fujii, Y., Fodde, E., Watanabe, K., & Murakami, K. (2009). Digital photogrammetry for the documentation of structural damage in earthen archaeological sites: The case of Ajima Tapa, Tajikistan. *Engineering Geology*(105), 124-133.
- Giraldo Vásquez, A. (2019). *Campos y cultivos prehipánicos en el sitio San Pedro de la Depresión Momposina. Identificación de cultígenos mediante el análisis de fitolitos*. Trabajo de grado, Universidad de Antioquia, Departamento de Antropología, Medellín.
- Hernández Cordero, M. (2016). El uso de fotogrametría de bajo coste en la creación de nubes de puntos aplicada a la arqueología comercial. *Otarq, 1*, 311-324.
- Hernández R., L. A., Peña Barbosa, J. A., & Narváez García, Y. (Enero - Junio de 2010). Especificaciones para generación de curvas de nivel a partir de modelos digitales de terreno. *Tecnura, 14*(26), 79-88.
- Herrera, L. F. (2006). Paleoecología en la depresión momposina 21.000 años de cambios ambientales. 227-239.
- Herrera, L. F., & Berrío, J. C. (1998). Vegetación natural y acción antrópica de los últimos 1000 años en el sistema prehispánico de canales artificiales del Caño Carate en San Marcos (Sucre, Colombia). *Revista Corpoica, 2*(2), 35-43.
- Herrera, L. F., Sarmiento, G., Romero, F., Botero, P. J., & Berrío, J. C. (Diciembre de 2001). Evaluación Ambiental de la Depresión Momposina (Colombia) desde el Pleistoceno Tardío a los Paisajes Actuales. *Geología Colombiana*(26), 95-121. Recuperado el 23 de Enero de 2018, de <http://www.bdigital.unal.edu.co/32190/1/31562-114795-1-PB.pdf>
- Johnson, R. A., & Solis, A. (2016). Using photogrammetry to interpret human action on Neolithic monument boulders in Ireland's Cavan Burren. *Journal of Archaeological Science: Reports, 8*, 90-101.
- Lerma, J. L., Cabrelles, M., Navarro, S., & Seguí, A. E. (2013). Modelado fotorrealístico 3D a partir de procesos fotogramétricos: láser escáner versus imagen digital. *Cuadernos de arte rupestre*(6), 85-90.
- Lerma, J. L., Navarro, S., Cabrelles, M., & Villaverde, V. (2010). Terrestrial laser scanning and close range photogrammetry for 3D archaeological documentation: the Upper Paleolithic Cave of Parpalló as a case study. *Journal of Archaeological Science, 37*, 499-507.
- Martin Bohórquez, S., & Otálora Villada, A. N. (2016). *Comparación de Fotogrametría terrestre y Escáner Laser en pictogramas. Caso de estudio: Zona Canoas en la vereda El*

- Charquito del municipio de Soacha*. Tesis pregrado, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Facultad del Medio Ambiente y Recursos Naturales, Bogotá.
- Martín López, J. (1993). *Introducción a la fotogrametría*. Madrid. Recuperado el 23 de Abril de 2018, de http://www.cartesia.org/data/apuntes/fotogrametria/Introduccion_a_la_Fotogrametria.pdf
- Medina Carrillo, F. (2014). *La fotogrametría digital como herramienta de trabajo para la toma de datos y catalogación de las iglesias románicas en la comarca de Las Merindades (Burgos)*. Trabajo Fin de Grado, Universidad de Alicante, Escuela Politécnica Superior.
- Menacho, K. A. (2001). Etnoarqueología de trayectorias de vida de vasijas cerámicas y modo de vida pastoril. *Relaciones de la Sociedad Argentina de Antropología*(26), 119-144.
- Miranda Duarte, A. (2004). *A Fotogrametria a curta distância como uma ferramenta de documentação das inscrições rupestres. (Estudo de Caso Sítio Arqueológico Santinho Norte I- SC)*. Mestrado em Engenharia Civil, Universidad Federal de Santa Catarina - UFSC, PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL – PPGEC, Florianópolis.
- Montejo G., F., & Rojas M., S. (2001). Apuntes metodológicos para la interpretación del sistema económico prehipánico en la región del bajo río San Jorge. *Simposio pueblos y ambientes: Una mirada al pasado precolombiano*(10), 163-1170.
- Montejo G., F., & Rojas, S. H. (1992). Asentamientos prehispánicos en el bajo río Sinú y sur de la Serranía de San Jerónimo. *Boletín museo del oro*(34), 167-176.
- Montero Palacios, O., & Sardi Barzallo, J. (2017). *Estudio de las metodologías para el análisis de transformaciones urbano-morfológicas alrededor del río Tomebamba y de su primera línea edificada*. Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Arquitecto, Universidad de Cuenca, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Cuenca.
- Mora Torcal, R., Martínez Moreno, J., Roda Gilabert, X., Roy Sunyer, M., & Vega Bolívar, S. (2014). Métodos de excavación: del trabajo de campo a la interpretación arqueológica. *Treballs d'Arqueologia*(20), 7-20.
- Morales Hervás, F. J. (s.f.). *Prospección y excavación: principios metodológicos básicos*. Universidad de Castilla la Mancha. Recuperado el 07 de 02 de 2019, de <http://estudio-arqueologia.es/pdfs/publicaciones/morales.pdf>
- Morgado, A., & Baena Preysler, J. (2011). *Experimentación, arqueología experimental y experiencia en el pasado en la arqueología actual*. Málaga. Recuperado el 23 de Mayo de 2018, de https://www.researchgate.net/publication/267568534_Experimentacion_Arqueologia_Experimental_y_experiencia_del_pasado_en_la_Arqueologia_actual

- Mozas Calvache, A. T., Pérez García, J. L., Barba Colmenero, V., & López Arenas, A. (Abril de 2011). Estudio geométrico de piezas arqueológicas a partir de un modelado virtual 3D. *Virtual Archaeology Review*, 2(3), 109-113.
- Ortiz, J., Gil, M. L., Martínez, S., Rego, T., & Meijide, G. (2 de Agosto de 2013). Three-dimensional Modelling of Archaeological Sites Using Close-range Automatic Correlation Photogrammetry and Low-altitud Imagery. *Archaeological Prospection*(20), 205-217. Obtenido de wileyonlinelibrary.com
- Palanca Gascón, M. (2016). *Introducción a la dieta de vertebrados de las poblaciones indígenas precolombinas del curso bajo y medio del río San Jorge en la Depresión Momposina (Colombia)*. Trabajo de fin de grado, Universitat de València, Facultat de Ciències Biològiques, València.
- Parceró Oubiña, C., Méndez Fernández, F., & Blanco Rotea, R. (Diciembre de 1999). El Registro de la Información en Intervenciones Arqueológicas. *Criterios e Convencions en Arqueoloxía da Paisaxe CAPA*(9), 86. Recuperado el 18 de Marzo de 2017, de <http://digital.csic.es/handle/10261/5651>
- Parsons, J. J. (Enero de 1952). The Settlement Of The Sinu Valley Of Colombia. *Geographical Review*, 42(1), 67-86. Obtenido de <http://www.jstor.org/stable/211252>
- Parsons, J. J. (1966). Los campos de cultivo pre-hispánicos del Bajo San Jorge. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas, y Naturales*, 12(48), 149-158.
- Parsons, J. J. (1978). More on pre-columbian raised fields (camellones) in the Bajo San Jorge and Bajo Cauca, Colombia. *Conference of Latin Americanist Geographers*, 7, 117-124.
- Parsons, J. J., & Bowen, W. A. (Julio de 1966). Ancient ridged fields of the San Jorge river floodplain, Colombia. *The Geographical Review*, 56(3), 317-343.
- Pérez García, J. L., Mozas Calvache, A. T., Cardenal Escarcena, F. J., & López Arenas, A. (Abril de 2011). Fotogrametría de bajo coste para la modelización de edificios históricos. *Virtual Archaeology Review*, 2(3), 121-125.
- Pfaffernberger, B. (Junio de 1988). Fetishised objects and humanised natura: Towards an Anthropology of Technology. *Man, New Series*, 23(2), 236-252. Recuperado el 12 de Septiembre de 2011, de <http://www.jstor.org/stable/2802804>
- PhotoModeler (Productor). (2010). *Calibration Single Sheet 1* [Película]. Recuperado el 30 de Marzo de 2019, de https://www.youtube.com/watch?v=g5Jw_haVPIg
- (2011). *Plan de manejo del distrito regional de manejo integrado complejo cenagoso Zárate, Malibú y Veladero*. Convenio de Asociación, Fundación Reto Colombia, Bogotá. Recuperado el 24 de Abril de 2018, de <http://www.corpamag.gov.co/archivos/AreasProtegidas/PlanDeManejoDRMI-FaseII.pdf>

- Plazas de Nieto, C., Falchetti de Sáenz, A. M., & Sáenz, J. (1979). Investigaciones arqueológicas en el río San Jorge. *Boletín Museo del Oro*(6), 1-18. Recuperado el 20 de Mayo de 2018, de <https://publicaciones.banrepcultural.org/index.php/bmo/article/view/7339/7608>
- Plazas, C., & Falchetti, A. M. (1985). Poblamiento y adecuación hidráulica en el Bajo río San Jorge, Costa Atlántica colombiana. *45° Congreso Internacional de Americanistas*, (págs. 181-191). Bogotá.
- Plazas, C., & Falchetti, A. M. (1986). La cultura del oro y el agua. Un proyecto de reconstrucción. *Boletín Cultural y Bibliográfico*, 23(06), 57-72. Recuperado el 23 de Enero de 2018, de https://publicaciones.banrepcultural.org/index.php/boletin_cultural/article/view/3174
- Plazas, C., & Falchetti, A. M. (s.f.). Manejo hidráulico Zenú. 151-171.
- Plazas, C., & Falchetti, d. A. (1981). *Asentamientos prehispánicos en el bajo río San Jorge*. Bogotá: Litografía Arco.
- Plazas, C., Falchetti, A. M., Sáenz Samper, J., & Archila, S. (1993). *La sociedad hidráulica Zenú. Estudio arqueológico de 2.000 años de historia en las llanuras del Caribe colombiano*. Bogotá: Banco de la República.
- Plazas, C., Falchetti, A. M., Van Der Hammen, T., & Botero, P. (1988). Cambios ambientales y desarrollo cultural en el bajo río San Jorge. *boletín museo del oro*(20), 54-88.
- Ramos, M. (2012). La arqueología experimental (AE): para una mejor interpretación de los datos en arqueología histórica. *Anuario de Arqueología*(4), 73-104. Recuperado el 23 de Abril de 2018, de <http://rephip.unr.edu.ar/bitstream/handle/2133/5089/Mariano%20Ramos.pdf?sequence=3>
- Rascón Marqués, S., & Sánchez Montes, A. (2008). Las nuevas tecnologías aplicadas a la didáctica del patrimonio. *Pulso*(31), 67-92. Recuperado el 19 de Abril de 2018, de <http://www.alcalavirtual.es/pdfs/10.Tecnologias.pdf>
- Reichel-Dolmatoff, G., & Reichel-Dolmatoff, A. (1957). Reconocimiento Arqueológico de la Hoya del Río Sinú. *Revista Colombiana de Antropología*, 6, 30-169.
- Renfrew, C., & Bahn, P. (2007). *Arqueología: Teorías, Métodos y Práctica* (Tercera ed.). (M. J. Mosquera Rial, Trad.) Madrid: Akal.
- Renfrew, C., & Bahn, P. (2008). *Arqueología conceptos clave*. (D. Govantes, Trad.) Madrid: Akal.
- Rincón Parada, I., & Arévalo Vera, B. (Ene-Dic de 2014). Modelado de objetos arqueológicos: una propuesta usando fotogrametría digital. *Ingenio UFPSO*, 07, 143-149.
- Roca, A. M., & Pérez V., G. J. (Junio de 2006). Geografía física y poblamiento en la Costa Caribe colombiana. *Documentos de trabajo sobre economía regional*(73). Recuperado el 15 de Mayo de 2018, de

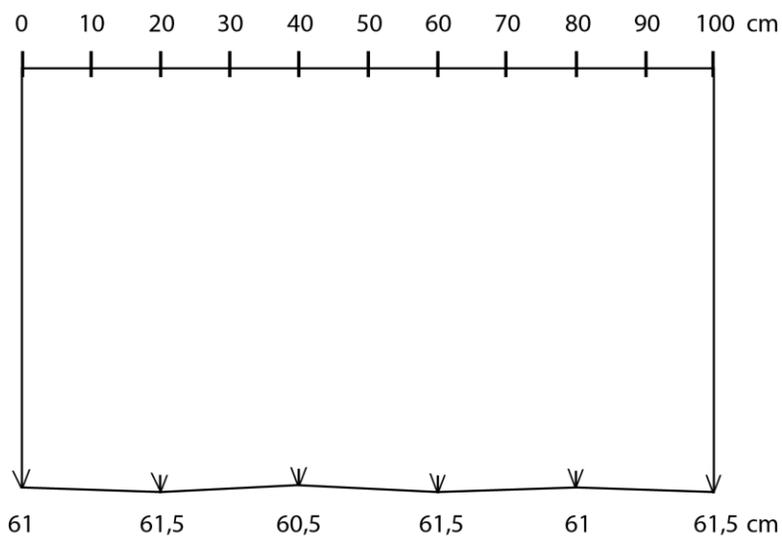
- <http://repositorio.banrep.gov.co/bitstream/handle/20.500.12134/3124/Geograf%C3%ADa%20f%C3%ADsica%20y%20poblamiento%20en%20la%20Costa%20Caribe%20colombiana.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Rojas M., S., & Montejo G., F. (2006). Manejo del espacio y aprovechamiento de recursos en la depresión Momposina Bajo río San Jorge. 81-91.
- Rojas Mora, S. (2010). Análisis espacial y patrones de asentamiento en el bajo río San Jorge (Caribe colombiano). *Boletín de Antropología*, 24(41), 283-305.
- Rojas Mora, S. H. (Mayo de 2010). Patrones de asentamiento y organización política en el bajo río San Jorge (Caribe colombiano). 334. Ciudad de Mexico.
- Rojas Mora, S., & Montejo Gaitán, F. (1999). *Manejo agrícola y campos de cultivo prehispánico en el bajo río San Jorge*. Santafé de Bogotá.
- Salcedo Mercado, J. C. (2018). *Áreas de actividad y espacio doméstico: aproximación a una plataforma artificial prehispánica en el sitio arqueológico de San Pedro, municipio de San Benito Abad-Sucre*. Trabajo de grado, Universidad de Antioquia, Departamento de Antropología, Medellín. Recuperado el 24 de Abril de 2018
- Sánchez San Román, F. J. (s.f.). Recuperado el 18 de Septiembre de 2019, de <http://web.usal.es/javisan/hidro>
- Schiffer, M. B. (Abril de 1972). Archaeological Context and Systemic Context. *American Antiquity*(2), 156-165. Recuperado el 26 de Mayo de 2018, de <http://links.jstor.org/sici?sici=0002-7316%28197204%2937%3A2%3C156%3AACASC%3E2.0.CO%3B2-G>
- Schiffer, M. B. (diciembre de 1990). Contexto arqueológico y contexto sistémico. *Boletín de Antropología Americana*(22), 81-93.
- Sifuentes R., F. J., & Vásquez A., R. (1997). Introducción. En *Introducción a la fotogrametría* (págs. 7-12). México: Trillas.
- Smith, D. G. (1986). Anastomosing river deposits, sedimentation rates and basin subsidence, Magdalena river, Northwestern Colombia, South America. *Sedimentary Geology*, 46, 177-196.
- Soler Alemán, E. (Septiembre de 2013). *Levantamiento fotogramétrico y modelización tridimensional del Santuario de Nuestra Señora de la Fuensanta*. Proyecto fin de carrera, Universidad Politécnica de Cartagena, Departamento de arquitectura y tecnología de la edificación. Recuperado el 24 de Abril de 2018, de repositorio.upct.es/bitstream/10317/3666/1/pfc5552.pdf
- Tejerina Antón, D., Boluferi Marqués, J., Esquembre Bebia, M. A., & Ortega Pérez, J. R. (Noviembre de 2012). Documentación 3D de pinturas rupestres con Photomodeler Scanner: los motivos esquemáticos de la Cueva del Barranc del Migdia (Xàbia, Alicante). *Virtual Archaeology Review*, 3(6), 64-67.

- Thomas, H., & Kennedy, M. A. (2016). A new methodology for accurate digital planning of archaeological sites without the aid of surveying equipment. *Journal of Archaeological Science: Reports*, 10, 887-892.
- Torregrosa Fuentes, D., Spairani Berrio, Y., Huesca Tortosa, J., Cuevas González, J., & Torregrosa Fuentes, A. J. (2018). Aplicación de la fotogrametría automatizada y de técnicas de iluminación con herramientas SIG para la visualización y el análisis de una piedra con relieves antropomorfos. *Virtual Archaeology Review*, 9(19), 114-124.
- Trigger, B. (1992). *Historia del pensamiento arqueológico*. (I. García Trócoli, Trad.) Barcelona: Crítica.
- Valdés Doménech, F. (1981). Fotogrametría. En *Prácticas de Topografía, Cartografía, Fotogrametría* (págs. 295-236). Barcelona: CEAC.
- Van der Hammen, T. (Diciembre de 1986). Fluctuaciones Holocénicas del nivel de Inundaciones en la Cuenca del Bajo Magdalena - Cauca - San Jorge (Colombia). *Geología Norandina*(10), 11-18.
- Vergara, F., & Troncoso, A. (2015). Rock art, technique and technology: an exploratory study of Hunter-Gatherer and Agrarian Communities in pre-hispanic Chile (500 to 1450 CE). *Rock Art Research*, 32(1), 31-45.
- Vozmediano Montoya, D. (2006). *Fotogrametría digital aplicada a la obtención de ortofotos y modelos digitales de entidades patrimoniales*. Proyecto fin de carrera de Ingeniería Técnica en Topografía, Universidad del País Vasco-Euskal Herriko Unibertsitatea UPV/EHU, Escuela de Ingeniería de Vitoria-Gasteiz.
- Wijmstra, T. A. (1967). A polen diagram from the upper holocene of the lower Magdalena Valley. *Leidse Geologische Mededelingen*, 261-267.

Anexos

Anexo 1 Microtopografía nivel 0

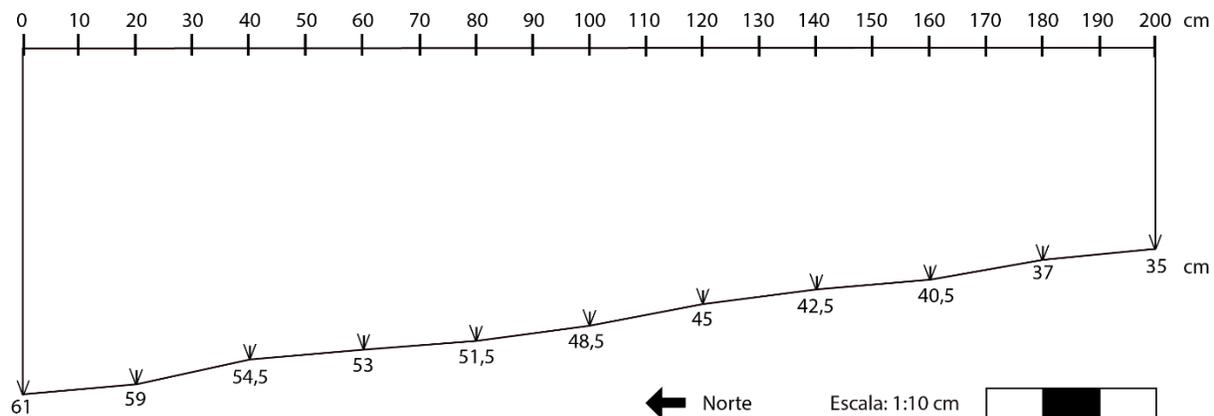
Microtopografía
UR:180, C:1, Perfil Norte
entre Este (derecha) y Oeste (izquierda)



Escala: 1:10 cm



Microtopografía
UR: 180, C: 1 y 2, Perfil Este
entre Norte (izquierda) y Sur (derecha)

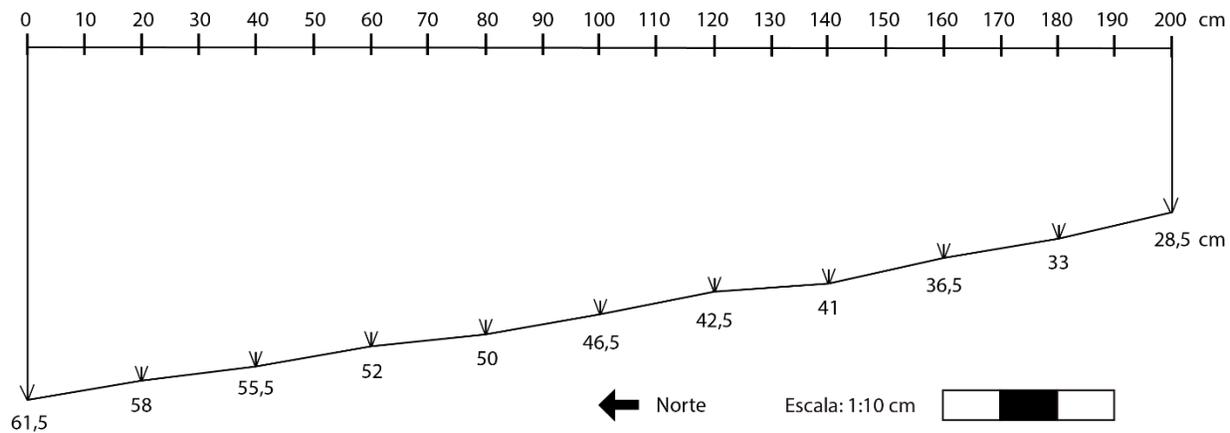


← Norte

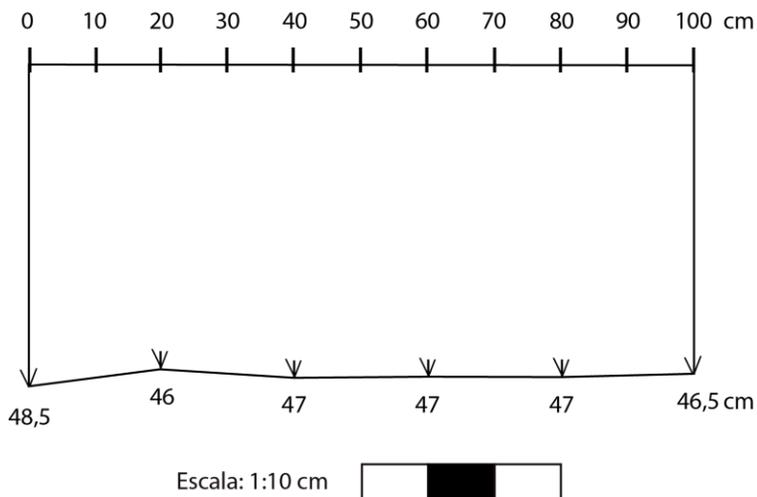
Escala: 1:10 cm



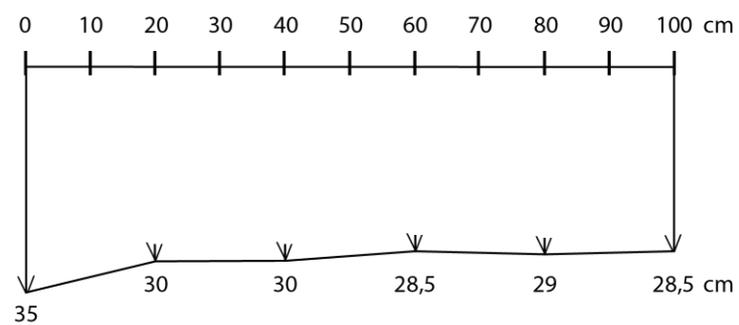
Microtopografía
UR:180, C:1 y 2, Perfil Oeste
entre Norte (izquierda) y Sur (derecha)



Microtopografía
UR:180, C:1 y 2, Centro del Corte
entre Este (izquierda) y Oeste (derecha)



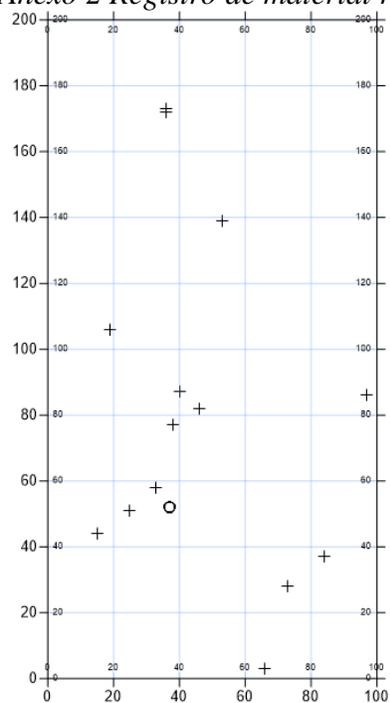
Microtopografía
UR:180, C:2, Perfil Sur
entre Este (izquierda) y Oeste (derecha)



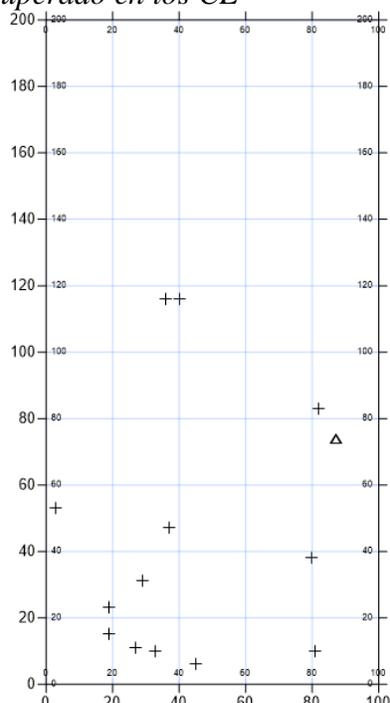
Escala: 1:10 cm



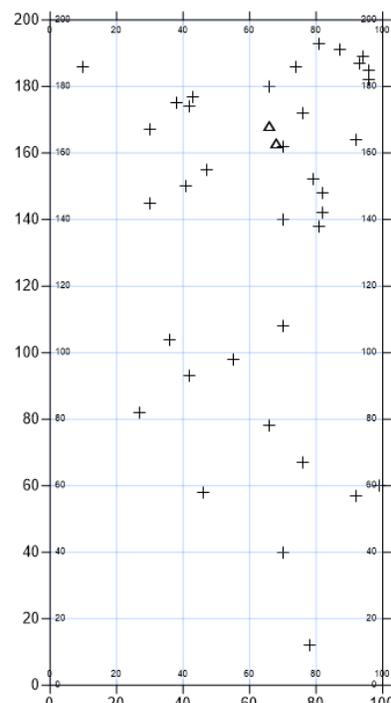
Anexo 2 Registro de material recuperado en los CE¹⁴



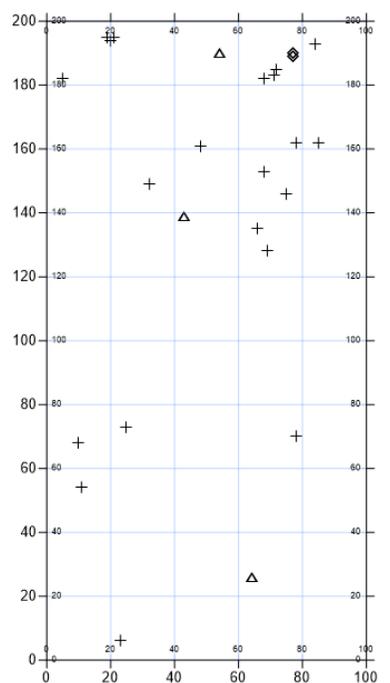
A) C1 y C2. Nivel 1 (0-10 cm)



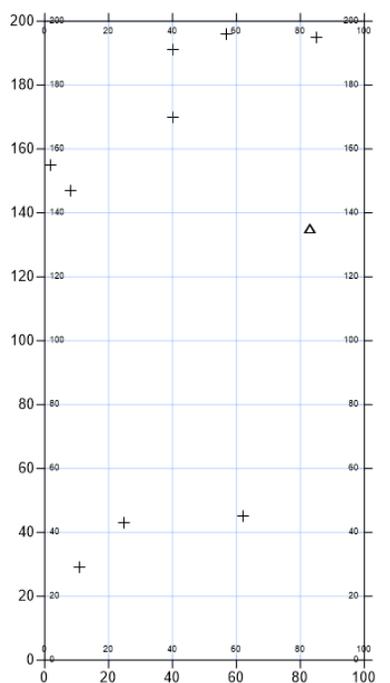
B) C1 y C2. Nivel 2 (10-20 cm)



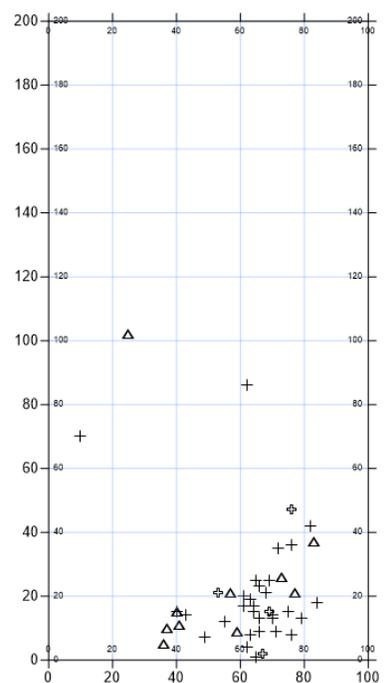
C) C1 y C2. Nivel 3 (20-30 cm)



D) C1 y C2. Nivel 4 (30-40 cm)

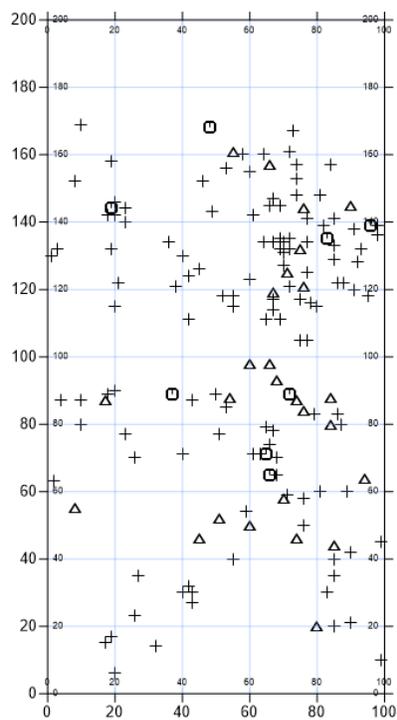


E) C1 y C2. Nivel 5 (40-50 cm)

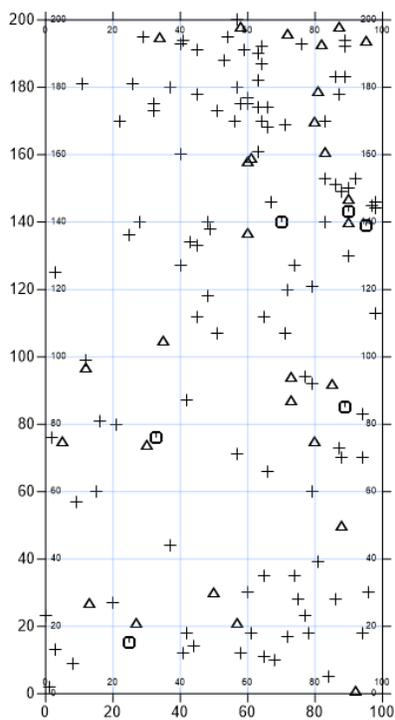


F) C1 y C2. Nivel 8 (70-80 cm)

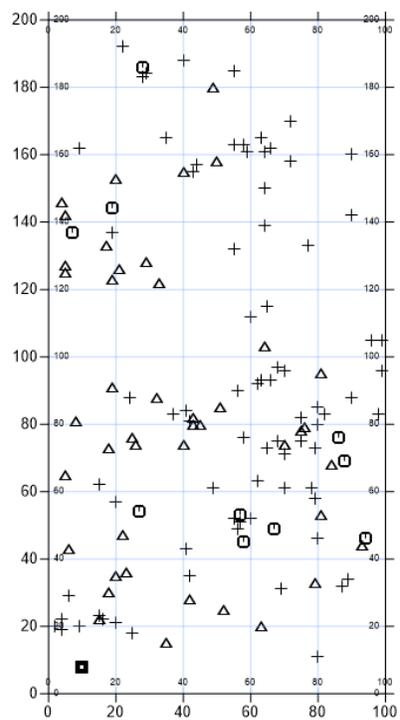
¹⁴ Para poder comprender la ubicación del material arqueológico recolectado es necesario entender que el norte geográfico está ubicado en la parte inferior de cada cuadrícula (eje X), es decir, en las coordenadas X=0, Y=0 y X=0, Y=100. Mientras que el Este geográfico se encuentra a la izquierda de cada imagen (eje Y). La cuadrícula C1 comprende los primeros 100 cm del eje Y, mientras la cuadrícula C2 va desde los 100 cm del eje Y hasta los 200 cm del mismo eje



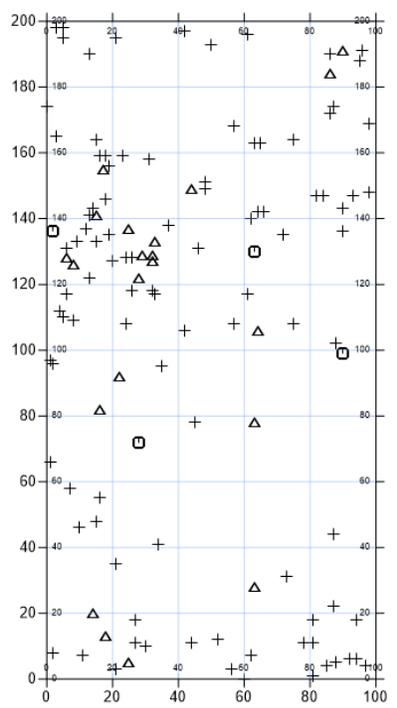
G) C1 y C2. Nivel 9 (80-90 cm)



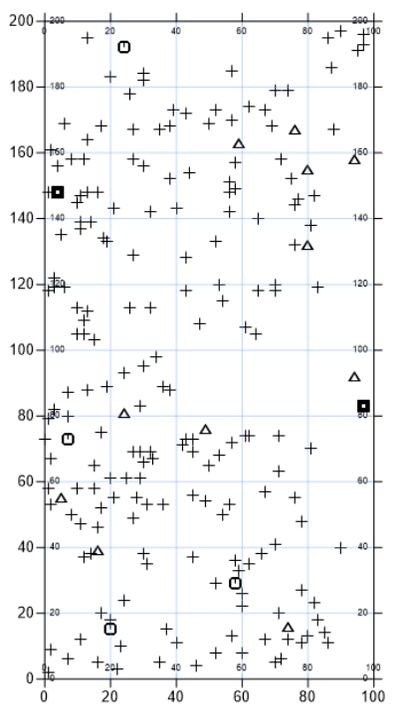
H) C1 y C2. Nivel 10 (90-100 cm)



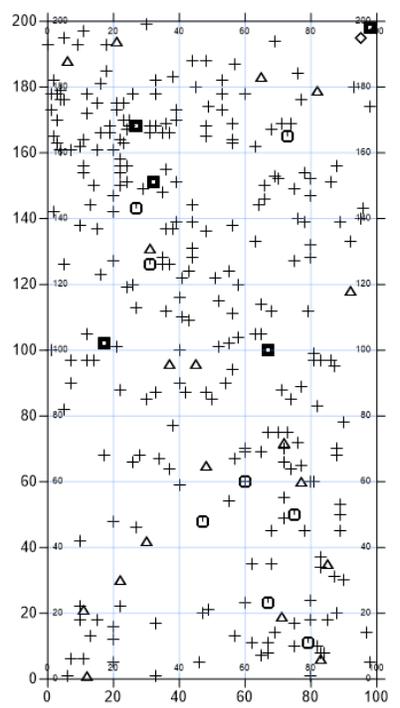
I) C1 y C2. Nivel 11 (100-110 cm)



J) C1 y C2. Nivel 12 (110-120 cm)



K) C1 y C2. Nivel 13 (120-130 cm)



L) C1 y C2. Nivel 14 (130-140 cm)

