

AGUAS PASADAS, CULTURAS PRESENTES

TELEDETECCIÓN DE ESTRUCTURAS HIDRÁULICAS DEL GOLFO DE URABÁ, ANTIOQUIA, REEVALUACIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN DE SENSORES REMOTOS EN ZONAS DE INTERÉS ARQUEOLÓGICO.



UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA

1803



**Aguas pasadas, culturas presentes:
Teledetección de estructuras hidráulicas del golfo de Urabá, Antioquia, reevaluación de la
implementación de sensores remotos en zonas de interés arqueológico.**

Karol Nathaly Quintero Carvajal

Trabajo de grado presentado para optar al título de Antropóloga

Asesor

Daniel Grisales Betancur, Magíster (MSc) en Arqueología Medieval

Universidad de Antioquia
Facultad de Ciencias Sociales y Humanas
Antropología
Medellín, Antioquia, Colombia
2023

Cita

(Quintero Carvajal, 2023)

Referencia

Estilo APA 7 (2020)

Quintero Carvajal, K. N. (2023) *Agua pasadas, culturas presentes: teledetección de estructuras hidráulicas en el golfo de Urabá, Antioquia, reevaluación de la implementación de sensores remotos en zonas de interés arqueológico* [Trabajo de grado profesional]. Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.



CRAI María Teresa Uribe (Facultad de Ciencias Sociales y Humanas)

Repositorio Institucional: <http://bibliotecadigital.udea.edu.co>

Universidad de Antioquia - www.udea.edu.co

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Antioquia ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por los derechos de autor y conexos.

Dedicatoria

A mi madre y a mi padre, quienes han sido mi guía constante en esta travesía. Su amor incondicional y apoyo incansable han moldeado mi camino y fortalecido mi criterio. Cada sacrificio que han hecho por mí es un recordatorio de su amor inquebrantable, para ustedes con profundo agradecimiento y amor, les dedico mis logros y mis sueños.

A mí, para recordarme el producto de mi esfuerzo, el alcance de mis aspiraciones y la tenacidad de mi ser.

Agradecimientos

A Daniel, por enseñarme que la ciencia surge de los pequeños chispazos de locura, por su paciencia, su terquedad, su acompañamiento, su insistencia y por redireccionar el camino cuando lo necesité.

A Santiago, por cuidarme y ayudarme a volver en mí, por el amor incondicional, por su insistencia y la paz que le da a mis días. A Alejandra, por ser mi hermana en el camino, por su sabiduría, persistencia y su locura que hizo que todo esto valiera la pena. A Laura, por llegar en el momento correcto para traer alegría constante. A Timmy, por esperarme, desvelarse conmigo y traer amor cuando fue necesario.

A Alba y a Wilson, por atraer mi atención y amor completo por la arqueología, a Erika por enseñarme a valorar los pequeños detalles y traer el asombro a mis investigaciones.

A mi hermosa familia y todos aquellos que hicieron parte del proceso y no les supe hacer justicia, por motivar mis proyectos y afrontar la vida con un poco de gracia.

Tabla de contenido

Resumen	11
Abstract	12
Introducción	13
Planteamiento del problema y objetivos	15
1. Capítulo 1: La mirada desde el cénit: SIG y teledetección en la exploración arqueológica. .	17
1.1 Más allá de los límites visibles: la historia de la teledetección	18
2. Capítulo 2: Explorando el espacio invisible: el concepto de teledetección	23
2.1. Tipos de teledetección	26
3. Capítulo 3: La teledetección en arqueología	30
3.1 El espejo del tiempo: El uso de la teledetección en Colombia.....	36
3.2 El desafío legal: la regulación de la teledetección colombiana.....	37
4. Capítulo 4: Patrimonio en las alturas: teledetección en la exploración arqueológica nacional.	40
5. Capítulo 5: Uniendo los rastros del pasado: explorando la arqueología del espacio y del paisaje	51
6. Capítulo 6: El arte de habitar: sistemas y patrones de asentamiento.....	59
7. Capítulo 7: Bajo el cauce: el enfoque en los contextos hidráulicos en la arqueología.....	65
8. Capítulo 8: Estudio de caso.....	77
8.1. Ubicación geográfica.....	77
8.2. El punto de partida, las exploraciones arqueológicas en Urabá	79
8.3. Metodología: El eco de las civilizaciones antiguas, una inmersión en los sistemas hidráulicos de Urabá.	90
8.3.1. Obtención imágenes landsat.....	94
8.3.2. Composición de bandas y Pansharppening	95
8.3.3. Obtención imágenes sentinel.....	96

8.3.4. Ejecución.....	97
8.3.5. Resultados	99
8.3.5.1. Paleocauces	116
8.3.5.2. Distintos en una misma estructura	120
8.3.5.3. Cobertura vegetal significativa.....	123
8.3.5.4. Modificaciones hidráulicas contemporáneas.....	127
8.3.5.5. Combinación de bandas	137
8.3.5.5.1. Color natural.....	140
8.3.5.5.2. Falso color	141
8.3.5.5.3. Usos agrícolas	143
8.3.5.5.4. Detección de zonas urbanas	145
8.3.5.5.5. Análisis de la vegetación.....	146
8.3.5.5.6. Índice diferencial de agua normalizado NDWI.....	148
9. Conclusiones	150
Referencias	157

Lista de tablas

Tabla 1	Tabla de agrupación por rangos de las estructuras hidráulicas	115
----------------	---	-----

Lista de figuras

Figura 1	Mapa de la zona de muestreo.....	93
Figura 2	Tabla de bandas de Landsat 8.....	94
Figura 3	Tabla de bandas de Sentinel 2.....	96
Figura 4	Mapa de estructuras hidráulicas identificadas	100
Figura 5	Estructura hidráulica prehispánica 10401C	101
Figura 6	Estructura hidráulica prehispánica 17201C	102
Figura 7	Estructura hidráulica prehispánica 2D.....	102
Figura 8	Estructura hidráulica prehispánica 12D.....	103
Figura 9	Estructura hidráulica prehispánica 19001C	104
Figura 10	Estructura hidráulica prehispánica 1D.....	105
Figura 11	Estructura hidráulica prehispánica 9604C	106
Figura 12	Estructura hidráulica prehispánica 16501C	107
Figura 13	Estructura hidráulica prehispánica 43801C	108
Figura 14	Estructura hidráulica prehispánica 44301C	109
Figura 15	Detalle de estructura hidráulica prehispánica 44301C	109
Figura 16	Estructura 44301 costado derecho	110
Figura 17	Estructura 44301 costado izquierdo.....	111
Figura 18	Estructura hidráulica prehispánica 15301C	112
Figura 19	Estructura hidráulica prehispánica 41601C	113
Figura 20	Estructura hidráulica prehispánica 43501C	113
Figura 21	Estructura hidráulica prehispánica 3702C	114
Figura 22	Estructura hidráulica prehispánica 38502C	114
Figura 23	Estructuras hidráulicas identificadas por rangos	116

Figura 24	Estructura hidráulica prehispánica 8402C	117
Figura 25	Estructura hidráulica prehispánica 9601C	118
Figura 26	Estructura hidráulica prehispánica 13101C	118
Figura 27	Estructura hidráulica prehispánica 15302C	119
Figura 28	Estructura hidráulica prehispánica 8501C	120
Figura 29	Estructura hidráulica prehispánica 15501C	121
Figura 30	Estructura hidráulica prehispánica 10704C	121
Figura 31	Estructura hidráulica prehispánica 8401C	122
Figura 32	Estructura hidráulica prehispánica 13001C	122
Figura 33	Estructura hidráulica prehispánica 13403C	123
Figura 34	Estructura hidráulica prehispánica 16302C	124
Figura 35	Estructura hidráulica prehispánica 18D.....	125
Figura 36	Estructura hidráulica prehispánica 24D.....	125
Figura 37	Estructura hidráulica prehispánica 33D.....	126
Figura 38	Estructura hidráulica prehispánica 43601C	126
Figura 39	Estructura hidráulica moderna 4001C	127
Figura 40	Estructura hidráulica moderna 3901C	128
Figura 41	Estructura hidráulica moderna 40601C	128
Figura 42	Estructura hidráulica moderna 1301C	129
Figura 43	Estructura hidráulica prehispánica 10702C	130
Figura 44	Estructura hidráulica prehispánica 13501C	131
Figura 45	Estructura hidráulica prehispánica 11D.....	132
Figura 46	Estructura hidráulica prehispánica 37802C	133
Figura 47	Estructura hidráulica prehispánica 9603C	134
Figura 48	Estructura hidráulica prehispánica 12201C	134

Figura 49 Estructura hidráulica prehispánica 14401C modificada por aplanadora	135
Figura 50 Estructura hidráulica prehispánica 37801 con rasgos de intervención por cultivo de palma de aceite	136
Figura 51 Estructura hidráulica prehispánica 11801C con surcos secos	137
Figura 52 Combinación de bandas "Infrarrojo" con Landsat 8 en la depresión Momposina	138
Figura 53 Combinación de bandas "Land and Water" en Landsat 8 en la depresión Momposina	139
Figura 54 Combinación de bandas Landsat 8 Color natural	140
Figura 55 Combinación de bandas Sentinel 2 Color natural.....	141
Figura 56 Combinación de bandas Landsat 8 Infrarrojo.....	142
Figura 57 Combinación de bandas Sentinel 2 Infrarrojo	143
Figura 58 Combinación de bandas Landsat 8 Usos agrícolas.....	144
Figura 59 Combinación de bandas Sentinel 2 Usos agrícolas	144
Figura 60 Combinación de bandas Landsat 8 Zonas urbanas	145
Figura 61 Combinación de bandas Sentinel 2 Zonas urbanas.....	146
Figura 62 Combinación de bandas Landsat 8 Análisis de la vegetación	147
Figura 63 Combinación de bandas Sentinel 2 Análisis de la vegetación.....	147
Figura 64 Combinación de bandas Landsat 8 Índice diferencial de agua normalizado NDWI .	148
Figura 65 Combinación de bandas Sentinel 2 Índice diferencial de agua normalizado NDWI	149

Resumen

Esta investigación sumerge la mirada en la colaboración entre lo antiguo y lo contemporáneo, utilizando sensores remotos como herramienta para explorar contextos hidráulicos prehispánicos. Esta exploración no solo tiene como objetivo enriquecer nuestra comprensión de la arqueología en este territorio, sino también establecer un enfoque metodológico adaptable a otras áreas geográficas. A lo largo de los capítulos, nos embarcamos en un viaje desde los inicios de la teledetección hasta su aplicación en la arqueología, revelando conexiones profundas entre espacio, paisaje y estructuras hidráulicas. Desde la intersección entre lo antiguo y lo contemporáneo, esta investigación busca discernir la posibilidad de visualizar estructuras ocultas mediante sensores remotos en regiones menos exploradas. Urabá, con su configuración geomorfológica única, se convierte en un estudio de caso relevante, donde las herramientas tecnológicas se entrelazan con la historia del espacio habitado. A través de esta búsqueda apasionada de respuestas, se ilumina la importancia de comprender las dimensiones espaciales del pasado y su resonancia. Aspirando a ser un faro de posibilidades, guiándonos hacia un entendimiento más profundo a través de la lente de la teledetección.

Palabras clave: Teledetección, Urabá, Asentamiento, Sistemas hidráulicos, Sensores remotos, Tecnologías en arqueología.

Abstract

This research immerses the gaze in the collaboration between the ancient and the contemporary, using remote sensing as a tool to explore pre-Hispanic hydraulic contexts. This exploration not only aims to enrich our understanding of archaeology in this territory, but also to establish a methodological approach adaptable to other geographical areas. Throughout the chapters, we embark on a journey from the beginnings of remote sensing to its application in archaeology, revealing deep connections between space, landscape and hydraulic structures. From the intersection between the ancient and the contemporary, this research seeks to discern the possibility of visualizing hidden structures through remote sensing in less explored regions. Urabá, with its unique geomorphological configuration, becomes a relevant case study, where technological tools are intertwined with the history of inhabited space. Through this passionate search for answers, the importance of understanding the spatial dimensions of the past and its resonance is illuminated. Aspiring to be a beacon of possibilities, guiding us towards a deeper understanding through the lens of remote sensing.

Keywords: Remote sensing, Urabá, Settlement, Hydraulic systems, Remote sensing, Archaeological technologies.

Introducción

En los rastros de la historia, la arqueología se alza como un testigo silente de los pasados que han moldeado nuestro presente. Cada excavación, cada hallazgo, cada fragmento rescatado de las sombras del tiempo nos conecta con las huellas de culturas antiguas. Sin embargo, en este viaje, la tecnología se erige como una aliada inesperada, permitiéndonos desentrañar enigmas que alguna vez parecieron inaccesibles. Esta investigación se sumerge en los dominios de la colaboración entre lo antiguo y lo contemporáneo, donde los sensores remotos se convierten en los ojos que escudriñan los vestigios ocultos. El objetivo latente en cada evaluación, en cada imagen capturada desde las alturas, es la búsqueda e identificación de contextos hidráulicos prehispánicos.

Es en esta intersección que se erige nuestro propósito, un desafío intelectual que se alza como un faro de posibilidades, en un intento apasionado por comprender las conexiones inexploradas, es entonces que se decide evaluar la viabilidad de los sensores remotos en el terreno arqueológico, incorporando la definición del asentamiento como categoría útil para el análisis del espacio habitado y revelando las dimensiones espaciales que permanecen en el registro.

La región de Urabá, con su distintiva configuración geomorfológica, cuencas diversificadas y biodiversidad excepcional, se ha elegido como estudio de caso de esta investigación en particular. El análisis resultante no sólo pretende presentar los resultados visuales obtenidos mediante estas herramientas tecnológicas, sino también confrontarlos con los hallazgos documentados en investigaciones. Con ello se pretende lograr una comprensión más profunda de las posibilidades y desafíos intrínsecos al uso de la teledetección aplicado a regiones que como lo es la zona no costera del Urabá antioqueño no han sido profusamente exploradas ni por la arqueología básica ni la de rescate. Además, se pretende llamar la atención sobre la necesidad de articular categorías conceptuales sobre el espacio arqueológico al uso de estas nuevas tecnologías.

Nuestros pasos inician por una mirada desde lo alto, explorando los inicios la teledetección y la unión entre esta herramienta y los estudios arqueológicos en el capítulo 1. El concepto de teledetección se desentraña en el capítulo 2, enseñando los alcances investigativos y su definición. A medida que avanzamos, el capítulo 3 nos introduce en la aplicación de la teledetección en el ámbito arqueológico, resaltando su potencial y utilidad. El capítulo 4 nos transporta al uso de los sensores remotos a nivel nacional, analizando cómo se ha empleado en la exploración arqueológica a lo largo del territorio a través de diferentes temáticas y temporalidades.

En el capítulo 5, se abordan los lazos que conectan la arqueología espacial y del paisaje, revelando desde diferentes perspectivas los abordajes con los que se gestaron las ideas del asentamiento en arqueología. Estos denominados sistemas y patrones de asentamiento toman protagonismo en el capítulo 6, explorando los planteamientos sobre la formulación teórica para entender el espacio habitado y generando una discusión en torno al arbitrario uso del término. Los contextos hidráulicos adquieren relevancia en el capítulo 7, en un enfoque orientado a establecer una relación que deriva de los estudios del espacio y el paisaje para dar lugar a la transformación del entorno mediante las estructuras y sistemas de irrigación, mencionando algunos de ellos a nivel internacional.

Aparecen entonces ejemplos cercanos y en el capítulo 8 se hace énfasis en el contexto geográfico del estudio de caso, situando la investigación en su entorno específico. Las exploraciones arqueológicas en Urabá son analizadas cronológicamente en el capítulo 9, marcando el punto de partida del enfoque de la investigación, en consonancia con esto, el propósito de este trabajo es encontrar y relacionar, en términos de evidencias geográficas e históricas, las investigaciones previas y los sitios en que se realizaron., mientras que la metodología utilizada se presenta en el capítulo 10, revelando los pasos y herramientas empleados. Los resultados obtenidos se exponen en el capítulo 11, detallando los hallazgos y descubrimientos y finalmente, en el capítulo 12 se extraen las conclusiones de este estudio, resaltando los logros, limitaciones y perspectivas futuras en el campo de la exploración arqueológica a través de la teledetección.

La perspectiva última es arrojar luz sobre las oportunidades que las prospecciones remotas ofrecen, ya sea como una fase introductoria de investigación previa a intervenciones en campo o como una herramienta para evaluar el potencial arqueológico de una determinada geografía. Es por ello que esta investigación no sólo busca enriquecer nuestra comprensión de las potencialidades arqueológicas en Urabá, sino también establecer un modelo metodológico adaptable a contextos similares en todo el país. El uso de la teledetección como eje central no solo expande nuestros horizontes científicos, sino que también brinda nuevas perspectivas sobre la investigación arqueológica en regiones desafiantes y complejas, Urabá, es el estudio de caso que nos lleva alcanzar dicho objetivo.

Así, con una mezcla de pasión por el pasado y curiosidad por el futuro, esta se convierte en una ruta para adentrarse en el mundo de la arqueología espacial, confiando en que las herramientas de hoy nos guiarán hacia un entendimiento más completo de los misterios del ayer.

Planteamiento del problema y objetivos

Un considerable número de investigaciones ha sido llevado a cabo en puntos específicos del paisaje de Urabá, donde previamente se han encontrado artefactos arqueológicos de manera accidental por parte de las comunidades locales. Algunas de estas investigaciones son producto de la arqueología preventiva (Arqueonorte, 2013; Del Cairo & Palacio, 2016), mientras que otras se centran directamente en indagaciones arqueológicas enfocadas en asentamientos (Santos, 1982, 1989; Correal, 1983; Mora, 1986; Uribe, 1988). Sin embargo, hasta el momento no se ha profundizado en cómo establecer o definir un yacimiento como una categoría de análisis más allá del espacio en donde él o la investigadora recupera los restos materiales.

En exploraciones más recientes, los sitios arqueológicos han sido tratados como puntos aislados o con una baja correlación entre ellos. A pesar de las continuas menciones de patrones de asentamiento en las conclusiones, estas relaciones interpretativas no han sido debidamente desarrolladas. Las únicas conexiones trazadas se basan en la asociación tipológica de motivos, formas y tecnologías cerámicas y líticas. Por tanto, es imperativo revisar nuevamente tanto las investigaciones como sus hallazgos, junto con su ubicación geográfica.

Aproximadamente una década después del primer reporte en 2011, sobre el descubrimiento de redes de canales de control de agua y terrazas de cultivo en Urabá, similares a las existentes en los ríos Sinú y San Jorge (Vélez, 2011) que desencadenó testimonios de residentes locales sobre piezas cerámicas y líticas halladas en planicies, zonas inundables y humedales circundantes, reaparecen los estudios sobre las estructuras hidráulicas en 2019 creando expectativa frente a esta zona de interés arqueológico. En vista de lo anterior, el enfoque central de este ejercicio recae en explorar los alcances de los sensores remotos para la investigación de dichas estructuras hidráulicas, con el objetivo de demostrar su viabilidad práctica.

El objetivo primordial de esta investigación radica en evaluar la viabilidad y eficacia de la utilización de sensores remotos de baja y media resolución en el ámbito de la arqueología, específicamente enfocados en la identificación y análisis de contextos hidráulicos. A través de un enfoque minucioso y sistemático, se busca determinar la capacidad de los sensores para detectar características y patrones asociados a sistemas hidráulicos prehispánicos.

Esta indagación se convierte en un paso esencial hacia la comprensión de cómo las tecnologías modernas, como la teledetección, pueden contribuir significativamente en la

exploración y estudio de estas estructuras arqueológicas, permitiendo una visualización y análisis más detallados de los elementos que conforman estos contextos. Al explorar la posibilidad de utilizar sensores remotos para identificar modificaciones hidráulicas, se abre la puerta a nuevas perspectivas en la investigación arqueológica, que podrían revelar información valiosa sobre la relación entre las actividades humanas y el entorno acuático en épocas prehispánicas.

A partir del examen de los registros previamente consignados en investigaciones, identificando patrones de asentamiento y ocupación en el periodo prehispánico y colonial, se pretende crear un banco de datos que permita el reconocimiento del paisaje a través de la teledetección y los SIG, incluyendo una aproximación a la detección mediante sensores multiespectrales para proporcionar información basada en investigaciones previas arrojando luz sobre estructuras hidráulicas.

El resultado de este análisis permitirá identificar los indicios de canales y camellones, centrándose en las posibles estructuras hidráulicas mencionadas anteriormente para demostrar la viabilidad del uso de la teledetección. En este sentido, el objetivo no solo es evaluar detalladamente los datos y marcos metodológicos, sino también revisar las interpretaciones previas de la evidencia arqueológica.

1. Capítulo 1: La mirada desde el cénit: SIG y teledetección en la exploración arqueológica.

La teledetección ha sido empleada para el reconocimiento de áreas de interés geográfico (Palacios, Bueno & Uribe, 2017). Desde la obtención inicial de imágenes fotográficas individuales y la cartografía basada en imágenes superpuestas (mosaicos), hasta la implementación de tecnologías innovadoras como ciertos radares e instrumentos de ondas que permiten la exploración en espectros más allá de lo visible.

Esta técnica ha significado una revolución en la forma de explorar el espacio cuyo impacto real apenas ha comenzado a ser explorado masivamente dentro de la disciplina arqueológica en las últimas dos décadas y ha sido poco explorado en la praxis disciplinar nacional, pero posee mucho potencial a nivel práctico y analítico. Una de las figuras que abanderó la implementación de los sensores remotos en arqueología es Sarah Parcak (2021) quien es conocida por su trabajo pionero en la aplicación de la teledetección y análisis de imágenes satelitales que permiten descubrir, documentar, analizar y proteger los sitios arqueológicos. La autora ha realizado contribuciones que van desde el mapeo de sitios arqueológicos ocultos bajo la superficie, la identificación de estructuras y patrones anómalos del paisaje, hasta la implementación de software y programas de formación para la comunidad arqueológica, fomentando el uso de las nuevas tecnologías, la protección del patrimonio cultural, la prevención del saqueo, la defensa de la arqueología pública y la educación en arqueología a los diferentes públicos, como lo señala Parcak:

La arqueología espacial ha recorrido un largo camino desde sus inicios a bordo de globos aerostáticos amarrados. En muchos sentidos, hemos cerrado el círculo: de los aviones al espacio exterior y, ahora, de nuevo más cerca de la tierra, con artefactos voladores semiautónomos en miniatura que nos otorgan un control mucho mayor sobre las áreas cuya imagen estamos registrando. Los drones son una nueva frontera para la cartografía de yacimientos, aunque todavía no se pueden usar para cartografiar grandes paisajes, y en muchos lugares del mundo están rotundamente prohibidos. Aunque de momento solo podemos imaginarlo, es posible que antes de lo que pensamos llegue el día en que seamos capaces de hacer levantamientos cartográficos a una resolución de una pulgada, y poder ver así fragmentos de cerámica de forma individualizada sobre la superficie de un yacimiento

desde el espacio, a 600 kilómetros de distancia. Cuánta información adicional se podría divulgar por ese procedimiento. (Parcak, 2021, pág. 70)

A continuación, se pretende en primer lugar, ofrecer una descripción histórica de este instrumento, que cuenta con la dualidad de ser una técnica y un método simultáneamente la relevancia que ha tenido en otros campos disciplinares. En segundo lugar, se pretende ofrecer una definición operativa, así como la descripción de su funcionamiento, con el objetivo final fundamental de describir el panorama actual de la aplicación de esta metodología en la arqueología colombiana.

1.1 Más allá de los límites visibles: la historia de la teledetección

En los albores del siglo XX, cuando las fronteras de la exploración terrestre se extendían, un nuevo horizonte comenzó a emerger desde lo alto. De acuerdo con Montufo Martín (1992), Bognanni (2011), Papetti (2007) Puche Riart, (1987) Olaya (2014) Pastor, Murrieta & Garcia (2013) Palacios, Martin Bueno & Uribe (2017), las bases que permitieron gestar la teledetección se daran en 1822 cuando Isaac Newton descubre la descomposición de la luz blanca por medio de un prisma permitiendo la eventual aparición de la fotografía. Posteriormente con las patentes de Gaspar Felix de Tournachon para la obtención de fotografías aéreas en 1844, en 1851 y 1858 cuando Laussedar ejecutó los primeros levantamientos de fotografía aérea desde globos y cometas, tendríamos los primeros ejemplos de fotografía aérea rudimentaria, que continuarán hasta las últimas décadas de 1800 cuando visionarios como Samuel Pierpont Langley y Julius Neubronner llevaron la visión del vuelo y la captura de imágenes a nuevas alturas. Langley, con sus experimentos de aeronaves propulsadas por vapor, y Neubronner, con su innovador uso de palomas mensajeras para fotografiar áreas desde el cielo, marcaron el comienzo de una fascinante evolución que desembocará en el uso de imágenes satelitales (Moisset, 2013; Universidad de Pittsburg, s.f.).

Sin embargo, sería durante la Primera Guerra Mundial cuando la teledetección tendría su primer impulso significativo. Desde las trincheras y el cielo, las fuerzas armadas comenzaron a utilizar aeronaves para capturar imágenes del campo de batalla y reconocer áreas de interés estratégico. Los primeros indicios de lo que se convertiría en la moderna teledetección estaban en marcha. La posguerra vio la continuación de la exploración de la teledetección. La tecnología se

desarrolló gradualmente, con avances como la invención de la cámara aérea y la mejora de la calidad de las imágenes capturadas. A medida que la aviación evolucionaba, también lo hacía la teledetección (Parcak, 2021).

El avance tecnológico dio un salto adelante con la llegada de los satélites artificiales y la exploración espacial. La Unión Soviética lanzó el Sputnik 1 en 1957, marcando el comienzo de una nueva era de observación de la Tierra desde el espacio (Mitchell, 2007). Esta revolución espacial allanó el camino para la adquisición de imágenes globales y la expansión de la teledetección a una escala sin precedentes. Después de esto se pusieron en marcha los desarrollos que marcarían los hitos históricos subsiguientes, en palabras de Parcak (2021)

La carrera espacial trajo consecuencias inopinadas para los arqueólogos de la actualidad. Desarrollados en los años cincuenta, CORONA, LANYARD y ARGON eran programas secretos de espionaje por satélite del gobierno que cartografiaban actividades rusas durante la Guerra Fría. Desde 1960 hasta 1972, los cohetes espaciales lanzaron al espacio sistemas de cámaras que captaban imágenes de grandes extensiones de la superficie terrestre y generaban fotografías de alta resolución en blanco y negro. Un avión especialmente diseñado para ello recogía las cápsulas con la película cuando caían de vuelta a la tierra en paracaídas. Estas fotos tenían una resolución revolucionaria de hasta 1,8 metros por píxel y contribuyeron a cartografiar países en vías de desarrollo antes de que su población aumentara en los años sesenta y setenta (Parcak, 2021, p. 43).

Desde entonces, la teledetección ha seguido evolucionando de la mano de la tecnología aeroespacial y la percepción remota pero también de la informática lo que ha permitido un avance sustancial en el tipo de recuperación y análisis de imágenes, llevando sus aplicaciones a diversos campos. Ha permitido la monitorización de la tierra, el estudio de los cambios ambientales, la gestión de recursos naturales y la arqueología, entre muchas otras disciplinas. Los orígenes modestos de la teledetección en los cielos de la guerra han dado paso a una herramienta poderosa y versátil que sigue desvelando los secretos de nuestro planeta y su historia desde nuevas alturas.

Podría decirse que el inicio de la relación entre arqueología y fotografía aérea fue accidental. partir del reconocimiento aéreo, las primeras fotografías desde un avión fueron realizadas en 1909 en Centocelli, Italia (Bognanni, 2011), los pilotos observaron anomalías en

el paisaje y más tarde la fotografía aérea fue implementada en las exploraciones arqueológicas como lo señala Bognanni:

La fotografía aérea fue utilizada en aplicaciones arqueológicas desde principios del siglo XX para el caso de la ciudad romana de Ostia, Italia (tomadas desde un globo aerostático), y en el sitio arqueológico de Stone Henge (Inglaterra) obtenida por el teniente P.R. Sharpe desde un globo de guerra (2011, p. 99).

Cerca del año 1922, investigadores usaron la fotointerpretación en sitios celtas y romanos, sentando el inicio de lo serían las bases de la teledetección para el uso arqueológico (Papetti, 2007). Sin embargo, fue en la década de 1960 cuando la teledetección comenzó a llamar la atención de los arqueólogos con el nuevo movimiento de la arqueología procesual, que impulsó una arqueología más científica dispuesta a argumentar sus hallazgos (Parcak, 2021). Con la llegada de los satélites, la posibilidad de observar la Tierra desde lo alto generó un entusiasmo renovado en la comunidad arqueológica. La primera chispa se encendió cuando los investigadores comenzaron a darse cuenta de que las imágenes capturadas desde el espacio podrían revelar patrones y características veladas bajo el suelo, mostrando cada vez mayor interés por la técnica naciente como lo expresa Parcak:

El movimiento impulsó una arqueología más científica. Junto con el floreciente subcampo de la arqueología de los asentamientos, la llamada de atención procesual contribuyó al nacimiento de la investigación arqueológica moderna. Estimuló un cambio de perspectiva, de concentrarse en yacimientos concretos pasó a tener en cuenta los paisajes circundantes y a comprender que el entorno desempeñaba un papel fundamental en el cómo y el porqué de la evolución de los sitios arqueológicos. Los avances en las técnicas de datación, los análisis químicos de restos y la informática arqueológica añadieron un impulso a la ciencia arqueológica. Estas tendencias más amplias hicieron que los arqueólogos, si eran escépticos, se volvieran más abiertos a las aplicaciones de las tecnologías espaciales que proponía Sever *en 1983*¹ (2021, p. 68).

¹ Cursivas mías.

A medida que transcurría el tiempo, los arqueólogos comenzaron a utilizar la teledetección de manera sistemática y rigurosa. Las imágenes de satélite permitían identificar patrones de vegetación, cambios en el relieve y variaciones en la reflectancia, que a menudo indicaban la presencia de estructuras enterradas o restos arqueológicos. Esta nueva perspectiva desde las alturas abrió la puerta a la detección de antiguas ciudades, caminos y asentamientos humanos que habían permanecido ocultos durante siglos (Parcak, 2009). Hoy en día, la teledetección se ha entrelazado profundamente con la arqueología. Los arqueólogos utilizan imágenes de satélite, drones y otras tecnologías para explorar terrenos desconocidos, desvelar antiguos tesoros y revelar historias olvidadas. La teledetección ha pasado de ser una idea prometedora a una herramienta esencial, iluminando el pasado desde alturas inimaginables y conectando generaciones a través del tiempo.

En las últimas décadas con la aparición de nuevas tecnologías asociadas a la percepción remota, como las cámaras multispectrales e hiperspectrales, que pueden detectar diferentes longitudes de onda de la luz proporcionan información diferente sobre la superficie terrestre; el acceso libre de imágenes satelitales en plataformas como Earth Explorer, Google Earth o Bing, y el desarrollo de computadoras con mayores capacidades para el procesamiento de datos asociados a la era digital, se dispone de la capacidad de adquirir, almacenar y procesar grandes volúmenes de datos para análisis más avanzado y eficiente y de bajo costo de las imágenes capturadas por los sensores remotos. Finalmente, la diversificación de aplicaciones de los sensores remotos en diferentes campos, convierte la teledetección en un utensilio ventajoso para diversas disciplinas como la arqueología, el cuidado y protección ambiental, la cartografía social, la predicción de fenómenos de degradación de suelo, monitorización de factores agrícolas y de áreas de afectación de proyectos industriales².

En arqueología, el uso generalizado de estas técnicas ocurre de manera tardía, hasta la llegada del nuevo milenio, pues las investigaciones que hacían uso de la teledetección a nivel global eran escasas. El país norteamericano es quien, por la época de los ochenta, contiene los mayores desarrollos en el campo, como lo expresa Montufo (1991):

Las aplicaciones de la teledetección en arqueología han experimentado un notable auge en los años 80, sobre todo en Estados Unidos, donde en el campo de la arqueología de gestión

² Véase los aportes de Paegelow y Camacho, 2010 sobre la cartografía cronológica de usos de suelo, los avances en aplicación de teledetección para el análisis multitemporal de la regresión glaciaria en Perú, de Alva y Melendez, 2009 y el análisis de deforestación tropical en un caso venezolano por Chuvieco, Salas y Meza, 2002.

se han desarrollado numerosos ejemplos que enfatizan el potencial que presenta la teledetección en la arqueología territorial; asimismo, la teledetección comienza a ser un tema de debate en la arqueología española, de forma que ya se han celebrado diversas ediciones de las Jornadas sobre Teledetección y Geofísica aplicadas en Arqueología (Madrid, 1986, Mérida, 1987, Aveiro, 1989 & Huelva, 1991), aunque por el momento los trabajos dedicados a teledetección suponen sólo la mínima parte de las comunicaciones presentadas a dichas (p. 426).

Con el advenimiento de las técnicas digitales que permiten adquirir, almacenar y procesar grandes volúmenes de datos de manera más eficiente, la teledetección ha encontrado una amplia gama de aplicaciones en campos como la agricultura, la gestión de recursos naturales, la climatología y la monitorización de desastres naturales y otros posibles.

2. Capítulo 2: Explorando el espacio invisible: el concepto de teledetección

La teledetección permite llevar a cabo exploraciones a distancia mediante la utilización de sensores capaces de capturar diversos tipos de información. En este sentido, esta disciplina puede entenderse como un método, ya que opera a través de una serie de procesos que culminan en la etapa de fotointerpretación, la cual no solo posibilita la construcción de representaciones visuales, sino también la interpretación de los datos recopilados. Asimismo, puede ser presentada como una técnica, ya que requiere seguir ciertos lineamientos específicos para su ejecución.

Con el avance tecnológico, se han producido mejoras significativas en la adquisición de datos y la automatización del proceso, lo cual ha democratizado su acceso y uso, incluso, para quienes no cuentan con especialización en las bases teóricas que la respaldan, como es el caso de la física. Esta evolución ha llevado a la apertura de estas herramientas al ámbito académico y público en general, permitiendo su aplicación en una variedad de disciplinas.

Inicialmente, la teledetección surge del interés de relacionar la información geográfica con la creciente cantidad de fotografías aéreas y la posibilidad de observar elementos en otras escalas, es por ello que, varias disciplinas como la geología, la geografía, la biología, además instituciones gubernamentales, han hecho uso de estas tecnologías, para el estudio de suelos, captación de recursos, alteraciones, disposiciones geológicas y litológicas, rastreo de cuencas hidrográficas, estudios ecológicos y cambios ambientales, etc.. Como producto de esta diversidad de enfoques, surgen las diferentes definiciones de teledetección, Sacristán Romero (2006) la define como:

Un sistema de adquisición de datos a distancia sobre la biosfera, que está basado en las propiedades de la radiación electromagnética y en su interacción con los materiales de la superficie terrestre [...] todos los elementos de la naturaleza tienen una respuesta espectral propia que se denomina *signatura espectral*, La teledetección estudia las variaciones espectrales, espaciales y temporales de las ondas electromagnéticas, y pone de manifiesto las correlaciones existentes entre estas y las características de los materiales terrestres (p. 16).

La teledetección aparece con diferentes acepciones indicando un resultado similar, equivalente a poner de manifiesto aquello que no puede ser observado directamente, empleando

técnicas basadas en principios físicos o químicos (Puche Riart, 1987), algunos de ellos como la óptica y la electrónica (Pérez & Muñoz, 2006). Partiendo así del estudio y medida de las características de una serie de objetos, en este caso la superficie terrestre, sin que exista contacto físico, midiendo sus perturbaciones de tipo electromagnético (Olaya, 2014).

Esta percepción remota se relaciona con la capacidad de identificar propiedades cualitativas y cuantitativas de los objetos a distancia (Catuna, 1995), sin que exista un contacto material, solo la interacción entre el entorno y los diferentes sensores (Neria Álvarez, 2010; Pannaccione, 2016; Montufo, 1991), permitiendo calcular aspectos como distancias a fuentes hídricas, distancia entre dos puntos y revelando otros como elevación, relieve, corredores naturales y fluctuaciones entre la energía reflejada o emitida por estructuras o alteraciones producidas por eventos antrópicos (Kroonenberg, 1983; Palacios, Bueno & Uribe, 2017). A partir de sensores situados en el aire o el espacio, capaces de detectar y almacenar la información para su posterior análisis (Palacio & Bueno, 2004; Universidad de Murcia, 2003) esta información puede ser en forma de luz, calor, ondas de radio y radiación (Bognanni, 2011). Esta frecuencia de ondas es explicada por Palacios y Martín (2004):

La radiación electromagnética se puede definir por su frecuencia o su longitud de onda. La extensión de longitudes de onda abarca toda la radiación electromagnética conocida se denomina espectro electromagnético, que comprende desde los rayos cósmicos, los rayos gamma, los rayos X hasta la radiación ultravioleta, visible e infrarroja, pasando por la energía de microondas. El espectro electromagnético está dividido en secciones según la longitud de onda (bandas). (p. 338).

De las anteriores bandas, solo algunas de ellas son usadas en la teledetección. Montufo (1991) en la década de los noventa, las divide en cuatro según la clasificación del espectro electromagnético. Se tiene entonces el espectro visible, perceptible a simple vista al ojo humano, abarcando las radiaciones comprendidas entre 0.4 y 0.7 μtm , distinguiendo tres bandas elementales denominadas azul (entre los 0.4 y 0.5 μtm), verde (0.5-0.6 μtm) y roja (0.6-0.7 μtm). Luego el infrarrojo próximo, siendo la radiación no visible con longitudes de onda superiores a las visibles, comprendidas entre 0.7 y 1.3 μtm , posteriormente, el infrarrojo medio abarca las radiaciones

comprendidas entre los 1.3 y 8 μm , radiación reflejada por la superficie terrestre. Por último, el infrarrojo térmico se refiere a las longitudes de onda comprendidas entre 8 y 14 μm , se trata de energía emitida por la tierra y no por la superficie de la misma.

De manera semejante Kroonenberg (1983) centrándose en la geomorfología, ha definido que estos sistemas de sensores remotos se apoyan en los elementos mencionados por Sacristán Romero (2006) señalando los recursos sobre los cuales se basa un sistema de teledetección, en donde para obtener la información de las geoformas terrestres es necesario el enfoque de tres elementos: la información espacial, espectral y temporal (Pág., 338), la primera haciendo alusión a su ubicación y distribución en el espacio, la segunda a la interacción de los materiales en superficie terrestre con la radiación electromagnética expresados en tonalidades de grises, falsas coloraciones y colores naturales. Por último, se alude a las transformaciones que ocurren en un período de tiempo, con el propósito de evaluar su influencia y efectuar una valoración longitudinal de sus efectos. Su visión, reitero, está orientada desde el campo de la geología, sin embargo, es esta misma definición mencionada la que va a dotarla de su importancia dentro de la arqueología.

(La teledetección)³ es definida como el registro y la interpretación de información sobre rasgos u objetos sin estar en contacto con ellos, el término teledetección incluye el principio físico de la detección remota y está restringido a los métodos que emplean energía electromagnética en forma de luz, calor y ondas de radio, para detectar y medir características de los objetos. Esto se mide a partir de las diferencias de energía reflejada (Bognanni, 2011, p. 92).

En la esfera ecológica respecto a la identificación de patrones de uso del suelo y recursos naturales, pueden ser empleadas para identificar modificaciones como la deforestación, la degradación del suelo y la explotación de recursos naturales en diferentes regiones. Esto ayudaría a entender cómo las sociedades interactúan y gestionan su entorno, permitiendo la identificación de prácticas y en otras fases en la formulación de herramientas de intervención como se hace en los proyectos ambientales (Catuna, 1995).

Por otro lado, en antropología social presenta un potencial aún inexplorado para abordar cuestiones sociales y culturales en contextos más amplios. Algunos de ellos como el análisis de

³ Las cursivas son mías.

patrones de migración y movilidad humana con el cual se podrían rastrear pautas a lo largo del tiempo y en diferentes regiones, analizando patrones de desplazamientos y movimientos de poblaciones, lo que proporciona información valiosa sobre dinámicas sociales y culturales, así como desafíos relacionados con este campo (Bognanni, 2011). De forma similar, el monitoreo de cambios en comunidades rurales y urbanas podrían ser utilizados para monitorear y evaluar cambios en comunidades incluyendo la expansión urbana, el crecimiento poblacional o cambios en la infraestructura, permitiendo un análisis de las transformaciones socioculturales en distintos entornos y su impacto (Sandoval Carabalí, 2022).

La integración de sensores remotos a la antropología social abre nuevas perspectivas para estudiar cuestiones sociales y culturales en contextos más amplios y complejos (Olaya, 2014). Estas propuestas podrían enriquecer significativamente la forma en que se abordan los desafíos sociales y culturales, aportando conocimientos más profundos además de generar acercamientos más estrechos con el tipo de comunidades sobre los cuales se investigan, generando productos de divulgación diferentes a los artículos investigativos, permitiendo generar cartografías sociales en conjunto con las colectividades.

La teledetección, como técnica en arqueología, se ocupa de la adquisición e interpretación de la información sobre un entorno a partir de las medidas realizadas sin establecer contacto físico con él. Esto permite prospectar de manera remota observando posibles zonas de hallazgos potenciales. Este sistema aporta una información valiosa para la caracterización de estructuras, permite el seguimiento multitemporal de los fenómenos que se observan, además de una visión más amplia del terreno (Palacios, Bueno & Uribe, 2017), posibilitando el establecimiento de relaciones espaciales de maneras antes no concebidas en una arqueología mayormente de sitio.

2.1. Tipos de teledetección

Dentro de los tipos de percepción remota, distintos autores ofrecen su propia clasificación, algunos de ellos integran en la teledetección otras técnicas de observación terrestre, como una técnica de observación remota (Chuvienco, 1990), para el procesamiento de análisis satelitales (Palacios & Bueno, 2004), para el análisis de firmas espectrales (Paul R, Wolf, 2014), como un sistema de procesamiento de captura de datos, o como técnica multiespectral y multitemporal (McGillivray, 2017), para estudios ambientales o cambios en el uso de los suelos (Tecuatpetlla,

Villamil y Cruz, 2021), como herramienta arqueológica (Sarah Parcak, 2021), así como una de las diversas subtécnicas de la fotogrametría (Zapata Ocampo, 2004). En cualquier caso, es importante comprender que esta herramienta ha sido entendida a través de los campos en los que se aplica, siendo redefinida en numerosas ocasiones.

Inicialmente las disciplinas de la geofísica, la química y de estudios fotográficos focalizaron su uso como una herramienta de observación distante que permitía prospectar campos mineros (Puche Riart, 1987). Los tipos de teledetección originalmente fueron determinados a partir de sus condiciones primarias de uso y las características de los materiales con los que se recolectaba la información. En los sistemas de sensores remotos, los elementos tecnológicos para posibilitar su uso son la plataforma y el sensor, como lo indican Olaya (2014):

El sensor es el elemento que incorpora la capacidad de «leer» la radiación electromagnética y registrar su intensidad dentro de la una zona concreta del espectro [...] es el aparato que nos permite «tomar» la imagen, y puede ir desde una simple cámara fotográfica hasta un sensor más especializado capaz de tomar cientos de bandas en una región del espectro de gran amplitud. La plataforma, por su parte, es el medio en el que se sitúa el sensor y desde el cual se realiza la observación (pueden ser terrestres, como aviones o globos aerostáticos y aquellas fuera de la atmósfera, como los satélites) (p. 128).

A partir de lo anterior, surgen dos divisiones respecto a los tipos de teledetección, el primero se refiere a los tipos de sensores y los segundos se refiere al tipo de obtención de la información. De acuerdo con Palacios, Bueno & Uribe (2017), Los sensores activos y pasivos son dos categorías fundamentales de dispositivos utilizados en teledetección para capturar información sobre la superficie terrestre y otros objetos desde una distancia determinada, ambas categorías se definen en función de cómo interactúan con la radiación electromagnética proveniente del objetivo de estudio y juegan roles clave en la obtención de datos.

Por un lado, los sensores pasivos registran la radiación electromagnética natural emitida o reflejada por los objetos en la Tierra sin requerir una fuente de energía externa, por lo que funcionan al detectar la radiación que llega a ellos, sin alterar el objeto de estudio. Algunos ejemplos de sensores pasivos incluyen cámaras digitales, cámaras multiespectrales y radiómetros infrarrojos (Montufo, 1991, 1992). A partir de estas señales, es posible analizar propiedades como

la vegetación, la temperatura de la superficie y la composición química (Bognanni, 2011). En este caso, el Landsat, que es un conjunto de satélites de observación terrestre, utiliza sensores pasivos para capturar imágenes multiespectrales de la Tierra, registrando la radiación electromagnética en diferentes bandas del espectro visible e infrarrojo cercano, lo que finalmente permite identificar características como vegetación, cuerpos de agua y áreas urbanas.

Por otro lado, los sensores activos emiten una señal electromagnética hacia el objeto de estudio y luego miden la señal reflejada o dispersada que regresa a ellos. Los sensores generan su propia fuente de energía para iluminar el objetivo y luego miden cómo interactúa esa energía con la superficie (Puche Riart, 1987; Neria Álvarez, 2010). Los sensores activos son útiles para obtener información detallada sobre la estructura superficial y la topografía. Un ejemplo de este tipo de sensores es el radar, otro es el satélite Sentinel-1, parte del programa Copernicus de la Agencia Espacial Europea (ESA), que utiliza un radar de apertura sintética (SAR) para realizar observaciones activas de la superficie terrestre. Este emite pulsos de radar y mide el eco reflejado, lo cual permite la creación de imágenes de alta resolución de la topografía, detectar cambios en la elevación del terreno y monitorear movimientos del suelo (Palacios & Bueno, 2004).

Autores como Neria Álvarez (2010) definen las influencias posibles entre la radiación y los objetos, dado que la teledetección funciona a partir de la energía procedente del fenómeno a estudiar, por lo tanto, es necesario definir su interacción. De esta manera, dependiendo de la incidencia de la radiación electromagnética sobre las mismas se podrán presentar tres escenarios: de absorción, cuando el objeto tome la energía procedente de la radiación, transmisión, cuando la radiación atraviesa la superficie o el objeto y continúa su trayectoria, y, finalmente, la reflexión, cuando ocurre el efecto de rebote sobre el objeto y esta vuelve al espacio (Universidad de Murcia, 2003) (Olaya, 2014). No obstante, otros autores como Catuna (1995) han trabajado la teledetección para el estudio de las características de los espacios terrestres, definiendo la emisión y la transmisión como escenarios adicionales de perturbaciones en la propagación de la energía.

Debido a la interacción entre la radiación y el objeto, se genera una firma espectral particular. Esta signatura es un concepto fundamental en teledetección pues establece la relación entre la reflectancia de la radiación electromagnética y las diferentes longitudes de onda del espectro electromagnético. El procesamiento de la firma espectral, genera una huella dentro del espectro electromagnético y es lo que permite que sea posible visualizar y distinguir unos elementos de otros a partir del reconocimiento de su respuesta óptica (Olaya, 2014).

Dentro del contexto de las plataformas, la literatura define dos categorías de sensores remotos: aquellos tripulados, que son operados por pilotos para la fotografía aerotransportada, como los globos aerostáticos, cámaras aéreas utilizadas por científicos y fotógrafos para la captación de imágenes y cámaras de aviones de investigación (Pérez & Muñoz, 2006). Por otro lado, se encuentran las plataformas semi tripuladas, que se distinguen por su funcionamiento automático y control digital, como en el caso de las imágenes satelitales de alto espectro, como el Landsat (Zapata Ocampo, 2004), o la tecnología LiDAR llevada a cabo mediante el uso de drones o plataformas de vuelo de corto alcance, o con cámaras térmicas o multiespectrales (Palacios, Bueno & Uribe, 2017).

Un componente esencial del proceso de teledetección reside en la resolución, cuyos atributos del sistema definen los niveles de detalle presentes en los productos resultantes de las combinaciones entre los sensores y las plataformas, las cuales facilitan la adquisición de los datos (Olaya, 2014). La resolución se desglosa en cuatro categorías (Sacristán Romero, 2006) (Kroonenberg, 1983): la resolución espectral, que señala el número y el ancho de las bandas espectrales, desde las cuales el sensor recopila los datos; la resolución espacial, que establece la menor separación angular o lineal entre dos objetos y corresponde al tamaño del píxel, la resolución temporal, que denota el intervalo temporal entre la obtención de información de dos imágenes y la resolución radiométrica, que determina la cantidad de intervalos de intensidad perceptibles por el sensor (Palacios Jurado & Martín Bueno, 2004) (Bognanni, 2011), (Olaya, 2014) (Palacios Jurado & Martín Bueno, 2017) (Universidad de Murcia, 2017).

A comienzos de la década del 2000, Pérez Muñoz (2006) propuso incorporar un quinto tipo de resolución, conocida como angular, que hace referencia a la capacidad de un sensor para capturar imágenes oblicuas. Esto acelera los ciclos temporales de recubrimiento, permitiendo la creación de imágenes estereoscópicas y la reconstrucción topográfica.

3. Capítulo 3: La teledetección en arqueología

La teledetección se puede usar en arqueología para detectar y mapear sitios arqueológicos desde el aire o desde el espacio, facilitando así la localización y prospección arqueológica de forma no intrusiva (Palacios Jurado & Martín Bueno, 2004). Una de las ventajas notables que presenta la utilización de herramientas de teledetección es su capacidad para funcionar en diversas condiciones meteorológicas de manera autónoma, lo que permite la adquisición de datos, incluso, en situaciones que podrían considerarse desafiantes para los investigadores, lo que a su vez posibilita la recopilación de información geoespacial y temporal relativa a los aspectos ambientales. Además, facilita la realización de estudios relacionados con los nichos ecológicos que podrían haber influido en las poblaciones en cuestión (Pannaccione, 2016) (Sandoval Carabali, 2022) entre otras posibilidades como lo expresa Sandoval Carabali (2022):

Aunque las tareas de los arqueólogos todavía suelen estar relacionadas con las excavaciones y prospecciones, con estos nuevos métodos y corpus teóricos es posible un mejor acercamiento a las formas de vida de las poblaciones antiguas y la resolución de problemas actuales. Un ejemplo de esto es la implementación de las investigaciones y publicaciones que usan la teledetección; la cual permite observar y entender cambios en los nichos ecológicos efectuados por los seres humanos (cambios antrópicos), como las fluctuaciones en el uso de la tierra o modificaciones en el paisaje por construcciones monolíticas, gracias a la ejecución de sensores y el seguimiento de estos a través del procesamiento e interpretación digital. (p. 49).

Los componentes principales de la teledetección en arqueología incluyen, en primer lugar, la adquisición de datos por métodos físicos, descritos con anterioridad. El siguiente paso, en segundo lugar, obedece al tratamiento y evaluación de los datos en beneficio del tema de investigación llevado a cabo bajo las fases de preprocesamiento de los datos recopilados. Esto implica la eliminación de ruido y la corrección de distorsiones para obtener una imagen o datos precisos y útiles. Posterior a ello, viene el análisis en donde se examinan los datos para identificar patrones y características en el terreno que puedan ser indicativas de sitios arqueológicos, que sirve

para separar los datos de interés arqueológico y aquellos elementos relevantes para la investigación. Como lo expresan Palacios, Bueno & Uribe, (2017):

Un ejemplo es la discriminación de posibles elementos arqueológicos mediante la detección de la radiación infrarroja térmica emitida: puesto que los distintos terrenos y texturas tienen temperaturas características particulares, resulta posible identificar, así, el terreno suelto que pudo haber sido en el pasado. [...] La teledetección puede ser una técnica de descubrimiento en arqueología, ya que puede operar en áreas donde no se puede llevar a cabo una prospección mediante inspección sobre el terreno. Detectar en el suelo la elevación, distancia al agua, distancia entre emplazamientos o ciudades, corredores y rutas de transporte, puede ayudar a predecir la posición de potenciales yacimientos arqueológicos. También se puede utilizar como técnica de prospección, estudiando las características de la energía reflejada o emitida (p. 135).

Además, en el ámbito de la arqueología, la aplicación de la teledetección exige una validación en terreno debido a que los sitios arqueológicos identificados a través de esta metodología deben ser confirmados mediante excavaciones y análisis de muestras en el lugar (Parcak, 2009). De esta manera, esta herramienta se torna fundamental durante las etapas iniciales de exploración y prospección geofísica de un proyecto, destacando visualmente las áreas potencialmente relevantes y proporcionando la base informativa esencial para su estudio detallado.

Dentro de la optimización del proceso de teledetección en arqueología, se identifican varias medidas adicionales que podrían resultar en una mayor productividad. Entre estas, resulta pertinente considerar la integración de diversas fuentes de datos (Pannaccione, 2016). En lugar de depender únicamente del rastreo geográfico de sitios, es posible combinar múltiples fuentes de información para obtener una imagen más completa del área de interés (Papetti, 2007). Esta estrategia podría incorporar datos geofísicos, observaciones de campo, registros históricos y cualquier otro tipo de información relevante que complemente y enriquezca la investigación en curso.

Por último, el uso de análisis de datos avanzados, como el aprendizaje automático y la inteligencia artificial, podría ayudar a mejorar la precisión de los resultados y a reducir el tiempo necesario para procesar los datos. De igual manera, para ser llevado a cabo se debe involucrar a la

comunidad local en el proceso de teledetección ya que puede ayudar a generar información valiosa, comenzando con la formación profesional para que sea llevado a entornos no necesariamente académicos, generando así tal vez un vínculo más estrecho entre el patrimonio y la comunidad (Parcak, 2009).

Pérez & Muñoz (2006) han presentado su propuesta para el análisis de imágenes mediante la teledetección, siguiendo un patrón que va de la mano con las más recientes metodologías en la arqueología, considerando necesario un análisis de las imágenes procedentes del satélite, de manera visual o digital, seguido de la interpretación visual o fointerpretación, sin intervención de implementos electrónicos. Luego, el tratamiento digital orientado a la extracción de información temática del territorio, usando estadística o programas informáticos destinados a procesar grandes cantidades de datos. Este proceso es designado como campo de la clasificación digital desarrollado en tres fases: entrenamiento, asignación y verificación (p. 11).

Para erigir la relación con el espacio, en arqueología se han usado los sistemas de información geográficos SIG, los cuales sirven para procesar la información con un sentido espacial, crear modelos digitales de la realidad, enfatizando en las particularidades de los datos, los aspectos organizativos y de distribución (Escobar Piedrahita, 2018), que pudiesen servir como evidencia de las relaciones humanas. Como lo sugiere Olaya (2014):

Debe entenderse a un SIG como un elemento complejo que engloba una serie de otros elementos conectados, cada uno de los cuales desempeña una función particular, estos elementos son: los datos, los procesos, la visualización, la tecnología y el factor organizativo (p. 14).

El uso de herramientas de visualización, como software (SIG), pueden ayudar a los arqueólogos a visualizar los datos de teledetección en un contexto espacial y a tomar decisiones mejor informadas acerca de dónde concentrar los esfuerzos de excavación. Estas técnicas aparecen en 1990 como una herramienta para la observación de mapas de distribución, tanto de sitios arqueológicos como de los artefactos encontrados en ellos, ya que podían analizarse a pequeña y gran escala, siendo estudiados a través de las propuestas de arqueología espacial y la aproximación estadística. Todo esto con el fin de generar índices de representatividad y representación

cartográfica con mejores niveles de precisión que los alcanzados en aquellas realizadas en campo de forma manual, como lo manifiestan Pastor & García (2013):

A pesar de su gran utilidad en la identificación de tendencias generales, estos mapas de distribución difícilmente reflejaban la verdadera complejidad de los patrones espaciales de dichas distribuciones y las causas subyacentes, mientras que los cálculos manuales estaban sujetos a importantes limitaciones en cuanto a los volúmenes de datos manejables y en cuanto a la repetibilidad y replicabilidad de los estudios (p. 12).

Los SIG son creados para facilitar, por un lado, la gestión, manipulación, análisis, modelado, representación y salida de los datos georreferenciados (Neria Álvarez, 2010). Por otro lado, para resolver problemas o indagar sobre fenómenos determinados, a partir de la representación de los mismos a través de mapas digitales, permitiendo combinar el tipo de información, conversión de formatos y el uso de herramientas para hacer visible información oculta de los datos satelitales. En palabras de Olaya (2014):

Tradicionalmente, la teledetección se ha estudiado como una materia complementaria, pero en cierto modo separada de los Sistemas de Información Geográfica. Ello es debido principalmente a que se trata de una materia muy extensa cuyo desarrollo se ha producido en cierta parte de forma ajena al de los SIG. No obstante, a medida que ambos campos se han ido desarrollando, la convergencia entre SIG y teledetección se ha ido haciendo cada vez más evidente. No solo las aplicaciones SIG incorporan elementos para el manejo, tratamiento y análisis de datos procedentes de la teledetección, sino que las formulaciones de ambos ámbitos contienen elementos similares (p. 123).

Ahora, ya está claro que la combinación de datos detectados y los análisis espaciales amplifican las capacidades de ambos enfoques, no obstante, los SIG se ocupan del grueso de la información en bruto, que necesitará de las contribuciones constantes del investigador, por lo que el proceso de la teledetección es la fase primaria del estudio. Para ello, los elementos que componen un SIG como son las bases de datos espaciales, las bases de datos temáticas (Patiño, 1998), el conjunto de herramientas, los programas de apoyo y la comunidad que los ejecuta (Neria Álvarez,

2010) deben ser contemplados dentro de los requerimientos. Los datos obtenidos provienen de mapas, datos satelitales, datos de teledetección, GPS y datos tabulares o manuales, se cruzan permitiendo visualizarlos para realizar consultas o análisis, modelamientos y otros posibles usos que están aún en desarrollo.

Los SIG aparecen como tecnologías independientes, no es lo mismo un sistema de teledetección que un sistema de información geográfica, su diferencia radica en su funcionamiento y etapa de uso en la investigación. Estos sistemas son una herramienta tecnológica utilizada para capturar, almacenar, administrar, analizar y presentar datos geoespaciales, integrando datos geográficos, incluyendo información sobre la ubicación y atributos de diferentes elementos en la superficie terrestre, con herramientas de análisis espacial (Patiño, 1998).

Por lo tanto, mientras que la teledetección se centra en la adquisición de datos sobre la superficie terrestre mediante sensores remotos, un SIG es una herramienta que permite la captura, gestión y análisis de datos geográficos, incluyendo los datos obtenidos a través de la teledetección (Olaya, 2014). Ambas disciplinas se complementan y se utilizan de manera conjunta en muchos estudios, en el caso de la arqueología la razón principal para incluirlas dentro de las técnicas a usar fueron las deficiencias técnicas al momento de procesar los datos en un modelo global que distorsionaba algunas de las características fundamentales para su análisis.

Los sensores remotos y sus investigaciones han aportado significativamente a la arqueología al proporcionar una amplia gama de beneficios que han mejorado la identificación, documentación y comprensión de los sitios arqueológicos en todo el mundo (Parcak, 2009, 2021). La detección y localización de sitios arqueológicos con imágenes satelitales y fotografías aéreas, permiten identificar patrones y rasgos geomorfológicos en el paisaje que podrían indicar la presencia de sitios arqueológicos que posteriormente pueden ser investigados. Sin embargo, los lineamientos para hacerlo, según la legislación, aún tienen parámetros que no han sido definidos con especificidad en el ámbito investigativo.

Las modificaciones en la vegetación, alteraciones en el relieve del terreno y la identificación de estructuras ocultas pueden exponer zonas con potencial interés arqueológico. Esto resulta crucial para abordar áreas poco exploradas del país que comparten características con naciones vecinas, las cuales han requerido enfoques metodológicos especiales debido a las condiciones tropicales, la humedad, la nubosidad y desafíos de índole social y público. Esta habilidad para una detección ágil y no invasiva tiene el potencial de agilizar el proceso de mapeo

y localización de nuevos yacimientos arqueológicos, especialmente durante las primeras fases de investigación (Kvamme, 2006). Además, contribuye a mitigar el riesgo para la seguridad pública de los investigadores, cuyos hallazgos podrían poner en peligro la preservación del sitio, así como para el equipo que documenta estas evidencias.

Estos constituyen un campo fecundo para el estudio de los paisajes culturales, posibilitando una visión panorámica, especialmente útil, para estudios que involucran la interacción entre la sociedad humana y su entorno a lo largo del tiempo. La combinación de imágenes satelitales, fotografías aéreas y datos topográficos ayuda a identificar patrones de asentamiento, vías y caminos, sistemas agrícolas e hidráulicos y otros elementos culturales que se han desarrollado en un área determinada a lo largo de la historia, integrando elementos más allá de los visibles.

En el contexto global, la aplicación de la teledetección ha sido provechosa para la investigación del reconocimiento aéreo de los sitios arqueológicos. Países como Rumania se han encargado de la detección de áreas intervenidas por paisajes arados, resultando útil para la exploración y aplicación de datos estadísticos en el terreno (Oltean & Abell, 2012). Algo que sin duda ilumina el futuro arqueológico con herramientas tecnológicas y la aplicación de nuevas técnicas que pueden contribuir con la interpretación y entendimiento de las modificaciones antrópicas del paisaje por las culturas pretéritas. El apogeo de estos estudios aumentó con la llegada del nuevo milenio, con una mejor accesibilidad a este tipo de tecnologías y la divulgación de las técnicas en los países europeos como lo sugiere Trujillo:

Existe un creciente interés en círculos académicos por la aplicación de los SIG en arqueología, debido a su potencial (Brughmans et al., 2017, 2018; Chapman et al., 2003; Conolly & Lake, 2006; Gillings, 2012, 2015, 2017; Huggett, 2013; Johnson, 2006; Kohut, 2018; Landeschi, 2018; Llobera, 2003, 2012; Parcak, 2009; Wescott y Brandon, 2000; Wheatley, 2014; Wheatley & Gillings, 2002); la razón es que “es un poderoso conjunto de herramientas para la recolección, almacenamiento, recuperación, transformación y demostración de datos espaciales del mundo real, estos propuestos a objetivos particulares (Burrough & McDonnell, 1998. p. 11, citado por Trujillo, 2020).

En los países latinoamericanos se realizaron este tipo de esfuerzos, en un primer momento con la interpretación de fotografías aéreas en países como Argentina (Espiro & Papetti, 2006), Venezuela, Bolivia y las Guyanas (Rostain, 2017). Así como el uso de las tecnologías satelitales en Brasil (De Souza et al (2018) y la implementación de sistemas SIG en la arqueología venezolana en la primera década de los 2000 (Molina, 2009). Los esfuerzos en la amazonia brasileña dieron frutos al implementar el uso del levantamiento sistemático de imágenes satelitales para explorar los patrones de asentamiento y sitios potenciales generando modelos probables de distribución espacial con uso de variables como condiciones climáticas, cercanía intersitio, pendientes, proximidad a fuentes hídricas, estudios geo y micro morfológicos, índices de humedad y temperatura media y presencia de elementos en las trazas de carbón (De Souza, et al. 2018).

En el caso argentino, las investigaciones de Espiro & Papetti (2006) se encargaron de lo que se denominó como arqueología socialmente útil, buscando una actitud crítica y reflexiva que responde a las necesidades de la sociedad, en este caso, en la producción cartográfica con fines arqueológicos certificando la ocupación científica de los territorios que además de encargarse de la crítica histórica tenga la capacidad de ser eficaz y permita la reducción de costos en el campo de la prospección.

En Venezuela, la amazonia boliviana y las Guyanas, la aplicación de sensores remotos sirve para la diferenciación de zonas inundables y no inundables en el territorio, proporcionando la predicción de aquellos espacios donde pudieron intervenir las sociedades del pasado y evaluando, a través de medios cuantitativos, la predisposición de los sitios (Molina, 2009) (Rostain, 2017). Estos son solo algunos ejemplos de cómo se puede mejorar el proceso de teledetección en arqueología. La clave es encontrar formas de integrar diferentes fuentes de información y utilizar herramientas avanzadas para procesar y analizar los datos, teniendo en cuenta las posibilidades otorgadas por las nuevas tecnologías y la difusión de las mismas.

3.1 El espejo del tiempo: El uso de la teledetección en Colombia

El uso generalizado de la teledetección en el contexto colombiano se ha limitado a ciertos sectores y áreas del conocimiento como lo son el seguimiento del uso de suelos y la obtención de información biogeográfica y de ecosistemas colombianos (Perilla Suárez, 2019) (Yves François, Loic, & García Valencia, 2005), el campo de investigación forestal (Hoyos et al, 2017) y ambiental.

Olivella Cicero (2020) ha sido líder en el manejo de los sensores remotos como herramientas para la evaluación de cambios y patrones por variables biofísicas o antropogénicas. Por otra parte, la expansión agrícola ha generado la necesidad de supervisión sobre el manejo de las coberturas de tierra en el país (Medina Avellaneda, 2021), generando así una serie de metodologías establecidas para prevenir y explicar algunas de las dinámicas temporales, climáticas y ambientales en el país (Polanco López de Mesa, 2012). La teledetección en Colombia, también ha sido aplicada en el campo geológico con la creación de bases de datos geomorfológicas en la revisión de uso de los suelos, datos geológicos, litológicos y tectónicos (Prüssmann Uribe & Correa Arango, 2012) e incluso ha sido empleado para el monitoreo de procesos meteorológicos e indicadores de delimitación climática, siguiendo patrones de precipitación, temperatura y evaporación (Vargas Tobón, 2020). Por último, es pertinente mencionar las investigaciones de la Universidad Militar de Nueva Granada, en la especialización en Geomática, en donde se realizan esfuerzos para entender la importancia del análisis espacial y las múltiples posibilidades otorgadas por los sensores remotos como tecnologías de libre acceso, como es el caso del estudio de los posibles corredores de movilidad para la invasión mecanizada del ejército venezolano en la Orinoquia colombiana como ejercicio de un modelo predictivo (Basto Prieto, 2015).

3.2 El desafío legal: la regulación de la teledetección colombiana

La aplicación de tecnologías como los sensores remotos ha generado avances significativos en el campo de la arqueología, brindando nuevas y poderosas herramientas para la identificación y estudio de sitios. Sin embargo, el uso de estas tecnologías también ha planteado desafíos en términos de la necesidad de normativas para la aplicación de sensores remotos en la disciplina. En este contexto, la legislación sobre teledetección ha adquirido relevancia recientemente, buscando establecer un marco normativo que permita el uso responsable y adecuado de estas herramientas para la investigación en el país. En el protocolo de sensores remotos del ICANH (2021) se definen los sensores remotos como:

Conjunto de metodologías y técnicas para la observación y adquisición de información espacial y temporal por medio de diferentes sensores que no están en contacto directo con los objetivos analizados (Lillesand & Cols, 2008). Con esto, se puede afirmar que los

sensores remotos involucran el registro de la relación entre la superficie terrestre y los campos electromagnéticos visibles y no visibles. Implica desarrollar el procesamiento de dicha interacción para obtener características propias de los objetos o fenómenos del área (p. 7).

De acuerdo con lo estipulado por el ICANH, durante la etapa de obtención de la información se deben tener en cuenta los requerimientos legales estipulados en cada una de las resoluciones según sea el caso (investigativo, académico y proyectos de arqueología preventiva). Estas descripciones deben incluir detalladamente la etapa de preprocesamiento, abarcando tanto correcciones geométricas como radiométricas. En cuanto a las correcciones geométricas, se hace hincapié en la precisión de la ubicación de la imagen, asegurando que los datos cartográficos sean coherentes y alineados de manera precisa. Asimismo, las correcciones radiométricas abordan los efectos atmosféricos generados, buscando eliminar cualquier distorsión en los valores de brillo y contraste de la imagen original. Finalmente, una etapa de procesamiento de los datos que va a depender específicamente del tipo de investigación y manipulación de la información obtenida, dichos procedimientos pueden ser manuales, automatizados o semiautomatizados (ICANH, 2021, p. 10).

Más allá de esta información, realmente no existe ningún otro lineamiento disponible en la página web del Instituto. El protocolo desempeña un papel fundamental al establecer los cimientos para llevar a cabo el proceso de teledetección de manera integral, en pleno cumplimiento de la resolución número 1723 del 21 de diciembre de 2021. Esta resolución forma parte esencial del marco legal que regula la realización de la teledetección en contextos arqueológicos, conformando así un acto administrativo que garantice la adhesión a las disposiciones legales y normativas correspondientes.

Información más completa sobre el tipo de documentación o datos necesarios para ser anexados a las investigaciones arqueológicas con sensores remotos viene incluida en los términos de referencia para los programas de arqueología preventiva, en donde se solicita el modelo de datos incluyendo polígonos generales y específicos de exploración, tablas de metadatos y capas de anomalías (Instituto Colombiano de Antropología e Historia [ICANH], 2021).

Sin embargo, no existe información alguna sobre metodologías a seguir y, debido a la necesidad de obtener información al respecto con coordenadas específicas para mostrar una

metodología implementada anteriormente en otros lugares, se procede a ejecutar, siguiendo los básicos mínimos legales, el proceso de sensores remotos en arqueología en el proyecto de investigación para la tesis de pregrado la metodología descrita posteriormente.

4. Capítulo 4: Patrimonio en las alturas: teledetección en la exploración arqueológica nacional.

El uso de la teledetección en la arqueología colombiana comenzó en la década de los 50's, a partir de las investigaciones de Willey, cuyas investigaciones se centraron en analizar la organización espacial de los asentamientos precolombinos en América, introduciendo el concepto de "patrón de asentamiento". Willey (1953) propuso una aproximación sistemática que consideraba factores geográficos, sociales y económicos para entender cómo las poblaciones antiguas habían estructurado sus asentamientos y su relación con el entorno. Sus aportes sentaron las bases para posteriores investigaciones es por ello que, comienza a generalizarse una relación entre teledetección e identificación de patrones de asentamiento, con el advenimiento de la era digital.

Los resultados de análisis del geógrafo James Parsons en 1966 en la depresión Momposina, marcaron un precedente en el uso de la teledetección a partir del uso de fotografías aéreas que desembocarían en una plétora de investigaciones. Entre ellas, tenemos las indagaciones sobre los cambios ambientales y el desarrollo cultural en el bajo río San Jorge por Plazas, Falchetti, Van der Hammen & Botero (1988), quienes, haciendo uso de fotografías aéreas, pudieron realizar los trazados en el paisaje sobre el sistema hidráulico, con el objetivo de intentar realizar una reconstrucción del paisaje pretérito y su relación con el medio circundante, aportando información sobre la red de canales y antiguos caños asociados a los sistemas de irrigación del Bajo Rio San Jorge.

A inicios de la década siguiente, Plazas, Falchetti, Sáenz Samper, & Archila (1993) continúan sus indagaciones sobre la sociedad hidráulica Zenú, en las llanuras del Caribe colombiano, exploradas también a través de la interpretación de fotografías aéreas, reconstruyendo parte del sistema hidráulico y dinámica hidrográfica prehispánica en un área de 50.000 hectáreas. Identificando, además, tipos de canales que se localizaron y definieron según su funcionamiento como elementos estabilizadores de los cauces principales, junto con los asentamientos asociados a los mismos y finalmente antes de la llegada del nuevo milenio.

Por su parte, Botero Páez (1999) documenta la existencia de campos circundados en el Altiplano de Santa Elena en el departamento de Antioquia mediante la fotointerpretación de fotografías aéreas del IGAC en un área de 17.000 hectáreas, ubicando así cartográficamente 1300 campos circundados en 1945, que a la época de su investigación no podían ser observados en su

totalidad, determinando que para el año 1999 los campos existentes eran menor en al menos 40% del total, con un registro de área de afectación de 600 hectáreas, removiendo al menos 350 kilómetros cuadrados de suelo. De esta forma se permitió adquirir datos para su identificación que posteriormente derivaron en actividades de exploración en campo y excavación. Según lo anterior es posible determinar que la teledetección no solo funciona como herramienta de búsqueda e identificación de yacimientos arqueológicos., sino que también ha sido fundamental a la hora de detectar zonas de concentración de sitios arqueológicos anteriormente desconocidos.

En los comienzos del nuevo milenio, Rodríguez, Zúñiga & Cuero (2008), aplicaron métodos geofísicos en la exploración de yacimientos arqueológicos en la prospección de un poblado prehispánico Quimbaya Tardío I en Ginebra en el Valle del Cauca, inicialmente con el uso de técnicas de fotointerpretación aérea y técnicas geoelectricas y de radioactividad. Estos métodos permitieron intensificar los estudios, eventualmente articulando los resultados con caracterizaciones edafológicas de perfiles estratigráficos, levantamientos topográficos y ubicación georreferenciada de las plataformas señaladas en indagaciones previas. Aunque para el momento estas tecnologías no habían sido aplicadas en el país⁴, fueron de mucha ayuda para generar alternativas que favorecieron la planificación de los cronogramas de prospección y los recursos de las investigaciones arqueológicas en un país en donde la mayor parte de las investigaciones académicas no tienen la financiación suficiente.

Los estudios geofísicos se consideran parte de la teledetección debido a que ambas técnicas comparten el objetivo de obtener información sobre características y procesos del subsuelo o de la superficie terrestre sin necesidad de un contacto directo (Rodríguez, Zúñiga & Cuero, 2008). Por ello, mientras que la teledetección se enfoca en la adquisición de información a través de sensores remotos, como satélites y drones, los métodos geofísicos emplean instrumentos que emiten y registran señales físicas (como ondas electromagnéticas o sonidos) para obtener datos sobre la composición y estructura de la Tierra.

Posteriormente, vinieron algunos de los análisis en el campo de los patrones de asentamiento por sensores remotos, realizados por Sneider Rojas Mora, quien analiza la distribución de campos de agricultura y sistemas hidráulicos en los paleocauces del bajo río San

⁴ Según los autores, estas fueron las primeras implementaciones de prospecciones arqueológicas con el uso de radioactividad de rayos gamma y uso de GPR para la zona, así como la primera implementación de tecnología geoelectrica para la ubicación de contextos arqueológicos en contextos funerarios en San Agustín en el año 2006.

Jorge en el Caribe. En su investigación de *Análisis espacial y patrones de asentamiento en el bajo río San Jorge en el Caribe colombiano (2010)*, el arqueólogo utiliza archivos de datos digitalizados previamente, que fueron el resultado de la fotointerpretación realizada por las investigaciones de Plazas & Falchetti en 1982 sobre el *Legendario Zenú* en un área de 25.000 hectáreas, registrando campos de drenaje de diversas dimensiones de hace 2000 años y suelos orgánicos enterrados. Posteriormente, el autor utilizó bases de datos donde se registraron las posiciones de los objetos en un espacio geográfico, estableciendo registros entre las relaciones de los mismos con SIG, cruzándose con los datos obtenidos en la interpretación visual obtenida previamente en la primera fase como una herramienta de reconocimiento regional. Adicionalmente, Rojas (2010), indaga sobre los sistemas de irrigación, presentando información sobre los drenajes, cuerpos de agua y cotas de elevación en el bajo río San Jorge.

La teledetección también constituye un campo de aplicación de interés para la bioarqueología en el contexto colombiano. Lane (2010) expone su propuesta metodológica para la documentación y búsqueda de personas desaparecidas en Colombia a partir de la identificación de marcas positivas y negativas que producen los cultivos sobre las fosas comunes, combinado con el trabajo de triangulación de testimonios y la inspección visual de transectos definidos a partir de los sensores remotos. Por su parte, Congram y Vidoli (2016) recopilan los análisis utilizados en países como Guatemala y Costa Rica, en la cual los levantamientos a partir del LiDAR han sido útiles para la ubicación de contextos forenses, sugiriendo la creación de un protocolo de recuperación de restos humanos enterrados o en superficie con el Georadar y la fotografía aérea, y en casos de investigación en estructuras, como los enterramientos bajo cemento, que han sido analizadas por Pérez Gracia et al a inicios de los 2000.

En esta década, se dedicaron los esfuerzos en la reconstrucción de los sitios domésticos, como es el caso de Mesitas, en San Agustín (González Fernández, 2012), los autores emplearon el método de GPR (Ground Penetration RADAR)⁵. una técnica que también ha sido utilizada en otras investigaciones arqueológicas enfocadas en la detección de posibles sitios, tal como el caso de Martín & Quiroz (2015) en arqueología histórica en Villa del Rosario, o Flórez y Hernández (2015) quienes proponen la aplicación de métodos geofísicos en la prospección arqueológica en Sogamoso, Boyacá, desde la perspectiva de la ingeniería geológica, o el estudio de Tabares (2021)

⁵ La técnica de Georadar aparece como una de las técnicas más recientes consideradas parte de la teledetección, ya que esta, aunque no funciona de manera remota, puede ser utilizada como método de adquisición de datos por debajo del nivel del suelo dado que, la técnica hace uso de los sensores activos para el estudio subsuperficial de la corteza terrestre (Pérez y Muñoz, 2006)

sobre el periodo colonial en Santa María la Antigua del Darién. En conjunto, estos investigadores han empleado el Georadar como una herramienta eficaz para llevar a cabo el rastreo remoto de evidencias arqueológicas en distintos contextos y periodos.

Adicionalmente, Patiño (2014) en sus investigaciones sobre patrones de subsistencia y redes de intercambio en el pacífico colombiano, reviso las fotografías aéreas del IGAC de 1992 escala 1: 12.600, con el propósito de sortear las dificultades a la hora de operar en zonas selváticas o densamente boscosas, con una topografía accidentada. Gracias a esto, en 1998 el autor reportó las geometrías de campos de cultivo basados en camellones paralelos y zanjas de un kilómetro de largo difusos en zonas de pastoreo a causa de la compactación del suelo, que formaban “haches” o a peines con canales cortos de 100 a 250 metros (Patiño, 1998).

La teledetección también ha sido usada para las reconstrucciones ambientales del paisaje, a partir de la inclusión del espacio como elemento fundamental dentro del contexto arqueológico. Los datos sobre la posible alteración del paisaje constituyeron un eje fundamental para entender a las sociedades del pasado que habitaban los diferentes sitios. Lo anterior, sumado a la numerosa información sobre los sitios resultantes de las investigaciones crecientes en arqueología y la premisa del paisaje como constructo social, derivaron en investigaciones arqueológicas que hicieron uso de tecnologías emergentes como las imágenes satelitales, radares y fotografías aéreas para hacer estas aproximaciones y reconstrucciones a los entornos del pasado.

Siguiendo esta línea de investigación, Rodríguez Gallo (2010) se dedica a la reconstrucción del paisaje agrícola, tanto en zonas urbanas como rurales de la ciudad de Bogotá, como se evidencia en su trabajo *"La construcción del paisaje agrícola prehispánico en los Andes colombianos: el caso de la Sabana de Bogotá"* mostrando la presencia de terrazas de cultivo, cursos de agua y camellones en la Sabana de Bogotá. Asimismo, en la cordillera a través de un estudio arqueológico y ecológico del sistema hidráulico vinculado al valle aluvial del río Bogotá, la misma investigadora Rodríguez Gallo, (2019) aporta información sobre los sistemas hidráulicos y estructuras de producción agrícola integradas a la estructura ecológica de los Andes colombianos en Bogotá, ofreciendo ofrece la reconstrucción del sistema hidráulico y transformación del medio ecológico, campos elevados y tierras de cultivo, indagando a profundidad en el movimiento de los ríos, inundaciones estacionales, la manipulación de los recursos hídricos y la regulación de temperatura en la misma zona de estudio.

Estas investigaciones han resaltado la relevancia de los métodos de sensores remotos para comprender los cambios derivados de la ocupación humana a lo largo de los años en las estructuras y posibles sitios arqueológicos. Igualmente, los estudios longitudinales mencionados permiten observar las transformaciones del terreno, la vegetación, la temperatura y la precipitación desde el momento en que el satélite fue lanzado a órbita o desde la toma de las fotografías aéreas. De manera paralela, este enfoque posibilita la reconstrucción de áreas arqueológicas desaparecidas debido a la urbanización.

En general, la teledetección generó un campo fértil para el estudio de la agricultura y los sistemas hidráulicos en Suramérica, apoyados sobre los antiguos cimientos de la cartografía, las crónicas, los relatos de la comunidad y los hallazgos de geógrafos alemanes y arqueólogos europeos que contaban con los recursos para la ejecución de expediciones aéreas y que ahora constituyen los inicios de la fotointerpretación que derivó en la herramienta que contribuye las investigaciones de zonas inexploradas en los países del trópico.

En este sentido, se da también la creación de modelos predictivos en arqueología. En 2018 Burítica Yaquivé realizó su investigación llamada *Diseño metodológico para el diagnóstico de potencial arqueológico mediante sistemas de información geográfica en Colombia*, en la cual explica el proceso de adquisición de datos abiertos del IGAC⁶ y el servicio geológico de Estados Unidos para evaluar desde los datos culturales, ambientales y espaciales, características específicas dentro del programa de estadística SPSS Statistics determinando variables predictoras, para luego generar modelos predictivos en QGIS, dando como resultado un modelo predictivo viable para zonas de estudio arqueológico con un rango de error del 21,35%, para el cual es necesaria la verificación en campo, sin embargo su análisis contribuye en una línea poco explorada con potencial significativo a la hora de emplear recursos gratuitos de fácil acceso.

En 2019, La consultora de mapeo, análisis de datos y sensores remotos norteamericana llamada GEO1, financió la investigación llevada a cabo en La Mojana, a partir de esta misma técnica de nube de puntos LiDAR, a través de la densa vegetación, produciendo modelos de 3D de sitios de importancia histórica y fomentando el acceso interactivo, la virtualización para el acercamiento y la apropiación histórica patrimonial. Se descubrieron 713 acres adicionales de

⁶ (Instituto Geográfico Agustín Codazzi), es la organización encargada de la cartografía a nivel nacional que sirve para la obtención de información geográfica, fue creada en 1902 con los esfuerzos de la comisión corográfica.

campos elevados no identificados a través de imágenes satelitales, representando el 23% del área total de campos elevados medidos mediante tecnología LIDAR (2019).

En este mismo año, se formulan en Colombia las primeras investigaciones para la creación de experiencias inmersivas modeladas para una vivencia más cercana a la arqueología, con la investigación de Tavera et al, en el proyecto de Photogrammetry as a tool for the conservation of the cultural heritage of Bogotá (Colombia), en el marco del programa de adoptar un monumento (2019), haciendo uso de la fotogrametría digital estereoscópica (SfM⁷), empleando monumentos emblemáticos de la ciudad de Bogotá, para la reconstrucción en 3D de manera texturizada de los mismos, generando como resultado el escaneo y la posibilidad de la virtualización del patrimonio para todo tipo de públicos.

Los sensores remotos no solo aparecen como un utensilio para la prospección arqueológica, su contribución como herramientas de acceso interactivo del patrimonio ha sido visibilizado a partir de las reconstrucciones fotogramétricas en Ciudad Antigua en un yacimiento arqueológico prehispánico en la Sierra Nevada de Santa Marta en Colombia. Burbano, Mazuera, Meyer & García (2021) reconocieron el escaso conocimiento público sobre este sitio, lo que pone en riesgo su conservación, como ocurre con muchos otros lugares de interés arqueológico en el país, por lo que generaron una estrategia utilizando recursos computacionales para generar interés y así potenciar los esfuerzos comunitarios a través de varias disciplinas como la arquitectura, el diseño, la historia y la arqueología. Esto fue logrado a partir de la recopilación de datos en el sitio, haciendo levantamientos masivos de fotografías con drones, generando nubes de puntos con ayuda de DSM (Modelos Digitales de Superficie) y DTM (Modelos Digitales de Terreno). Los anteriores son representaciones digitales de la topografía de una determinada área geográfica. Por ejemplo, un DSM refleja tanto las características naturales del terreno como los objetos que se encuentran en la superficie, como edificaciones y vegetación. En cambio, un DTM representa exclusivamente la forma real del terreno, eliminando las estructuras y elementos presentes en la superficie (Burbano, Mazuera, Meyer & García, 2021).

⁷ La SfM es lo que se considera una metodología automatizada basada en los principios de fotogrametría estereoscópica creando la superposición de imágenes ópticas obtenidas en diferentes puntos de vista (Jover, 2016), la estructura en 3D se puede resolver a partir de una superposición de imágenes ópticas obtenidas desde distintos puntos de vista, su diferencia con la fotogrametría es que la geometría de la escena, las posiciones de la cámara, su orientación y deformaciones son resultados desde cálculos automatizados (Jover, Guill, Cano, Abellán y Jordá, 2016).

En el caso particular de la ratificación de la documentación histórica, podemos incluir los estudios de Vega (2021), en los cuales se estudia la arqueología de los molinos hidráulicos de piedra, mediante los estudios exploratorios en Sutatausa en Cundinamarca, en dónde, a través del uso de la fotografía aérea registró el trazado de los canales e intervenciones humanas visibles sobre el suelo, analizando características de relieve y vegetación, y combinando el estudio de las edificaciones con la geo arqueología y la ingeniería hidráulica en los sitios señalados en la información documental. Los molinos, asociados a sistemas hidráulicos y cadenas operatorias, han sido examinados a profundidad en el contexto europeo, más precisamente en España, de donde deriva el proceso de implantación colonial en el territorio nacional. Vega, es quien introduce la temática de contextos hidráulicos y modificación geomorfológica en épocas coloniales. Todas las investigaciones realizadas con la metodología de la fotografía aérea tomada en el siglo XX introduciendo ocasionalmente el uso de sistemas de información geográfica. Sus aportes permitieron establecer más claramente las dinámicas de interacción socioeconómica y las tecnologías constructivas asociadas ocurridas en Sutatausa, haciendo posible concebir una arqueología sin intervención de los sitios hasta la comprobación de datos concretos con la evidencia floreciente de los sistemas remotos.

Otro caso de estudio relevante se encuentra en la investigación realizada por Del Cairo, Aldana & Quintero (2022), quienes lo abordan en la arqueología de la guerra y los campos de batalla en Colombia. En su enfoque, exploran cómo los entornos de conflictos y sus vestigios ocupan extensiones significativas, destinando áreas extensas para llevar a cabo excavaciones puntuales. En esta perspectiva, han incorporado la teledetección o "sensoramiento" como herramienta fundamental y se basaron en la utilización de fuentes históricas primarias y secundarias para contextualizar los eventos, combinado el uso de sensores activos, como detectores superficiales y drones, para la realización del levantamiento topográfico. Lo anterior, les ha permitido cotejar las pruebas históricas con la evaluación de las distribuciones espaciales, brindando así una comprensión más precisa y certera de estos acontecimientos bélicos, tal como señalan los propios autores.

De este grupo sobre los cambios ambientales hace parte las investigaciones efectuadas sobre aplicaciones de la teledetección en asentamientos prehispánicos para entender la antigüedad, uso y ocupación en la Sierra Nevada de Santa Marta realizado por Rodríguez Osorio, Giraldo, Mazuera, Burbano, & Figueredo (2023), en la cual se utiliza el LiDAR Aerotransportado, escaneo

láser terrestre y la fotogrametría como herramientas complementarias para espacios tropicales o contextos densamente boscosos, indagando indicios de transformación intensiva del medio en una región previamente investigada con los protocolos y las herramientas habituales de campo y excavación in situ.

Asimismo, Rodríguez, Giraldo, Mazuera, Burbano, & Figueredo (2023), utilizaron la misma herramienta, en 671 hectáreas en la cuenca del río Buritaca, donde se localizan diversos sitios arqueológicos reportados, los cuales fueron analizados con metodologías aplicadas en países europeos como la OBIA⁸, revelando áreas potenciales de modificación antrópica, pudiendo superar las dificultades que genera la calidad de las imágenes producidas.

Análogamente se encuentran las contribuciones en investigación de contextos sumergidos (Combining Historical, Remote-Sensing, and Photogrammetric Data to Estimate the Wreck Site of the USS Kearsarge), llevadas a cabo por Gómez, Carvajal y Jeong en 2023 que muestran la importancia de las imágenes Landsat y LiDAR para la estimación de ubicación de naufragios con ayuda de la cartografía histórica y la información escrita de cartas náuticas desde 1894 hasta 2022 para aquellos datos que puedan contribuir en la investigación arqueológica postcolonial, ya que en este campo la información disponible es reducida y clasificada.

Como se mencionó previamente, el estudio de reconstrucción del paisaje y sistemas edilicios asociados a estructuras hidráulicas han sido foco de estudio de los sensores remotos, estos últimos tienen la mayor cantidad de registros dentro de los estudios de teledetección en arqueología trabajada en Colombia, debido a que como se mencionó anteriormente, las fotografías aéreas han facilitado la visibilidad de las características morfológicas de dichos sistemas y los usos de suelo asociados a actividades antrópicas, de cultivo e irrigación. Por lo que, el desarrollo de la teledetección en este campo ha generado el eje de mayor cantidad de investigaciones.

De manera reciente, se efectúan hasta la fecha, las investigaciones de Posada, Cadena, González, & Arroyave (2019) y el Grupo de Investigación y Gestión del Patrimonio GIGP y el Semillero de investigación ETNOS (2022) de la Universidad de Antioquia documentando, para la zona poco explorada mediante estas tecnologías, el sistema de canales y camellones prehispánico del Golfo de Urabá, a partir de la detección de imágenes satelitales de Google Earth y Bing Maps.

⁸ OBIA es una técnica que permite explotar la totalidad de las dimensiones contenidas en las imágenes de teledetección, como aspectos espectrales, espaciales, contextuales, morfológicos y temporales; superando los inconvenientes de clasificadores estadísticos basados únicamente en la respuesta espectral de los píxeles (Cánovas, 2012).

Consecuentemente este grupo de investigación llevó a cabo los estudios de paleoambientes y estructuras hidráulicas en la cuenca del Río León, implementando imágenes satelitales de Bing, Google, el complemento de Quick Map Services de QGIS e imágenes satelitales Sentinel 2A, que otorgaron información relacionada con anomalías que representan cambios por estructuras o indicios arqueológicos. De manera complementaria, se emplearon fotografías aéreas en un área de 137.695 hectáreas en las cuencas del río para la fase de reconocimiento remoto. No obstante, los resultados de este ejercicio no han sido publicados.

Con lo anterior, utilizaron composiciones multiespectrales para detectar anomalías en el suelo relacionadas con la humedad y temperatura, con el propósito de identificar posibles concentraciones de minerales o agua ligados a estructuras arqueológicas. También, emplearon combinaciones de bandas infrarrojas y generaron un índice de humedad para apoyar las búsquedas. De igual modo, se incorporaron imágenes de radar Alos Palsar para interpretar características naturales en la llanura aluvial. Las imágenes, obtenidas gratuitamente de Alaska Satellite Imagery y del portal Copernicus del servicio espacial europeo, tenían una resolución de alrededor de 15-8 metros por píxel (2022).

Finalmente, los resultados señalaron la presencia de estructuras hidráulicas visibles a través de imágenes satelitales, sin embargo, no mediante las imágenes Sentinel debido a la resolución espacial de las imágenes gratuitas. Concluyen, a su vez, la distinción entre el patrón espacial de las estructuras y el patrón de construcción, empleando las clasificaciones de Denevan (1970) para la descripción de patrones y la síntesis de Comptour et al (2018) para referirse a los patrones de construcción (2022, p. 38)

Lo anterior nos lleva a un campo interesante para la aplicación de los sistemas remotos, a saber, la reevaluación de los datos a la luz de la aparición de nueva información. Las investigaciones mencionadas anteriormente parten de la premisa fundamental de corroborar los datos adquiridos en la cartográfica, relatos orales, fotografías antiguas, investigaciones previas en donde se definen áreas de trabajo y en algunas ocasiones se revelan las coordenadas de algunos de los sitios. Este sistema de confirmación lleva a revelar algunos datos que anteriormente no pudieron ser contemplados y a examinar a la luz de la nueva evidencia aquellas interpretaciones efectuadas por los investigadores e investigadoras.

Ahora, si bien estos insumos sirven para establecer relaciones y utilizar recursos de otros campos para su aplicación en las interpretaciones arqueológicas, se necesita de un correcto uso no arbitrario y desmesurado de la información. Por eso, una de las críticas que realizan a los SIG como herramienta es la negación de los límites a los que podemos someter el modelo de datos recolectado. De acuerdo con lo anterior, Kvamme (2006) sostiene que las variables ambientales deben ser aplicadas de manera coherente con la naturaleza de los datos que están siendo analizados. Por ejemplo, no es factible establecer zonas de agricultura en el pasado basándose en las características actuales del suelo, ya que estas tienden a cambiar con el tiempo. Por esta razón, es importante incluir otro tipo de variables que, además, de contribuir en el estudio también permitan establecer relaciones más sólidas entre las evidencias. El autor reafirma la importancia de las variables ambientales y subraya que estas deben estar siempre vinculadas con las prácticas culturales que se están estudiando, destacando así que las limitaciones de los modelos predictivos pueden ser abordadas mediante la incorporación de bases teóricas que deben ser todavía desarrolladas, lo anterior, de la mano de la utilización de nuevas tecnologías, como la teledetección y las imágenes satelitales, las cuales aportan información valiosa a los procesos predictivos, podrán mostrar de una manera más certera aquellas firmas no visibles del registro arqueológico.

La falta de homogeneidad en las técnicas de muestreo y la escala a la que se supeditan las conclusiones son algunos de los llamados de atención. La invitación es a contemplar las restricciones –epistemológicas y metodológicas- de dichas aplicaciones en el campo de la arqueología, sin embargo, estas faltas están sometidas a las capacidades de búsqueda y consideraciones del investigador a las nuevas propuestas de manejo de los datos, tal y como Bognanni (2011) señala:

No se pretende plantear un cambio en la arqueología tradicional sino, simplemente, hacer alusión al afianzamiento de nuevos argumentos técnicos y de métodos en la investigación arqueológica. A su vez, podemos preguntarnos hasta qué punto puede haber implicancias epistemológicas vinculadas con estas nuevas perspectivas a través de las cuales se analizan las problemáticas del pasado (p. 104).

En este sentido, la disponibilidad de medios técnicos por si no permite el avance del conocimiento arqueológico. Es por tanto necesario reflexionar sobre la forma en que construimos el espacio, es importante entender cómo la arqueología conceptualmente ha trabajado el paisaje.

5. Capítulo 5: Uniendo los rastros del pasado: explorando la arqueología del espacio y del paisaje

La arqueología del asentamiento y la arqueología del espacio son dos ramas de la disciplina arqueológica que comparten un enfoque común en el estudio de las interacciones humanas con el entorno material. Mientras que, la arqueología del asentamiento se centra en la comprensión de los patrones y procesos de los asentamientos humanos, examinando la organización y la función de las estructuras y espacios construidos, la arqueología del espacio se adentra en la exploración de cómo las sociedades pasadas interactuaron con el paisaje natural que las rodeaba (Almudena 1995, 1996).

Ambas áreas de investigación buscan desentrañar el significado cultural y social de los espacios y lugares, utilizando enfoques multidisciplinarios que integran métodos arqueológicos, geográficos y antropológicos. Aunque presentan diferencias en cuanto a la escala y el objeto de estudio, la arqueología del asentamiento y la arqueología del espacio convergen en su objetivo de arrojar luz sobre las complejas relaciones entre las sociedades humanas y su entorno, permitiéndonos comprender mejor las prácticas, creencias y transformaciones culturales a través del tiempo (Araneda, 2002).

Históricamente, el estudio del asentamiento precedió al de la arqueología espacial, enfocándose cada vez más en las relaciones entre sitios, dando importancia al contexto geográfico, generando otro tipo de recursos que proporcionan claridad respecto a la distribución espacial. Como lo expresa Hodder & Orton (1990)

El valor y la relevancia del análisis espacial en arqueología se fundamentan en que las técnicas de análisis espacial permiten examinar procesos distintos que pueden producir mapas de distribución similares. Asimismo, una aproximación cuantitativa proporciona claridad en la demostración de tendencias, pautas y relaciones espaciales, a la vez que algún grado de objetividad en el análisis de tales pautas. La técnica conduce al descubrimiento de patrones no revelados por el análisis arqueológico habitual, que plantean al arqueólogo nuevas cuestiones. Si se obtienen nuevos patrones estructurados, los arqueólogos tienen más cuestiones a las que responder y explicar (Araneda 2002, p. 66 retomando a Hodder & Orton 1990).

La arqueología espacial, como concepto, ha intentado ser definido desde la década de 1960 con las ideas propuestas de asentamiento por autores como Willey (1953) y Flannery (1976). Sin embargo, la idea de analizar una categoría sobre el espacio habitado trajo consigo el dilema conceptual para precisar el término. Aspectos como sus límites, sus condiciones y las relaciones intrínsecas que lo determinaban se convirtieron en el centro de la discusión de los años consiguientes.

El concepto mismo del espacio es problemático para el ejercicio arqueológico, dado que construir una definición de espacio es en sí mismo complejo para las sociedades actuales y, aún más, si hablamos de delimitar áreas de actividades en el pasado. Las áreas de actividad según Navarro (2007), son problemáticas por su condición polivalente en términos humanos y de uso, que es lo que el autor define como “multifuncionalidad” del sitio, retomando a Kent (1990, p, 4). Por esa razón, el análisis de un espacio conceptual e ideológicamente implica necesariamente un grado alto de dificultad debido a que estos lugares son producto de las expresiones directas del estilo de vida de grupos humanos, los cuales se expresan de diversas formas, a veces de manera simultánea.

Rapoport (1990) propone distinguir cuatro categorías para el análisis espacial de las áreas de actividad, las cuales son: la actividad, la realización de la actividad, la correlación de la actividad con otras y sus múltiples combinaciones y el significado. En esa misma línea, el análisis espacial según Araneda (2002) “pretende determinar las relaciones espaciales existentes entre estructuras y materiales de cada yacimiento como punto de partida para la definición del uso diferencial del espacio dentro del mismo” (p. 66).

Todo eso deriva en una cantidad de propuestas y discusiones en torno a la forma en que se han dispuesto la terminología aplicada en la arqueología y es por ello por lo que algunos de los autores realizan su separación conceptual de la denominada arqueología del paisaje producto del proceso histórico en el que fue concebida y diferenciada. Por ejemplo, Pastor, Murrieta y García (2013) señalan que:

Desde los años 1990, coexisten en Arqueología varias tradiciones, dispositivos heurísticos, teorías, métodos y técnicas para el análisis de la dimensión espacial de la conducta humana. Con el beneficio que nos aporta la perspectiva de que ahora disponemos, probablemente no

sea del todo incorrecto decir que, mientras la gran contribución de la perspectiva procesual radicó en la búsqueda de métodos científicos para explicar el trasfondo espacial de las realidades sociales, ampliando el concepto de registro arqueológico a una dimensión medio-ambiental, su debilidad residió en insistir en una noción demasiado geométrica de espacio, donde las relaciones entre el ser humano y la naturaleza se consideraban racionales y absolutas, dominadas en primera instancia por factores económicos, y en segunda por acciones sociopolíticas [...] mientras que la gran aportación de la perspectiva post-procesual sería la de haber ampliado el enfoque, para incluir la dimensión ideológica del espacio (el paisaje dotado de significado, temporalidad, identidad e ideología), siendo su debilidad principal el acusado anti-cientifismo y anti-racionalismo de algunas de sus propuestas (Pastor, Murrieta & García, 2013, p. 13).

Los aspectos clave a partir de los cuales se ha construido la arqueología del espacio fue, por un lado, la distribución de sitios arqueológicos, a través del examen de organización de estructuras y artefactos dentro del yacimiento arqueológico. Por otro lado, el estudio de la organización y disposición de los espacios construidos como áreas de habitación, espacios ceremoniales y zonas de actividad, con lo que se ha buscado comprender cómo se organizaron estas estructuras en el asentamiento. Además, se brinda especial atención a las disposiciones espaciales de las evidencias arqueológicas, examinando las relaciones y conexiones posibles entre los diferentes componentes del sitio o áreas de actividad específicas.

Los estudios en arqueología espacial promovidos por Clarke & Orton a partir de 1970 e influenciados por las corrientes de arqueología británica, que ha utilizado teorías y métodos de otras disciplinas como la geografía, la estadística y la cartografía durante el apogeo de la cientifización de la disciplina arqueológica, fueron aquellos que generaron esas primeras líneas de indagación que tuvo como centro las relaciones ser humano y medio ambiente derivadas de las aproximaciones de Clarke a la arqueología del asentamiento, análisis de sistemas de yacimientos, estudios regionales y de análisis territorial, análisis locacional, mapas de distribución, densidad poblacional e intra yacimiento de estructuras. Villafañez (2011), propone así una línea más clara que las contuviese a todas:

En líneas generales se puede definir la arqueología espacial como la recuperación de información relativa a las relaciones espaciales arqueológicas y estudio de las consecuencias espaciales de las pautas de actividad homínida del pasado dentro y entre los contextos y estructuras, así como su articulación dentro de asentamientos, sistemas de asentamientos y sus entornos naturales (Clarke, 1977, citado en Villafañez, 2011. p. 47)

La atención al contexto espacial contribuye a comprender la función y el significado de los diversos espacios dentro del asentamiento, investigando cómo la organización espacial refleja las interacciones sociales y la jerarquía dentro de una sociedad pasada, las relaciones de poder, la diferenciación social y los roles sociales en la distribución de espacios y la accesibilidad a diferentes áreas dentro del asentamiento. Las nuevas herramientas pueden contribuir en técnicas para desarrollar y avanzar en el análisis espacial. “El estudio de la copiosa información distribucional recogida recientemente resulta difícil si no se avanza paralelamente en el campo de las técnicas disponibles” (Hodder & Orton, 1990, p. 17).

De esta manera, la disciplina arqueológica debe considerar en la actualidad, que la relación entre los sitios arqueológicos y el paisaje cultural es más amplio que en el que se insertan. Examinar cómo los asentamientos se relacionan con características geográficas, como las fuentes hídricas, montañas y diversos elementos del entorno natural, revela la forma en que esta vinculación influye en la planificación y el diseño de los espacios construidos. Por consiguiente, la arqueología del espacio puede proporcionar una comprensión más profunda de las sociedades pasadas a través del análisis de la organización espacial en los sitios arqueológicos.

Si bien los estudios espaciales tuvieron su origen en las interpretaciones cartográficas, la arqueología espacial actual cuenta con muchas herramientas que además de permitir ver nuevos patrones y establecer múltiples relaciones, también permite el ejercicio crítico de la recolección de la información guiada por objetivos claros. Es de aquí de donde se ha observado que la cantidad de información sobre distribución de los sitios y materiales puede o no ser representativo de nuestras especulaciones analíticas propuestas en las investigaciones realizadas.

Ahora que se conoce y se sigue indagando en las posibilidades que permiten otras ciencias, se pueden pensar, así mismo, que el desarrollo de los estudios espaciales en arqueología puedan sean un campo fértil para presentar metodológicamente el uso de diversas tecnologías de la mano con una visión crítica de nuestra propuesta conceptual.

La relación entre espacio y el paisaje son contemplados por Gómez (2011) en donde se define que ambas categorías confluyen en ser expresiones de un mismo lugar físico, sin embargo, no tienen el mismo sentido. De esta manera la autora define el primero como el espacio físico dado de manera natural y el segundo como aquel que ha sido construido o destruido por la acción humana. La recopilación teórica que Gómez (2011) realiza se centra en definir las categorías de espacio y paisaje. Para la primera, aparecen autores como Rodríguez (1995), quien argumenta que el espacio físico es neutral y el ser humano es quien actúa en dicha escenografía, mientras que, en la segunda se pueden encontrar a Criado (1991), Orejas (1995) y Mora (2005), los cuales hacen énfasis en la coexistencia de elementos naturales y culturales en una relación integral.

Del mismo modo, Galvis (2012) retoma y resume la postura anterior, definiéndola como una interpretación a partir de pares de oposición, en donde el espacio es lo natural/artificial, y el paisaje es la materialidad e idea, desde la particularidad y la totalidad, como también, desde el comportamiento y las creencias como elementos pasivos o activos en la creación del registro arqueológico y la modificación del paisaje. Es decir, indaga en el producto humano que usa una realidad dada, el espacio físico, para crear una realidad nueva o humanizada (el paisaje) integrando elementos del espacio simbólico.

La arqueología del paisaje se enfoca en el estudio de la interacción entre las sociedades humanas y el entorno natural en el que se desarrollaron y examinan cómo las personas han moldeado y percibido el paisaje a lo largo del tiempo. Por lo tanto, La arqueología del espacio y la arqueología del paisaje, como subdisciplinas arqueológicas, comparten el interés por la comprensión de las relaciones humanas y su entorno natural y material, utilizando enfoques multidisciplinarios que involucran métodos y técnicas como la geografía, buscando interpretar el significado cultural de los sitios a través de las estructuras, las sociedades y el paisaje.

Siguiendo esta línea y con pleno conocimiento de los alcances previstos en esta investigación, se plantea la utilización de la arqueología del paisaje como una perspectiva integral. En esta concepción, los asentamientos no se presentan de manera aislada respecto a los componentes naturales en los que se insertan. Para ello, se buscará a través de las dimensiones físicas las posibles relaciones entre el hombre y el medio desde sus productos y efectos producidos materialmente. En palabras de Criado (1993):

La noción de que existe una correspondencia estructural entre concepto de espacio y estrategias socio-culturales, además de ser un instrumento útil [...] es también, en la medida en que establece un rasgo extrapolable a otras sociedades, un concepto rentable para el análisis cultural (p. 19).

Desde las posturas de Anschuetz, Wilshusen & Scheick (2001, p. 161) se puede entender el paisaje desde cuatro premisas interrelacionadas, para formular el paradigma del paisaje en la cual este es entendido. Primero, como un elemento sintético, aislado del medio ambiente, segundo como un producto cultural; tercero como el escenario de las actividades de una comunidad y, por último, como una construcción dinámica en los que la comunidad impone una serie de nexos que le dan un significado coherente dentro de la esfera en la que el paisaje como tal se construye. Las evidencias arqueológicas permiten trazar formas diversas de distribución espacial en los diferentes grupos que habitaron el territorio, que se pueden analizar y entender desde las metodologías de longitud de distancias, relaciones de distribución y la formulación de paralelos entre las tipologías encontradas, para que los sitios indiquen la proporcionalidad entre poblaciones humanas y la relación de estas poblaciones con el uso del espacio.

Ruiz, Molinos & Riskey (1998) describen la posible relación entre el paisaje, el concepto de asentamiento y el uso de la tierra, al definir el asentamiento y el paisaje como dos lecturas distintas de una misma escala territorial. Sin embargo, sus análisis están enfocados en las relaciones de producción y la caracterización de las condiciones históricas de la apropiación de tierras, postulando que la tierra o el sitio de producción y el sitio de asentamiento son espacios que contextualizan los objetos, las imágenes y prácticas de una comunidad que, coexisten y le dan al paisaje una forma en las sociedades agrarias productoras, no obstante, sus análisis hacen hincapié en el ámbito funcional dejando de lado las limitaciones de su explicación. Los arqueólogos argumentan que:

En ningún caso el paisaje es una dimensión exclusivamente socio-cultural del territorio, ni tampoco es exclusivamente una dimensión imaginaria frente a la dimensión material de la tierra [...], el paisaje es una dimensión de mayor escala que el asentamiento por la capacidad que tiene de introducir espacios no reconocidos ni valorados en la tierra, pero

además el paisaje es un discurso estratigráfico compuesto en el tiempo por la suma de los efectos del sistema de relaciones socioculturales y económicas en el territorio local. (p. 25)

Criado (1999), por su parte, habla de los elementos físicos y arquitectónicos visibles, donde se ubicaron esos saberes a nivel práctico, haciendo alusión a los elementos que señalan González & Ayán (2018) tales como: la representación de las formas de pensamiento, clasificación y ordenamiento de la realidad y las lógicas sociales del espacio. En términos prácticos, resultan relevantes las primeras dos fases del análisis que propone Criado, a partir del análisis formal, al reconocer las formas comunes o estructurales que define el autor abogando por indagar en el espacio físico o arqueológico existente.

Cómo consiguiente, en la segunda fase de tipo relacional, se articula espacialmente el área de estudio, accediendo a las regularidades espaciales. Tal vez sea posible hacer algunos aportes a la tercera fase, constituida por una etapa descriptiva en donde se pueden reconstruir el sentido de las regularidades espaciales, evidenciando si estas realmente existen o pueden trazarse. Con lo anterior, es posible determinar si existen correlaciones en función de los datos, de lo contrario esta información sirve como modelo metodológico aplicable a otras zonas en donde pueden o no existir conexiones espaciales, como se puede evidenciar en palabras de Criado (1999):

La correspondencia entre los códigos que se descubran en cada ámbito (o zona) permitirán definir el Modelo genérico Ideal (MGI) y describir lo que, de hecho, constituye el Modelo Estructural de una determinada regularidad de organización espacial, entendido éste como el Código genérico en el que se basan las correlaciones entre las diferentes formas y dimensiones del paisaje cultural (p. 14).

Retomando esta idea, Almudena (1995-1996) analiza el medio en términos de paisaje socialmente construido, en el cual, el paisaje deja de ser natural en cuanto el hombre hace cualquier intervención en él. Esta puede aludir a una intervención exclusivamente mental, lo espacial, integrado en el paisaje, aparece como una dimensión de la sociedad muy significativa, con elementos claramente legibles utilizando claves interpretativas adecuadas. Su planteamiento se centra, además, en un enfoque fuera de las consideraciones usuales en la arqueología que han estado direccionadas hacia la monumentalidad, “supravalorando” estos elementos y negando la

posibilidad de la lectura del paisaje como materialización mental de las sociedades humanas del pasado como lo proponen numerosos autores a partir de la década de los 90's, como ya hemos visto.

6. Capítulo 6: El arte de habitar: sistemas y patrones de asentamiento

La noción de asentamiento actualmente es tratada para referirse a “patrones de asentamiento” con los cuales se busca entender la disposición, organización, ocupación y transformación a partir de las cuales los grupos humanos modelaron en función de sus dinámicas culturales los entornos naturales. Por ejemplo, según Garcés & Velásquez (2017) estos patrones se estudian para entender los fenómenos más amplios a escala regional. Hasta aquí todo bien, ya que la intención no es mostrar si el concepto de patrones de asentamiento funciona correctamente, sino cómo la categoría patrones de asentamiento ha sido usada arbitrariamente durante los años, ya que esa es una discusión que podría elaborarse de forma más intrincada.

En esta situación, resulta crucial abordar el concepto de patrones de asentamiento, ya que se discute sobre configuraciones que aún no han sido definidas. Su valor, tanto teórico como práctico, radica en el tipo de relaciones que surgen a partir de una noción internalizada de manera casi inconsciente.

Inicialmente, Willey (1953) efectuó los primeros acercamientos a lo que se definirían como pautas y patrones de asentamiento, dado que sus postulados cimentan la idea de disposición del medio por el ser humano como un punto de partida para la interpretación cultural. El entorno será el organismo que a partir de la cantidad de evidencia recolectada podrá ser puesto a la interpretación. Cómo lo menciona en su texto *prehistoric settlement patterns in the virú valley, Perú*:

The term "settlement patterns" is defined here as the way in which man disposed himself over the landscape on which he lived. It refers to dwellings, to their arrangement, and to the nature and disposition of other buildings pertaining to community life. These settlements reflect the natural environment, the level of technology on which the builders operated, and various institutions of social interaction and control which the culture maintained. Because settlement patterns are, to a large extent, directly shaped by widely held cultural needs, they offer a strategic starting point for the functional interpretation of archeological cultures (p. 1).

Más tarde, en 1967, Trigger contribuyó a la definición de asentamiento estableciendo estos cómo el estudio de los aspectos de las relaciones sociales, trazando así el quiebre entre la arqueología histórico-cultural trabajada con anterioridad instaurando como propuesta los aspectos estructurales. En palabras del autor:

I propose to define Settlement Archaeology as the study of social relationships using archaeological data. This study includes an inquiry into both the synchronic, or structural, and diachronic, or developmental, aspects of these relationships. It differs from current "cultural archaeology" in that it does not seek to understand various aspects of social relationships simply as further traits to be enumerated as part of the trait complexes of archaeological cultures (Childe 1956: 129-31) but rather as functioning systems of economic, political, and affective relationships (p. 151).

Lo que deriva de este planteamiento es entonces una idea de patrón de las relaciones internas visualizadas en el registro arqueológico, que reflejan los aspectos sociales de la cultura. Teóricamente, no es una idea de patrón lo que se debe usar para definir el asentamiento, dado que los patrones serían aquellas características, evidencias y rasgos encontrados en un yacimiento que bajo el orden (u órdenes) correcto (o correctos) de interpretación den cuenta de una realidad humana.

Es por ello que, lo que denomina Trigger como arqueología del asentamiento no es más que la idea aplicada de la conexión entre los elementos del registro material y los sistemas de actividad, que lo convertiría en patrón a las recurrencias geográficas y formales de los asentamientos en conjunto, es decir, una congregación de conjuntos de un contexto arqueológico, no un conjunto de elementos de un solo sitio que sea modal por el hecho de ser encontrado en el marco arqueológico.

Del mismo modo, el trabajo de las prospecciones ejecutadas en el Valle de México entre 1960 y 1975 por diversos investigadores según Parsons, Brumfiel & Parsons (1982), presenta la descripción de los sistemas de asentamiento en puntos sucesivos en el tiempo, explicando los cambios y discontinuidades observadas, al mismo tiempo que define que es la posibilidad entre los elementos la que permite la refinación sobre la comprensión de lo descrito, ofreciendo una definición delimitada sobre el concepto. De esta forma, el asentamiento o "Settlement" se refiere

de manera principal al lugar de residencia, al establecer estos detalles en asociación con la configuración regional, se pueden generar hipótesis de condiciones de subsistencia, política o economía que contribuyan en la comprensión del sistema general de vida de espacios más dicentes en donde existan la corroboración de dichas relaciones intersitio. O, como lo mencionan ellos:

We readily admit that our own settlement studies, and most of settlement archaeology in general, tend to be particularistic, provincial, and myopic. Stated simply, there have been few, if any, comprehensive studies of the social, political, or economic implications of settlement arrangement (Parsons, Brumfiel & Parsons, 1982, p. 4).

Otro enfoque para definir el asentamiento ha estado orientado a la forma social de habitar el espacio. Prieto (2011) trabaja los patrones de asentamiento estableciendo coincidencias y discordancias entre los autores que trabajan el término haciendo una distinción entre lo que es asentamiento y patrones de asentamientos. Desde las aproximaciones de Rey (2003) sobre Flannery (1976), definiendo patrón de asentamiento y sistema de asentamiento, se puede considerar que:

Mientras que los patrones de asentamiento se refieren a los modelos de distribución en el espacio físico, y el de paisaje hace alusión directa al producto resultante y perceptible, los sistemas de asentamiento corresponden al grupo de reglas culturales que generan dichos patrones y paisajes, los cuales no siempre pueden ser determinados empíricamente puesto que los mismos, “reflejan las relaciones subyacentes en la cultura, responsables de esa distribución física” (p. 124).

En esta misma lógica, Drennan & Peterson (2005) realizan sus investigaciones sobre asentamientos, sitios y comunidad a escala regional, utilizando diversos casos comparativos en los diferentes continentes. En su desarrollo se encontraron que la función que cumple el sitio se origina en relación a otros, así como, que el asentamiento como reflejo de la estructura humana subyacente en donde el ordenamiento, la disposición y la interacción vecinal juegan un papel fundamental y como esto se evidencia en el espacio manifestando o no una regularidad o correspondencia entre los datos, o como lo referencian los autores:

Since such correspondence may or not exist, the delineation of local interaction communities is an analytical question in its own right, answerable by focusing on how people distribute themselves across the landscape, as best reflected archaeologically in how their material remains are distributed across the landscape (p. 5).

Desde otra perspectiva, Prieto (2011) con un estudio en Venezuela, realiza su aporte a la construcción conceptual estableciendo el sistema de asentamiento como una “inferencia antropológica”, que permite explicar las relaciones de continuidad-discontinuidad, es decir, como articulaciones, cambios y persistencias de los elementos sociales en un lugar, haciendo uso de sus espacios y contextos en relación con elementos más amplios. Este autor conjuga sus aportes en dirección a la propuesta de Anschuetz, Wilshusen & Schieck⁹ (2001) en donde son exactamente esos sistemas de asentamiento los que dan sentido y cohesionan a las normativas que le dan lugar. Depende de nosotros ver esa “variedad de miradas sobre la diversidad, la complejidad y la interdependencia dinámica entre las estructuras tecnológicas humanas, sobre sus organizaciones sociales, políticas y religiosas y sobre el entorno físico en el que vive” (p. 14-15), en vista de que son procesos implícitos en las relaciones estructurales que guardan sentido a nivel simbólico, funcional y a partir de sus diseños constructivos materiales.

Finalmente, a nivel nacional, es en la arqueología de San Agustín, en donde Moreno (1991) define los inicios de lo que será el estudio del asentamiento como una línea de investigación para entender las lógicas humanas:

Las pautas de asentamiento, las cuales, en un sentido amplio, deben entenderse como las respuestas históricas desarrolladas por un grupo humano, respecto al medio ambiente natural. El estudio contextualizado de los períodos históricos alfareros con las formas de las tumbas y su respectivo ajuar funerario, la distribución y tamaño de la vivienda y la forma y magnitud de los campos y eras de cultivo, nos permite, por una parte, aproximarnos al universo trascendente cotidiano de una comunidad y por la otra, identificarla como una etnia en el tiempo (p. 15).

⁹ Es precisamente el enfoque de estos tres autores lo que más adelante va a permitir las relaciones contextuales más allá de los límites del asentamiento o yacimiento arqueológico a causa de la modificación y uso de los elementos espacio-temporales como evidencias de regularidad y desviación conductual (Anschuetz, Wilshusen y Schieck, 2001)

Sin embargo, Moreno recae en el problema principal de la arqueología regional revisada sobre la zona de Urabá que trata de definir pautas o patrones de asentamiento a partir de elementos desconectados de sus propiedades contextuales, desligándolas arbitrariamente del espacio en que fueron realizadas. Boada (1991) señala esto en su reseña sobre *Pautas De Asentamiento Agustiniananas En El Noroccidente De Salado blanco en el Huila* que:

Para lograr esto, Moreno hizo una prospección. No obstante, no da con exactitud el área recorrida, no la demarca en un plano, no ubica los diferentes sitios arqueológicos detectados en el espacio estudiado, no delimita la extensión de los sitios y no identifica el tipo de yacimiento (asentamiento nucleado, disperso, campamento temporal, etc.). Este procedimiento tiene el inconveniente de no permitir ver un patrón de asentamiento, o sea su objeto de estudio (p. 156).

Asimismo, Escobar (2020) en sus investigaciones en la Cuchilla Romeral expone que el espacio, el tiempo y registro material dan a entender dinámicas de patrones de asentamiento con relación al cambio social, entendidas como parte de un sistema temporal que no debe ser entendido bajo la premisa de progreso. Su contribución está centrada en la posibilidad de establecer correlaciones que permitan la obtención de información sobre tipos, jerarquías, relaciones intersitio y vestigios que remiten como tal a la idea de asentamiento, sin embargo, esta es la idea de patrón y no de asentamiento, como se ha señalado anteriormente, aunque su enfoque hace referencia a la idea base de este, incluyendo conceptos espacio-temporales no contemplados en la primera fase de las investigaciones sobre el asentamiento.

Ante todo lo anterior, aparece un problema fundamental planteado por Fabrega & Parcero (2006), en sus análisis críticos a los diseños de asentamiento derivados de los enfoques arqueogeográficos, en los cuales se define que la relación que se pretende hacer con el asentamiento, como figura representante de un momento histórico en términos materiales, no es posible de ser analizadas bajo los parámetros arqueológicos actuales, debido a la forma en la que se ha buscado establecer una relación entre los elementos del presente y el pasado; como si se pudiese generar lo que se denomina como "identidad directa con el pasado". Asumiendo esa postura de reconstrucción científicista del pasado, lo que no le quita validez investigativa, sin embargo, la arqueología en

términos del asentamiento puede adoptar metodologías que si obedezcan a la construcción de conocimiento hipotético de modelos como lo propone la arqueología del paisaje, como ellos lo expresan en su texto *Diseño metodológico para el análisis locacional de asentamientos a través de un SIG de base raster*:

La idea parte de asumir que la localización de los asentamientos no es aleatoria, sino que obedece a determinados criterios que, de partida, desconocemos. Estos criterios (por ejemplo, que el asentamiento sea fácilmente defendible) son decisiones sociales que, como tales, son ajenas al ámbito de trabajo inmediato de la arqueología, pues son elementos inmateriales. Ahora bien, los criterios se concretan en lo que se puede definir como factores locacionales, que en este caso sí se relacionan con condiciones materiales. De este modo, el análisis locacional puede permitirnos identificar estos factores para, a partir de ellos, remontarnos a los criterios que puedan estar condicionándolos (p. 72).

7. Capítulo 7: Bajo el cauce: el enfoque en los contextos hidráulicos en la arqueología

Ahora bien, habiendo establecido la importancia en el desarrollo teórico y metodológico del asentamiento y la arqueología del espacio, es relevante incorporar la estrecha relación entre la arqueología del paisaje y las estructuras hidráulicas, debido a la importancia del agua, su gestión en el modelado y la transformación del paisaje por parte de las sociedades humanas.

Las estructuras hidráulicas, como los canales de riego, acueductos, y sistemas de drenaje, implican la modificación física del paisaje para aprovechar y controlar los recursos hídricos (Barceló, 1989). Estas intervenciones pueden tener un impacto significativo en la configuración del paisaje, como la creación de terrazas, la canalización de ríos o la construcción de embalses, afectando así la topografía y la distribución de los asentamientos humanos (Chacaltana & Cogornó, 2018).

La presencia de estructuras hidráulicas indica la necesidad de uso y gestión de los recursos hídricos disponibles. Su construcción y mantenimiento pueden tener un impacto significativo en el entorno natural, alterando los patrones de flujo de agua, modificando los ecosistemas acuáticos y afectando la biodiversidad local. A partir de la arqueología del paisaje y, mediante procesos de análisis de los efectos de estas intervenciones en el medio ambiente, pueden identificarse cómo las sociedades pasadas interactuaron con su entorno natural, a través de la gestión del agua se podría establecer un vínculo entre estas estructuras y las sociedades que las produjeron.

La estrecha relación entre el agua y las sociedades a través de la historia ha tenido lugar a partir de la década de los 80, en donde la denominada arqueología del agua se encargó de analizar de manera diacrónica los elementos y sistemas asociados a las sociedades del pasado, su expansión, evolución e implicaciones sobre el hábitat, en función de los usos y necesidades sociales, remitiendo el origen de estos sistemas a la inherente necesidad del manejo hídrico de las sociedades del pasado indiferenciadamente (Vásquez Navajas, 2016). El estudio de las estructuras o sistemas hidráulicos ha sido el interés investigativo de algunos países europeos, especialmente en investigaciones españolas, debido a la revolución agrícola musulmana y su impacto en diferentes países de Europa (Kirchner & Navarro, 1993; Vásquez Navajas, 2013, 2016).

Algunos de estos sistemas surgen de la necesidad de riego en los cultivos y de reorientación de los flujos de agua para su uso en los diferentes territorios. En los casos de la arqueología de sistemas hidráulicos musulmanes los cultivos que más necesitaban este tipo de

distribuciones de riego eran aquellos que eran considerados más valiosos, necesitando al menos un sistema de riego artificial generalizado que requería, al menos, tres o cuatro partes del año en condiciones de humedad intensificadas en relación con otras zonas circundantes (Idrisi, 2005). La elevación en este caso garantizaba el flujo en el sistema que, en el caso musulmán, estuvo generado por la noria y que en el caso americano prehispánico aun es desconocido.

La arqueología hidráulica aparece descrita metodológicamente por primera vez en las investigaciones de Kirchner & Navarro (1993) y Fernández Mier entre 1996 y 1999, con el objetivo en común de

Desarrollar procedimientos que permitan reconstruir espacios de cultivo y su funcionamiento a partir de la prospección in situ, trabajo etnográfico, análisis de cartografía y fotografía aérea, la toponimia y la contrastación con la información documental, a partir del paisaje actual (Kirchner, 2010, p. 188).

Ahora bien, la aparición de esta línea de trabajo se considera como parte constituyente de la arqueología del paisaje o de la arqueología extensiva, de la que también hace parte la arqueología agraria, tema que se profundizará más adelante. Autores como Vásquez Navajas, (2016), Malpica (1995), Civantos (2008) y Barceló (1988 y 1990), han señalado debe aparecer como parte de estos campos ya que se relacionan y analizan las trazas de asentamiento de desaparecidos y de los entornos producidos incluyendo las obras de sistemas hidráulicos. El estudio de lo hidráulico en sociedades del pasado implica las formas de conducción, contención, elevación, eliminación y aprovechamiento de las aguas, a través de los restos materiales, por esto, la definición de Vásquez funciona, según él, para cualquier contexto o periodo histórico. Igualmente, se hace relevante mencionar la conceptualización de Kirchner (2010), en vista de que menciona que:

Los procedimientos de la “arqueología hidráulica” pueden considerarse como una forma de arqueología del paisaje o de arqueología agraria. Sin embargo, hay que señalar su originalidad más específica: la reconstrucción planimétrica de los espacios irrigados [...] que ofrece la posibilidad de estudiar con detalle el espacio mismo: sus estructuras, sus dimensiones, su funcionamiento, las modificaciones de que ha sido objeto y, especialmente

importante, identificar, delimitar y describir el diseño original del espacio irrigado en el momento de su fundación (p. 188).

Además de lo anterior, es interesante plantear que la arqueología hidráulica revela la importancia de la fuerza de trabajo humana en la creación y sostenibilidad de dichos sistemas, evidenciando la compleja interacción entre las habilidades técnicas, la organización social y la inversión de recursos humanos necesarios para las diferentes actividades que desempeñaban las sociedades del pasado, o como lo expresan Renard, Iriarte, Birk, Rostain, Glaser, McKey (2012):

The labor intensive nature of raised field farming has been considered a major drawback to its adoption. However, the amount of labor that was actually needed to construct raised-field systems is unknown. In archaeology, estimating time and labor costs for the constructing raised fields and other earthworks is a difficult enterprise, fraught with uncertainty concerning many variables, including the volume of earth moved, the amount of work required to do it with the tools available, the number of people available to do the work, how long their workdays were, and how much maintenance the system required once constructed (p. 40).

Dentro de esta parte técnica se han generado diferentes clasificaciones sobre los componentes de un sistema hidráulico. Chacaltana & Cogorno (2018), a partir de la identificación de los niveles del mecanismo hidráulico del Valle Bajo del Rimac en Lima-Perú, proponen herramientas de identificación y análisis, de la siguiente manera:

El espacio hidráulico se define como el espacio donde se articulan los siguientes factores: las fuentes de agua, la infraestructura (canales de irrigación, bocatomas, reservorios, etc.), el área irrigada, la topografía (que incluye el caudal oscilante) y el espacio donde el agua cumple un fin social a través de la administración y el gobierno (Chacaltana & Cogorno, 2018, p. 28)

Además de esto, sugieren la necesidad de considerar el diseño del sistema hidráulico como dependiente de algunas variables como los factores geográficos, la disponibilidad de recursos

hídricos, los flujos de agua, la pendiente, elementos de infraestructura hidráulica y el destino final de la misma, añadiendo finalmente elementos como el conocimiento técnico para construir este tipo de estructuras y las características ecológicas y ambientales de la región utilizada (Chacaltana & Cogorno, 2018, p. 67).

En este sentido, es esencial comprender los objetivos fundamentales de la arqueología hidráulica, que se enmarcan en el proceso constructivo y el espacio modificado por las estructuras, como lo indica Kirchner, cuyos trabajos sobre aplicación de técnicas reconstructivas en espacios irrigados ampliaron el estudio de los sistemas hidráulicos a inicios de la década de los 2000, generando los estudios pioneros sobre los fenómenos hídricos, centrando el enfoque en el proceso de construcción, mantenimiento y estado de los sistemas, a saber:

El objetivo de la arqueología hidráulica es la reconstrucción del diseño original del sistema hidráulico y sus transformaciones y, para ello, hay que discriminar las modificaciones y ampliaciones que haya podido sufrir. La restitución del diseño original implica estudiar todo el proceso que va desde la selección del lugar donde se va a construir el espacio irrigado, la observación del relieve y las condiciones hidrográficas hasta la planificación del recorrido de las acequias desde el punto de captación, de la extensión y forma de las parcelas de cultivo, de la localización de los molinos y de las albercas si es el caso, y de las formas de distribución del agua. (Kirchner, 2010, p. 188).

Es decir, Kirchner formula que los diseños de un sistema hidráulico requieren un proceso previo de observación que está estrechamente relacionado con el medio y su modificación. La planeación de dichas prácticas requieren de la localización del acuífero canalizable, la identificación de pendientes que permitan la circulación, la estimación de volumen de agua disponible para ser manipulada a través de la canalización, la evaluación del área que puede ser regada; a partir de los taludes que serán intervenidos y modificados para construir los campos de irrigación, ya que estos deben ser contruidos debido a que el terreno sin modificación antrópica no es un indicativo imperioso de las necesidades humanas que de él harán uso y en específico aptas para el cultivo y el riego (Kirchner , 2009). Lo que propone la autora está enfocado a establecer la necesidad de maximización del espacio de irrigación ya que en un entorno natural este no aparece

naturalmente y a la ampliación de dichos diseños basales dado que estos tienden a la expansión del sistema mismo, así:

On the basis of the hydraulic survey and the resulting map, it is possible to establish the relative chronology of successive phases of construction. Analysis of aerial photographs reveals only the limits of the irrigated area and the field morphology, and is insufficient to reconstruct either the original design or the formation sequence of a hydraulic system. All hydraulic appurtenances must be identified and connected through field survey and meticulous mapping to understand fully any irrigated system (Kirchner, 2009, p. 159).

Claro que para este tipo de apreciaciones es necesario haber estudiado la totalidad del sistema en relación con los demás sitios en donde se da el desarrollo de la comunidad que los produce, sin embargo, este tipo de contribuciones teóricas de los sistemas hidráulicos medievales españoles, respecto de su carácter mutable y versátil, permite estimaciones de la alteración de estos a través del tiempo, producto de los cambios sociales, que podrán ser contemplados en tanto se profundice en su indagación. En palabras de la autora:

Full remodelling of the irrigated area is a type of radical modification that merits particular attention. For that to happen, a whole new design has to be created. This is why it would be erroneous to think that the stability of the hydraulic systems, first noticed by Glick (1992) and repeatedly proved (Barcelo 1989: 27–8, 1996: 29–31), means that they are indestructible or immutable. The stability of design is, precisely, the other side of an extreme fragility: any partial modification of its structure has serious repercussions on its physical layout and on the water allocation procedures (Kirchner, 2009, p. 160).

Por esta razón, con una búsqueda extensiva es posible reconstruir la infraestructura hidráulica principal, que puede constar de elementos como bocatoma, de donde se captan los recursos y se regulan los flujos de agua del canal principal, los canales de captación, los canales de irrigación de primero, segundo y tercer orden, cuya colocación varía según el sistema analizado, la tecnología de almacenamiento, los reservorios de agua, en caso de existir tecnologías subterráneas de extracción y puntos de drenaje o acequias sangraderas (Chacaltana & Cogorno, 2018). Todas ellas determinadas por el uso asignado durante su construcción, pueden coexistir, aunque no es necesario que todas hagan parte del mecanismo hidráulico.

Por otra parte, William Denevan en la década de los setenta, fue conocido por sus contribuciones significativas en el campo de la arqueología y la ecología histórica. En relación con sistemas hidráulicos, ha aportado ideas valiosas sobre la relación entre los seres humanos y el entorno natural a lo largo de la historia, dirigiendo su trabajo a comprender cómo las sociedades antiguas modificaron y gestionaron los sistemas naturales, incluyendo la gestión del agua y los paisajes acuáticos. Conjuntamente, subraya la existencia de diversos tipos de cultivos en humedales o áreas con inundaciones frecuentes, en lugar de un enfoque unidireccional, de esta manera:

(i) Soil platforms built in permanent bodies of water; (ii) fields with furrows, platforms, or mounds on seasonally flooded or waterlogged land; (iii) sluggish beds or low, narrow ridges on slopes and flats subject to waterlogging; (iv) excavated fields, for subsoil drainage; (v) fields on land with natural drainage, including sandbanks, riverbanks, and lake margins; (vi) fields with dikes or embankments to prevent the entry of water; and (vii) aquatic cultivation, in which complete drainage is not attempted and the plants are grown in water. (Denevan, 1970, p. 647).

Adicionalmente, Denevan desarrolló una clasificación tipológica de las formas de campos utilizadas en el drenaje y manejo de suelos. Esta clasificación se basó en estudios llevados a cabo en países como Surinam, Venezuela, Colombia, Ecuador, Perú y Bolivia, donde se documentaron sistemas hidráulicos que datan del inicio del siglo XX. Por lo que, sus investigaciones no solo abarcan los sistemas hidráulicos de gran envergadura, sino que también se extendieron a la producción familiar, evidenciando así la diversidad de procesos de realización de estos sistemas (1970).

Entre otros planteamientos, está la del ensayo tipológico de Cressier (1989), que detalla específicamente esta clasificación distinguiendo entre: un área de captación de áreas superficiales, fuente, manantiales, resurgencias, derivaciones del río, presas y norias, que no aplican hasta donde sabemos en el caso nacional, pero que se trata de un área de aguas subterráneas que puede incluir

galerías de drenaje o “qanat”¹⁰, vías de conducción como acequias, puentes o acueductos, áreas de almacenaje y estructuras anejas a la construcción del mismo sistema hidráulico (Creisser, 1991, p. 408).

Después de explorar las diversas clasificaciones que han arrojado luz sobre la variedad de sistemas hidráulicos, es fundamental adentrarnos en los estudios de caso que ilustran la aplicación práctica de estas tipologías. Estos ejemplos concretos nos permitirán comprender cómo estas clasificaciones se traducen en contextos reales, revelando la interacción entre la teoría y la implementación en el campo de la arqueología hidráulica. A través de estos estudios de caso, se desvelarán las complejidades y particularidades de cada sistema.

En Suramérica, se han identificado varias estructuras hidráulicas, sin embargo, el enfoque de la investigación ha estado principalmente dirigido hacia la tipología. Denevan (1991) ha recopilado información sobre las menciones de sistemas hidráulicos en los diferentes países del territorio anteriormente mencionado, sin embargo, concluye que estos sistemas han adoptado otros nombres, siendo conocidos como sistemas de campos elevados o camellones. Según el autor, esta noción incluye la preparación del terreno que involucre la transferencia de materiales terrosos para elevar el nivel del suelo sobre la superficie del entorno natural (ondulaciones, plataformas y montículos) mejorando así las condiciones de cultivo, en casos de drenaje deficiente del suelo, no obstante, Denevan los atribuye al origen europeo en donde estos son mayormente registrados y estudiados con excepción de algunos casos mexicanos.

Él registró a detalle estas intervenciones incluyendo las investigaciones en Llanos de Moxos, en Bolivia, descritos por los jesuitas en los siglos XVII y XVIII, Las del Río San Jorge en Colombia y las de La Cuenca de Guayas en Ecuador, realizadas en la década de 1960 por el geógrafo James Parsons. Al igual, que la de Los Llanos del Orinoco en Venezuela llevadas a cabo por el geólogo, James Terry en 1968. Asimismo, las de Guayanas, en las sábanas costeras de Guyana, Surinam y la Guyana Francesa hechas por el agrónomo J de Kraker en 1939, así como la de la Cuenca del Lago Titicaca en Perú en 1966, pero previamente avistados por el arqueólogo Alemán Max Uhle en 1894.

¹⁰ La galería filtrante (qanat) es una técnica para captar agua subterránea y conducirla por gravedad a la superficie. Es una técnica milenaria que se inventó en algún lugar del cercano oriente y, no obstante, su antigüedad, es una técnica vigente en México y América Latina. (Barceló, 2004, p 133).

De igual manera, compiló los estudios de la Sabana de Bogotá, en Colombia desarrolladas por Broadbent en 1968, guiada a través de las crónicas coloniales de Pedro de Aguado en 1581, del mismo modo que, las de la Sierra de Ecuador ejecutadas por el geógrafo Roy Ryder en 1970, en Cayambe y, finalmente, en el Valle de Casma en Perú, en el desierto costero, Plafker en un reconocimiento fotográfico, alertó sobre la posibilidad de patrones de campos elevados abandonados, investigación que fue realizada posteriormente por Pozorski en 1983.

Denevan culmina su estudio mediante la elaboración de una clasificación de los componentes que constituyen los sistemas de irrigación en el sur del continente americano. Esta clasificación destaca especialmente las diversas formas en que estos elementos pueden estar dispuestos dentro de dichos sistemas:

The three main types of land reclamation in aboriginal America were irrigation, terracing, and drainage. Of these, drainage techniques have received the least attention, probably because they are no longer important and because the remnants are not conspicuous. Nevertheless, drained-field cultivation was widespread and was practiced in varied environments, including highland basins, tropical savannas, and temperate flood plains. Sites ranged from seasonally waterlogged or flooded areas to permanent lakes. Ridging, mounding, and ditching were emphasized, rather than diking. Tools were simple, crops varied, and fertilization was accomplished mainly by mulching¹¹ (Denevan, 1970, p. 653)

Por otro lado, en 2006, Francisco Valdez realizó una recopilación de los artículos presentados durante el coloquio internacional de agricultura prehispánica, centrados en los temas de sistemas de drenaje y elevación de suelos. Este compendio reúne una amplia gama de investigaciones relacionadas con tecnologías, tipologías, repercusiones y aspectos agroecológicos de diversos sistemas hidráulicos en Sudamérica. Entre estos estudios, se destacan las investigaciones de espacio y medio ambiente de los camellones andinos llevadas a cabo por Bouchard & Usselman (2005). Asimismo, se incluyen las investigaciones de De Fontainieu (2005), en las cuales se analizan los camellones como campos de observación de sistemas agrícolas

¹¹ El Mulching o mantillo en español, es un término de la agricultura aplicado para hablar de la capa de material aplicada sobre la superficie del suelo para modificación de efectos climáticos, en donde se emplean diversos materiales tanto orgánicos como inorgánicos.

especializados que evidencian las múltiples causas que contribuyen a la formación de estos sistemas como resultado de factores multivariados.

Adicionalmente, las investigaciones realizadas por Rojas Mora y Montejo (2015) en Colombia sobre el manejo del espacio y aprovechamiento de recursos en la depresión Momposina, sistemas de albaradas, que se definen como humedales en cuerpos cerrados de agua que no fluyen o reservorios de agua, y los camellones en la región costera del antiguo Ecuador por Pino & Bazarco (2005). Otros investigadores como Caillavet & Cavelier (2005) se dedicaron a realizar genealogías de los estudios a los Andes ecuatorianos como ecosistemas diversos en los siglos más recientes y cambios en los usos del paisaje. En regiones como La Tola, Esmeraldas en Ecuador, en Tumaco en la Costa Pacífica colombiana, Valdez y Patiño respectivamente, ejecutaron revisiones sobre campos prehispánicos elevados, analizando los sistemas de drenaje y organización social de dichos grupos.

Algunos otros, como los estudios paleo ecológicos en la depresión Momposina hechos por Herrera (2005), los estudios agro físicos del sistema Waru Warus en el altiplano de Puno, en Perú (Ordoñez, 2005), los cambios ecológicos generados por los sistemas productivos de Suka Kollus y Pampa, en Bolivia (Rocha, 2005) y los sistemas agrícolas prehispánicos de los camellones en la Amazonía del mencionado país (Saavedra, 2005) son algunas de las exploraciones realizadas en esta zona de estudio, generando información de los sistemas hidráulicos, camellones, canales, sistemas de riego y almacenamiento, distribución, relación con las diferentes formas de vida de las sociedades prehispánicas y la continuidad de algunos de estos sistemas en tiempos coloniales. En palabras de Cressier (1992-1997):

Las excavaciones de sistemas hidráulicos rurales al completo son prácticamente inexistentes, por lo que la práctica arqueológica más habitual ha sido la prospección, la cual permite realizar levantamientos planimétricos del perímetro irrigado y de sus componentes, a pesar de requerir análisis de laboratorio muy precisos y de no aquilatar cronologías. En particular, la prospección geofísica y la fotografía aérea ha proporcionado algunos de los resultados más interesantes (Cressier et al, 1992; Cressier, 1997, citado por Vásquez Navajas, 2016, p. 48)

Aun así, no se han documentado en el país, o al menos no como se deberían los modos de captación acuífera en diferentes tipos de geografías. Esto, al parecer ha funcionado en algunos casos de las investigaciones del sureste peninsular de España, en donde se pueden relacionar sistemáticamente algunas poblaciones con algunos tipos de hidráulica, tal como se ha hecho con algunas tipologías cerámicas basadas en su morfología, tecnología e iconografía, por lo que, estos sistemas poseen algunas condiciones físicas que también dependen de modelos de obtención y manejo del agua.

Cressier propone que esto podría facilitar la creación de un sistema con numerosas variables cuyo grado de sofisticación técnica podría ser desigual, sin embargo, podría mostrar la eficacia respecto de las condiciones del sitio en donde esta se haya generado (1991). El análisis de estos sistemas permite establecer otro tipo de relaciones con el espacio que, como dice el autor, pueden hablar de sistemas hidráulicos altamente intrincados, produciendo conocimiento relevante sobre el espacio domesticado para el uso común, así como lo presenta Barceló (1998):

Este conocimiento es susceptible, a su vez, de generar conocimientos históricos relevantes, tales como estimaciones sobre la dimensión de los grupos sociales constructores del sistema, o como la posibilidad de identificar códigos en la creación del espacio irrigado que faciliten comparaciones con otros espacios y la localización de pautas constructivas diferentes no atribuibles a imposiciones del terreno. (p. 244)

Por consiguiente, estos sistemas hidráulicos, además de sus componentes tipológicos y teóricos, han sido indagados a partir de sus características socio ecológicas, integrando sistemas biofísicos, instituciones y las sociedades que los elaboraron, por consiguiente, la complejidad de estos sistemas en este sentido, radica en la interconexión de sus componentes, el sistema hidrológico, el sistema tecnológico y el sistema social (Kelly, 1983). Dicho esto, no pueden considerarse estos sistemas como rudimentarios, aun cuando su estructura física a simple vista parezca simple, puesto que la complejidad para elaborar, distribuir, plantear y ejecutar este tipo de labores sobre el espacio requiere de una estructura de gran complejidad a nivel social (Iniesta 2015; Glick 2007; Barceló 1989) retomando los planteamientos indicados anteriormente por Barceló:

Cuando estos sistemas son complejos, un cierto instinto, tanto el del autor de la publicación como el del lector, induce a pensar que el sistema es el resultado acumulativo de una organización de fases dilatadas y de los procesos de trabajo. Es un instinto tan ofuscante como el llamado sentido común. Naturalmente cuanto mayor sea el sistema más extenso será el calendario de su construcción. Pero ello, nada dice de cómo ha sido concebido y diseñado. Esta cuestión es decisiva no sólo para comprender cómo son creados los espacios irrigados y las posibilidades de crecimiento que tienen, sino también para estimar y evaluar las condiciones sociales y técnicas, es decir, las soluciones de continuidad precisas, en que la unidad tecnológica de un sistema puede ser utilizada, sin mengua de su eficiencia, por una sociedad distinta a la de sus creadores (1988, p. 244).

Asimismo, de la mano de la discusión anterior sobre el asentamiento y el espacio, se presenta una línea de investigación que tiene que ver directamente con la aplicación de los sistemas de irrigación. Barceló (1984, 1986) afirma que estos sistemas hidráulicos son a su vez parte de los espacios rurales, pertenecientes al estudio de la arqueología intensiva y desarrollados por la arqueología del paisaje, insertos dentro de la arqueología del espacio derivada de las discusiones sobre el asentamiento “El espacio rural es la articulación entre el asentamiento humano y el conjunto de zonas en donde tienen lugar los procesos de trabajo necesarios para la reproducción social” (Barceló, 1988, p. 196).

Los sistemas hidráulicos, que incluyen canales, acueductos, pozos y sistemas de irrigación, desempeñaron un papel fundamental en la vida de las sociedades pasadas, al proporcionar las facilidades hídricas para ejecutar diversas actividades humanas, como la agricultura, el consumo doméstico y el manejo del paisaje. Estos sistemas hidráulicos no sólo se consideran infraestructuras funcionales, sino que también están intrínsecamente relacionados con la arquitectura de los asentamientos.

A través de la relación entre los sistemas hidráulicos y la arquitectura, se pueden revelar aspectos clave de la organización social, la planificación urbana y la tecnología utilizada en el pasado, por lo que, se puede obtener una visión más completa de cómo las sociedades pasadas gestionaban y aprovechaban los recursos hídricos, y cómo estas prácticas influyeron en el diseño y la funcionalidad de los espacios construidos. Este enfoque proporciona valiosas perspectivas para comprender las complejidades de las sociedades antiguas y su relación con el entorno construido y

natural. Así, mediante el análisis conjunto de los sistemas hidráulicos y la arquitectura en arqueología, se pueden desentrañar las complejas interacciones entre el ser humano y el medio comprendiendo mejor la forma en que estas interacciones han dado forma a las sociedades y su entorno construido.

8. Capítulo 8: Estudio de caso

8.1. Ubicación geográfica

Según el Perfil de Desarrollo de Urabá (2020), la zona de Urabá tiene un área de 11664 km², ocupando el 18,6% del territorio Antioqueño. La subregión limita por el norte con el mar Caribe, por el sur con el departamento del Chocó, por el oriente con el departamento de Córdoba y con las subregiones Norte, Suroeste y Occidente del departamento de Antioquia y por el occidente con el departamento del Chocó. De acuerdo con la Cámara de Comercio de Medellín para Antioquia (2019) y el Consejo de Planeación de Antioquia, la Universidad de Antioquia y la Gobernación (2020), por sus características geográficas se divide en tres sectores principales. La región del norte abarca un área de 278.600 hectáreas en total, está ubicada en las estribaciones de la serranía de Abibe, abarcando la llanura costera y valles y es el lugar dónde se encuentran los municipios de Arboletes, San Juan de Urabá y San Pedro de Urabá.

La zona central, que engloba a los municipios de Apartadó, Carepa, Chigorodó, Mutatá y Turbo, ocupa 583.777 hectáreas, incluyendo humedales en las cercanías del golfo de Urabá. Esta se extiende desde el área interfluvial de los ríos León y Atrato hasta el valle aluvial del río León (Plan de Ordenación & Manejo de la Cuenca Hidrográfica, 2019).

Por último, la región del Atrato Medio, que abarca Murindó y Vigía del Fuerte, forma parte de la cuenca del Atrato, del sistema de humedales y de las áreas del delta, dentro de las cuáles se encuentra el río Sucio, que es uno de los principales tributarios del río Atrato, por lo que, entre otras razones, esta región es fundamental para la función hidrológica, almacenamiento de agua de lluvia y esorrentía. De las anteriores, alrededor del 43 % del territorio se compone de pantanos y zonas inundadas, mientras que el 50 % está cubierto por bosques.

La existencia de zonas costeras, serranías y valles, al igual que de sectores de humedales, ríos, pantanos y bosques en Urabá, muestran la complejidad de analizar un territorio tan extenso con características diversas que dificultan los posibles análisis en arqueología, pero, sobre todo, nos hablan de un área cambiante debido a las condiciones de humedad y visibilidad producto de la abismal vegetación. Asimismo, en la actualidad posee diferentes periodos de inundación, en los cuales se pueden evidenciar cambios en las condiciones de humedad¹². En palabras de Chevillot et al. (1993):

¹² La adquisición de imágenes satelitales Landsat y Sentinel 2 estuvo basada en esta característica.

La precipitación media anual se estima en 2500 mm, con períodos de lluvias entre mayo y noviembre y períodos secos que van desde diciembre hasta mediados de abril; variaciones que obedecen a la oscilación anual de la zona de convergencia intertropical (ZCIT) y a los vientos alisios del noreste (Chevillot et al., 1993 citado en Vélez C & Aguirre N 2016, p. 76).

Lo anterior fundamenta el potencial que ofrece este tipo de entornos para investigaciones de esta índole, puesto que las características geográficas presentes en el territorio son un factor crítico para la construcción de sistemas hidráulicos que influyen, directamente, en el comportamiento hidrológico del área y en el entorno inmediato. Por lo que, esta región es especialmente propicia para investigaciones multidisciplinarias con importantes implicaciones tanto ambientales como culturales.

Posada, Cadena, González & Arroyave (2019) exploraron con sensores remotos parte de la cuenca del Río León en un área con forma de triángulo con coordenadas WGS84 en el vértice occidental: 7° 31' 19,60'' norte y 76° 50' 51,06'' oeste; vértice oriental: 7° 30' 09,77'' norte y 76° 38' 24,12'' oeste, y vértice norte: 7° 46' 26,63'' norte y 76° 50' 35,37'' oeste reportando una extensión aproximada de 44.000 hectáreas de suelos intervenidos. Siendo conscientes de estos antecedentes, este estudio no solo revisita el área examinada por los autores, sino que expandirá el área de fotointerpretación en sentido sur hasta la cuenca media del río Sucio, y hacia el occidente hasta toparse con el Río Atrato, como se verá en detalle más adelante.

Lo anterior cobra sentido cuando se toma en cuenta que, las investigaciones hidrológicas sobre el golfo de Urabá han señalado la influencia de estos ríos sobre las dinámicas y las condiciones del terreno en las zonas aledañas a estos sistemas hidrológicos. Según Vélez & Aguirre (2016) entre hace 6000 y 4000 años AP, aumentan las condiciones de temperatura, y aproximadamente entre 3000 y 2500 AP se empiezan a registrar condiciones secas en la zona norte de lo que hoy se conoce como Suramérica (p. 89). Con sus análisis sedimentológicos se obtienen entonces indicadores de eventos de precipitaciones y descargas fluviales en el golfo durante el Holoceno Tardío (p. 90) afectando las condiciones de la zona de acuerdo con los autores “Los ríos León, Caimán Viejo, Caimán Nuevo y Turbo, también desembocan en el golfo y aunque sus descargas y caudales son inferiores a las registradas en el Atrato, localmente pueden afectar la

geomorfología e hidrodinámica costera cercana (Bernal et al. 2005; Álvarez-Láinez, 2008)” (citado por Vélez & Aguirre, 2016, p. 77).

En las investigaciones puntuales sobre las zonas de canales y camellones, señalan estos periodos de sequía y humedad, específicamente asociados a la cuenca del río León, y al periodo de sequías mencionado anteriormente, como lo expresa Ramos Murillo, quien realizó análisis paleoambientales en la perforación de canales encontrados en la cuenca media del río León:

El registro geoquímico del paleo ambiente asociado a las estructuras prehispánicas de canales y camellones en la cuenca media del río León parece iniciar con un periodo húmedo con altos niveles de precipitación y escorrentía desde el año 570 A.D. que ha disminuido con el tiempo. Este registro además indicó una aparente disminución en la intensidad de precipitación y escorrentía durante el periodo cálido medieval entre 830-944 A.D. y la pequeña edad de hielo entre 944-1478 A.D. A partir del año 1700 A.D. y hasta la actualidad, el paleoambiente asociado a estas estructuras podría estar influenciado por el periodo cálido actual, durante el cual la intensidad de la precipitación y la escorrentía aumentó en relación con la pequeña edad de hielo, pero se alcanzan los niveles más bajos de proxies debido a factores geoquímicos e influencia antrópica (2022, p. 27).

8.2. El punto de partida, las exploraciones arqueológicas en Urabá

Para entender los sistemas y patrones de asentamiento se han explorado los sitios dispersos expuestos en la literatura, notando la falencia que existe en la concepción espacial en las investigaciones realizadas en la zona, ya que no hay una georreferenciación clara de estos sitios, tema que se profundizará en el apartado siguiente.

En la región de Urabá, se despliega un escenario arqueológico de gran relevancia histórica y cultural que ha capturado la atención de investigadores y académicos durante décadas. Esta región, caracterizada por su rica biodiversidad y su historia entrelazada con diversos grupos étnicos y procesos coloniales, ofrece un campo propicio para las investigaciones arqueológicas que buscan desentrañar los secretos de su pasado. El presente apartado se adentrará en el mundo de las investigaciones arqueológicas en Urabá, explorando los enfoques metodológicos, las contribuciones y los desafíos que los arqueólogos han enfrentado al trazar el relato histórico y cultural de esta región. Desde la identificación de antiguos asentamientos hasta la comprensión de

las prácticas agrícolas y sistemas hidráulicos de sociedades pasadas, estas investigaciones han arrojado luz sobre la complejidad y la diversidad de las interacciones humanas en Urabá a lo largo del tiempo.

Esta introducción busca explorar y analizar críticamente las limitaciones y deficiencias que han marcado las investigaciones arqueológicas, evidenciando cómo diversos factores han conspirado para obstaculizar un adecuado entendimiento de su historia y patrimonio cultural. A través del examen de casos específicos, esta exploración pretende arrojar luz sobre las dificultades que han limitado la calidad y alcance de las investigaciones arqueológicas en Urabá, al mismo tiempo que reflexiona sobre la importancia de superar estos obstáculos para seguir aportando valiosa información para comprender los retos que esta región ha supuesto.

A través de excavaciones y análisis de los materiales encontrados, se ha logrado construir un panorama más completo de la historia arqueológica de Urabá, revelando la interacción entre grupos culturales, la transformación del paisaje y el legado que perdura en la actualidad empezando por Linné Sigwald en 1929 quien llevó a cabo exploraciones en varios sitios cerámicos en Bahía Gloria, Titumate, Triganá y Acandí en el Golfo de Urabá (Ruiz Bohórquez, 2017). Sus hallazgos evidenciaron una uniformidad en la ocupación a lo largo de ambas márgenes del Golfo. Asimismo, identificó tumbas con urnas funerarias que contenían perlas en su ajuar, sugiriendo un posible intercambio entre el Golfo de Urabá y las regiones de Panamá. Además, de plantear la hipótesis de que las urnas funerarias encontradas en Centroamérica podrían tener origen en Sudamérica.

En 1953, Graciliano Arcila, describe el material cerámico encontrado asociado a tumbas de pozo, recubiertas de losas de piedra en Mutatá, encontrando piezas cerámicas, orfebres y líticas que fueron clasificadas según su decoración, forma y uso. Debido a esto la comunidad académica adelantó reconocimientos en la zona, haciendo que dos décadas más tarde en 1977 se comenzaran a reportar concheros, sitios cerámicos y artefactos líticos en municipios como Turbo, Arboletes y la cuenca del río Mulatos (Santos, 1989).

Santos en 1982 abordando las particularidades geográficas, abonando en la comprensión de lo que definió como patrones de asentamiento y prácticas culturales de las antiguas poblaciones, además de señalar la presencia de concheros y posibles zonas de potencial arqueológico.

En 1983, Correal, presenta su artículo sobre cazadores especializados en el municipio de Acandí, en el cual se encuentran evidencias precerámicas. En 1986, Santos retoma sus investigaciones sobre los asentamientos prehispánicos, profundizando en la presencia de grupos indígenas y las

divisiones de estos en el territorio según el registro, subrayando la necesidad de aportar mayores evidencias de intercambio en la zona.

A continuación, en 1988, las exploraciones de Neyla Castillo se adentraron en los temas de distribuciones espaciales de cerámica, su comparación técnica y estilística, estableciendo una serie de criterios para clasificarlas tipológicamente. No obstante, Uribe en 1988, realiza su análisis sobre la orfebrería de la zona, describiendo la complejidad que trajo para la arqueología las actividades de guaquería, que además de alterar los contextos, dejó grandes dudas respecto a la proveniencia de las piezas que posteriormente fueron parte del Museo del Oro, ofreciendo algunas clasificaciones para este tipo de hallazgos.

Finalmente, en 1989, Santos intenta proponer una reconstrucción tentativa de las comunidades prehispánicas a la luz de la nueva información recuperada y las crecientes investigaciones, su producto ofrece una descripción geográfica del golfo de Urabá, la recopilación de información histórica y etnográfica de lo que denominó como “etnias indígenas de la región del golfo de Urabá”, a partir de la documentación de crónicas coloniales, dividiendo la zona en dos áreas conocidas como márgenes orientales y occidentales, sobre las cuales describe a profundidad las características geográficas, los elementos arqueológicos, las actividades a las que estos se encontraban asociadas, la distribución del asentamiento y la dieta que seguían estos grupos humanos.

Hasta aquí, el trabajo realizado por los diferentes arqueólogos y arqueólogas investigadores ha dado como resultado la creación de tipologías cerámicas y líticas para la zona, así como la descripción de los sitios encontrados, sin embargo, su foco ha estado centrado en la catalogación y el entendimiento de los sitios en tanto su potencial individual material y no sistemático a nivel geográfico.

La fetichización por los objetos ha generado que los productos de las interpretaciones en arqueología deriven en atribuciones artefactuales, generando no patrones de asentamiento que, como se podrá ver más tarde no delimitan áreas, extensión de sitios, y tampoco identifican tipos de yacimientos; sino que, por el contrario, han dejado tan amplia la posibilidad de la ocupación y uso del poblamiento en la región de Urabá. Ahora la recopilación de datos apunta a que cualquier lugar del Golfo de Urabá podría ser ocupable, (cosa que podemos decir de cualquier sitio de este cuerpo celeste, a excepción tal vez de unos tramos bastante extensos de kilómetros oceánicos). Dejando

de lado nuestras posibilidades analíticas reducidas a cero o estadísticamente no representativas en tanto las cruzamos con el corpus de datos que proveen las investigaciones en la zona.

Ahora bien, este tipo registro enfatiza en dos momentos de exploración de manera simultánea correspondientes al enfoque y al trabajo de algunos investigadores en relación con la evidencia y /o el material revisado. Un primer momento donde se trabajan las cuencas y quebradas principales examinando dos tipos de montículos, los primeros conocidos como concheros en donde se encuentran fragmentos de trozos fragmentados de cerámica y conchas los segundos constituyen sitios funerarios en donde se encuentran restos humanos asociados a vasijas y otras evidencias de enterramiento.

Esta primera fase se centró en definir la jerarquía social de los grupos según las evidencias, gestando este gestó una arqueología basada en la clasificación y catalogación de objetos, con el propósito de establecer áreas de ocupación a partir del registro. Algunos de los investigadores señalan que la distribución de las evidencias muestra que no existieron poblados nucleados sino viviendas dispersas que se alejaban de las planicies inundables (Santos, 1989).

A pesar de este comienzo temprano con un enfoque marcadamente tipológico, a partir de este punto, el interés se diversifica hacia la comprensión de las dinámicas espacio-temporales en la región. Esto se traduce en un enfoque en las ocupaciones periódicas en Urabá y su frontera en distintos momentos, con un enfoque particular en las interacciones entre las sociedades, tanto prehispánicas como posteriores. Con el descubrimiento de la creación híbrida de Santa María de la Antigua del Darién (Sarcina, 2017), que involucra a indígenas de la época y a los conquistadores españoles, surgen las preocupaciones relacionadas con la ubicación y el contexto espacial del sitio arqueológico para su documentación y análisis.

Lo que se pretende hasta aquí es tratar de visualizar las coyunturas preliminares en términos investigativos y continuar con una propuesta metodológica como alternativa a la problemática que pudo encontrarse respecto a: primero una incapacidad y/o dificultad para entender el espacio como una dimensión socialmente construida diferenciar puedan conectar los modelos de información consecuente con los datos recogidos en campo y que se entienda el espacio como socialmente construido.

Resaltando la importancia de señalar el yacimiento arqueológico del asentamiento y cómo la negación de esto produce como resultado un afán por lo artefactual y lo tipológico, orientado a la búsqueda de objetos despojándolos de sus contextos y sistemas de creación humana que sustrae

a los objetos del sistema de relaciones sociales y geográficas del que hicieron parte. A su vez, inferir cómo esa misma discusión es importante para la producción de arquetipos que puedan conectar los modelos de información consecuente con los datos recogidos en campo y que se entienda el espacio como socialmente construido.

Lo que lleva al segundo punto, que consiste en la formación de correlaciones apresuradas frente a las condiciones de causalidad entre los modelos de datos, observada en las investigaciones que han generado un vacío informático y que, en definitiva, nos despojan de la posibilidad de generar modelos predictivos a partir de los datos registrados usando sistemas de información geográfica mediante teledetección en tanto que la información recuperada es insuficiente.

Retomando la información histórica, en la etapa inicial de las investigaciones en la región de Urabá, se identificaron sitios donde se recopiló y clasificó material cerámico y lítico. Estas pruebas fueron conectadas con la información etnohistórica de crónicas que indicaban posibles lugares de yacimientos o al menos periodos de presencia humana en la zona según el tipo de material identificado. Esto llevó a la categorización de los lugares de los hallazgos como asentamientos y, en algunos casos, a la formulación de patrones para su identificación. Sin embargo, en esta fase inicial, la atención se centró principalmente en la catalogación y tipologías de los objetos, lo que resultó en un enfoque exclusivo en los artefactos. Por lo tanto, es difícil ubicar, georreferenciar y delimitar las áreas específicas que fueron excavadas y prospectadas.

Debido a la cantidad de evidencia las preguntas sobre la zona debieron ser reorientadas hacia el tipo de arqueología que necesitaba emplearse y los supuestos que esta debería seguir teniendo en cuenta que se cuenta con un amplio registro material, histórico y etnohistórico que ha sido tomado de manera aislada en relación con otros elementos, concentrándose en el registro artefactual mueble, o arbitrariamente fue descontextualizado por los investigadores siendo presentado como representante de un sitio arqueológico por estar ubicado en una zona de excavación y posteriormente introducido sin relación al contexto donde fue encontrado en una suerte de punto flotante en el mapa.

La información espacial disponible no nos permite entender la zona de Urabá como un paisaje humanizado, razón por la cual se recurre al uso de sensores remotos, visualizando si es posible pensar en términos geográficamente más amplios la ocupación pretérita en la zona, por ello, mediante el muestreo de la zona se podrán identificar posibles estructuras hidráulicas

georreferenciadas que permiten poseer un registro de sitios que no sean flotantes, buscando evitar postulados totalizadores respecto de hallazgos que no podemos hasta la fecha, relacionar.

Ahora bien, con las primeras investigaciones en la década de los 70 a cargo de Gonzalo Correal (1977), es posible preluir el tipo de arqueología realizada en el mencionada, la manera en la que se habló de asentamientos puede darnos una idea de general sobre las convicciones base respecto a las cuales se generaron hipótesis y conclusiones sobre el pasado, esta estuvo basada en la manera de concebir el espacio de asentamiento a partir de los sitios excavados no relacionados entre ellos, es decir sitios existentes en calidad de sus características presentes al momento de ser investigados y no en relación al contexto general de sus materialidades.

Santos registra sitios en El Totumo y El Estorbo, en el cual se encontraron concheros estratificados en las riberas de la quebrada y montículos de conchas que pertenecen según el autor a un mismo asentamiento, lo mismo ocurrió en sitios como El Bobal, Necoclí, Cerro el Águila, mientras que en Caimán Viejo, Capurganá se encontraron metates y fragmentos cerámicos dispersos definiendo los sitios de ocupación en lugares de colina debido a las condiciones de suelos inundables, las evidencias se encuentran a lo largo de los ríos y quebradas que descienden al golfo, en las colinas y cerros de sistemas montañosos en donde no solo se encontraban asentamientos sino también contextos de enterramiento (1982). Este mismo estudio muestra relaciones entre la ocupación territorial por parte de grupos tempranos que poseían tecnología lítica ubicados en las áreas adyacentes al occidente del golfo de Urabá hasta el océano pacífico, las hoyas de los Ríos Sinú y San Jorge, el bajo Sinú, Ciénaga de Momil y Golfo de Morrosquillo (Arqueonorte, 2013, p, 10). Sigwald por su parte (1927, citado por Ruiz Bohórquez 2017) recorrió los sitios cerámicos de Bahía Gloria, Titumate, Triganá y Acandí, vinculando las tradiciones cerámicas y funerarias en un primer momento exploratorio que daría como resultado la determinación de las conexiones entre la frontera con Panamá, la costa Pacífica y el Golfo de Urabá, sin embargo, de nuevo todas esas teorías están basadas en la asociación artefactual, pero poca es la claridad que nos ofrecen sobre el hecho particular de un patrón como tal.

Para Santos (1989) el asentamiento está compuesto por las evidencias de habitación de un sitio, en el caso de Urabá, de los concheros y montículos en las planicies, representan los sitios óptimos donde se distribuían las evidencias, se excluyen las zonas inundables ya que solo podían ser habitadas temporalmente. En caso de la presencia de artefactos de caza, pesca y recolección dicha evidencia la constituye el uso de herramientas que fueron encontradas en las áreas contiguas,

pero no elaboran o formulan un sistema operativo de actividades que dé cuenta de ello. Además, presuponen la presencia de viviendas a lo largo de las quebradas y el acceso a los *microambientes* como un punto clave para la ubicación de dichos asentamientos, la agricultura en zonas de colina y la zona montañosa para actividades de caza.

Las investigaciones mantienen la línea tipológica. La clasificación de artefactos líticos se usa para hablar de implementos de caza, los restos zoo arqueológicos para hablar de actividades de consumo, el material cerámico para hablar de fases arqueológicas a partir de su industria tecnológica y sus modalidades estilísticas, las formas, en esta misma línea, nos hablarían en este caso de funciones, postura que comparte Neyla Castillo (1988) y que podemos ubicar en el denominado paradigma histórico-cultural.

Cuando se habla de zonas de vivienda, tumbas y actividades de subsistencia se asumen, en este caso los sitios de terraza como unidades del paisaje aptas para la ocupación humana; los asentamientos se distinguen por la existencia de concheros, como signos reveladores de actividad humana. Los marcadores de este tipo de investigaciones dieron como resultado el supuesto de que las actividades de subsistencia consistieron en labores agrícolas, caza, recolección y enterramiento que se fueron complejizando y produjeron formas cerámicas más especializadas en tanto los decorados se complejizaron técnicamente los patrones propuestos por el autor son generalmente poblados con viviendas satélites, con centros ceremoniales y políticos en núcleos principales en donde había comercio local (Santos, 1989).

Otra de las investigaciones basadas en los objetos, ha sido el caso de Gonzalo Correal & Pinto (1983), quienes realizaron un detallado reconocimiento de los materiales líticos, en donde se deduce el uso de las herramientas de este tipo a las formas asociadas a la caza de mega fauna con los hallazgos de las puntas de proyectil cola de pescado en el Golfo del Darién, sugiriendo actividades de caza desde el Pleistoceno tardío únicamente a través de sus características tipológicas las cuales no pudieron ser asociadas a ningún tipo de contexto más amplio. A partir de lo anterior, el registro fue conocido como evidencia pre cerámica, debido a la sugerencia de una posible difusión por cercanía al territorio panameño de la tradición de puntas de proyectil vinculada a los cazadores superiores se determinó en función de la proximidad del sitio La Gloria que hacían parte del mismo complejo cultural que se extendía a través de la biorregión.

Las diversas investigaciones llevadas a cabo desde la década de los 80 con autores como Bedoya y Naranjo (1985), que destacan ocupaciones en lugares como Capurganá, o Graciliano

Arcila (1986), quien propone el asentamiento de Santa María de la Antigua del Darién en coexistencia con la empresa colonial. En la misma línea, Mora (1986), expone que la identificación de fragmentos cerámicos en la franja costera que se extiende entre Arboletes y San Bernardo del Viento, sigue la tradición cerámica del Complejo Urabá, y Uribe (1988), quien establece conexiones entre los hallazgos arqueológicos y la orfebrería, por último, Espinosa y Nieto (1998), identifican elementos asociados a la tradición cerámica Modelada pintada a lo largo de las márgenes del río Currulao y registrando sitios relacionados con el complejo Urabá Tierralta, se refuerza la idea previamente expuesta acerca de la fascinación por los artefactos, que en ocasiones tiene poca relación con la geomorfología y geografía de la zona, y más bien se debe a la formación de conexiones morfológicas entre los objetos que con su contexto.

En los registros de Arqueonorte, el concepto de asentamiento se aborda en la fase de prospección y diagnóstico arqueológico del proyecto portuario multipropósito en el Puerto de Urabá (Arqueonorte, 2013), específicamente en Necoclí, en la zona de Buenavista. En este contexto, el concepto de asentamiento se define a través de patrones, como destacan Pimienta y López (2007). Estos autores sugieren que los patrones pueden ser identificados en áreas que abarcan zonas inundables y colinas que se extienden a lo largo de ríos y quebradas, y que presentan áreas aptas para la agricultura, caza, pesca y recolección de especies marinas.

Según esta definición de asentamiento podemos incluir las aclaraciones de Ruiz Bohórquez (2017) al hablar de patrones, este recopila los aportes de Botiva (1987) para redefinir el complejo cultural arqueológico que se registra en el Alto Sinú y en Urabá, los patrones son de una misma tipología cerámica y lítica, con modificaciones locales secundarias en relación con el medio y sus características fisiográficas y bióticas que se atribuyen básicamente una adaptación al terreno siguiendo los mismos patrones anteriormente descritos respecto a áreas de zonas inundables y colinas cercanas a ríos y quebradas actuales o antiguas (Sarcina, 2017) en donde se tiene acceso a lugares de actividad.

La mayoría de las investigaciones mencionadas definen el asentamiento como el espacio donde se encuentran dispersos los restos materiales que se utilizan para inferir una serie de actividades de subsistencia, como la caza, la pesca y la agricultura, así como usos domésticos o rituales del espacio, como enterramientos. Sin embargo, estos asentamientos no están delimitados espacialmente ni en relación al paisaje circundante. Las áreas identificadas como zonas de asentamiento carecen de especificaciones en términos de rango aproximado en metros o longitud.

En su lugar, se definen basándose en la densidad de materiales cerámicos, líticos y óseos, o incluso por la ausencia de estos materiales. Esta definición parece ser arbitraria y se basa en la suposición de que la densidad es representativa para identificar un área de asentamiento.

Es evidente que las discusiones sobre el paisaje y el concepto de asentamiento no se abordaron en estas investigaciones. Las lógicas previamente establecidas continuaron guiando la forma en que se analizó la zona. Por lo tanto, es posible que no se haya considerado como un fallo en la producción de conocimiento arqueológico la falta de delimitación espacial de los asentamientos o la ausencia de consideración por el contexto.

Por su parte, en las investigaciones posteriores de Del Cairo y Palacio (2016), se establece una organización de las formas de asentamiento en diferentes periodos, en total nueve. En el periodo temprano, se identifican líticos de grupos precerámicos en Bahía la Gloria al final del Pleistoceno. Durante el período arcaico, aunque no hay un registro material claro, se sugiere una adaptación enfocada en el uso de recursos marinos. En el periodo formativo temprano y tardío, las evidencias de asentamientos se distribuyen a lo largo de los ríos y quebradas, en las zonas de piedemonte o planicies no inundables, en las playas, así como en las colinas y valles intramontañosos (p. 126). Es a partir de aquí que comienza a surgir la distinción de las "formas de patrón de asentamiento", a las que Sarcina (2017) hace referencia.

La anterior recopilación propuesta por Del Cairo y Palacio, obedece a los análisis previos realizados por Santos, proviniendo de allí de donde surgen las formulaciones teóricas sobre tecnologías, adaptabilidad al medio, densidad poblacional y formas de organización. Santos propone a partir de la división y clasificación del material lítico y cerámico, así como de su distribución, la evidencia del poblamiento por áreas, exponiendo que los sitios de paisaje recopilados en sus investigaciones se corresponden con unas formas específicas de habitar el espacio por parte de los grupos humanos, deduciendo algún tipo de correspondencia entre el medio habitado y sus características geofísicas, producto de esto es que los resultados sugieren que casi cualquier zona puede ser poblada respecto a sus características actuales (colinas y planicies aluviales). Durante los períodos conocidos como desarrollos regionales y de grupos étnicos (periodos establecidos por Del Cairo y Palacio), se habla de habitación de las cimas de colinas, terrazas y terrazas de piedemonte. En general de zonas altas, debido a las inundaciones de los ríos y quebradas.

Lo anterior, indica que las investigaciones se han fundamentado en la descripción de materiales que "representan" una región. Precisamente, estas breves descripciones de los hallazgos en los sitios arqueológicos han dificultado un acercamiento genuino a lo que posiblemente constituya la zona de Urabá. Esta arqueología, que se ha centrado casi exclusivamente en los objetos, ha prescindido de considerar otros elementos contextuales, separándolos en cierta medida de sus interacciones y relaciones con el sistema de producción social. Una reconsideración es imperativa para contrarrestar las contribuciones investigativas enfocadas únicamente en caracterizar las formas y componentes de los sitios arqueológicos. Esta perspectiva quizás debería constituir el enfoque central de este trabajo, asumiendo el papel de un llamado directo a cuestionar el registro mediante la implementación de tecnologías que potencialmente podrían vincular de manera más precisa nuestra práctica arqueológica. De esta forma, podríamos, en el futuro y en la medida de lo posible, ampliar nuestras posibilidades más allá de lo que hoy parece inimaginable, permitiéndonos establecer conexiones –en caso de que existan– entre elementos que aún no han sido contemplados.

Por último las investigaciones del GIGP (Grupo de Investigación y Gestión del Patrimonio) y ETNOS (semillero de Investigación Etnografía y Sociedad) (2022), llevaron a cabo búsquedas en torno a la presencia de canales y camellones en la cuenca media del río León, (Posada, Cadena, González y Arroyave (2019), esta investigación tuvo como foco profundizar en las posibles relaciones de sistemas sociales asociados a las condiciones de modificación antrópica, en ella se señala que estas estructuras podrían explicar muchas de las formas en que se habitó las diferentes zonas de Urabá.

Las investigaciones mencionadas, han surgido a partir de los descubrimientos de 1992, conocidos como los canales de riego, que previamente habían sido reportados por los habitantes locales y que en la actualidad y fueron estudiados por Posada, Cadena, González y Arroyave en 2019. Estos investigadores han presentado un reporte arqueológico y geográfico preliminar sobre el sistema de camellones y canales en el golfo de Urabá.

Una de las contribuciones destacables del grupo dirigido por Posada (2022) radica en su labor de identificación y análisis de sitios arqueológicos en la región de Urabá. Estas investigaciones han permitido catalogar y caracterizar una variedad de yacimientos, a la vez que han contribuido al establecimiento de cronologías y a la identificación de estilos cerámicos y otros elementos culturales. Además, han proporcionado datos valiosos en relación con la complejidad

del paisaje arqueológico y su interacción con la geografía local. Estos estudios han examinado cómo las características naturales del entorno influyeron en la selección de lugares de asentamiento y cómo estas decisiones impactaron en la vida diaria de las poblaciones prehispánicas y en el desarrollo de sus actividades.

En sus informes más recientes, el grupo de investigación GIGP y el Semillero ETNOS han documentado estructuras hidráulicas mediante la interpretación de fotografías (2022). Han identificado inicialmente alrededor de 44,000 hectáreas de canales y camellones en la cuenca del Río León (Posada, Cadena, González y Arroyave, 2019), agrupados en un polígono con coordenadas públicas de forma triangular. Este polígono incluyó intervenciones en sitios como El Vergel, Toribio y Barranquillita.

El informe abarca un área prospectada mediante imágenes satelitales que engloba una superficie de 137,695 hectáreas en la llanura de inundación del Río León. El estudio profundiza en el sistema hidráulico y la formación de asentamientos en la zona, relacionando el registro cerámico encontrado con algunos complejos cerámicos previamente registrados en el área y en la región del Chocó (2021).

Adicionalmente, se llevó a cabo un análisis tipológico de las lógicas constructivas de estos sistemas, utilizando las clasificaciones de Denevan (1970) y Comptour et al (2018), siguiendo los planteamientos de Junk (1989), quien establece una clara relación entre las condiciones del suelo y su uso. El grupo sigue activo en la actualidad, publicando artículos sobre estudios paleoecológicos de la región.

Ahora bien, es necesario conocer y relacionar otro tipo de información, debido a que no se encuentra información espacial relevante que permita entender la percepción y uso del espacio, y es necesario posibilitar ejercicios exploratorios que combinen elaboradamente un plan de recolección de la información de datos ya sean estos geográficos y/o extraídos en actividades de prospección que se correspondan con lógicas orientadas a objetivos que no tengan que ver con la fetichización de los objetos arqueológicos en detrimento de su información contextual. Estos avances han podido ser vistos con las investigaciones más recientes en las que contamos con información clara sobre los lugares trabajados.

Siguiendo lo anterior, la investigación está orientada en contribuir en las discusiones continuas sobre la noción de asentamiento, sin estar amarrado a una naturalización del

“concepto”¹³, de tal manera que se usa indiferenciadamente tanto teórica como metodológicamente de manera simultánea, haciendo del término la citación eterna de una idea distorsionada, cuyo sentido se adapta a la hábil conjetura de cada arqueólogo.

8.3. Metodología: El eco de las civilizaciones antiguas, una inmersión en los sistemas hidráulicos de Urabá.

La prospección remota que se realizó en esta investigación consistió básicamente en la articulación de dos procesos: la recuperación de información cartográfica e imágenes satelitales libres, y el procesamiento de dicha información mediante el uso de software SIG, principalmente Arcgis Pro y Arcmap 10.8. A continuación se describe, el paso a paso de dichas actividades, con el propósito no sólo de esclarecer la metodología, sino también de ofrecer un insumo para el debate sobre la idoneidad de los procedimientos implementados.

En primer lugar, se descargó, la cartografía vectorial de todo el territorio colombiano del instituto geográfico Agustín Codazzi con escala 1: 100.000 actualizada para el año 2022¹⁴. La geodatabase de acceso libre que pone a disposición del público el IGAC, ofrece una serie de capas que tienen información cartográfica física, política y temática oficial del gobierno colombiano, de las cuales la capa titulada “superficies de agua” fue el insumo más importante. Esta capa poligonal, donde se encuentran todos los cauces hídricos del país, fue procesada en Arcmap 10.8 y permitió la identificación del río León el cual tiene su punto de origen en las confluencias del río Villarteaga y el río Porroso con coordenadas WGS84 N 7°28'05"21 O 76°38'39"57 y desemboca en el mar Caribe en las coordenadas aproximadas N 7°56'37"31N y O 76°45'22"57 .

La información topográfica se construyó en base a un DEM (Modelo de elevación digital por sus siglas en inglés) descargado en la plataforma de ASTER¹⁵, con la información de la zona de trabajo seleccionada en el mapa (N07W078). En la plataforma de Arcgis con la herramienta Contour se generan las curvas de nivel, luego con la herramienta Topo to Raster convertimos la

¹³ Se hace la diferenciación ya que lo que arroja la búsqueda es que cada autor ha emitido una visión de lo que este podría ser contextualmente, por lo tanto, hablamos de nociones y no de un concepto de “Asentamiento” en términos generales.

¹⁴ <https://geoportail.igac.gov.co/contenido/datos-abiertos-cartografia-y-geografia>

¹⁵ https://gdemdl.aster.jspacesystems.or.jp/index_en.html

información topográfica en un archivo de Raster (Herramienta Topo to Raster está en Spatial Analyst Tools, Interpolation, Topo to Raster).

Una vez identificado el cauce de interés, se sustrajo el río a partir de la opción export data, y se generó un Buffer con la herramienta homónima que se encuentra en analysis tools/proximity, Buffer definiendo 8 km como medida de unidad lineal dando como resultado un ancho total de 16 km a lo largo de los 287 km que aproximadamente tiene el río León. La decisión de esta medida se debe a que las estructuras hidráulicas que se habían identificado en esta zona gracias a Google Earth, (previo al inicio de la investigación y la revisión a fondo de las investigaciones de Posada (2019) y GIGP & ETNOS (2022)), estaba a 8 kilómetros en dirección oeste del río León, (Polígono, 370 IC)¹⁶, y una revisión superficial pareció indicar que este era el conglomerado de canales más lejano. (Ver figura 1)

Debido a la identificación del polígono 44301C cuyas modificaciones aparentes parecen ser casi igual de grandes que la sumatoria de las áreas totales de las demás estructuras hidráulicas identificadas, se decidió adicionar un nuevo polígono de muestreo con un ancho de 12 km que corresponde a la distancia entre el nacimiento del río León y el punto más cercano del río Sucio, siguiendo una línea recta de 62 km en dirección oeste hasta el río Atrato. Posteriormente se colige con el área triangular descrita por Posada en 2019, la cual abarca una extensión menor en comparación con el área de muestreo que el mismo autor describe en el año 2022¹⁷.

Para el análisis visual de la información suministrada por las plataformas de Google Earth y Bing se creó una cuadrícula con una medida arbitraria de 2 x 2 hectáreas usando la herramienta Sampling /Create Fishnet, dando como resultado 485 unidades de muestreo a lo largo de toda el área explorada, adicionalmente, se identificaron también polígonos por fuera de estas áreas, lo que ilustra la necesidad de un eventual remuestreo. Esta cuadrícula se realizó con el propósito de tener un control de las observaciones, y una manera de exploración y sistematización los hallazgos de manera ordenada evitando el remuestreo y permitiendo el uso simultáneo de diversas fuentes de imágenes satelitales.

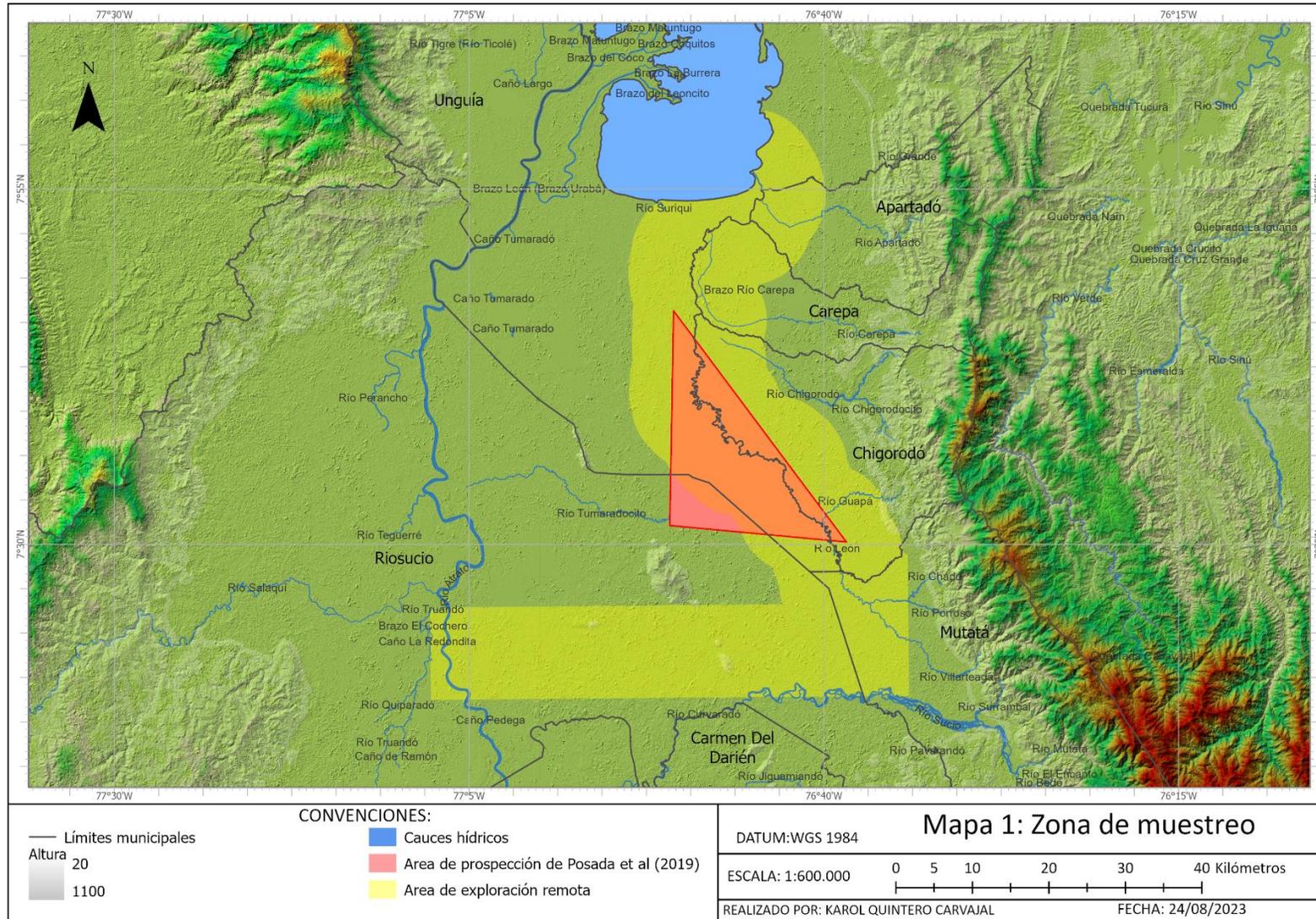
¹⁶ No obstante, la exploración terminaría mostrando que el área intervenida con fines hidráulicos es considerablemente más grande y requiere una exploración más intensiva ya que el polígono 46401C, está a 32 km en línea recta dirección oeste del Río León estando tan solo a 14 km del río Atrato.

¹⁷ A la fecha de este trabajo de grado no ha sido publicada con claridad la extensión total y la localización de las estructuras localizadas en las investigaciones lideradas por Posada.

La rejilla fue exportada en KMZ y fue usada tanto en la aplicación SASPlanet¹⁸, y Google Earth, para la identificación de estructuras hidráulicas. Se identificaron un total de 299 polígonos en la primera área de exploración y 185 durante en la segunda. En total, se revisaron un total de 193304 hectáreas de las cuales 6787 tienen modificaciones visibles por los sensores remotos (Ver **Tabla 1**).

¹⁸ Se tiene el conocimiento del complemento de Quick Map Services del software QGIS, con el que se realizan las investigaciones del GIGP y ETNOS 2022, sin embargo, debido al desconocimiento del manejo de esta herramienta se realiza la fase de reconocimiento de las estructuras a través de la plataforma de SASPlanet.

Figura 1
Mapa de la zona de muestreo



8.3.1. Obtención imágenes landsat

Landsat 8 es un satélite desarrollado en colaboración entre la NASA y el Servicio Geológico de Estados Unidos (USGS) que consta de dos instrumentos científicos: el Operational Land Imager (OLI) y el Sensor infrarrojo térmico (TIRS), los cuales ofrecen cobertura estacional de la masa terrestre global con resoluciones espaciales de 30 metros (visible, NIR, SWIR), 100 metros (térmica) y 15 metros (pancromático). Este satélite fue lanzado el 11 de febrero de 2013 desde la Base de la Fuerza Aérea Vandenberg en California, Los avances tecnológicos en los instrumentos OLI representan una mejora significativa, al utilizar un enfoque de sensor tipo cepillo con un telescopio de cuatro espejos y una cuantificación de 12 bits. Además, OLI proporciona dos nuevas bandas espectrales que detectan cirros y realizan observaciones de zonas costeras, expandiendo las capacidades espectrales en comparación con los sensores anteriores de Landsat. Con una vida útil de cinco años, Landsat 8 continúa desempeñando un papel esencial en la recopilación de datos y la generación de productos de datos, administrados por el USGS en el Centro de Ciencia y Observación de los Recursos Terrestres (EROS) (National Aeronautics and Space Administration, s.f.).

Figura 2

Tabla de bandas de Landsat 8

Bands	Wavelength (micrometers)	Resolution (meters)
Band 1 - Coastal aerosol	0.43 - 0.45	30
Band 2 - Blue	0.45 - 0.51	30
Band 3 - Green	0.53 - 0.59	30
Band 4 - Red	0.64 - 0.67	30
Band 5 - Near Infrared (NIR)	0.85 - 0.88	30
Band 6 - SWIR 1	1.57 - 1.65	30
Band 7 - SWIR 2	2.11 - 2.29	30
Band 8 - Panchromatic	0.50 - 0.68	15
Band 9 - Cirrus	1.36 - 1.38	30
Band 10 - Thermal Infrared (TIRS) 1	10.60 - 11.19	100
Band 11 - Thermal Infrared (TIRS) 2	11.50 - 12.51	100

Nota. Fuente. (<https://mappinggis.com/2019/05/combinaciones-de-bandas-en-imagenes-de-satelite-landsat-y-sentinel/>)

Habiendo corroborado la magnitud de las modificaciones hidráulicas que eran perceptibles dentro del espectro visible, se procedió a explorar las posibilidades de las imágenes satelitales multi espectro de baja resolución. El GIGP y ETNOS, en 2022 realizó una metodología similar empleando imágenes multiespectrales de Sentinel 2A de distribución gratuita, analizándolos a partir del software QGIS, mediante composiciones de bandas que proporcionaran información sobre anomalías de suelo, sin ningún hallazgo sobre estructuras debido a la resolución espacial, pero encontrando patrones de suelos más saturados y húmedos (GIGP y ETNOS, 2022).

Para lo anterior se emplearon las imágenes de acceso libre puestas a disposición tanto por la NASA como por la Agencia Espacial Europea. En la página de Earth Explorer USGS, se seleccionaron los criterios de búsqueda de características mundiales, ubicados en el país de Colombia y delimitando el área de trabajo mediante el criterio archivo KML que contenía la información de la cuenca con los puntos límite de búsqueda, aplicando la reducción de nubosidad hasta el 20% como máximo mejorando la capacidad de visibilidad en las imágenes obtenidas.

En la selección del conjunto de datos se selecciona el Landsat de los cuales se tomaron, la colección Landsat 2 Nivel- 2, Imágenes de Landsat 8-9 OLI/TIRS C2 L2, se eligió esta colección debido a que presenta correcciones en la precisión y radiometría a diferencia del nivel 1 (USGS, s.f.). Sin embargo, con el proceso de pansharpening para mejorar el procesamiento se pudo identificar que el nivel 1 contaba con la información de bandas pancromáticas que no posee el nivel 2.

8.3.2. Composición de bandas y Pansharppening

Se utilizaron las bandas 2,3,4 y 5 en la combinación de bandas de Arcgis , con la herramienta Composite Bands, con resolución de 30m y la banda 8 con resolución de 15m, fue utilizada para el procedimiento de creación del raster mejorado con la función de Create Pansharpened / Raster Dataset, con los diferentes Pansharpening Type, y se pudo observar que las opciones como Esri, Simple mean y Gram-Schmidt resultaron en una calidad final menor incluso que la de las bandas sin mejora. Por otro lado, los métodos IHS y Brovey mostraron un mejor desempeño. Sin embargo, a pesar de estos procedimientos, no se lograron identificar fluctuaciones

significativas en los polígonos previamente identificados que contenían trazados relacionados con canales y camellones.

8.3.3. Obtención imágenes sentinel

La misión Copernicus SENTINEL-2 está compuesta de dos satélites, posicionados en la misma órbita con un desfase de 180 grados. Su principal objetivo es realizar un seguimiento exhaustivo de los cambios en las condiciones de la superficie terrestre. Gracias a su amplio ancho de franja de observación, que abarca 290 kilómetros, y a su alta frecuencia de revisita, que es de 10 días en el ecuador con un solo satélite y de 5 días con dos satélites en condiciones atmosféricas despejadas, la misión facilita la supervisión de transformaciones en la superficie terrestre. El objetivo de esta misión es el monitoreo constante de la tierra y el cambio climático (European Space Agency, s.f.).

Figura 3

Tabla de bandas de Sentinel 2

Banda	Resolución	Longitud de onda central	Descripción
B1	60 m	443 nm	Ultra azul (Costa y Aerosol)
B2	10 m	490 nm	Azul
B3	10 m	560 nm	Verde
B4	10 m	665 nm	rojo
B5	20 m	705 nm	Visible e Infrarrojo Cercano (VNIR)
B6	20 m	740 nm	Visible e Infrarrojo Cercano (VNIR)
B7	20 m	783 nm	Visible e Infrarrojo Cercano (VNIR)
B8	10 m	842 nm	Visible e Infrarrojo Cercano (VNIR)
B8a	20 m	865 nm	Visible e Infrarrojo Cercano (VNIR)
B9	60 m	940 nm	Onda Corta Infrarroja (SWIR)
B10	60 m	1375 nm	Onda Corta Infrarroja (SWIR)
B11	20 m	1610 nm	Onda Corta Infrarroja (SWIR)
B12	20 m	2190 nm	Onda Corta Infrarroja (SWIR)

Nota. Fuente (<https://mappinggis.com/2019/05/combinaciones-de-bandas-en-imagenes-de-satelite-landsat-y-sentinel/>)

En el link¹⁹ se seleccionan los criterios de búsqueda, ordenado por Ingestion Date, en el periodo entre el primero de diciembre de 2022 al 31 de enero de 2023, en la misión 2, la plataforma satelital S2A, con el tipo de producto S2MSI2A que tiene correcciones de preprocesamiento, con un porcentaje de cobertura de nubes de 0 a 20 ya que es la mejor que se pudo obtener, se traza un polígono en el área de trabajo y se realiza la descarga de imágenes, vale la pena señalar que el tipo de producto S2MSI2Ap no sirve para el proceso de combinación de bandas y pansharpenning debido a que estos no cuentan con la banda pancromática de Sentinel, necesaria para generar el mejoramiento visual de la imagen satelital.

Se realizó el mismo procedimiento de composición de bandas mencionado anteriormente de Landsat, esta vez aplicado a Sentinel, en una sola composición que contuviera en este caso las 13 bandas, sin encontrar resultados al interior o fuera de los polígonos trazados.

8.3.4. Ejecución

El procesamiento de las imágenes de Sentinel 2 y Landsat 8 se realizó mediante una clasificación supervisada de imágenes de satélite, para ello es necesario la toma de datos con conocimiento previo del área de análisis para lo que hay que definir los lugares en la imagen a partir de los cuales pueden generarse algoritmos de clasificación (Congedo, 2017).

Para la delimitación de los polígonos durante la etapa de reporte de estructuras se utilizó la clasificación a través de tres colores, el verde para polígonos confirmados, el azul para polígonos tentativos que estuviesen en duda debido a la visibilidad, su forma o el área donde estos se encontraban para ser revisados posteriormente de nuevo, el color rojo fue asignado a las anomalías en el paisaje que no corresponden con canales o camellones pero que por sus características representaban una anomalía en el espacio circundante, estos tres colores fueron usados en los polígonos de delimitación de cuenca para el muestreo sistemático. Por otro lado, tenemos los polígonos trazados con color rosa que corresponden a aquellos muestreos dirigidos fuera de los polígonos establecidos, en sitios donde existen canales y camellones, algunos con áreas significativamente más grandes que los obtenidos en polígonos del muestreo sistemático.

Los polígonos se encuentran numerados consecutivamente del 1 al 485, los primeros 299 muestreos corresponden a los muestreos de la cuenca del río león, los siguientes 185 pertenecen a

¹⁹ <https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home>

la cuenca del río sucio, a su vez, sus seriales de identificación están dados primero por el polígono en el cual se encuentran, dado el caso de que se encuentren ubicados en distintos polígonos de manera simultánea se decidió asignarle como parte del polígono que tuviese la mayor porción de su área total. Segundo, se les asignó un número que va de 1 a n, dependiendo del número de polígonos totales encontrados por polígono, al final llevan la letra C, T o D representando la confirmación mencionada, posterior a la fase de descarte los polígonos llevan únicamente la letra de confirmación o de polígono dirigido.

A la hora de muestrear los polígonos existieron algunas anotaciones que deben mencionarse, entre ellas que por las dimensiones del río y la cantidad de vegetación, parece ser que las imágenes de Google Earth fueron capturadas en época de lluvias, mejorando significativamente la visibilidad del trazado de algunos de los canales. En contraste, las imágenes de Bing muestran indicios de haber sido capturadas durante periodos de sequía, evidenciados por el notable crecimiento de las plantaciones relacionadas con actividades humanas actuales, como los cultivos de palma y monocultivos de plátano. Estos detalles también se reflejan en la coloración del paisaje en general. Parece ser que la humedad no necesariamente es un factor decisivo para la identificación de las modificaciones. No obstante, esto puede deberse a que la resolución espacial de los sensores es bastante buena,

Los polígonos de sistemas hidráulicos fueron revisados en dos ocasiones para asegurar que se tratase de estructuras reales: en la primera ocasión fue realizada por la investigadora a cargo de este trabajo de grado, mientras que de la segunda se encargó el asesor Daniel Grisales Betancur, se descartaron algunos polígonos debido a que no eran especialmente claros en ninguno de los dos sensores y en otros casos se ampliaron los polígonos debido a que se identificaron estructuras adyacentes. Se considera que la identificación que se realizó es válida debido a que las investigaciones realizadas por Posada et al (2019) confirmaron los hallazgos hidráulicos como pertenecientes a la presencia de comunidades prehispánicas

Finalmente se guardaron las imágenes de los polígonos que contienen las estructuras hidráulicas de dos formas: las primeras imágenes poseen título, una delimitación clara, escala y norte, y la segunda imagen es el archivo limpio, que se espera pueda usarse como insumo para futuras investigaciones asociadas a Machine Learning, I para encontrar estructuras similares en la misma región o en otros posibles sitios de interés. La ubicación y delimitación de los polígonos puede ser consultada en los anexos en formato KMZ y SHP.

8.3.5. Resultados

Google Earth, incorpora una amplia variedad de imágenes capturadas en órbita alrededor del globo terráqueo. Estas imágenes, provenientes de múltiples proveedores de satélites, se ensamblan en un mosaico compuesto por instantáneas tomadas durante periodos de días, meses y años. Posteriormente, las imágenes recopiladas se presentan como una única imagen fusionada, constituyendo lo que se visualiza en este sensor (Google Earth, s.f.). Mientras que Bing, creado por Microsoft en 2009, incluye imágenes en satélite, con resolución máxima de 4,5 metros por pixel, lo componen diferentes proveedores satelitales como QuickBird de Digital Globe, GeoEye-1 y fotografías aéreas capturadas desde aviones para vistas ampliadas de la superficie terrestre, además de WorldView-1 y WorldView-2 operado también por Digital Globe. La información varía en el tiempo dependiente del proveedor, siendo actualizada de manera constante, notificando a los usuarios que hacen uso de ella (Bing, s.f.). Adicionalmente ambas plataformas están disponibles como aplicaciones web que permiten la captura y observación remota de sitios con una definición mayor de la que podríamos conseguir con sensores como Landsat 8 y Sentinel 2.

A partir de las imágenes satelitales de Google Earth y Bing, fueron identificadas 176 grupos de estructuras hidráulicas, de las cuales 141 se localizan dentro del área exploración delimitada por las rejillas de muestreo, 32 son producto de observaciones dirigidas, y los 3 restantes hacen parte de un grupo que se identificó con la etiqueta de anomalía (Ver figura 4).

Figura 4
 Mapa de estructuras hidráulicas identificadas

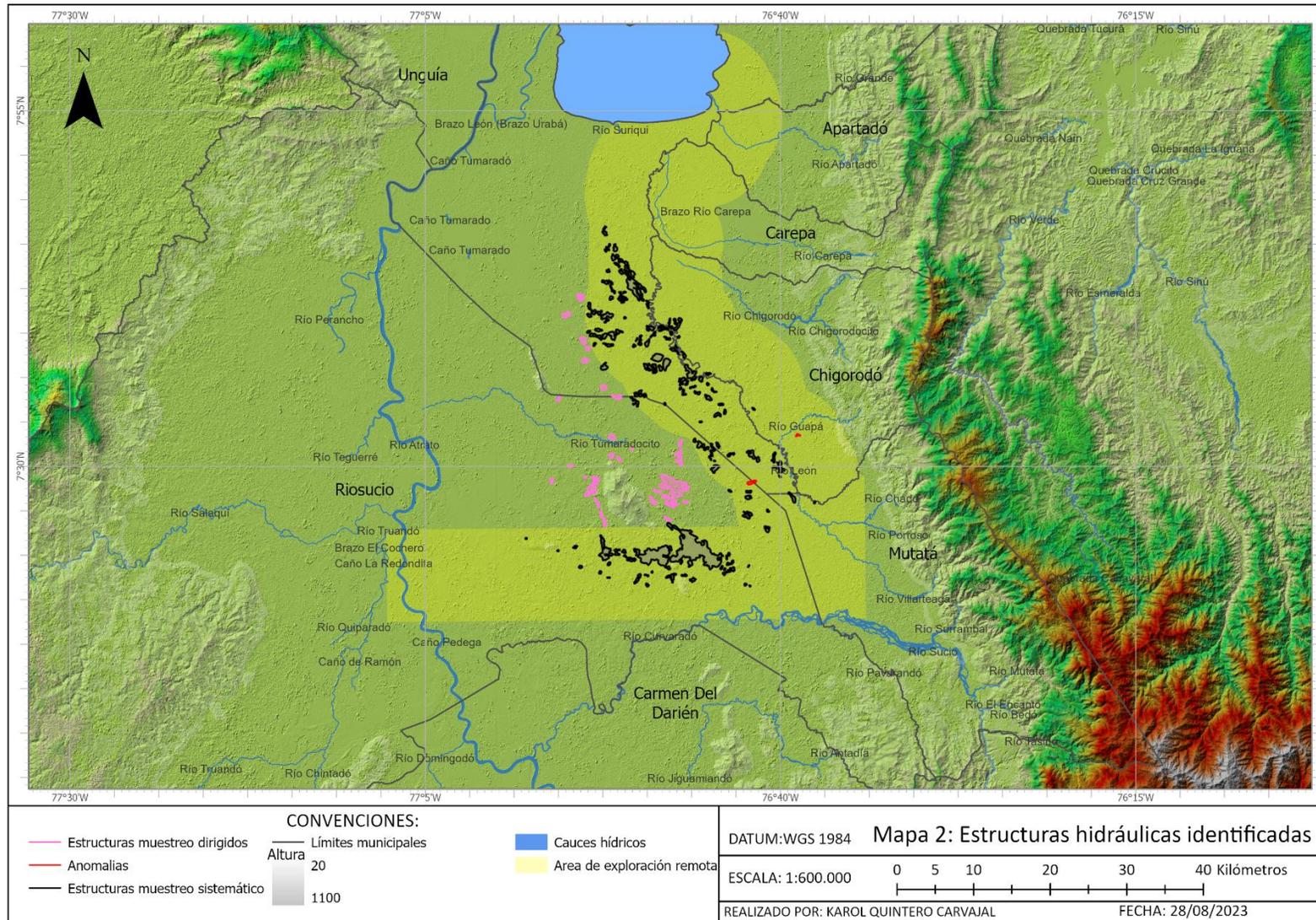


Figura 5*Estructura hidráulica prehispánica 10401C*

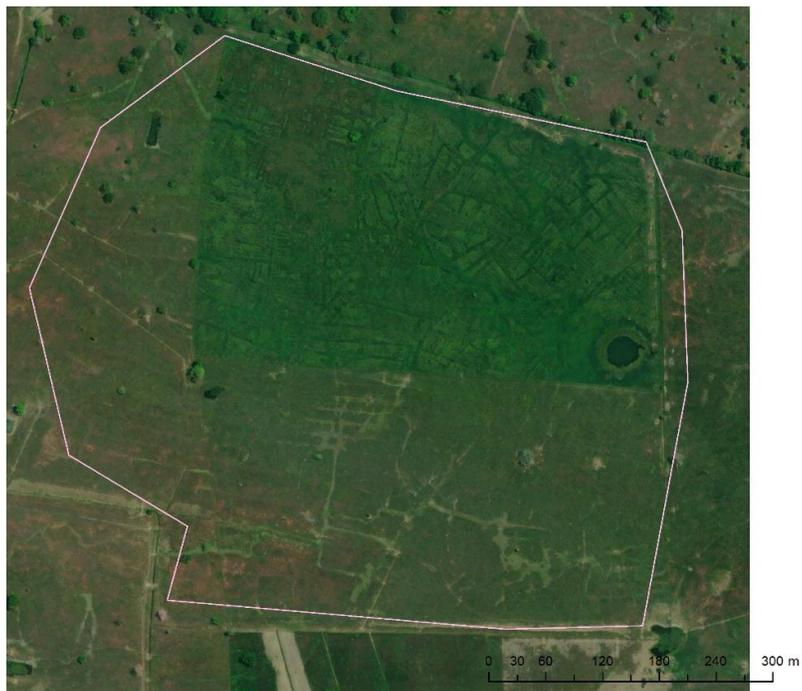
Figura 6*Estructura hidráulica prehispánica 17201C***Figura 7***Estructura hidráulica prehispánica 2D*

Figura 8
Estructura hidráulica prehispánica 12D



Figura 9
Estructura hidráulica prehispánica 19001C



Se registraron un total de 6787 hectáreas de estructuras hidráulicas, con una media de 385667 metros cuadrados por polígono. El polígono con mayor área (44301C) (**Figura 14**), registra 21.121. 002 de metros cuadrados de área total, siendo 4 veces mayor que el polígono que registra el segundo lugar en áreas totales (01D) (**Figura 10**), con un total de 4.695.325 de metros cuadrados, en tercer lugar (16501C) (**Figura 12**), tiene 2.866.982 de metros cuadrados, en cuarto lugar (43801C)(**Figura 13**) con 1.905.465 de metros cuadrados y finalmente en quinto lugar (9604C) (**Figura 11**) con 1.146.725 de metros cuadrados.

Figura 10

Estructura hidráulica prehispánica 1D



Figura 11
Estructura hidráulica prehispánica 9604C



Figura 12*Estructura hidráulica prehispánica 16501C*

0 80 160 320 480 640 800 m

Figura 13*Estructura hidráulica prehispánica 43801C*

Figura 14
Estructura hidráulica prehispánica 44301C

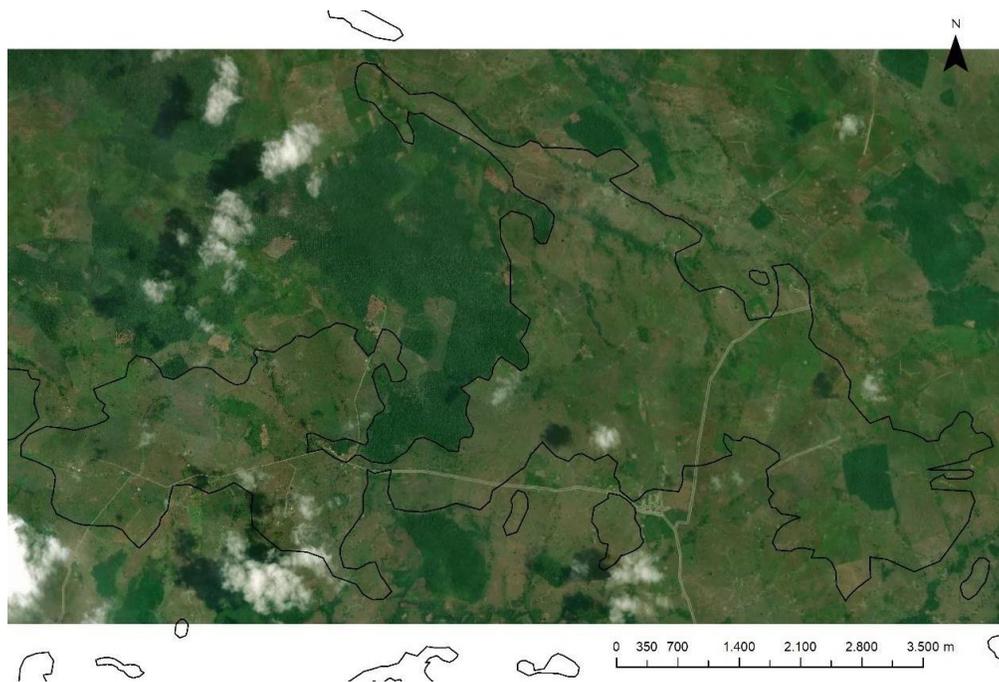


Figura 15
Detalle de estructura hidráulica prehispánica 44301C

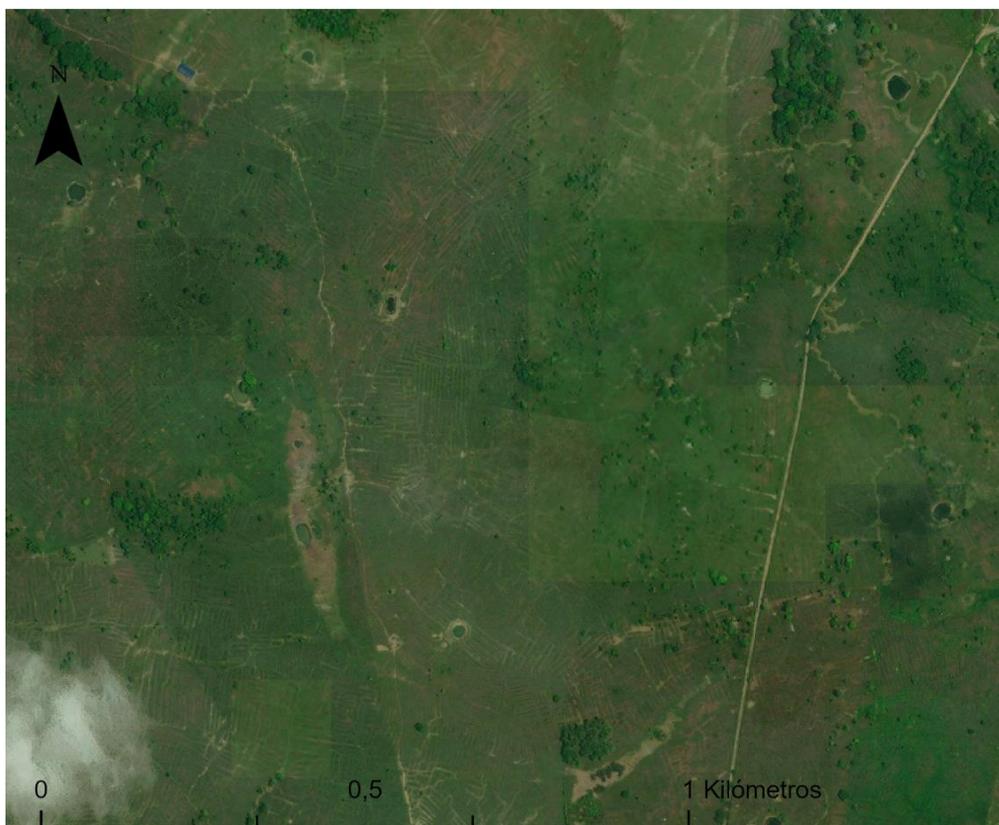


Figura 16

Estructura 44301 costado derecho

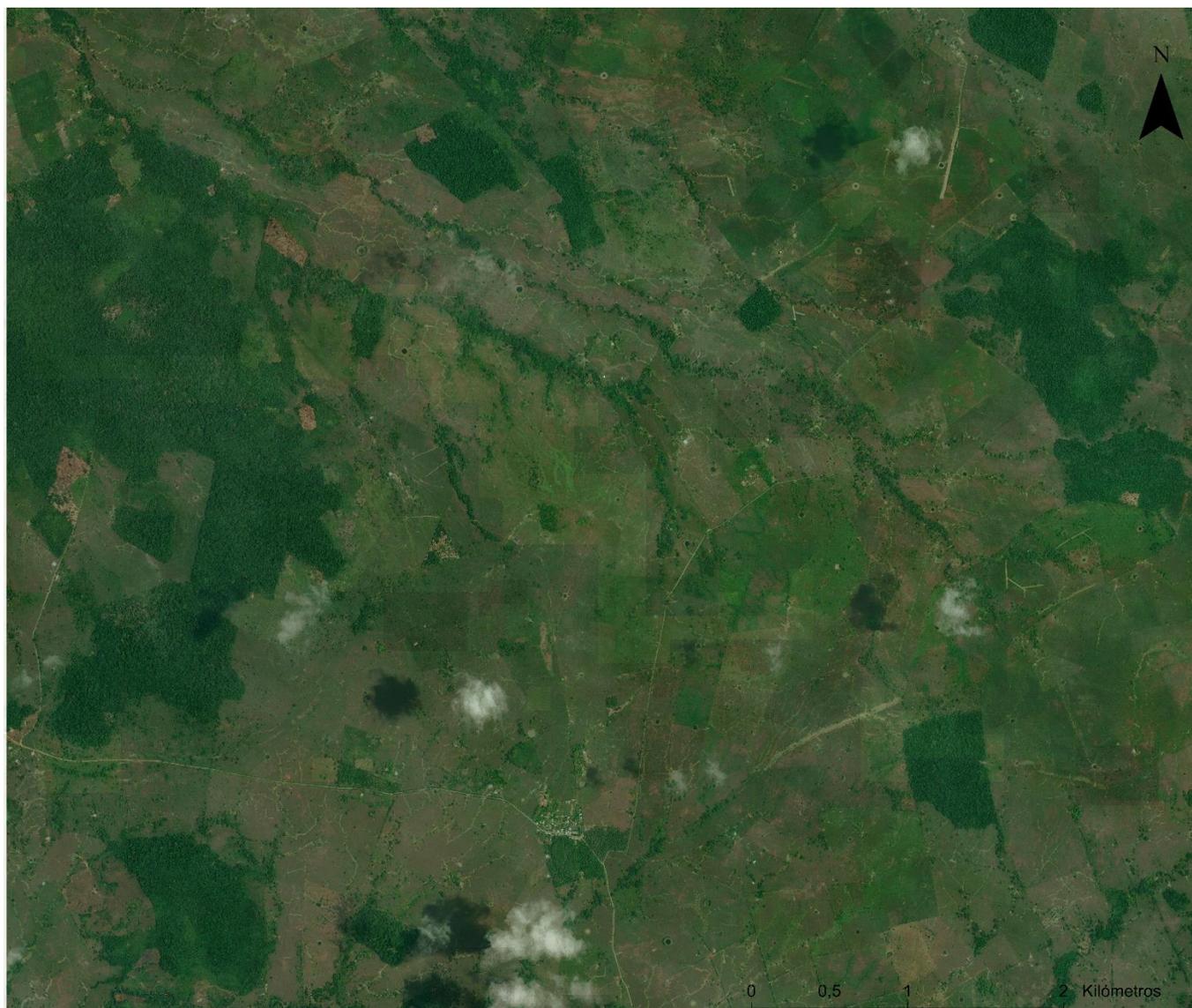
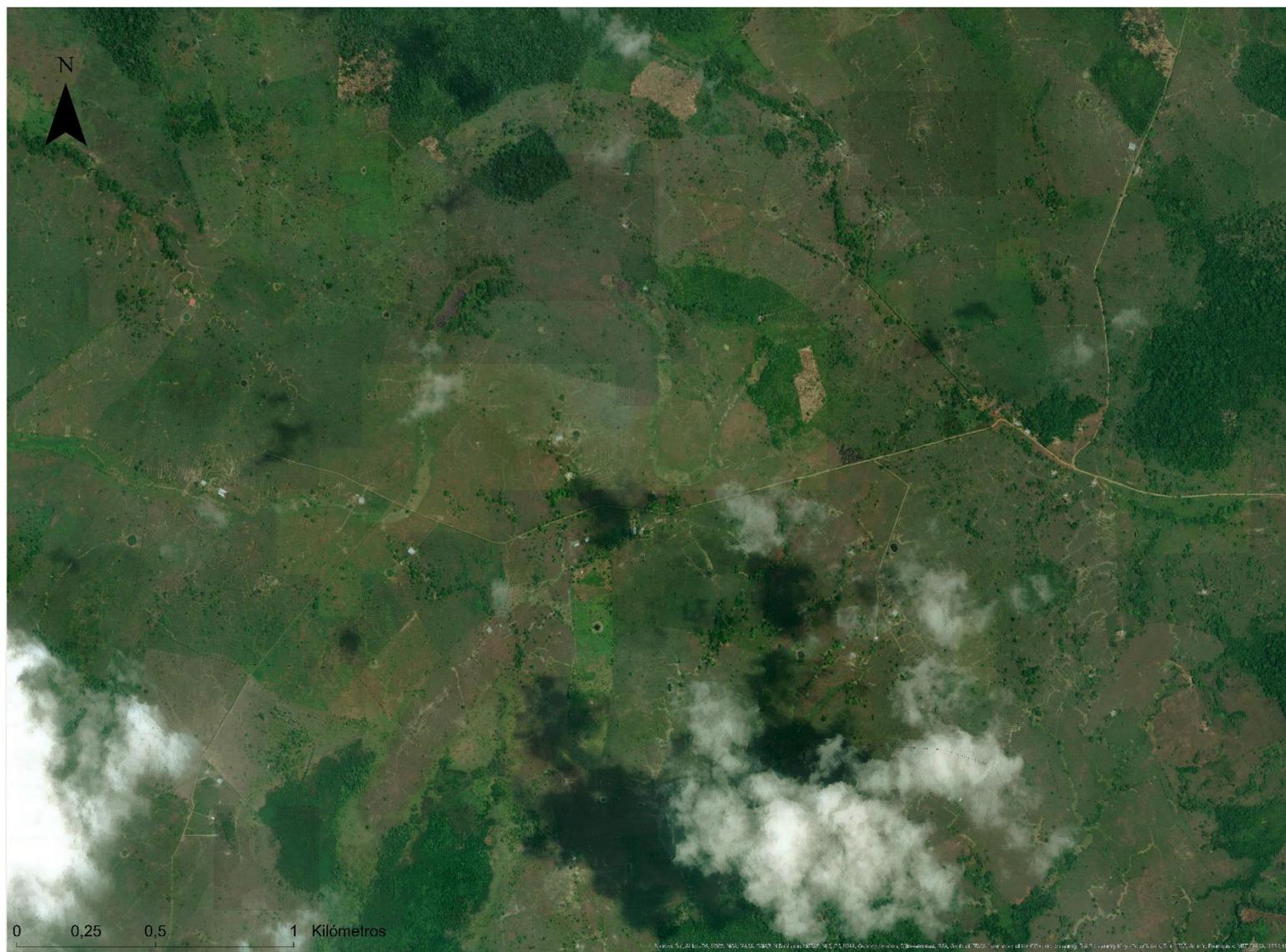


Figura 17

Estructura 44301 costado izquierdo



Ahora los polígonos más pequeños con estructuras hidráulicas registradas en primer lugar (3702C)(**Figura 21**) con 15.540 kilómetros cuadrados, en segundo lugar (38502C) (**Figura 22**) con 18.229 kilómetros cuadrados, en tercer lugar (43501C)(**Figura 20**), en cuarto lugar (41601C) (**Figura 19**) con 22.450 kilómetros cuadrados y, por último, en quinto lugar (15301C)(**Figura 18**) con 22.881.

Figura 18

Estructura hidráulica prehispánica 15301C



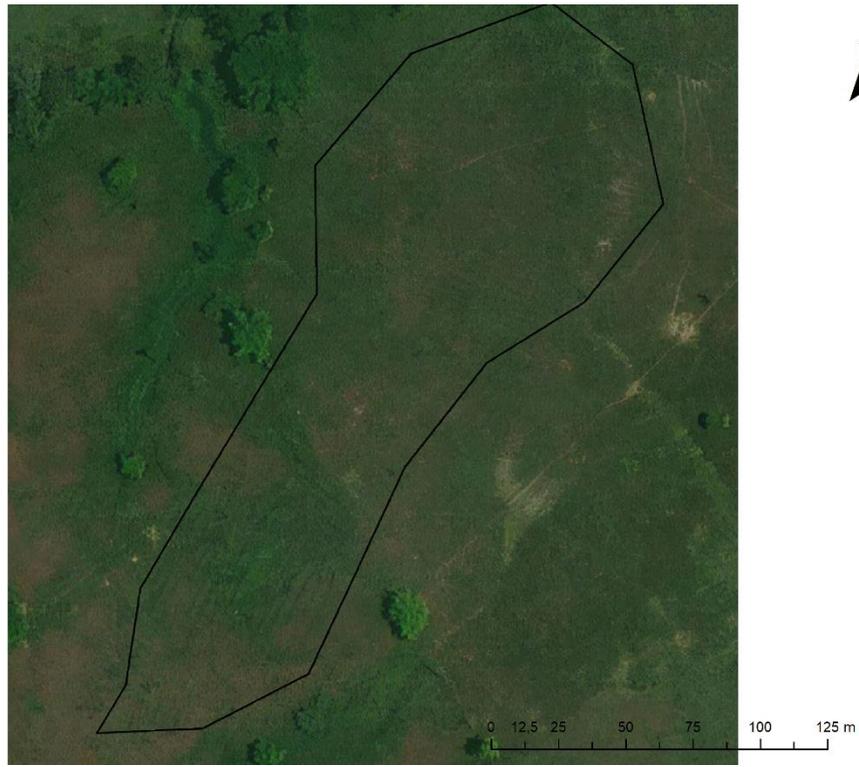
Figura 19*Estructura hidráulica prehispánica 41601C***Figura 20***Estructura hidráulica prehispánica 43501C*

Figura 21
Estructura hidráulica prehispánica 3702C



Figura 22
Estructura hidráulica prehispánica 38502C



A continuación, puede observarse una tabla que contiene agrupados los datos de los polígonos con estructuras hidráulicas encontradas, esta posee 13 intervalos calculados en una tabla de frecuencias para una variable continua que se corresponden con la medida en metros cuadrados obtenida del cálculo de las áreas de los polígonos, en la columna de media por rango se obtienen los valores promedio en metros cuadrados por intervalo, en la siguiente columna el número de estructuras que pertenecen a ese intervalo. Posteriormente se encuentra el área total por rangos y finalmente se encuentra un promedio de área basado en el rango respectivamente (**Tabla 1**).

Tabla 1

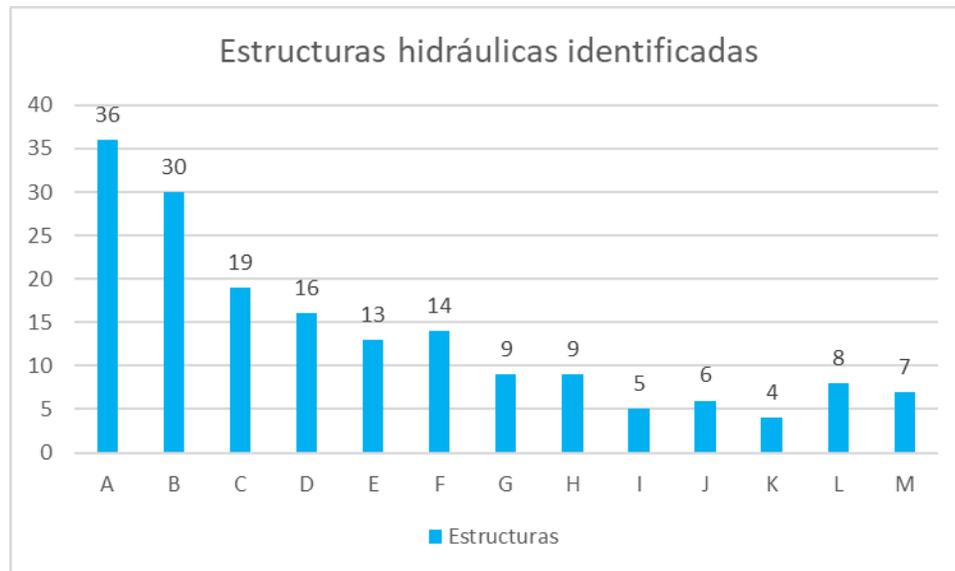
Tabla de agrupación por rangos de las estructuras hidráulicas

Rango	Intervalo	Media por rango	Estructuras	Área	Promedio de Área
A	15,425 a 61,078	38251,5	36	1.385.079	38.474,42
B	61,079 a 106,732	83905,5	30	2.586.656	86.221,87
C	106,733 a 152,386	129559,5	19	2.439.954	128.418,63
D	152,387 a 198,040	175213,5	16	2.639.744	164.984,00
E	198,041 a 243,694	220867,5	13	2.804.628	215.740,62
F	243,695 a 289,348	266521,5	14	3.744.219	267.444,21
G	289,349 a 335,002	312175,5	9	2.708.668	300.963,11
H	335,003 a 380,656	357829,5	9	3.200.844	355.649,33
I	380,657 a 426,310	403483,5	5	2.014.101	402.820,20
J	426,311 a 471,964	449137,5	6	2.688.599	448.099,83
K	471,965 a 517,618	494791,5	4	1.964.291	491.072,75
L	517,619 a 974,158	745888,5	8	5.851.992	731.499,00
M	974,159 a 21,121,002	11047580,5	7	33.848.576	4.835.510,86
	Totales		176	67.877.351	

Se han detectado modificaciones discernibles en ciertos polígonos, tanto en eras contemporáneas como en el pasado, siendo evidentes en uno u otro sensor, e incluso en algunos casos, de forma simultánea. De las 485 cuadrículas analizadas, 481 presentan una visibilidad clara en Bing, mientras que en Google Earth esta cifra se reduce a 115 polígonos.

Con la información anterior de la tabla se elaboró un gráfico que muestra que la mayor cantidad de estructuras se encuentra en el rango 1, es decir, conglomerados de estructuras entre los 15.000 y los 61.000 metros cuadrados. Mostrando que la mayoría de estructuras tiene un área menor. Mientras que en la tabla podemos observar que la mayor cantidad de área de modificación de tierra se encuentra en el último rango con una diferencia significativa (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**).

Figura 23
Estructuras hidráulicas identificadas por rangos



De los 176 polígonos que delimitan la presencia de estructuras hidráulicas, se observa que 112 de ellos tienen una visibilidad mejor en Bing, en comparación con 55 en Google Earth. En 7 de estos polígonos, se logra una buena visualización en ambos sensores, aunque en algunos casos, Google Earth resalta ciertos detalles con mayor claridad. Por último, se identifican 2 polígonos con mejor predominancia en Bing en términos de visibilidad y detalle.

8.3.5.1. Paleocauces

Se evidencia la presencia de lo que presuponemos son paleocauces o al menos cauces intermitentes, visibles en algunos de los polígonos, estos representan antiguos lechos de ríos que han experimentado cambios en la trayectoria por procesos naturales o antrópicos a través del tiempo como podrían haber sido la creación de sistemas hidráulicos, la comprensión de estos fenómenos, permiten aproximarnos hacia posibles cambios hidrológicos.

Figura 24

Estructura hidráulica prehispánica 8402C



Figura 25*Estructura hidráulica prehispánica 9601C***Figura 26***Estructura hidráulica prehispánica 13101C*

La descripción detallada de la presencia de estos paleocauces es esencial para determinar la ubicación y distribución de canales y otras estructuras hidráulicas asociadas, debido a que, aunque actualmente inactivos, podrían haber tenido un papel crucial en la gestión del agua y la irrigación en el pasado. De esta manera es relevante mostrar su disposición respecto a dichos sistemas, pues si se quiere entender a cabalidad la extensión y funcionalidad de este tipo sistemas de cultivo, las estructuras reportadas tienen que relacionarse con este tipo de elementos medioambientales.

Figura 27

Estructura hidráulica prehispánica 15302C



Figura 28*Estructura hidráulica prehispánica 8501C***8.3.5.2. Distintos en una misma estructura**

Existen también polígonos con formas muy distintas en lo que parece ser la misma estructura, algunos dispersos y otros agrupados, pertenecientes a lo que se presupone puede ser un mismo sistema. Lo anterior, puede obedecer al lugar que ocupaban dentro del conjunto, a los conductos de abastecimiento del agua, o incluso a diferencias cronológicas en la construcción. En cualquier caso, los estudios sobre el tema son bastante incipientes y se requiere de hacer un trazado de los canales en aquellas zonas donde aún es difuso su trayecto.

Figura 29*Estructura hidráulica prehispánica 15501C***Figura 30***Estructura hidráulica prehispánica 10704C*

Figura 31*Estructura hidráulica prehispánica 8401C***Figura 32***Estructura hidráulica prehispánica 13001C*

Figura 33*Estructura hidráulica prehispánica 13403C***8.3.5.3. Cobertura vegetal significativa**

En otros casos, las estructuras hidráulicas están parcial o totalmente cubiertas por la vegetación de la zona que permite acercarnos a las formas en que se presentan estas cuando no están totalmente expuestas. Llama la tensión que la vegetación que crece en las zonas modificadas refleja tonalidades diferenciales de verde (**Figura 37**)(**Figura 38**).

Figura 34

Estructura hidráulica prehispánica 16302C

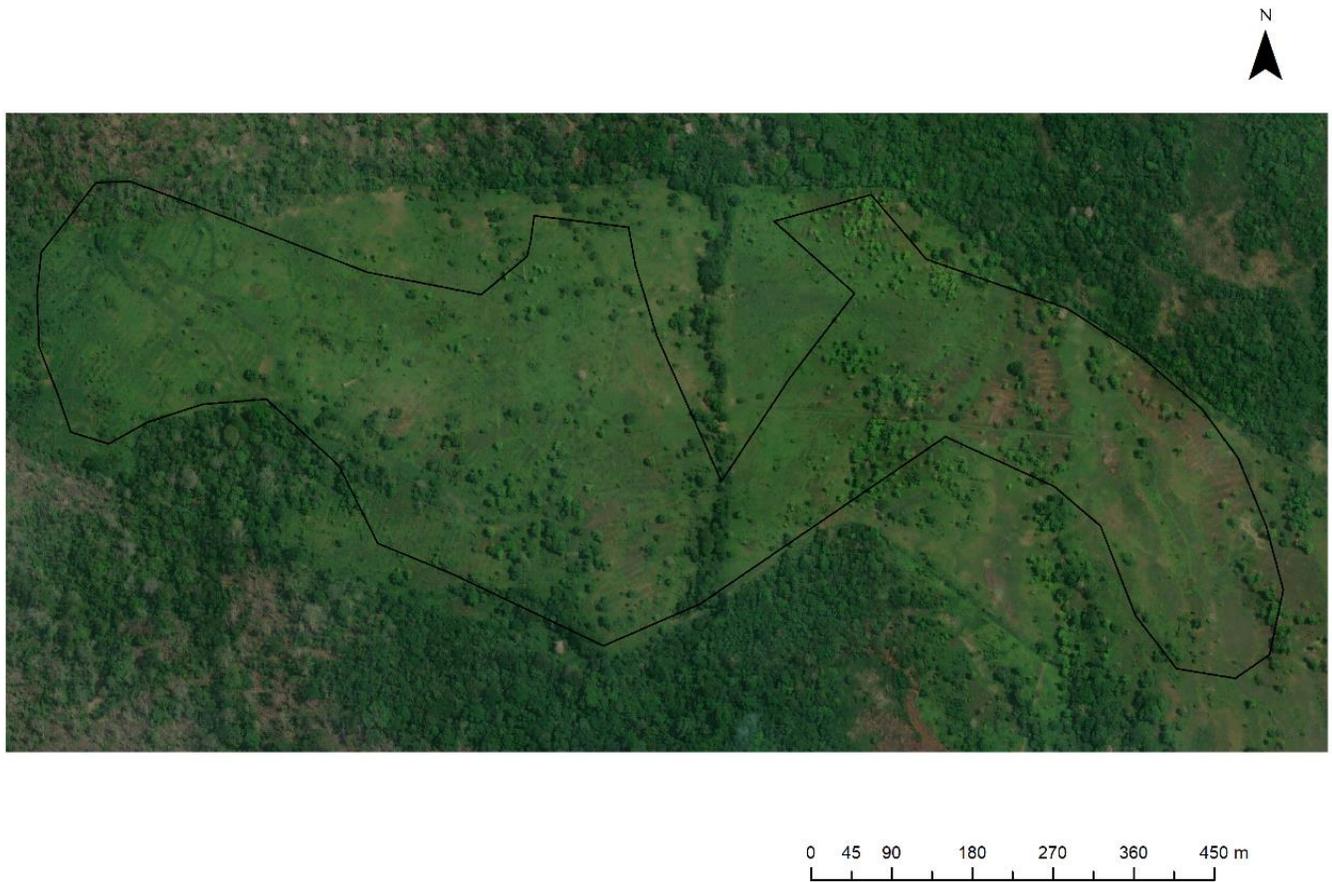


Figura 35*Estructura hidráulica prehispánica 18D***Figura 36***Estructura hidráulica prehispánica 24D*

Figura 37*Estructura hidráulica prehispánica 33D***Figura 38***Estructura hidráulica prehispánica 43601C*

La cobertura vegetal y la proximidad de estos polígonos a las zonas densamente boscosas podrían sugerir la presencia de estructuras a lo largo del territorio que las herramientas implementadas no permiten discernir, planteando la posibilidad de que el área originalmente modificada fue sustancialmente mayor.

8.3.5.4. Modificaciones hidráulicas contemporáneas

Es importante señalar, que, al realizar el mapeo de las estructuras que, se encontraron rastros de actividades contemporáneas o modificaciones recientes de los surcos de canales. Estas fueron registradas para mostrar el proceso de alteración antrópica pero también del uso del suelo actual por parte de las comunidades que allí residen, las cuales, han tenido incidencia en la visibilidad del sistema de agricultura hidráulico que prehispánico en asociado a los ríos León, Sucio y Atrato (**Figura 40**).

Figura 39

Estructura hidráulica moderna 4001C



Figura 40

Estructura hidráulica moderna 3901C



Figura 41

Estructura hidráulica moderna 40601C



Figura 42*Estructura hidráulica moderna 1301C*

También, se encontraron espejos de agua asociados a muchos de los canales (**Figura 43**), sin embargo, no se puede hasta la fecha establecer una relación concreta de estos con los sistemas hidráulicos. Es posible que estos señalen una tradición de la captación de los recursos hídricos de la zona, mostrando una forma de almacenamiento del agua en condiciones de suelos superficialmente secos o que simplemente sean producto de las modificaciones antrópicas de las poblaciones actuales que ejecutan sus labores en este terreno (**Figura 44**). De cualquier modo, es común ver que estas guardan cercanía con los sistemas observados, aunque no se pueda hasta la fecha encontrar una relación entre estos reservorios y dichas estructuras, relación que puede ser explorada posteriormente.

Figura 43

Estructura hidráulica prehispánica 10702C

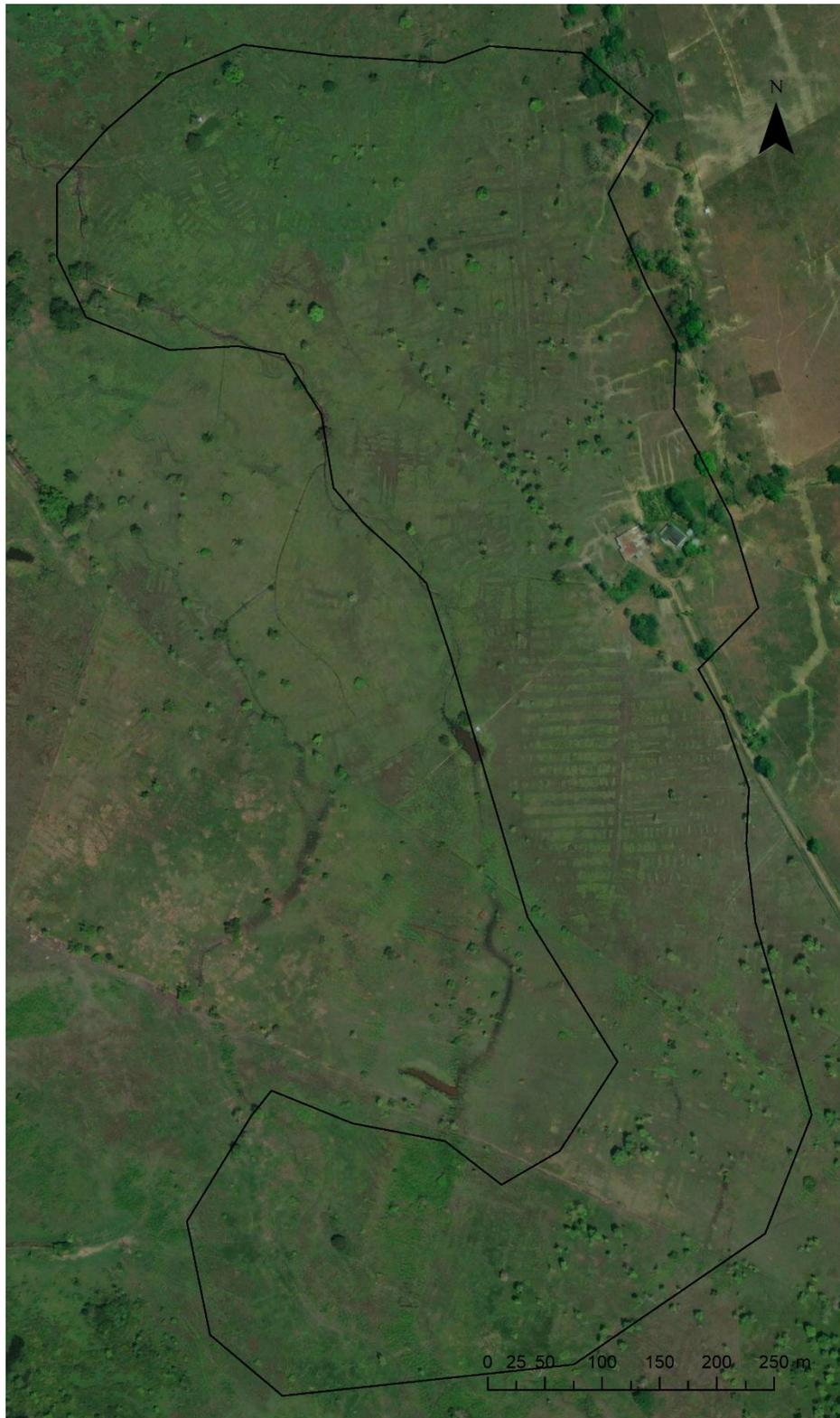


Figura 44*Estructura hidráulica prehispánica 13501C*

Se han podido señalar varios tipos de estructuras encontradas en la prospección remota. Si bien está proporcionó numerosos sistemas sobre los que se puede trazar con claridad la dirección de los surcos, en algunos casos esto no fue posible, posiblemente por la constante intervención de los suelos, la degradación de la capa superficial para labores de agricultura, la sedimentación y condiciones químicas adversas, que dificultan la distinción clara de los campos irrigados, no obstante, dejaron pistas sobre el terreno (**Figura 45**) (**Figura 46**). Sin embargo, los casos en los que podemos ver estas estructuras con mejor resolución, definición y claridad son mayores, resaltando así el potencial de análisis que se puede obtener con el uso de imágenes satelitales. En otros casos especiales, podemos observar las modificaciones actuales (**Figura 47**) (**Figura 48**), como el uso de aplanadoras sobre el terreno (**Figura 49**) y la siembra de palmas de aceite que dejan una huella particular en el uso del suelo (**Figura 50**).

Figura 45

Estructura hidráulica prehispánica 11D



Figura 46

Estructura hidráulica prehispánica 37802C



Figura 47*Estructura hidráulica prehispánica 9603C***Figura 48***Estructura hidráulica prehispánica 12201C*

Figura 49

Estructura hidráulica prehispánica 14401C modificada por aplanadora



Figura 50

Estructura hidráulica prehispánica 37801 con rasgos de intervención por cultivo de palma de aceite



Figura 51

Estructura hidráulica prehispánica 11801C con surcos secos

**8.3.5.5. Combinación de bandas**

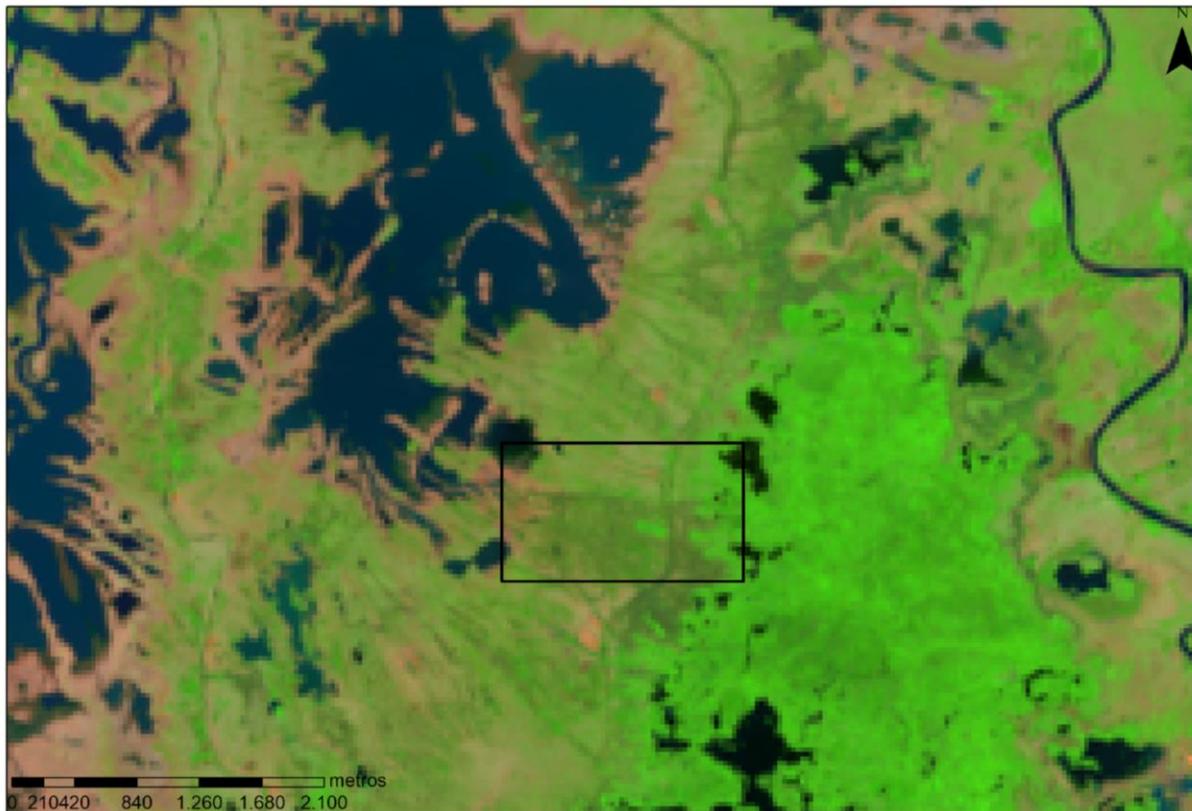
Durante el ejercicio de fotointerpretación multiespectral se aplicaron diferentes combinaciones sobre el polígono 44301C debido a sus dimensiones masivas, con el propósito de corroborar si las estructuras tenían una firma espectral visible en otras longitudes de onda. sin embargo, al concluir el ejercicio se muestra que la resolución espacial de los sensores Landsat 8 y Sentinel no es lo suficiente buena y no es posible observar una marca distintiva de que pueda ser indicativa de canales y camellones, pues el tamaño de los mismos que debe ser inferior a 1 metro en la resolución espacial.

Lo que se intentaba corresponde a un ejercicio visual que permitiese visualizar de manera clara una coloración diferente sobre áreas intervenidas antrópicamente como es el caso de la

depresión Momposina, en donde en la combinación de bandas infraréd (**Figura 52**) y land and wáter (**Figura 53**) de Landsat 8, permiten al menos intuir las estructuras hidráulicas, con un color fluorescente, que son considerablemente más grandes que las que existen en el Urabá. El verde brillante que demuestra la estructura hidráulica con una respuesta espectral, lo anterior es producto de la comunicación personal con Grisales 2023.

Figura 52

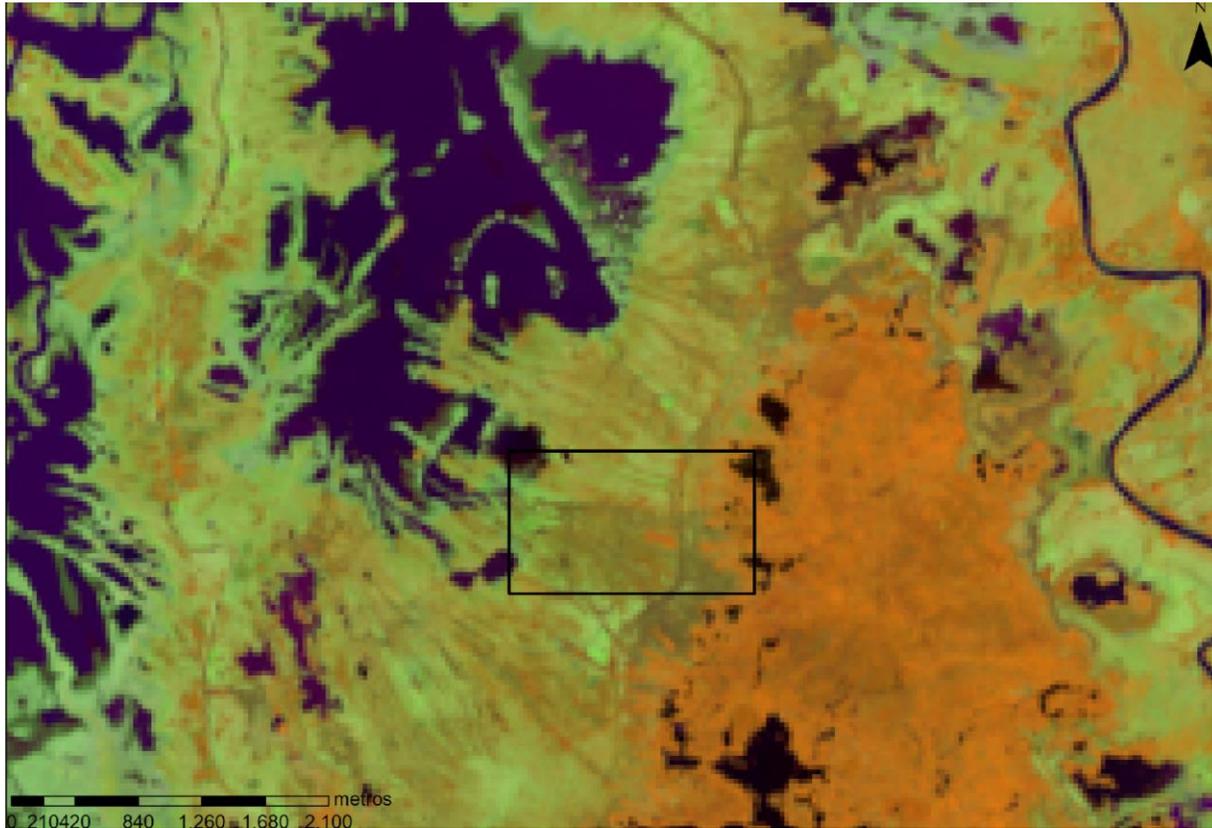
Combinación de bandas "Infrarrojo" con Landsat 8 en la depresión Momposina



Nota, Grisales (2023)

Figura 53

Combinación de bandas "Land and Water" en Landsat 8 en la depresión Momposina



Nota, Grisales (2023)

A continuación, se verán los resultados de la combinación de bandas con el pansharpenning aplicado según la compilación de bandas proporcionada por la plataforma EOS Data Analytics y MappingGIS, disponibles en línea.

La interferencia atmosférica y meteorológica generan condiciones atmosféricas adversas para estos procesos, las nubes, niebla o humedad, pueden afectar la calidad de las imágenes capturadas por los sensores remotos, dificultando la obtención de datos precisos y confiables, es necesaria la planificación de la toma de imágenes con base a las condiciones climáticas óptimas y utilizar técnicas de corrección atmosférica para mejorar la calidad de las imágenes afectadas por la interferencia atmosférica. En este caso no fue un problema en la ejecución de la metodología, sin embargo, es necesario considerarlo ya que la ubicación geográfica origina esta desventaja.

8.3.5.5.1. Color natural

Dicha combinación involucra las tres bandas visibles rojo, verde y azul, dando como resultado la aproximación a los colores naturales del terreno, se utiliza en Landsat 8 (**Figura 54**) y en Sentinel 2 (**Figura 55**) la misma combinación de bandas 4, 3, 2.

Figura

Combinación de bandas Landsat 8 Color natural

54

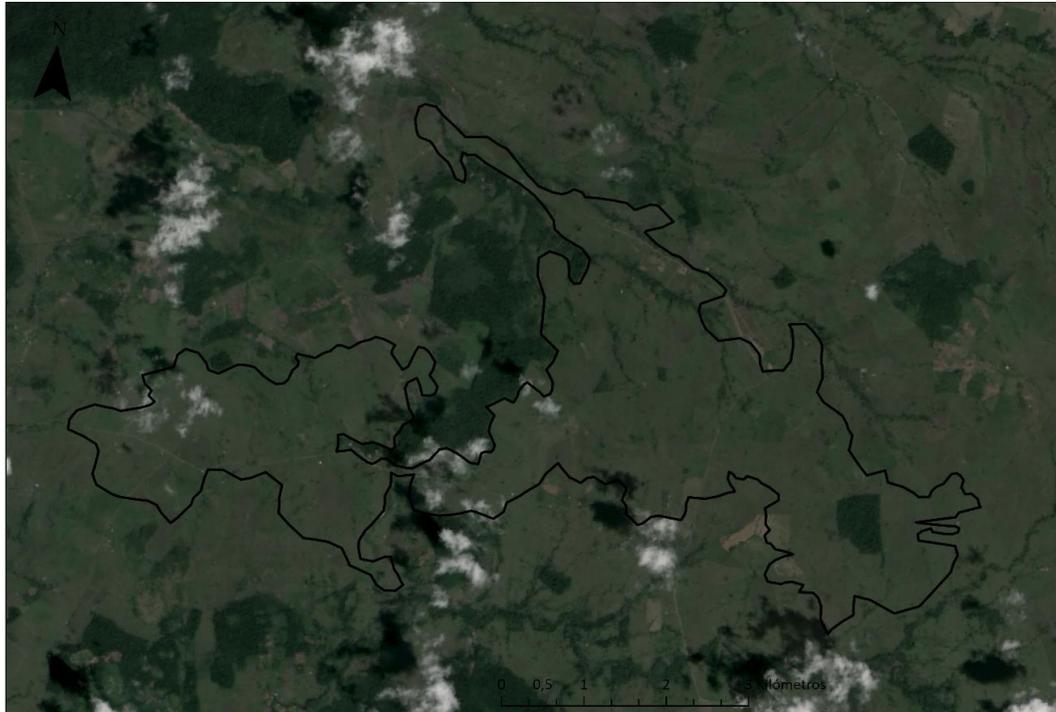
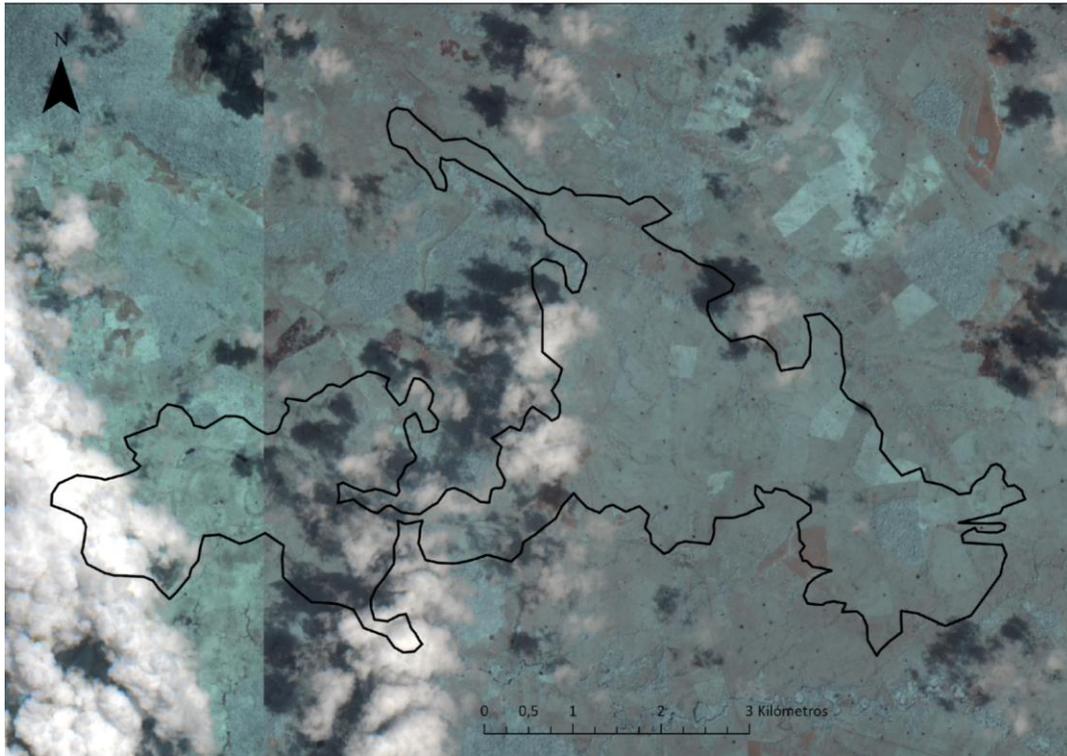


Figura 55

Combinación de bandas Sentinel 2 Color natural

**8.3.5.5.2. Falso color**

Esta combinación de bandas muestra la sensibilidad de la vegetación verde que será mostrada en tonalidad roja debido a la reflectividad en el infrarrojo, representando más claramente los caminos y masas de agua y en tonos rosados las áreas vegetales menos densas, y blancos las áreas con escasa vegetación. El falso color se ve con la combinación de bandas en Landsat 8 de 5, 4, 3 (**Figura 56**) y en Sentinel 2 con 8,4,3 (**Figura 57**).

Figura 56

Combinación de bandas Landsat 8 Infrarrojo

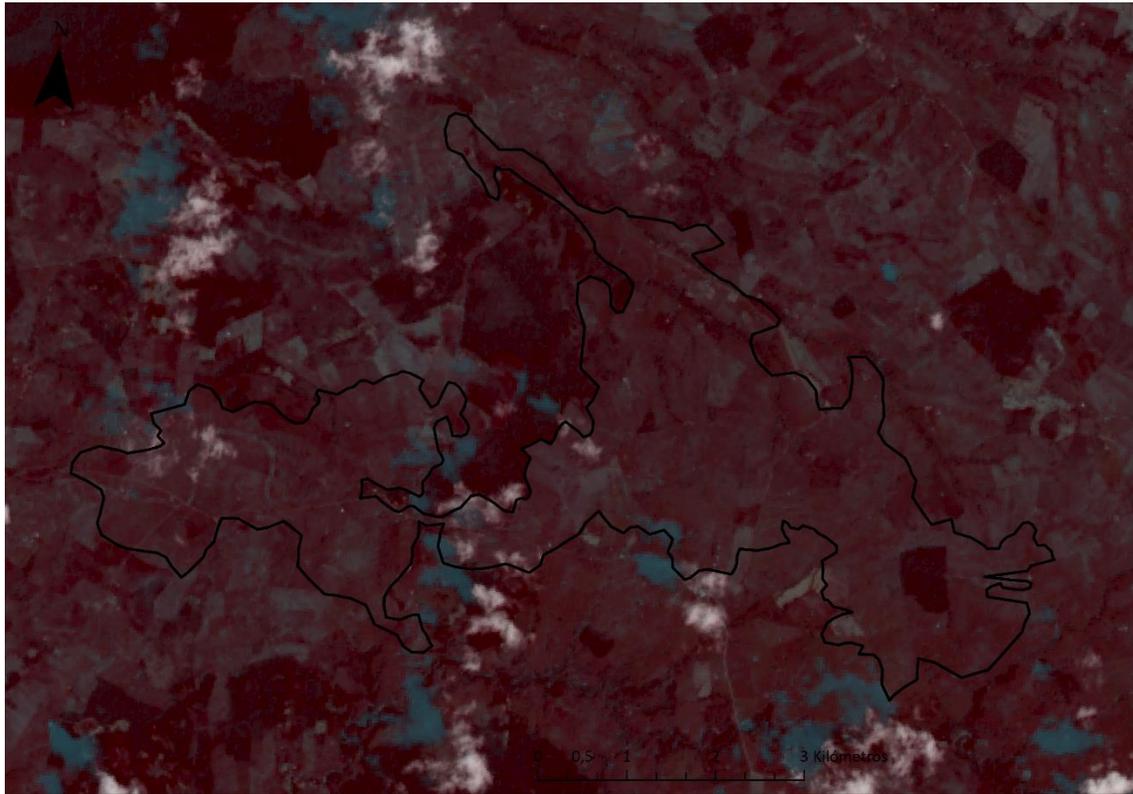
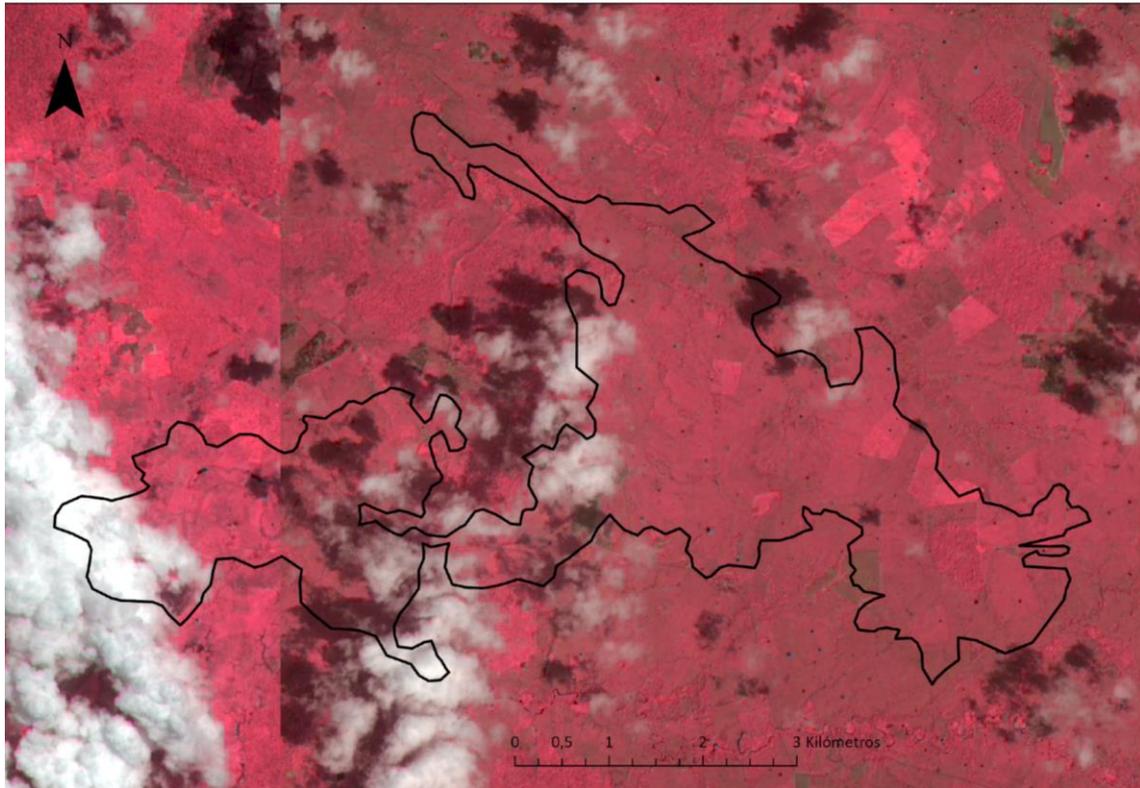


Figura 57

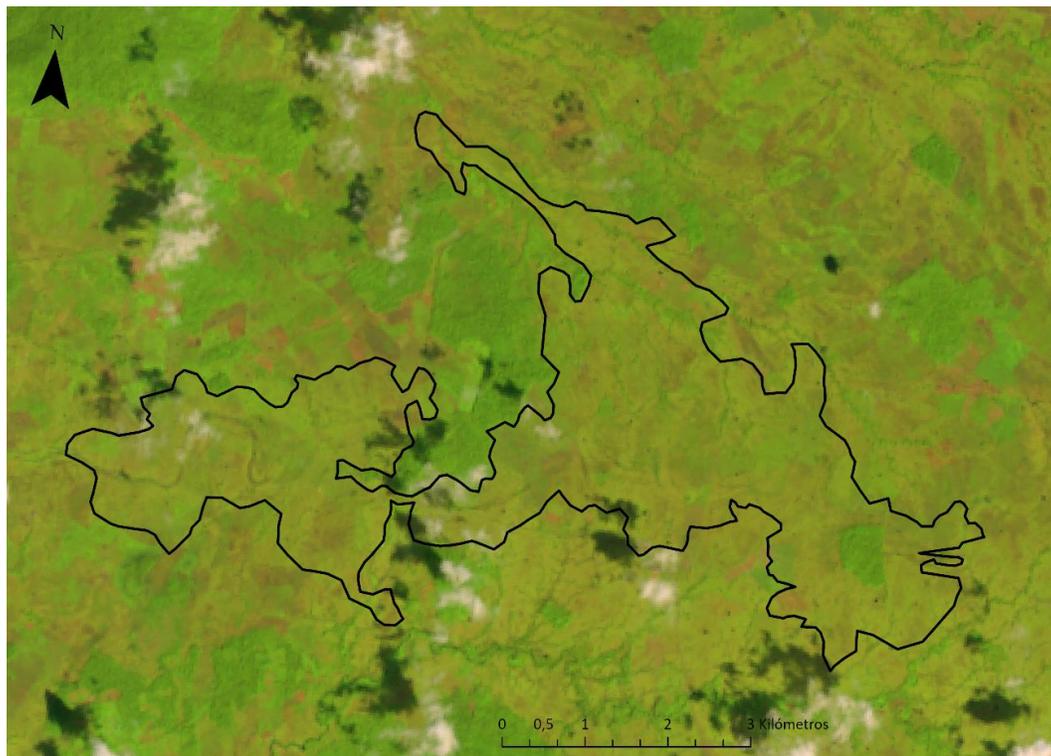
Combinación de bandas Sentinel 2 Infrarrojo

**8.3.5.5.3. Usos agrícolas**

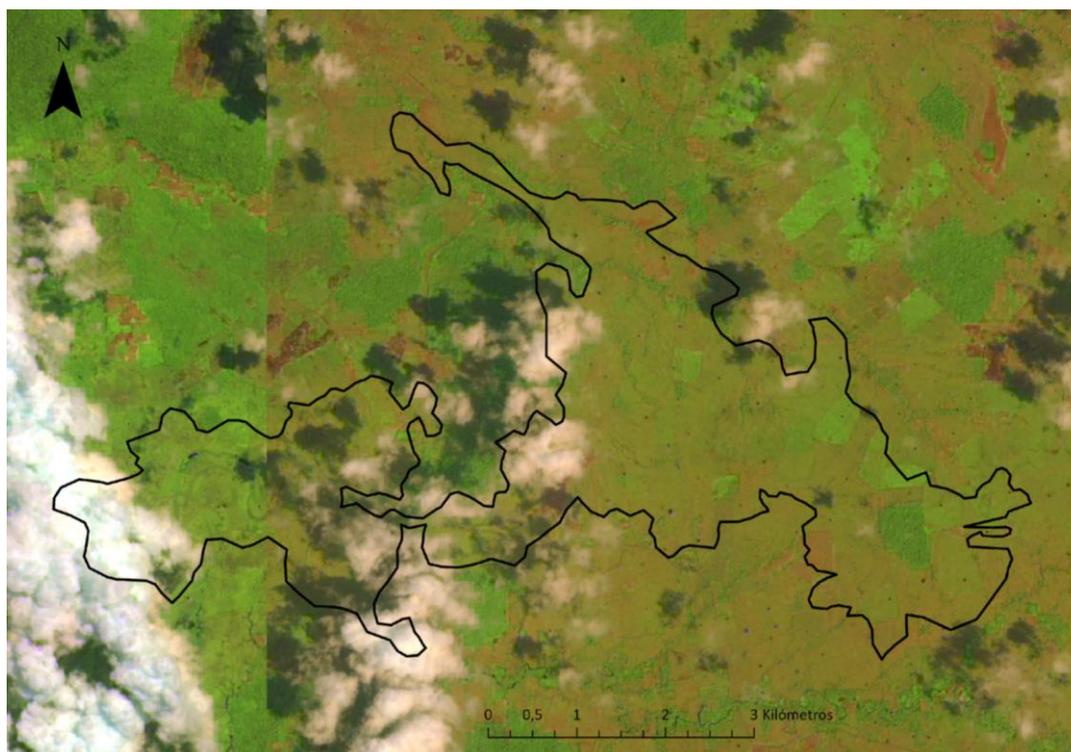
Con esta combinación se puede realizar la detección de zonas de uso agrícola, apareciendo los campos destinados a la agricultura con tonalidades verde brillantes que se distinguen del resto de la vegetación, la combinación de bandas para Landsat 8 son 6, 5, 2 (**Figura 58**) y en Sentinel 2 11, 8A, 2 (**Figura 59**).

Figura 58

Combinación de bandas Landsat 8 Usos agrícolas

**Figura 59**

Combinación de bandas Sentinel 2 Usos agrícolas



8.3.5.4. Detección de zonas urbanas

Para representar zonas urbanas, en este caso se quería hacer la prueba de esta combinación de bandas para reflejar si existía la posibilidad de que el motivo de la falla para percibir las alteraciones de las estructuras hidráulicas se trataba de un cuestión de resolución y tamaño de lo observado, esta combinación, como su nombre lo indica, se emplea para la identificación de la cabecera municipal y construcciones urbanas, se obtiene con la combinación de bandas 7, 6, 4 en Landsat 8 (**Figura 60**) y con las bandas 12, 11, 4 en Sentinel 2 (**Figura 61**).

Figura 60

Combinación de bandas Landsat 8 Zonas urbanas

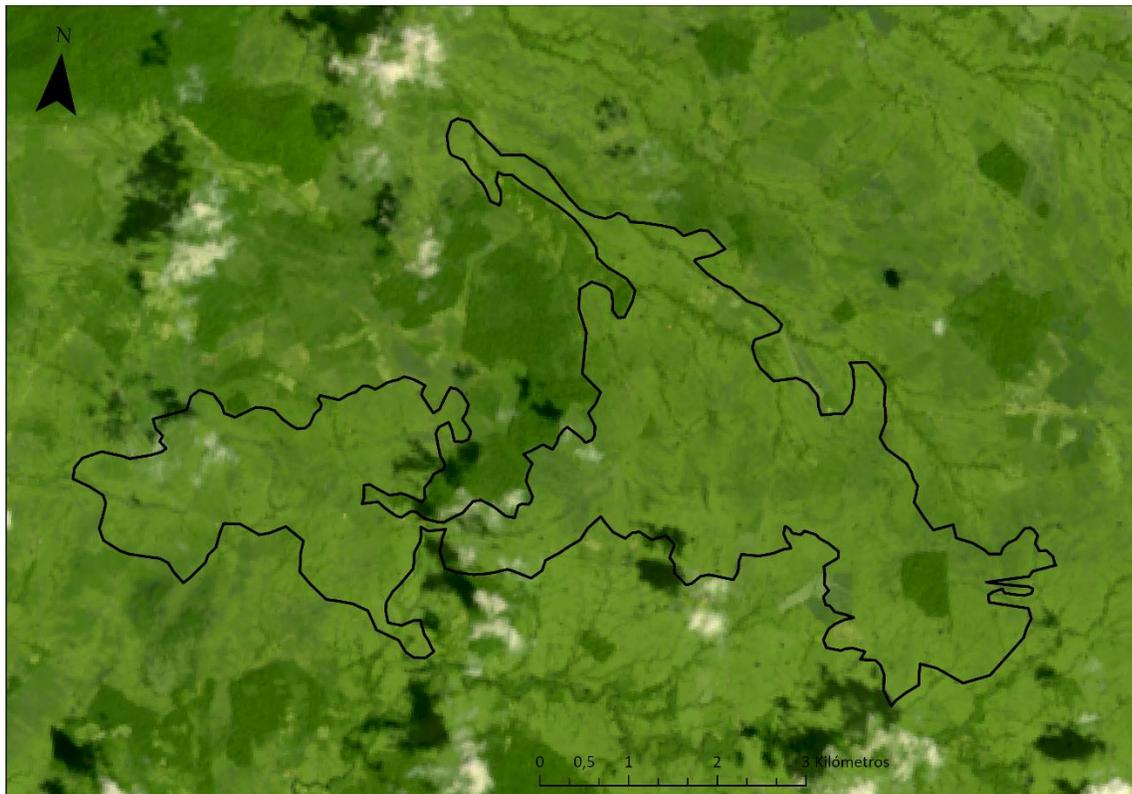
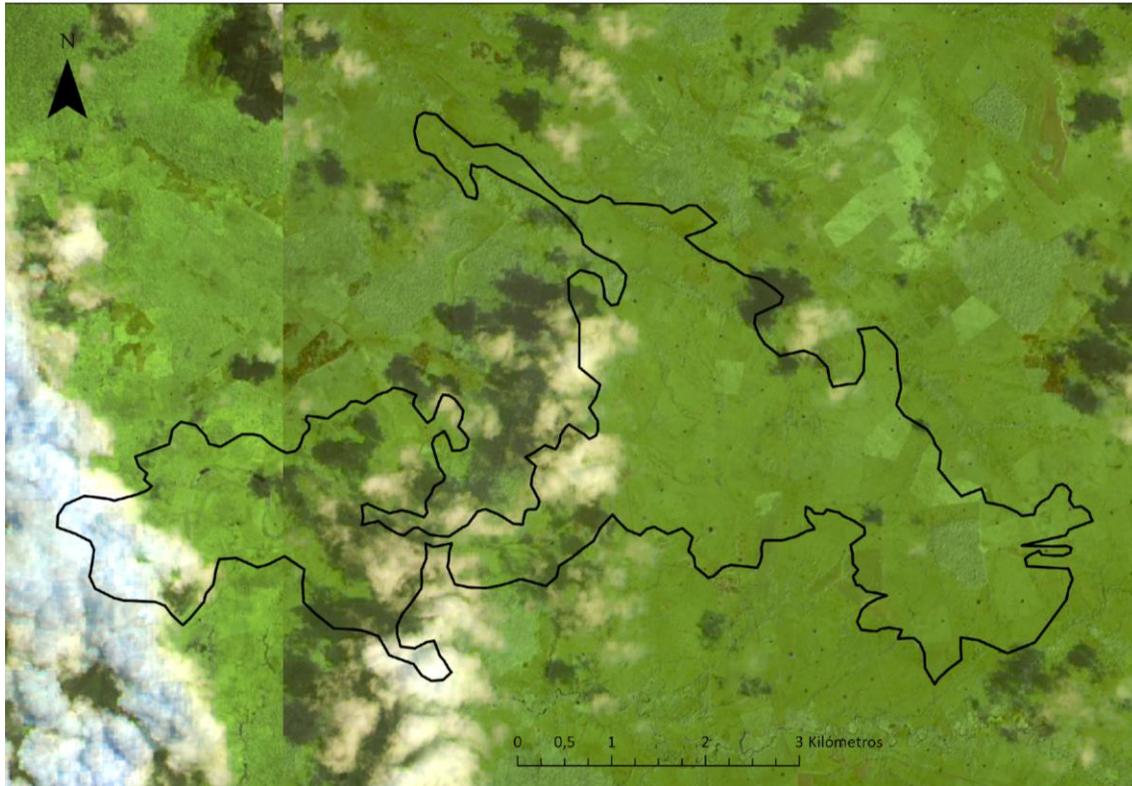


Figura 61

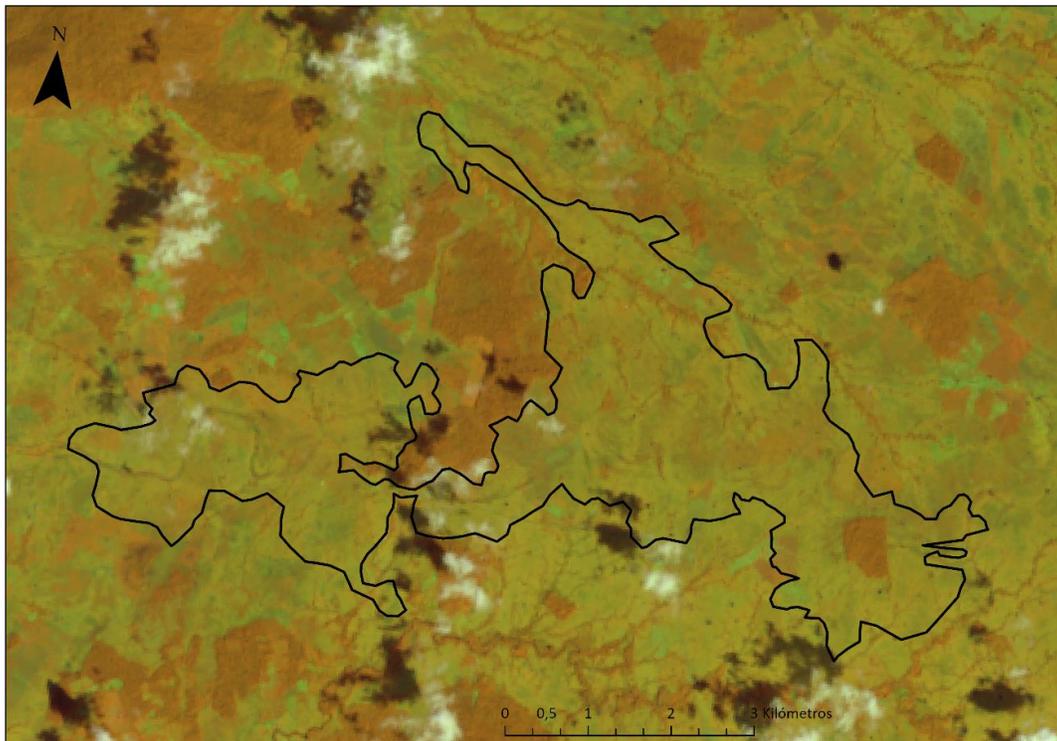
Combinación de bandas Sentinel 2 Zonas urbanas

**8.3.5.5. Análisis de la vegetación**

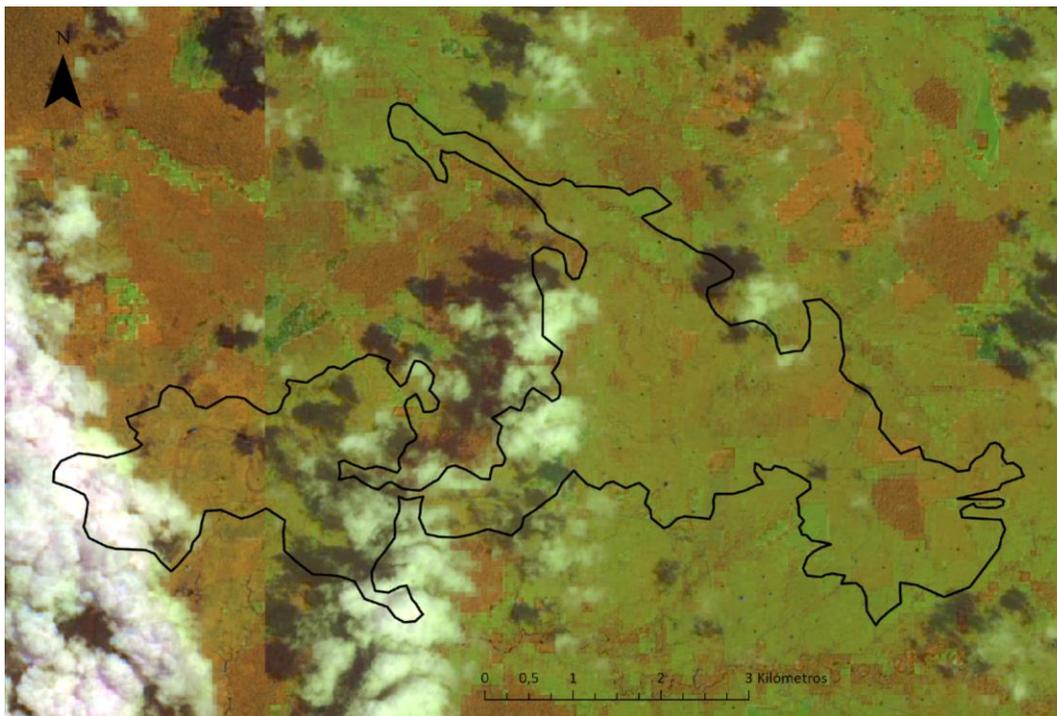
Para analizar el tipo de vegetación encontrado, que sirve para diferenciar aquellas zonas de las estructuras en donde se tienen mayor densidad se planteaba usar esta combinación de bandas, para establecer un contraste visible entre los lugares con baja y alta concentración vegetal. Se obtiene mediante la combinación de bandas 5, 6, 2 en Landsat 8 (**Figura 62**) y con 8A, 11, 2 en Sentinel 2 (**Figura 63**).

Figura 62

Combinación de bandas Landsat 8 Análisis de la vegetación

**Figura 63**

Combinación de bandas Sentinel 2 Análisis de la vegetación



8.3.5.5.6. Índice diferencial de agua normalizado NDWI

Por último, el NDWI sirve como medida de la cantidad de agua que posee la vegetación o el nivel de saturación de humedad que posee el suelo de la zona de análisis, esta se obtiene a partir de un proceso diferente de combinación de bandas que da como resultado un índice de humedad. Se obtiene a partir de la combinación de bandas en Landsat 8 $(3-6) / (3+6)$ (**Figura 64**) y en Sentinel 2 $(3-11) / (3+11)$ (**Figura 65**).

Figura 64

Combinación de bandas Landsat 8 Índice diferencial de agua normalizado NDWI

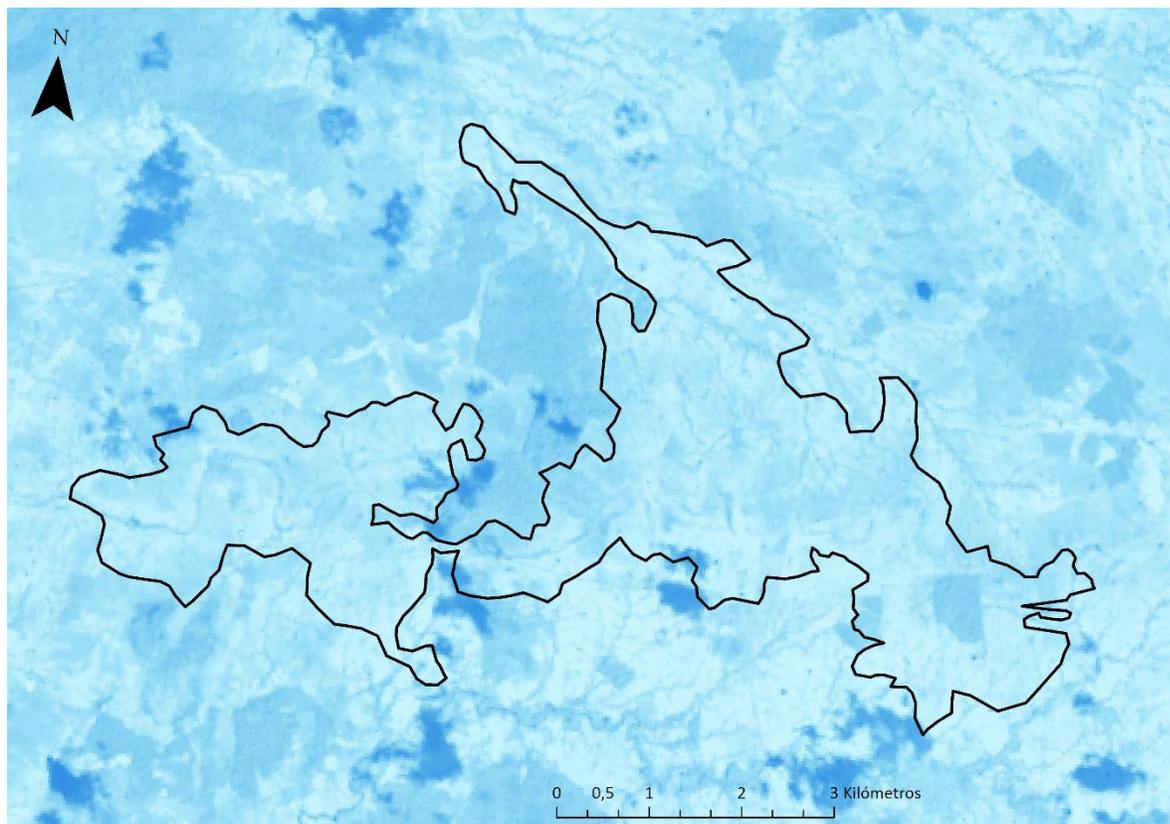
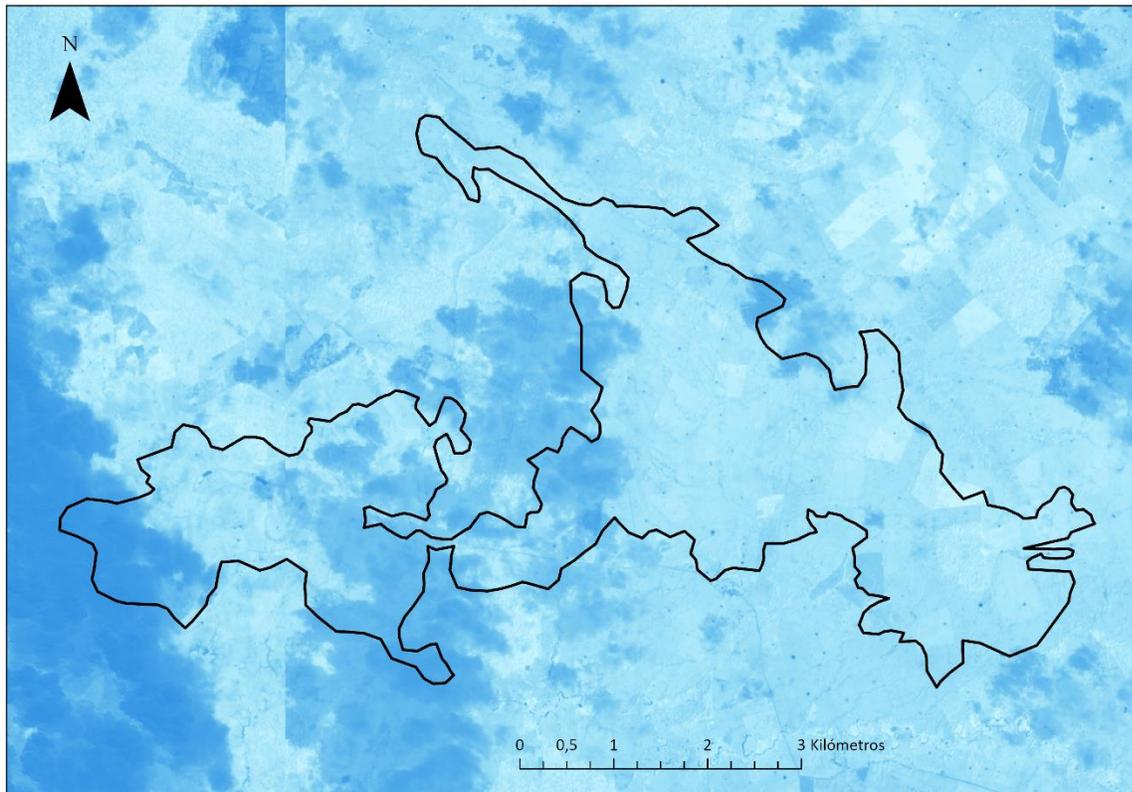


Figura 65

Combinación de bandas Sentinel 2 Índice diferencial de agua normalizado NDWI



9. Conclusiones

En conclusión, este estudio ha explorado con rigor y detalle las implicaciones y posibilidades de la teledetección en el campo de la arqueología, con un enfoque particular en la identificación de contextos hidráulicos prehispánicos en la región de Urabá. A lo largo de este proceso se han podido señalar algunos aspectos teóricos y prácticos en torno a las capacidades investigativas como veremos a continuación.

En relación con los sensores remotos como estrategia para la recopilación de datos, se logró documentar estructuras hidráulicas de posible origen prehispánico mediante las aplicaciones de imágenes satelitales de Bing y Google Earth. Estas herramientas representan un enfoque inicial de exploración, de fácil accesibilidad y han permitido mantener un registro preciso del desarrollo de esta investigación. A pesar de que los resultados obtenidos con el empleo de Landsat 8 y Sentinel 2 no coincidieron con las expectativas, debido a los desafíos derivados de la calidad de la resolución espacial, es importante considerar la implementación de este tipo de metodologías en el futuro, ya que pueden ser de utilidad como han mostrado los incipientes experimentos realizados en las estructuras hidráulicas de la depresión momposina. Se espera la adquisición de recursos que posibiliten la correcta culminación del procedimiento con la obtención de imágenes de mayor resolución, esenciales para una visualización detallada de estas estructuras.

Es necesario señalar, la notable carencia en la literatura arqueológica dada por la falta de propuestas metodológicas concretas, en el ámbito nacional, para llevar a cabo la prospección arqueológica mediante el uso de sensores remotos²⁰. Aunque los estudios arqueológicos han abordado la importancia de la teledetección y la utilidad potencial de los datos recopilados por satélites y otras tecnologías similares, la ausencia de enfoques metodológicos específicos ha limitado la implementación práctica de estas técnicas. A pesar de su potencial revolucionario para la detección y caracterización de sitios arqueológicos, la implementación de estas tecnologías ha sido insuficiente hasta las investigaciones de Posada en 2019.

²⁰ Ya mencionados los aspectos técnicos de una teledetección remota, viene el carácter no público o al menos no divulgado con suficiente empeño en donde la revisión poligonal hace que la realidad en sí misma tome forma canales y camellones, una de las mayores dificultades a la hora de ser la herramienta visual de este proyecto es el desgaste mental después de haber visto por horas, días y semanas la información satelital. Las vías, las construcciones actuales, los caminos e inclusive la vegetación se encargan de enmarañar y hace pensar que estás perdiendo la cabeza dibujando vectores y formas geométricas donde no los hay, inclusive haciendo que aparezcan en tus sueños quitando el último lote de cordura.

La falta de guías claras para el uso de sensores remotos en la detección de sitios arqueológicos y la caracterización de patrones de asentamiento ha dejado un vacío en las herramientas disponibles para los investigadores. Esta limitación debe ser abordada con urgencia para aprovechar plenamente el potencial de la teledetección en la arqueología (Pérez y Muñoz, 2006) Además, dado que no tenemos idea de que deberíamos identificar en las cámaras multiespectro hace falta un desarrollo de este campo para un acercamiento más juicioso que sirva como insumo en la investigación arqueológica.

No obstante, este estudio también plantea un futuro esperanzador en cuanto al uso de sensores remotos en la arqueología. Los avances tecnológicos continúan expandiendo las capacidades de teledetección, lo que brinda oportunidades sin precedentes para la exploración y documentación de sitios arqueológicos (Palacios, Bueno y Uribe, 2017). La posibilidad de detectar patrones ocultos, como paleocauces y sistemas hidráulicos prehispánicos, a través de imágenes satelitales y el análisis de datos representa un cambio paradigmático en la manera en que se aborda la investigación arqueológica.

Ahora, teniendo esto en cuenta, si bien los sensores remotos han demostrado ser una herramienta valiosa en la arqueología, también presentan ciertas dificultades y desafíos que deben ser considerados además de los recursos requeridos para poder realizar análisis de calidad, uno de ellos y que especialmente se presentó en la ejecución de esta investigación es la resolución y precisión limitadas de los sensores, estos pueden tener limitaciones que pueden dificultar la identificación detallada de algunas de las características arqueológicas. En este sentido, las estructuras pequeñas o poco prominentes pueden no ser claramente visibles en las imágenes obtenidas de una de las plataformas que son necesarias para realizar cierto tipo de procesos como son la combinación de bandas, la delimitación certera de las estructuras y la creación de corpus de datos para la creación de modelos predictivos (Puche Riart, 1987).

La solución sencilla que se plantea es la utilización de sensores de mayor resolución, pero dada la situación económica de la media de investigadores a nivel nacional, esta no es una alternativa viable, como se vio anteriormente las aproximaciones que contaban con el equipo, el personal y los recursos económicos, fueron aquellas que contaban con el aval de universidades privadas o de entidades particulares que financiaban dichos proyectos, sin embargo, no es el caso

de la mayoría de los investigadores que no cuentan con la financiación para la ejecución de este tipo de investigaciones que involucran sensores remotos.

Una de las alternativas para estos casos, es la combinación de la información de múltiples sensores y técnicas para obtener una visión más completa del terreno. Incluso, es posible fomentar la colaboración entre instituciones académicas, gubernamentales y privadas para compartir recursos y reducir costos (Parcak, 2021). No obstante, considerar el uso de plataformas de código abierto y datos gratuitos o de bajo costo para realizar estudios arqueológicos es imperativo.

Siguiendo esta línea de los sensores remotos, la observación sobre la utilidad de herramientas gratuitas en comparación con las opciones de pago revela un fenómeno de democratización en el acceso a la tecnología de teledetección y sistemas de información geográfica. La disponibilidad de herramientas gratuitas ha ampliado significativamente la participación de investigadores con recursos limitados en la exploración y el análisis espacial. Sin embargo, a pesar de las ventajas que ofrecen estas herramientas, es importante reconocer que las soluciones de pago proporcionan capacidades avanzadas y resultados más precisos. Es necesario equilibrar la accesibilidad con la calidad y precisión de los resultados, considerando la naturaleza de la investigación y los objetivos específicos (Parcak, 2009).

En caso de que no sea evidente, las limitaciones en la identificación de contextos culturales y su significado simbólico no puede quedar atrás, el hecho de que la teledetección constituya una herramienta de acercamiento a la zona de estudio no indica que el ojo del investigador y su formación conceptual y teórica no sean necesarias, se recuerda que, a pesar de las facilidades que otorgan estos en términos de las características físicas y estadísticas del terreno, es totalmente necesaria la apreciación y seguimiento de investigadores e investigadoras estar presente y orientar las preguntas necesarias, somos los y las que orientamos la búsqueda del pasado y son nuestras interpretaciones las que limitan o extienden dicha comprensión sobre el pasado.

Debido a esto, es indispensable combinar el uso de sensores remotos con investigaciones arqueológicas tradicionales y etnográficas, como prospecciones de campo, excavaciones y análisis de artefactos, documentos históricos, cartográficos y sociales para obtener una comprensión más completa del contexto cultural de los sitios (Pérez y Amores, 1998; Martín, Bueno y Uribe, 2017). Más aún, problematizar las discusiones asociadas al espacio y los sitios arqueológicos (Boada, 1991).

Ahora bien, el futuro es prometedor respecto a las facilidades con las que abastece el campo de la teledetección al ofrecer un amplio potencial para abordar nuevos enfoques y desafíos en la investigación arqueológica (Pastor, Murrieta y Garcia, 2013). Uno de ellos es la detección automática de sitios arqueológicos, que, mediante el uso de algoritmos de inteligencia artificial y aprendizaje automático, entrena a los sistemas para reconocer patrones específicos asociados con sitios arqueológicos en imágenes de sensores remotos (Parcak, 2021). Lo que permite una identificación rápida y automatizada, acelerando la fase de prospección y priorización de áreas para las investigaciones en curso. Mediante la aplicación de algoritmos de inteligencia artificial a datos de sensores remotos (Zapata Ocampo, 2004), se podrían identificar patrones de asentamiento y rutas comerciales en regiones arqueológicas. Proporcionando una visión más completa de las interacciones entre diferentes sociedades y la comprensión de las redes comerciales y de transporte en el pasado de las cuales se ha recopilado información en el país a partir de investigaciones previas.

La predicción de nuevos sitios arqueológicos es una de las propuestas más llamativas, que a través de la combinación de datos geoespaciales y aprendizajes automatizados podría permitir la predicción de la ubicación de nuevos sitios arqueológicos en función de patrones espaciales, topográficos y características conocidas (Patiño, 1998; Yaquive, 2018). Por medio del análisis de datos espectrales y radiométricos recopilados por sensores remotos, junto con el uso de algoritmos de inteligencia artificial, se podría avanzar en la caracterización del contexto cultural de los sitios arqueológicos. Incluyendo la identificación de materiales específicos, como cerámica, artefactos líticos, construcciones, y evidencias de actividades humanas, instrumento útil que puede ser utilizado en el contexto de la bioarqueología. Estas propuestas podrían enriquecer significativamente la forma en que se realizan las investigaciones arqueológicas, preservando y valorando adecuadamente nuestra historia y patrimonio colectivo (Olaya, 2014). Lejos estamos aún de lograr algo más que un ejercicio de fotointerpretación a partir de plataformas digitales de sensores remotos.

Por otro lado, en el marco de esta investigación, lo que se hizo fue mostrar el funcionamiento y el procedimiento tanto teórico metodológico de los sensores remotos y su aplicación en la búsqueda de estructuras hidráulicas en arqueología, el proceso estuvo compuesto por una fase inicial de la selección de la zona de estudio basados en los vacíos que pudieron ser identificados en la literatura, y a partir de la adquisición y uso de imágenes espaciales gratuitas, el

procesamiento, la clasificación y el análisis de los datos obtenidos se pudo identificar estructuras hidráulicas de origen prehispánico que fueron documentadas.

Inicialmente la investigación se centraba en el análisis de los antecedentes arqueológicos existentes y en la posterior ubicación geográfica de los sitios donde se llevaron a cabo dichos estudios. Sin embargo, las limitaciones evidentes en la representación espacial de estos trabajos investigativos llevaron a un replanteamiento metodológico. Fue necesario modificar la estrategia original e introducir el uso de sensores remotos como tema principal y finalmente como herramienta para indagar en la detección de sistemas de irrigación prehispánicos. Este cambio se sustentó en los más recientes informes de investigación que arrojaron luz sobre el registro espacial en la zona de estudio. Así, la adaptación de la metodología se convirtió en una respuesta necesaria y pertinente para superar las barreras presentes en la identificación y ubicación de estos contextos arqueológicos de carácter hidráulico.

Las conclusiones derivadas de las temáticas centrales abordadas en este estudio resaltan la importancia fundamental del concepto de sitio en el campo de la arqueología y su significado en la exploración de contextos arqueológicos. El sitio no se limita simplemente a la acumulación de restos materiales, sino que representa una ventana a la comprensión de las sociedades pasadas y sus interacciones con el entorno circundante. La relevancia del sitio radica en su potencial para revelar no sólo los artefactos y estructuras físicas, sino también las historias de las comunidades que habitaron la región y su manera de relacionarse con el paisaje (Pannaccione Apa, 2016). Cabe preguntarnos qué tan grande fue la ocupación prehispánica y que tan interconectada estaba en el espacio comprendido entre el río León, Atrato y Sucio. Más importante aún, es indagar sobre la cadena operatoria de estas gigantescas modificaciones del paisaje, en tanto que ninguna otra herramienta conceptual nos puede dar pistas sobre la complejidad social detrás de estos hitos estructurales.

En el mismo sentido, el estudio revela las limitaciones de las herramientas tipológicas en la arqueología. Si bien estas herramientas pueden ser útiles para la clasificación y categorización de materiales, su capacidad para proporcionar información detallada sobre funciones concretas y sistemas constructivos es limitada. Las aproximaciones tipológicas realmente no nos aproximan arqueológicamente a conclusiones valiosas a nivel interpretativo, esto es especialmente evidente en el caso de las estructuras hidráulicas, donde la mera identificación de formas y estilos no es

suficiente para comprender plenamente el origen subyacente y los sistemas constructivos involucrados, por lo tanto, si no se entiende el principio hidráulico, no tiene sentido identificar episodios de sucesión y cronología en tanto se seguirá considerando el espacio como un mero contenedor de los materiales arqueológicos y no como un artefacto en sí mismo.

La investigación también resalta la importancia fundamental de definir y entender adecuadamente conceptos arqueológicos como "sitio arqueológico", "asentamiento" y "patrones de asentamiento", así como comprender su funcionamiento y relaciones en el paisaje (Montufo Martín, 1991, 1992). Identificar los sitios arqueológicos y delimitar su alcance es esencial, pero también es necesario ir más allá para comprender la funcionalidad y las conexiones entre los sitios. Los interrogantes sobre la proximidad de los sitios, su relación con características geográficas y su posible interacción arrojan luz sobre cómo las poblaciones prehispánicas se relacionaron con su entorno y entre sí.

Además, se cuestiona la noción de que el límite del asentamiento está determinado únicamente por el alcance del registro cerámico. Se reconoce que este enfoque simplista no captura la complejidad de las relaciones espaciales y funcionales en un sitio arqueológico. La delimitación de un asentamiento no puede depender exclusivamente de la densidad de materiales cerámicos, ya que esto no tiene en cuenta otros factores cruciales que influyeron en la ubicación y organización de los sitios.

Una de las principales consideraciones es la ausencia de dimensiones antropológicas en relación con la zona. A pesar de la riqueza de hallazgos materiales y arqueológicos, existe una falta de profundización en aspectos culturales, sociales y simbólicos que permitirían comprender mejor el contexto y las prácticas de las poblaciones que habitaron la región. Este vacío en el conocimiento antropológico limita nuestra capacidad para comprender plenamente la historia y el significado cultural de la zona de estudio de caso.

Al inicio de esta investigación se expresó como se establecería la relación entre los contextos hidráulicos y su interacción con la dimensión del espacio y el paisaje. El reconocimiento de que la región de Urabá ha sido escenario de una compleja interacción entre los sistemas hidráulicos prehispánicos y el paisaje ha sido crucial. La arqueología del espacio y del paisaje emergió como un marco teórico que permitió considerar no sólo los hallazgos materiales, sino también las interconexiones entre los elementos naturales y culturales presentes en el territorio. Este enfoque ha demostrado ser fundamental para abordar los sistemas de irrigación, en otros

lugares, desde una perspectiva más integral, trascendiendo la mera identificación de artefactos aislados.

La clasificación supervisada de imágenes satelitales permitió discernir la distribución de estos sistemas hidráulicos, brindando una visión detallada y valiosa para explorar estos contextos en la configuración del paisaje arqueológico

La exploración de patrones de asentamiento y la detección de estructuras hidráulicas revelaron un panorama más amplio de cómo las antiguas poblaciones interactúan con su entorno. La definición de asentamiento adquirió nuevos matices al considerar la influencia y adaptación de las comunidades a la topografía y los recursos hídricos y fue el enfoque en los sistemas hidráulicos el que arrojó luz sobre el conocimiento y manejo de la ingeniería como se vio en el capítulo de sistemas de irrigación.

Es importante resaltar que las investigaciones arqueológicas han explorado los contextos de tal forma que parecen ignorar las estructuras sociales detrás de los sistemas hidráulicos. Es posible dimensionar otro tipo de proceder en cuanto a estos estudios que brinden luces más allá de caracterizaciones escuetas sobre los sistemas de irrigación tan poco explorados en su dimensión social en el contexto suramericano. Es posible entonces pensar que estas estructuras constituían un área considerablemente mayor a la que ahora podemos acceder y que aquellos pequeños polígonos son tal vez huellas de lo que un día constituyó un macrosistema. En el caso particular de este estudio nuestros alcances no permiten formular conclusiones más allá de los límites exploratorios, no obstante, es viable plantear otra arqueología cuyos alcances excedan nuestras limitaciones.

En última instancia, esta investigación con un estudio de caso en Urabá resalta la importancia de integrar la arqueología del espacio y del paisaje con enfoques tecnológicos modernos como la teledetección. La combinación de estas metodologías permitió una comprensión más holística de los sistemas hidráulicos prehispánicos y su relación con el entorno. Al adoptar una perspectiva multidisciplinaria, este estudio no solo contribuye al conocimiento arqueológico, sino que también pone de relieve la relevancia de considerar el contexto espacial en la investigación arqueológica y su potencial para redefinir la interpretación de los asentamientos y sus conexiones con el paisaje.

Referencias

- Ali, M. (2008). *En Estado de sitio: los Kuna en Urabá, vida cotidiana de una comunidad indígena en zona de conflicto*. Universidad de los Andes.
- Alonso, D. (2023). *Mapping Gis*. Combinación de bandas en imágenes de satélite Landsat y Sentinel: <http://bit.ly/44E5bKk>
- Alva, M., & Meléndez, J. (2009). Aplicación de la teledetección para el análisis multitemporal de la regresión glaciaria en la Cordillera Blanca. *Investigaciones sociales* Vol. 13(núm. 22), 71-83. DOI: <https://doi.org/10.15381/is.v13i22.7216>
- Álvarez Piedrahita, V. (2016). *Reconocimiento arqueológico de la Ceja del Tambo. El análisis del paisaje como herramienta de diagnóstico*. [tesis de pregrado, Universidad de Antioquia]. Biblioteca Digital Universidad de Antioquia.
- Alvarez, H. N. (2010). La Fotogrametría Satelital. [tesis de pregrado]. *Escuela superior de ingeniería y Arquitectura*. <http://tesis.ipn.mx:8080/xmlui/handle/123456789/6350>
- Anschuetz, Wilshusen, & Schieck. (2001). *An Archaeology of Landscapes: Perspectives and Directions*. *Journal of Archaeological Research*, vol. 9, n° 2, pp. 152-197.
- Apa, M. P. (2016). *Aplicación de la teledetección a la arqueología del Paisaje*. Istituito Nazionale di Geofisica e Vulcanologia.
- Araneda, E. (2002). Uso de Sistemas de Información Geográfica y análisis espacial en arqueología: Proyecciones y limitaciones. *Estudios Atacameños (Vol. 22)*, 59-76. DOI: <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-10432002002200004>
- Archila, S. (1993). Medio Ambiente y Arqueología de las tierras Bajas del caribe colombiano. *Museo del Oro*, (34-35), 111-164. DOI: <https://publicaciones.banrepcultural.org/index.php/bmo/article/view/7000>
- Arcila, G. (1953). Arqueología de Mutatá. *Boletín del instituto de Antropología*, 1 (1). pp. 7-64. DOI: <https://doi.org/10.17533/udea.boan.341325>
- Arcila, G. (1986). *Santa María la Antigua del Darién*. Secretaria de la presidencia de la república.
- Armando Rodríguez, C., Zúñiga Escobar, O., & Cuero Guependo, R. (2008). La utilización de métodos geofísicos en la prospección de un poblado prehispánico Quimbaya Tardío I en Ginebra (Valle del Cauca, Colombia). *Boletín de Antropología*, 22(39), pp. 295-313.
- Arqueonorte. (2013). *Programa de Arqueología preventiva: prospección y diagnóstico arqueológico, proyecto portuario multipropósito Puerto de Urabá*. Arqueonorte.
- Avellaneda, J. M. (2021). *Dinámica en las coberturas y uso de la tierra en el área de expansión urbana del borde sur de la ciudad de Bogotá*. [tesis de pregrado]. Universidad Militar Nueva Granada.

- Barceló, M. (1984). Les alquerías au pied de Qastil al-'uyün (Randa, Mallorca) technologie de qanat et des établissements». *Actes du colloque sur structures de l'habitat et occupation de sol dans les pays méditerranéens: les méthodes et l'apport de l'archéologie extensive*.
- Barceló, M. (1986). “La qüestió de l’hidraulisme andalusí” . *Barceló, M. et alii: Les aigües cercades. Els qanat(s) de l’illa de Mallorca, Palma de Mallorca*, pp. 9-36.
- Barceló, M. (1988b). “La arqueología extensiva y el estudio de la creación del espacio rural”. . *Arqueología medieval. En las “ afueras ” del medievalismo*, pp. 195-274.
- Barceló, M. (1989). La arqueología extensiva y el estudio de la creación del espacio rural. *El diseño de espacios irrigados en al-Andalus: un enunciado de principios generales*, Vol. I. XV-XXI.
- Basto Prieto, A. (2015). *Análisis espacial para el estudio de una posible invasión mecanizada del ejército Venezolano en la Orinoquía Colombiana para la ocupación de la ciudad de Villavicencio*. [tesis de pregrado]. Universidad Militar Nueva Granada, Facultad de Ingeniería.
- Bedoya, M., & Naranjo, M. (1985). *Reconocimiento arqueológico en el litoral atlántico: Capurganá*. Fundación de investigaciones arqueológicas nacionales.
- Boada, A. M. (1991). Reseña: Pautas de asentamiento agustinianas en el noroccidente del Salado Blanco (Huila). *Boletín del Museo del Oro*, (29). pp. 155-157.
<https://publicaciones.banrepcultural.org/index.php/bmo/article/view/7045>
- Boado, F. C. (1991). Del poblamiento pretérito a los paisajes arqueológicos. *Arqueología del Paisaje*, (6). pp. 244-255.: <http://hdl.handle.net/10261/13729>
- Boado, F. C. (1993). Límites y posibilidades de la arqueología del paisaje. *SPAL Revista de prehistoria y arqueología*, (2), pp. 9-55. DOI: 10.12795/spal.1993.i2.01
- Boado, F. C. (1999). *Del Terreno al Espacio: Planteamientos y Perspectivas para la arqueología del Paisaje*. Santiago de Compostela: CSIC. <http://hdl.handle.net/10261/5698>
- Bognanni, F. (2010). Lo "nuevo" y lo "viejo": Aplicación de la tecnología a la arqueología: La teledetección. En M. Ramos, A. Balazote, & S. Valverde, *Arqueología y antropología social*. Editorial Biblos.
- Botero Páez, S. (1999). Gente antigua, piedras blancas, campos circundados. Vestigios arqueológicos en el altiplano de Santa Elena (Antioquia-Colombia). *Boletín de Antropología* 13, (30). pp. 287-305.
- Botiva, A. (1987). *El alto Sinú, 17 siglos de asentamientos ribereños. Arqueología de rescate. Reconocimiento arqueológico zona Urrá I*. Atlántico: Instituto Colombiano de Antropología .

- Burbano, A., Mazuera, E., Meyer, Z., & García Bravo, E. (2021). Ciudad Antigua: de la Teledetección a la experiencia virtual interactiva de un asentamiento prehispánico en Colombia. *Artnodes* (28), pp. 1-11.
- Buriticá Yaquive, Y. (2018). *Diseño metodológico para el diagnóstico de potencial arqueológico mediante sistemas de información geográfica en Colombia*. [tesis de pregrado, Universidad Distrital Francisco José de Caldas] Bogotá.
- Cámara de Comercio de Medellín para Antioquia. (2019). *Perfil socioeconómico Urabá*. Obtenido de Cámara Medellín. bit.ly/3r4SI4y
- Cánovas, F. (1988). Análisis de imagen basado en objetos (OBIA) y aprendizaje automático para la obtención de mapas de coberturas del suelo a partir de imágenes de muy alta resolución espacial. Aplicación en la unidad de demanda Agraria 28, Cabecera del Argos. *Revista de Teledetección* (28), pp. 89-90.
- Castillo, N. (1988). *Las sociedades indígenas prehispánicas*. Editorial Presencia.
- Catuna, R. (1995). La percepción remota y análisis del espacio geográfico. *Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía*, 5(2), 83–106. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/rcg/article/view/70766>
- Chacaltana, S., & Cogorno, G. (2018). *Arqueología Hidráulica prehispánica del Valle Bajo del Rimac Lima Perú*. Pontificia Universidad Católica del Perú. <http://repositorio.pucp.edu.pe/index/handle/123456789/112510>
- Chevillot, P. (1993). Estudio geológico e hidrológico del golfo de Urabá. En: Boletín Científico C.I.O.H. Armada Nacional, Dirección General Marítima. Cartagena, Colombia. No. 14. pp. 79-89.
- Chuvieco, E. (1990). *Fundamentos de teledetección Espacial*. España: Ediciones RIALP.
- Chuvieco, E., Salas, J., & Meza, E. (2002). Empleo de la Teledetección en el análisis de la deforestación tropical: el caso de la reserva forestal de Ticoporo (Venezuela). *Serie Geográfica* (10), pp. 55-76.
- Civantos, M. (2008). Arqueología y recursos naturales: notas para la arqueología del paisaje. *Medio Ambiente y Arqueología Medieval*, 17-40. <http://hdl.handle.net/10481/41666>
- Clarke, D. (1977). *Spatial Archaeology*. New York: Academic Press.
- Colombia. Presidencia de la república. (2012). *Resolución 0082 de 2012*. Bogotá: República de Colombia.
- Colombia. Presidencia de la república. (2021). *Resolución 1723 del 21 de Diciembre de 2021 por la cual se adopta el Protocolo de Aplicación de Sensores Remotos en Arqueología del Instituto Colombiano de Antropología e Historia*. Bogotá: República de Colombia.
- Comptour, M., Caillon, S., Rodrigues, L., & Mckey, D. (2018). *Wetland raised-field agriculture and its contribution to sustainability: ethnoecology of a present-day African system and*

- questions about pre-Columbian systems in the American tropics. Sustainability* 10 (9), 3120. DOI: <https://doi.org/10.3390/su10093120>
- Congedo, L. (2017). *Media Read the Docs*. bit.ly/3sFbM9Y
- Congram, D., & Vidoli, G. (2016). Arqueología forense: contexto, métodos e interpretación. *Forensic Publisher* (86). pp. 85-104.
- Consejo Territorial de Planeación de Antioquia; Universidad de Antioquia y Gobernación de Antioquia. (2020). *Perfil de desarrollo Subregional Subregión Urabá Antioquia*. Medellín.
- Correal, G. (1983). Evidencia de cazadores especializados en el sitio La Gloria, Golfo de Urabá. *Revista Académica Colombiana de Ciencias Exactas Físicas y Naturales*, 41 (Suplemento). pp. 56-62.
- Correal, G., & Pinto, N. (1983). . Fundación de Investigaciones Arqueológicas Nacionales/ Investigaciones arqueológicas en el municipio de Zipacón, Cundinamarca'. *Boletín Museo Del Oro*, (13), pp. 23–34.
<https://publicaciones.banrepultural.org/index.php/bmo/article/view/7276>
- Cressier, P. (1989). Detección de características arqueológicas enterradas en paisajes arados Detección de características arqueológicas enterradas en paisajes arados. *Coloquio de historia*, LI-XCII.
- Cressier, P. (1991). *Agua, fortificaciones y poblamiento: El aporte de la arqueología a los estudios sobre el sureste peninsular*. Aragón en la Edad Media, (9). pp. 403-428.
- Cressier, P., & et al. (1992). Aportación de la fotografía aérea a la reconstrucción de los paisajes agrarios medievales. Caso de Andalucía oriental. *Jornadas sobre teledetección y geofísica aplicadas a la arqueología*, 97-111.
- Cressier, P. (1997). Aproximación a los asentamientos medievales y su entorno: ejemplos de aplicación de la prospección geofísica y la fotografía aérea en la Península Ibérica y Marruecos. En A. Morales, *La prospección arqueológica: Segundos encuentros de arqueología y patrimonio*, pp. 157-184.
- De Souza, J., Pahl, D., Robinson, M., Damasceno, A., Aragao, L., Marimon, B., . . . Iriarte, J. (2018). Los constructores de tierra precolombinos se asentaron a lo largo de todo el borde sur del Amazonas. *Comunicaciones de la Naturaleza*, 4. pp. 1-10.
- Del Cairo, C., & Palacio, L. (2016). *Prospección arqueológica y formulación del plan de Manejo Arqueológico para el proyecto Portuario Multipropósito Puerto de Urabá en áreas de Necoclí*. Bogotá: Fundación Terra Firme.
- Del Cairo Hurtado, C., Aldana, J., & Quintero, J. (2022). La conmemoración de los lugares del olvido: Hacia una arqueología de la guerra y los campos de batalla en Colombia. *VESTIGIOS- Revista Latino Americana de Arqueología Histórica*, 16 (1), pp. 96-121. DOI: [10.31239/vtg.v16i1.32995](https://doi.org/10.31239/vtg.v16i1.32995)

- Denevan, W. (1970). Aboriginal Drained-Field Cultivation in the Americas. *Science*, 169. pp. 647-654. DOI: 10.1126/science.169.3946.647
- ESA (European Space Agency). (22 de Agosto de 2023). *Sentinel Online*. Obtenido de Sentinel-2 Mission Guide: <https://sentinel.esa.int/web/sentinel/missions/sentinel-2>
- Escobar Piedrahita, S. (2018). *Registro arqueológico y ocupación del territorio. Análisis espaciales en el Parque Arví y sus áreas de influencia, Antioquia, Colombia*. Universidad de Antioquia.
- Escobar, W. (2016). *Programa de arqueología preventiva para la construcción de la variante Mellitos*. Informe de Arqueología Inedito. Biblioteca del Instituto nacional de Antropología e Historia.
- Espinosa, I., & Nieto, L. (1998). *Arqueología en estudios de impacto ambiental*. Medellín: ISA.
- Fernandez de Oviedo, & Valdés, G. ((1526) 1950). *Sumario de la natural historia de las indias*. Fondo de Cultura Económica.
- Flannery, K. (1976). *Evolution of Complex Settlement Systems*. The Early Mesoamerican Village.
- Flórez, G., & Hernández, J. (2015). *Empleo de métodos geofísicos para la prospección arqueológica, Barrio la Florida, Municipio de Sogamoso, Departamento de Boyacá*. Universidad pedagógica y tecnológica de Colombia.
- Galvis, C. (2012). *Cerámica y paisaje en el cerro el Volador, un acercamiento a los análisis espaciales a través de los sistemas de información geográfica (SIG)*. Medellín: Universidad de Antioquia.
- Garces, M., & Velásquez, V. (2017). *De lo dicho acerca de los patrones de asentamiento prehispánicos en los periodos alfareros para el Valle de Aburrá*. [tesis de pregrado, Universidad de Antioquia]. Universidad de Antioquia, Medellín.
- GEO1. (2019). *La Mojana, Mother of Water*. Colorado: GEO1.
- Glick, T. (2007). *Paisajes de Conquista: Cambio cultural y geográfico en la España medieval*. [tesis de pregrado] Universitat de Valencia.
- Gómez Pretel, W., Carvajal, A., & Jeong, M. (2023). Combining Historical, Remote-Sensing, and Photogrammetric Data to Estimate the Wreck Site of the USS Kearsarge. *Heritage*, 6 (3), pp. 2308-2332. DOI: <https://doi.org/10.3390/heritage6030122>
- Gómez, A. (2011). Hacia una arqueología del paisaje en Colombia: reflexiones necesarias. *Boletín de Antropología*. Vol. 25, núm. 42. pp. 231-254.
- González Fernández, V. (2012). Relationships among Households in the Prehispanic community of Mesitas in San Agustín, Colombia. En J. Douglass, & N. Gonlin, *Ancient Households of the Americas*, 1. pp. 448. University Press of Colorado.

- González, A., & Ayán, X. (2018). Capítulo 2: Arquitecturas. En *Arqueología: una introducción al estudio de la materialidad del pasado*. Alianza Editorial.
- Google Earth. (20 de Agosto de 2023). *Google maps*. Obtenido de <https://www.google.com/maps/@6.1566964,-75.6091583,15z?entry=ttu>
- Grupo de Investigación y Gestión del Patrimonio GIGP, Semillero de investigación ETNOS. (2022). *Paleoambientes y estructuras hidráulicas en la cuenca del río León: un estudio sobre estrategias adaptativas y desarrollos territoriales en el Urabá prehispánico*. Universidad de Antioquia, Departamento de Antropología.
- Herrera, L., & Berrio, J. (1998). Vegetación natural y acción de los últimos 1000 años en el sistema prehispánico de canales artificiales del Caño Carate en San Marcos (Sucre, Colombia). *Ciencia Y Tecnología Agropecuaria*, 2 (2), 35–43. https://doi.org/10.21930/rcta.vol2_num2_art:170
- Hodder, I., & Orton, C. (1990). *Análisis espacial en Arqueología*. Barcelona: Editorial Crítica.
- Hoyos, N., Correa Metrio, A., Sisa, A., Ramos Fabiel, M. A., Espinosa, J. M., Restrepo, J. C., & Escobar, J. (2017). The environmental envelope of fires in the Colombian Caribbean. *Applied Geography*, 84, 42-54. doi:<https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2017.05.001>
- ICANH. (2021). *Protocolo de aplicación de sensores remotos en arqueología*.
- Idrisi, Z. (2005). The Muslim Agricultural Revolution and its influence on Europe. *Foundation for Science Technology and Civilisation*, Vol. 12 No.2. pp. 2-19.
- Iniesta, I. (2015). *El agua que no duerme- Una aproximación socio-ecológica a los sistemas de regadío rurales en dos cuencas hidrográficas del sureste semi-árido andaluz*. [tesis de posgrado]. Universidad Autónoma de Madrid.
- Instituto Colombiano de Antropología e Historia. (2021). *Términos de referencia para los Programas de Arqueología Preventiva*. Bogotá: ICANH.
- Junk, W. (1989). *The flood pulse concept in river-floodplain systems*. Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences 106. pp. 110-127.
- Kelly, W. (1983). Concepts in the Anthropological study of irrigation in Polynesia. *American Anthropologist*, 85 (4). pp. 880-886. DOI: 10.1525/aa.1983.85.4.02a00090
- Kent, S. (1990). Activity Areas and Architecture: An Interdisciplinary View of the Relationship Between Use of Space and Domestic Built Environments. *Domestic Architecture and the use of the Space*, 127-152.
- Kichner, H., & Navarro, C. (1993). Objetivos, métodos y práctica de la arqueología Hidráulica. *Arqueología y Territorio Medieval*, 1. pp. 159-182. DOI: 10.17561/aytm.v1i0.1600
- Kirchner, H. (2009). Original Design, tribal management and modifications in medieval hydraulic systems in the Balearic Islands Spain. *World Archaeology*, vol. 41, No. 1. pp. 151-168. <http://www.jstor.org/stable/40388247>

- Kirchner, H. (2010). *Por una arqueología Agraria, perspectivas de investigación sobre espacios de cultivo en las sociedades medievales hispánicas*. Archaeopress, 2062.
- Kroonenberg, SB (1983). Aporte de la teledetección a la geomorfología. Memoria del primer simposio colombiano sobre sensores remotos, Bogotá 1981 . In *Memoria del primer simposio colombiano sobre sensores remotos, Bogotá, 27-31 de julio - 1981* (págs. 337-45) <https://edepot.wur.nl/317686>
- Kvamme, K. (2006). There and Back Again: Revisiting Archaeological Locational Modeling. En M. Mehrer, & K. Wescott, *GIS and Archaeological Site Location Modeling* 1. Taylor & Francis e-Library. pp. 2-35.
- Lane, K. (2010). Evaluación arqueológica preliminar para la búsqueda de personas desaparecidas en la Escombrera, Medellín, Colombia. *EQUITAS*, 45-54.
- López Gómez, C., & Pimienta Buriticá, H. (2007). *Urabá en el marco de la arqueología colombiana: clasificación y análisis cerámica del complejo cultural Urabá-Tierralta*. [tesis de pregrado, Universidad de Antioquia]. Biblioteca digital de la Universidad de Antioquia, Medellín.
- Malpica, A. (1995). El agua en el al-Andalus. Un debate historiográfico y una propuesta de análisis. V *Semana de Estudios Medievales*, 65-85.
- Martín, J., & Quiroz, R. (2015). Arqueología en la capital de la Gran Colombia: Villa del Rosario, un ejemplo de reinvención de un glorioso pasado. *Memorias*, 27. pp. 145-173.
- McGillivray, M., & Duffy, C. (2017). *New Light on the Sir Gawain and the Green Knight Manuscript: Multispectral Imaging and the Cotton Nero A.x. Illustrations*. Medieval Academy of América. *Espeulum* Vol 92, num, S1. DOI: <https://doi.org/10.1086/693361>
- Medina Avellaneda, J. (2021). *Dinámica en las coberturas y uso de la tierra en el área de expansión urbana del borde sur de la ciudad de Bogotá, DC. Localidad de Usme- UPZ 61*. [tesis de especialización, Universidad Militar Nueva Granada] Facultad de Ingeniería repositorio institucional.
- Microsoft Bing. (20 de Agosto de 2023). *Bing Maps*. Obtenido de <https://www.bing.com/maps?cp=6.251824%7E-75.563278&lvl=11.0>
- Mier, M. F. (1996). Análisis arqueológico de la configuración del espacio agrario medieval asturiano. *Mélanges de la Casa de Velásquez*, 32. pp. 287-318.
- Mier, M. F. (1999). Génesis del territorio en la Edad Media. Arqueología del paisaje y evolución histórica en dos concejos de la montaña asturiana. *Universidad de Oviedo*, 35-52. <http://hdl.handle.net/10651/15740>
- Mitchell. (23 de Agosto de 2023). *Archive Org*. Obtenido de Sputnik-1: bit.ly/3RbmajZ
- Moisset, C. (30 de Agosto de 2023). *Palomas Fotografías*. Obtenido de <https://informachica.wordpress.com/2013/10/17/palomas-fotografias/>

- Molina, O. (2009). Aplicación de los SIG para el desarrollo de odelos predictivos en la prospección y búsqueda de contextos arqueológicos. *Boletín Antropológico*, vol. 27, núm. 76. pp. 219-236.
- Montufo, A. (1991-1992). Aplicaciones de la teledetección en arqueología. Una revisión crítica. *Departamento de prehistoria y arqueología*, Vol. 16 (1991): Vol 17 (1992). pp. 425-451.
- Mora, L. M. (1986). *Reconocimiento arqueológico en el medio y bajo Sinú y la región costera entre Arboletes y San Bernardo del Viento*. ICANH.
- Mora, S. (2005). De la invención, reinención y descubrimiento del paisaje amazónico y sus habitantes. *Arqueología Suramericana*, Vol, 1. Num, 1. pp. 76-95.
- Moreno, L. (1990). *Pautas de Asentamiento agustinianas en el noroccidente de Salado blanco (Huila)*. Biblioteca Virtual Banco de la República.
<https://babel.banrepcultural.org/digital/collection/p17054coll5/id/17>
- Murillo, J. R. (2022). *Análisis paleoambiental de una perforación en canales precolombinos de la cuenca del río León (Golfo de Uraba, noroccidente de Colombia)*. [tesis de pregrado, Universidad de Antioquia] Biblioteca Digital de la Universidad de Antioquia, Medellín.
- NASA. (11 de Agosto de 2023). *Landsat Science*. Obtenido de Landsat 8:
<https://landsat.gsfc.nasa.gov/satellites/landsat-8/>
- Navajas, B. V. (2013). El agua en la Córdoba andalusí. Los sistemas hidráulicos de un sector del Yanib al-Garbi durante el Califato Omeya. *Arqueología y Territorio Medieval*, 20. pp. 31-66. DOI: <https://doi.org/10.17561/aytm.v20i0.1445>
- Navajas, B. V. (2016). *Arqueología hidráulica en los Arrabales occidentales de la Cordoba Omeya*. Córdoba. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Córdoba.
<http://hdl.handle.net/10396/13732>
- Navarro, C. (1996). El tamaño de los sistemas hidráulicos de origen Andalusí: La documentación escrita y la arqueología hidráulica. *Coloquio Historia y Medio Físico. Agricultura y regadio en al-Andalus*, 189.
- Navarro, A. (2007). Sobre el concepto del espacio. *Revista do Museo de Arqueologia e Etnologia*, 17. pp. 3-21. DOI: 10.11606/issn.2448-1750.revmae.2007.89754
- Olaya, V. (2014). *Sistemas de Información Geográfica*.
https://www.icog.es/TyT/files/Libro_SIG.pdf
- Olivella Cicero, J. D. (2020). *Expansion of Oil Palm Plantations and Forest Cover Changes in the Department of Cesar Between 2001 and 2020 from Satellite Images*. [tesis de posgrado, Universidad de los Andes], Department of Geosciences, repositorio institucional.
- Olivella, J. (2020). *Expansión de plantaciones de palma Aceitera y cambios en la cobertura forestal en el departamento del Cesar entre 2001 y 2020 a partir de imágenes satelitales*.

- [tesis de pregrado, Universidad de los Andes] Biblioteca digital de la Universidad de los Andes.
- Oltean, L., & Abell, L. (2012). Imágenes Satelitales de alta resolución y detección de objetos arqueológicos enterrados, características de los paisajes arados. En L. Rosa, & N. Masini, *Archaeology Remote Sensing* (págs. 291-304). Springer.
- Ordoñez, A. (2014). Los sistemas de irrigación de origen andalusí en el pago de Alpujata-Monda (Málaga) Una reconstrucción desde el libro de repartimiento y Apeo, y la metodología de la arqueología hidráulica. *Miscelánea Medieval Murciana*, (38). pp. 181-212.
- Orejas, A. (1995,1996). Territorio, análisis territorial y arqueología del paisaje. *Studia histórica, Historia Antigua*, (13-14). pp. 61-68.
- Paegelow, M., & Camacho, M. (2014). *Modelos de simulación espacio-temporal y teledetección: el método de la segmentación para la cartografía cronológica de usos de suelo*. Serie Geográfica.
- Palacios Jurado, H., & Martín Bueno, M. (2004). La Teledetección en Arqueología: El instrumento SAR. *SALDVIE*, (4). pp. 331-361. DOI: https://doi.org/10.26754/ojs_salduie/sald.200446492
- Palacios, H., Martín Bueno, M., & Uribe, P. (2017). Capítulo 6: Tecnología y arqueología. En M. Martín Bueno, & J. Saens, *Topografía aplicada a la arqueología* (págs. 126-164). Prensa de la Universidad de Zaragoza.
- Palerm, J. (2004). Las galerías filtrantes o Qanats en México: introducción y tipología de técnicas. *Agricultura, sociedad y desarrollo*, vol, 1, num 2. pp. 133-145.
- Papetti, L. (2007). *Teledetección, fotointerpretación y arqueología*. Escuela de Arqueología, Editorial Unca.
- Papetti, L., & Espiro, E. (2006). Interpretación de fotografías aéreas y arqueología socialmente útil. *Revista de Ciencia y Técnica*, 12. pp. 1-16.
- Parcak, S. (2009). *Satellite Remote Sensing for Archaeology*. Routledge.
- Parcak, S. (2021). *Archaeology from Space: How the Future Shapes Our Past*. Henry Holt and Co.
- Parcero, C., & Fabrega, P. (2006). Diseño metodológico para el análisis locacional de asentamientos a través de un SIG de base raster. [Tesis de Pregado, Universidad de Alicante], Repositorio institucional, pp. 69-91.
- Parsons, J. (1966). Los campos de cultivo pre-hispánicos del Bajo San Jorge. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas y Naturales*, Vol. 12, No. 48. pp. 449-458.
- Parsons, J., Brumfiel, E., & Parsons, M. (1982). *Prehispanic Settlement Patterns in the Southern Valley of Mexico: The Chalco- ochimilco Region*. University of Michigan.

- Pastor, S., Murrieta, P., & García, L. (2013). *Los SIG en la arqueología de habla hispana: temas, técnicas y perspectivas*. *Comechingonia*, 17, (2). pp. 9-29.
<https://doi.org/10.37603/2250.7728.v17.n2.18188>
- Patiño, D. (1998). Sistemas de información geográfica y su aplicación en la arqueología. *Revista Colombiana de Anropología*, 34. pp. 194-205. DOI:
<https://doi.org/10.22380/2539472X.1334>
- Patiño Castaño, D. (2014). Investigaciones arqueológicas en la región de Tumaco 1995, Colombia. *Boletín De Arqueología De La Fian*, 8(3), 3–39. Recuperado a partir de <https://publicaciones.banrepcultural.org/index.php/fian/article/view/5485>
- Pérez Gracia, Canas, J., Pujades, L., Clapés, J., Caselles, O., Garcia, F., & Osorio, R. (2004). GPR Survey to confirm the location of ancient structures under the Valencian Cathedral (Spain). *Journal Applied Geophysics*, Vol 43, no 2. pp. 167-174. DOI: 10.1016/S0926-9851(99)00056-7
- Pérez, C., & Muñoz, Á. (2006). *Teledetección: Nociones y aplicaciones*. Universidad de Salamanca.
- Pérez, P., & Amores, F. (1998). *Georreferenciación de Planimetría e imágenes digitales en arqueología. Aplicación en la necrópolis de "La Cruz del Negro"(Carmona, Sevilla)*. SPAL.
- Perilla Suárez, G. (2019). *Towards a monitoring of drylands: Cloud geoprocessing for assessing sustainable development goal indicators in Colombia*. [Tesis de Posgrado, Universidad Pontificia Bolivariana], Repositorio digital de la Facultad de Estudios Ambientales y Rurales.
- Peterson, E., & Drennan, R. (2005). Communities, settlements and surveys: Regional scale analysis of prehistoric human interaction. *American Antiquity*.
Physincs and Astronomy. (30 de Agosto de 2023). Obtenido de <https://www.physicsandastronomy.pitt.edu/samuel-pierpont-langley>
- Plazas, C., & Falchetti, A. (1982). El Legendario Zenú. *Boletín Museo del Oro*, (12). pp. 20-33.
<https://publicaciones.banrepcultural.org/index.php/bmo/article/view/7310>
- Plazas, C., Falchetti, A., Sáenz Samper, J., & Archila, S. (1993). Estudio arqueológico de 2000 años de historia en las llanuras del Caribe colombiano. *Banco de la República*. pp. 35-51.
- Plazas, C., Falchetti, A., Van der Hammen, T., & Botero, P. (1988). Cambios ambientales y desarrollo cultural en el bajo río San Jorge. *Boletín Museo del Oro*, (20). pp. 55-88.
<https://publicaciones.banrepcultural.org/index.php/bmo/article/view/7167>
- Polanco López de Mesa, J. A. (2012). Teledetección de la vegetación del páramo de Belmira con imágenes LANDSAT. *Dyna*, 79 (171), pp. 222-231.

- POMCA. (2019). *Ajuste de plan de ordenación y manejo de la cuenca del río Leon SZH 1201 localizada en el departamento de Antioquia en jurisdicción de la corporación para el desarrollo sostenible del Urabá (Corpouraba)*. Gobernación de Antioquia.
- POMCA. (2019). *Fase de aprestamiento, generalidades sobre la cuenca río Sucio Alto*. Conestudios.
- Posada, W., & Duque, C. (2018). Modelamiento espacial para la gestión del patrimonio arqueológico. Un estudio de caso en el departamento de Caldas, Colombia. *NOVUM, Revista de Ciencias Sociales Aplicadas*, vol 2, no, 8. pp. 24-42.
- Posada, W., Cadena, B., Arroyave, E., & González, C. (2019). El sistema de canales y camellones prehispánico del golfo de Urabá, noroccidente de Colombia. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, vol 43, num 169. pp. 628-637. <https://doi.org/10.18257/raccefyn.856>
- Prieto, M. (2011). Los patrones de Asentamiento: uuna herramienta metodológica para la reconstrucción del pasado. *Boletín Antropológico*, vol 29, no 82. pp. 116-131.
- Prüssmann Uribe, J., & Correa Arango, I. D. (2012). Base de datos espacial geomorfológica de la franja litoral de los departamentos de Antioquia y Chocó. *Geología Colombiana*, 37, 47-48.
- Rapoport, A. (1990). Systems of activities and systems of settings. En S. Kent, *Domestic architecture and the use of space*. Cambridge University Press.
- Renard, D., Iriarte, J., Birk, J., Rostain, S., Glaser, B., & Mckey, D. (2012). Ecological Engineers ahead of their time: The functioning of pre-Columbian raised-field agriculture and its potencial contributions to sustainability today. *Elsevier*, vol 45. pp. 30-44. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2011.03.007>
- Rey, J. (2003). *Aportes al estudio macro-regional de las sociedades prehispánicas de los llanos occidentales venezolanos*. [Tesis de pregrado, Universidad de los Andes]. repositorio digital de la Universidad de los Andes, Colombia.
- Riart, O. P. (1987). Teledetección aplicada a la Arqueología. *Industria Minera*, n, 266. pp. 19-27. <https://oa.upm.es/10523/>
- Rodríguez Gallo, D. L. (2010). *Construcción del paisaje agrícola al sur de la Sabana de Bogotá: un desafío al agua*. [Tesis de posgrado, Departamento de Geología de UTAD]. Repositorio Digital, Colombia.
- Rodríguez Gallo, L. (2019). La construcción del paisaje agrícola prehispánico en los Andes colombianos: el caso de la Sabana de Bogotá. *SPAL*, vol 28, no, 1. pp. 193-215. DOI: <https://doi.org/10.12795/spal.2019.i28.09>
- Rodriguez Gallo, L. (2019). The use of air photointerpretation in archaeological landscape research: the case-study of a Colombian Andean plateau. *Arqueología*, 25, (1). pp. 169-186.

- Rodríguez Osorio, D., Giraldo, S., Mazuera, E., Burbano, A., & Figueredo, E. (2023). Beyond Visualization: Remote Sensing Applications in Prehispanic Settlements to Understand Ancient Anthropogenic Land Use and Occupation in the Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia. *Latin American Antiquity*, 1-21. DOI: doi:10.1017/laq.2022.91
- Rodríguez, C., Zuñiga, O., & Cuero, R. (2008). La utilización de métodos geofísicos en la prospección de un Poblado Prehispánico Quimbaya Tardío I en Ginebra (Valle del Cauca, Colombia). *Boletín de Antropología*, 39. pp. 295-313. DOI: <https://doi.org/10.17533/udea.boan.6709>
- 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., & Montejo, F. (2015). Análisis espacial del sitio arqueológico San Pedro, ubicado en el bajo río San Jorge, Caribe colombiano. *Revista colombiana de antropología*, 51, (2). pp. 339-363. <https://revistas.icanh.gov.co/index.php/rca/article/view/225>
- Rostain, S. (2017). *Las Siete Maravillas de la Amazonia Precolombina*. Plural Editores.
- Ruiz Bohorquez, C. (2017). *Arqueología subacuática en el Golfo de Urabá, sector Bahía Colombia*. [Tesis de pregrado, Universidad de Antioquia], Repositorio digital de la Universidad de Antioquia, Colombia.
- Ruiz, A., Molinos, M., & Risquez, C. (1998). *Paisaje y territorio mundo: dos dimensiones de una misma teoría arqueológica*. Arqueología Espacial.
- Sacristán Romero, F. (2006). La Teledetección satelital y los sistemas de protección ambiental. *Revista Científica de la Sociedad Española de Acuicultura*, no, 24. pp. 13-41. http://www.revistaaquatic.com/aquatic/pdf/24_02.pdf
- Sandoval-Carabali, R. (2022). La arqueología colombiana: una disciplina autoconsciente que entiende la dinámicas del presente. *Revista Revoluciones*, 4, (9). pp. 44-51. DOI: <https://doi.org/10.35622/j.rr.2022.09.005>
- Santos, G. (1982). Segunda Campaña de Investigaciones arqueológicas y prehistóricas en la región del Golfo de Urabá. *Cuadernos de Antropología*, 2. pp. 77-78.
- Santos, G. (1986). Asentamientos prehispánicos en la región del Golfo de Urabá y su desarrollo hasta la época de la conquista. *Maguaré*, 3. pp. 57-62. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/maguare/article/view/57-62>
- Santos, G. (1989). Las étnias indígenas prehispánicas y la conquista en la región del Golfo de Urabá. *Boletín de Antropología*, 6, (22). pp. 1-164. <https://doi.org/10.17533/udea.boan.341414>
- Sarcina, A. (2017). Santa María la Antigua del Darién, la primera ciudad española en Tierra Firme: una prospección arqueológica sistemática. *Revista Colombiana de Antropología*, vol 53, no 1. pp. 269-300.

- Sieczkowska, D. (2021). *Las Phaqqhas de Chachabamba (Parque arqueológico Nacional de Machupicchu, Perú)*. Arqueología Iberoamericana.
- Sigwald, L. (1929). Darién in the past. The archaeology of Eastern Panamá and north western Colombia. *Göteborg*.
- Tabares, D. (2021). *Poder, Estatus y desigualdad en dos Unidades Domesticas del Periodo Colonial en Santa María de la Antigua del Darién, Chocó, Antioquia*. [Tesis de pregrado Universidad del Externado]. Repositorio Digital de la Universidad del Externado, Colombia.
- Tavera, L., Páez, A., Rocha, L., Dallos, L., Gonzáles, J., & Upegui, E. (2019). SFM Photogrammetry as a tool for the conservation of the cultural heritage of Bogotá (Colombia), Within the framework of the adopt a monument program. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XLII-2/W17. pp. 636-370. DOI: <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-2-W17-363-2019>
- Tecuapetla, I., Villamil, G., & Cruz, I. (2021). Identificación semiautomatizada utilizando series de tiempo de imágenes Landsat-7 en La Primavera, México durante el periodo 2003-2016. *Investigaciones Geográficas*, 106. pp. 1-15. <https://doi.org/10.14350/rig.60418>
- Trigger, B. (1967). Settlement Archaeology-Its Goals and Promise. *American Antiquity*.
- Universidad de Murcia. (2003). *Teledetección*. Editorial de la Universidad de Murcia.
- Uribe, M. A. (1988). Introducción a la orfebrería de San Pedro de Urabá, una región del noroccidente colombiano. *Boletín Museo Del Oro*, (20), 35-53. <https://publicaciones.banrepcultural.org/index.php/bmo/article/view/7166>
- USGS. (20 de Agosto de 2023). *USGS Oficial*. Obtenido de Landsat Collection 2: <https://www.usgs.gov/landsat-missions/landsat-collection-2>
- Valdez, F. (2006). *Agricultura ancestral Camellones y Albarradas*. Quito: Abya Yala.
- Vargas Tobón, Y. (2020). *Revisión de las metodologías para la clasificación de las coberturas de la tierra*. [Tesis de pregrado Universidad de Antioquia], Repositorio Digital de la Facultad de Ingeniería, Colombia.
- Vega Ramirez, H. (2021). *Arqueología de los Molinos Hidráulicos de Piedra. Estudio exploratorio de dos casos en Sutatausa, Cundinamarca*. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Humanas, Departamento de Antropología.
- Velasquez, D. (1992). *Entrevistas conversatorios y reportes de las visitas de campo realizadas*. El hombre del Darién.
- Vélez, C., & Aguirre, N. (2016). Influencia del Río Atrato en el golfo de Urabá durante el Holoceno Tardío, Mar Caribe colombiano. *Instituto de investigaciones Marinas y Costeras*, vol 45, no 1. pp. 73-97.
- Vélez, L. (s.f.). *Urabá prohibido para América: Abya Yala. Proa al golfo... rumbo Pisisí!*

- Villafañez, E. (2011). Entre la geografía y la arqueología: el espacio como objeto y representación. *Revista de Geografía Norte Grande*, no 50. pp. 135-150.
- Wheatley, D., & Gillings, M. (2002). *Spatial Technology and Archaeology: The Archaeological Applications of GIS*. Taylor & Francis.
- Willey, G. (1953). *Prehistoric Settlement Patterns in the Viru Valley, Peru. Prehistoric Settlement Patterns in the New World*. Viking Fund Publications in Anthropology.
- Wolf, P. (2014). *Elements of Photogrammetry with Applications in GIS*. McGraw Hill.
- Yaquivé, Y. B. (2018). *Diseño metodológico para el diagnóstico de potencial arqueológico mediante sistemas de información geográfica en Colombia*. [Tesis de pregrado Universidad distrital Francisco José de Caldas], Repositorio institucional Francisco José de Caldas, Colombia.
- Yves François, T., Loic, M., & Garcia Valencia, C. (2005). Análisis del uso del suelo por acuicultura en el delta del Canal del Dique entre 1986 y 2003 (Caribe colombiano). *Boletín Científico CIOH*(23), 103-114. <http://hdl.handle.net/1834/15314>
- Zapata O, O. (2004). *Fundamentos de fotogrametría para imágenes de contacto y digitales*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Colombia], Repositorio Digital de la Universidad Nacional, Colombia.

Anexos

Anexo 1. Polígono 05C



Anexo 2. Polígono 16C



Anexo 3. Polígono 26C



Anexo 4. Polígono 28C



Anexo 5. Polígono 29C



Anexo 6. 101C



Anexo 7. 102C



Anexo 8. Polígono 202C



Anexo 9. Polígono 902C



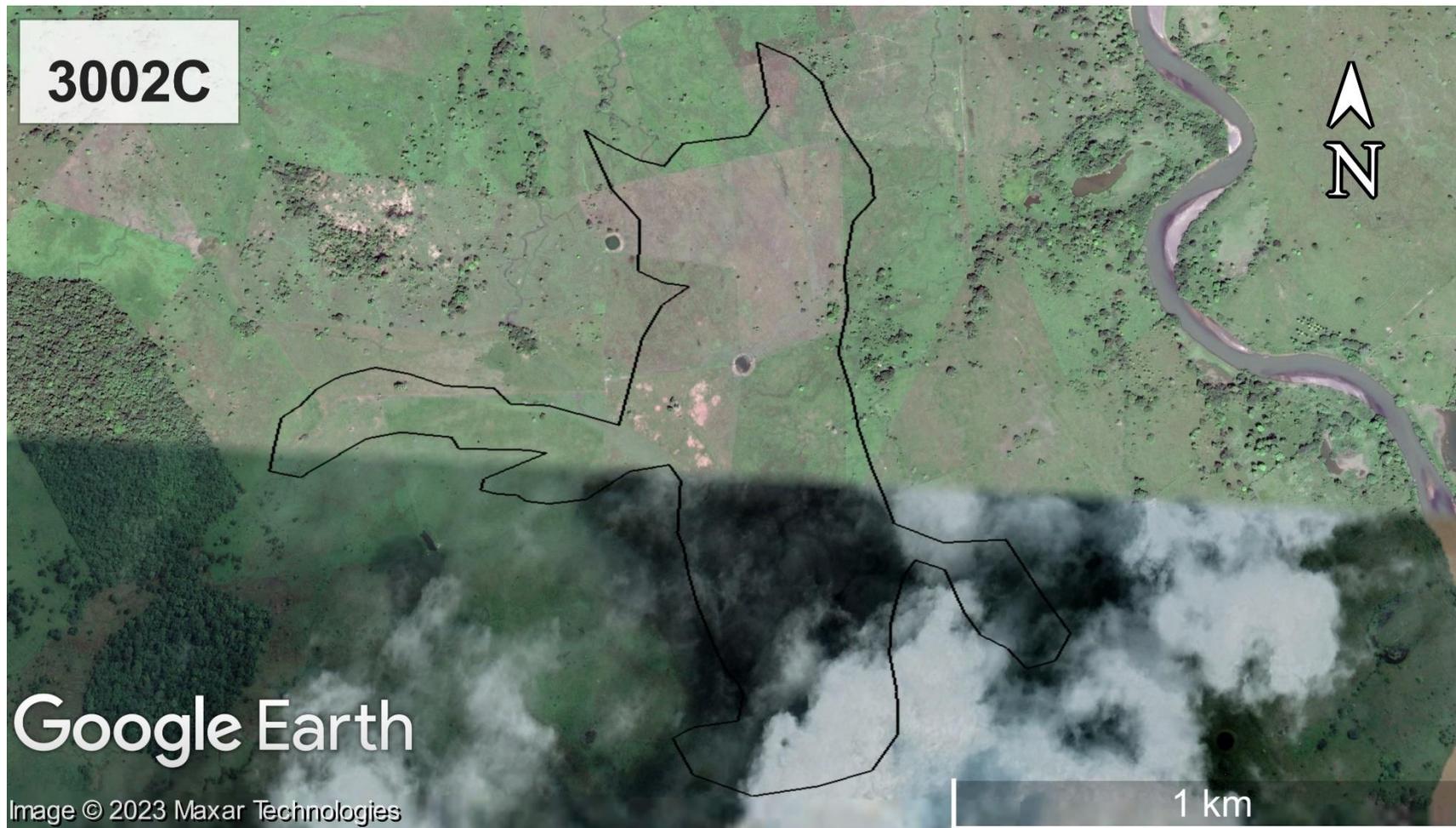
Anexo 10. Polígono 1801C



Anexo 11. Polígono 2601C



Anexo 12. Polígono 3002C



Anexo 13. Polígono 3701C



Anexo 14. Polígono 3702C



Anexo 15. Polígono 3801C



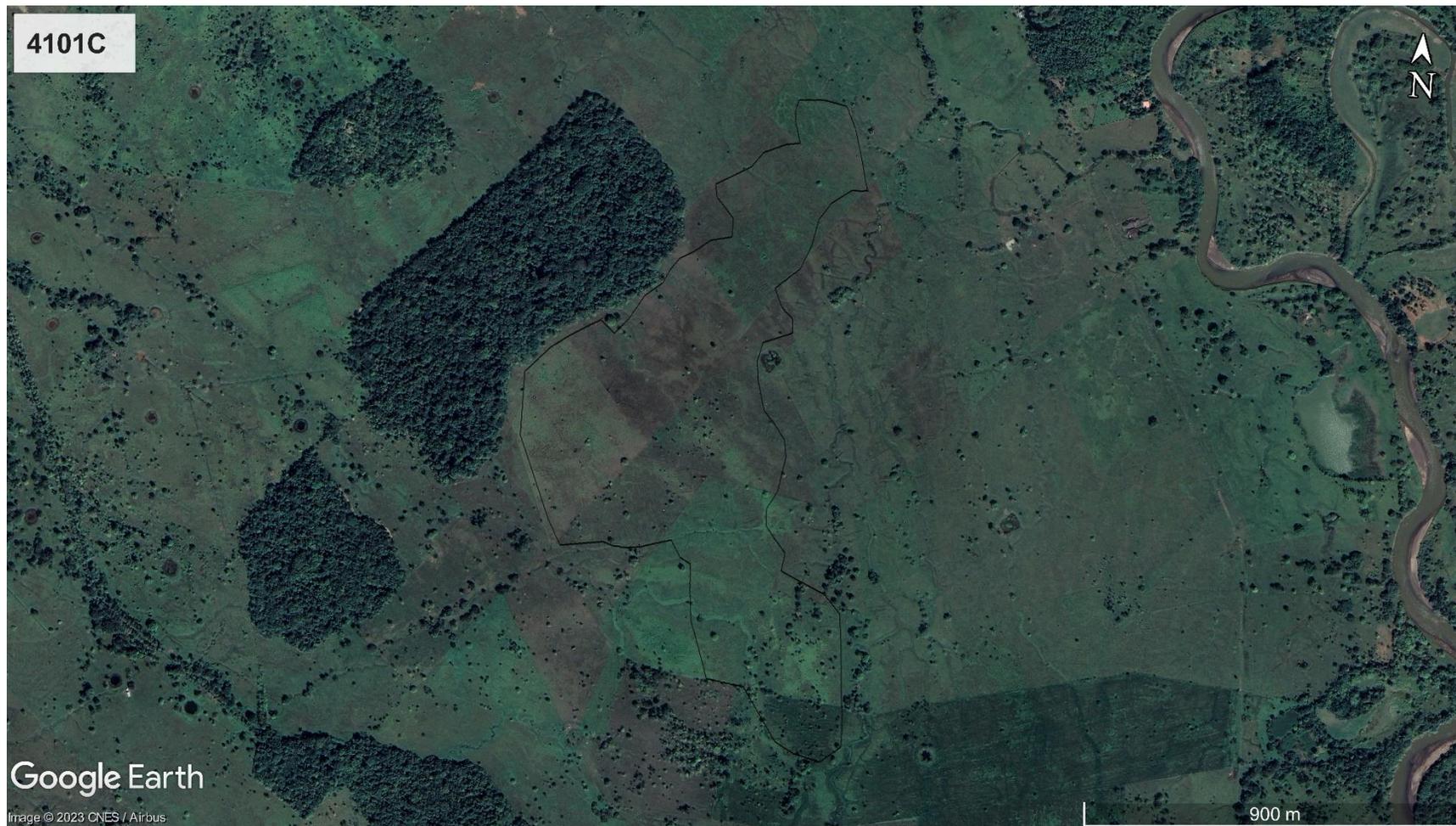
Anexo 16. Polígono 3901C



Anexo 17. Polígono 4001C



Anexo 18. Polígono 4101C



Anexo 19. Polígono 4601C



Anexo 20. Polígono 4602C



Anexo 21. Polígono 4603C



Anexo 22. Polígono 4701C



Anexo 23. Polígono 4702C



Anexo 24. Polígono 5801C



Anexo 25. Polígono 6901C



Anexo 26. Polígono 7201C



Anexo 27. Polígono 7202C



Anexo 28. Polígono 7203



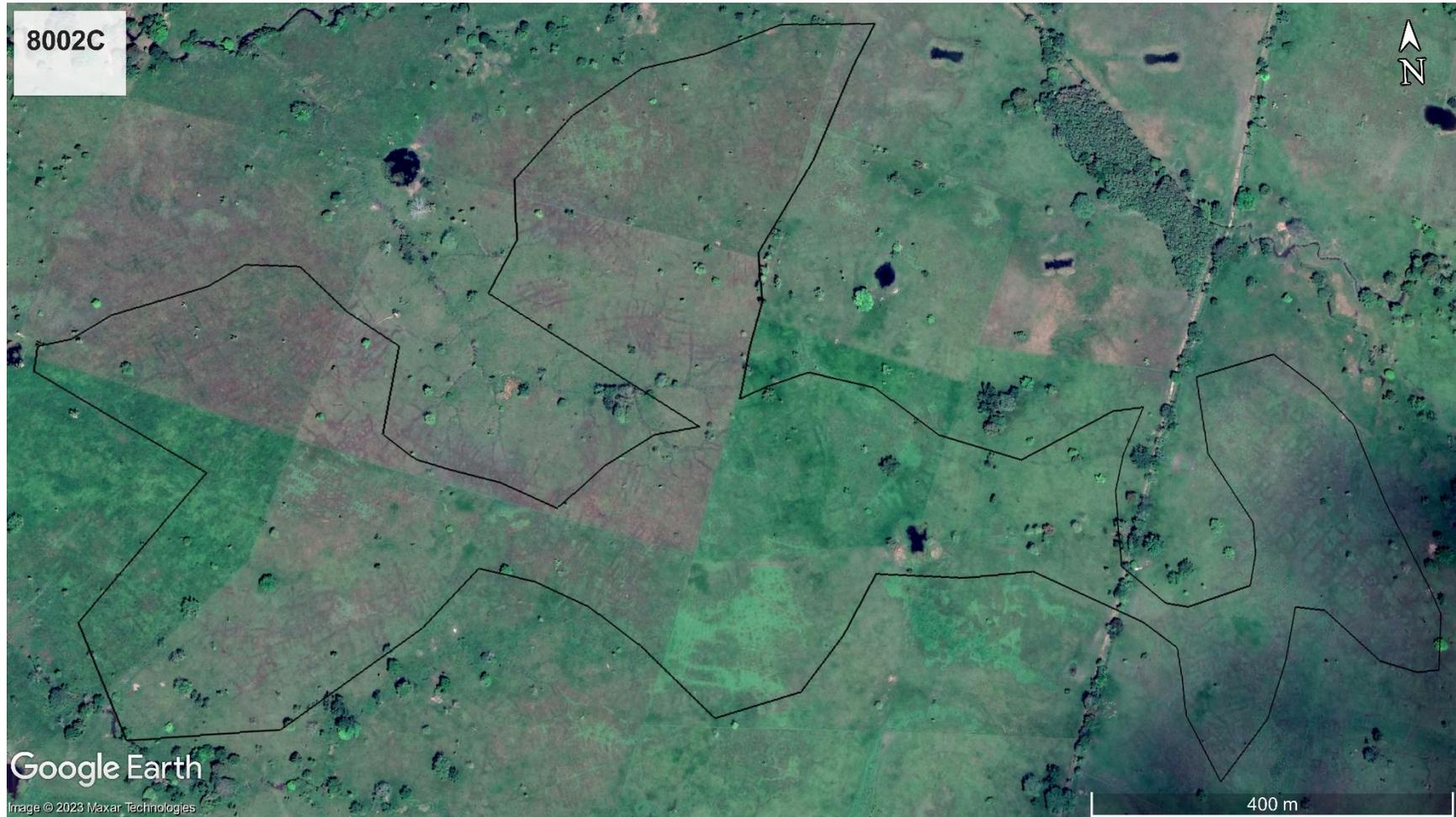
Anexo 29. Polígono 7401C



Anexo 30. Polígono 8001C



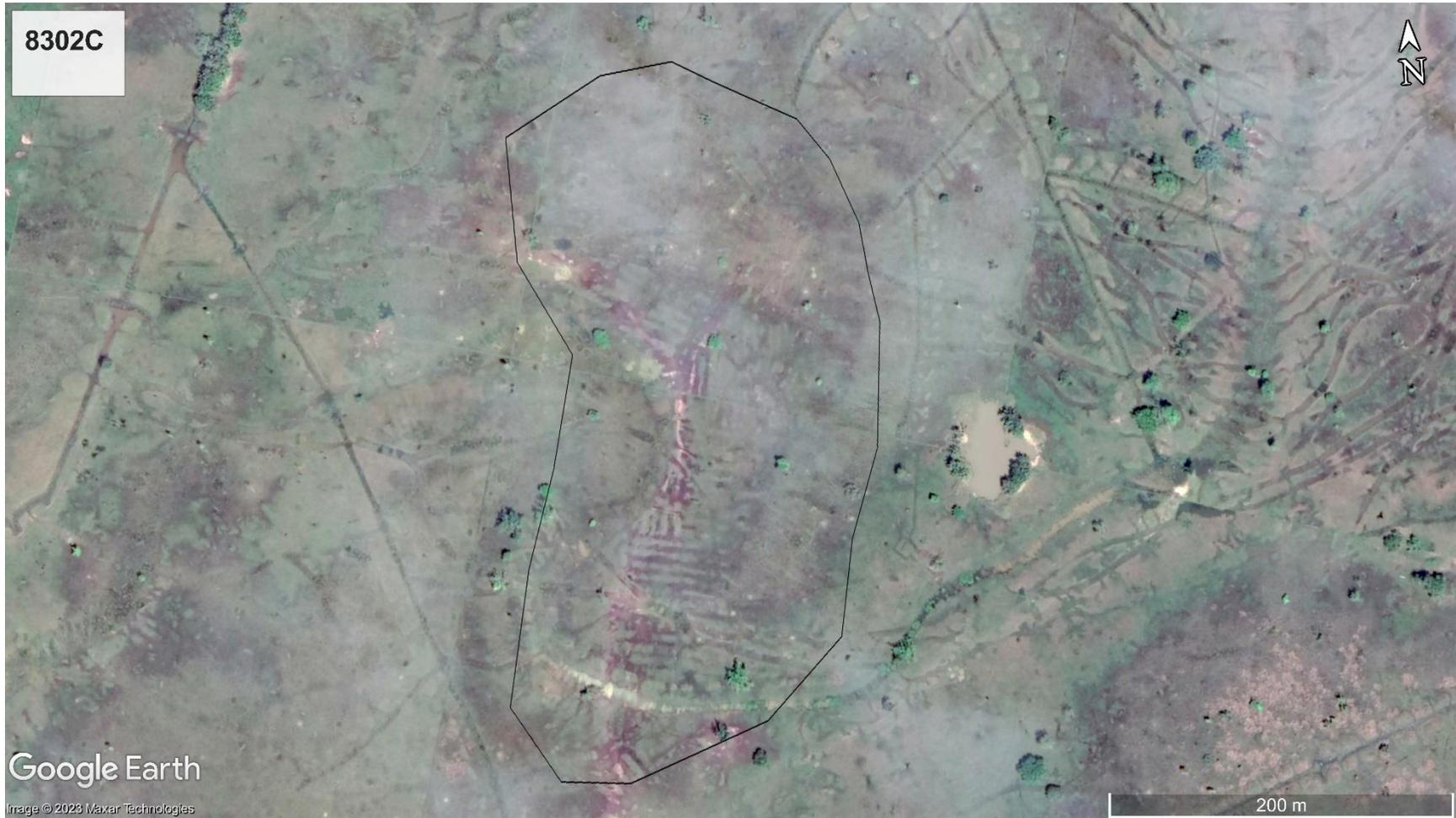
Anexo 31. Polígono 8002C



Anexo 32. Polígono 8301C



Anexo 33. Polígono 8302C



Anexo 34. Polígono 8303C



Anexo 35. Polígono 8401C



Anexo 36. Polígono 8402C



Anexo 37. Polígono 8403C



Anexo 38. Polígono 8501C



Anexo 39. Polígono 9601C



Anexo 40. Polígono 9602C



Anexo 41. Polígono 9603C



Anexo 42. Polígono 9604 C



Anexo 43. Polígono 9605C



Anexo 44. Polígono 9701C



Anexo 45. Polígono 9702C



Anexo 46. Polígono 9703C



Anexo 47. Polígono 9704C



Anexo 48. Polígono 10601C



Anexo 49. Polígono 10701C



Anexo 50. Polígono 10702C



Anexo 51. Polígono 10703C



Anexo 52. Polígono 10704C



Anexo 53. Polígono 10801C



Anexo 54. Polígono 12002C



Anexo 55. Polígono 12003C



Anexo 56. Polígono 12201C



Anexo 57. Polígono 12202C



Anexo 58. Polígono 12301C



Anexo 59. Polígono 13301C



Anexo 60. Polígono 13302C



Anexo 61. Polígono 13401C



Anexo 62. Polígono 13402C



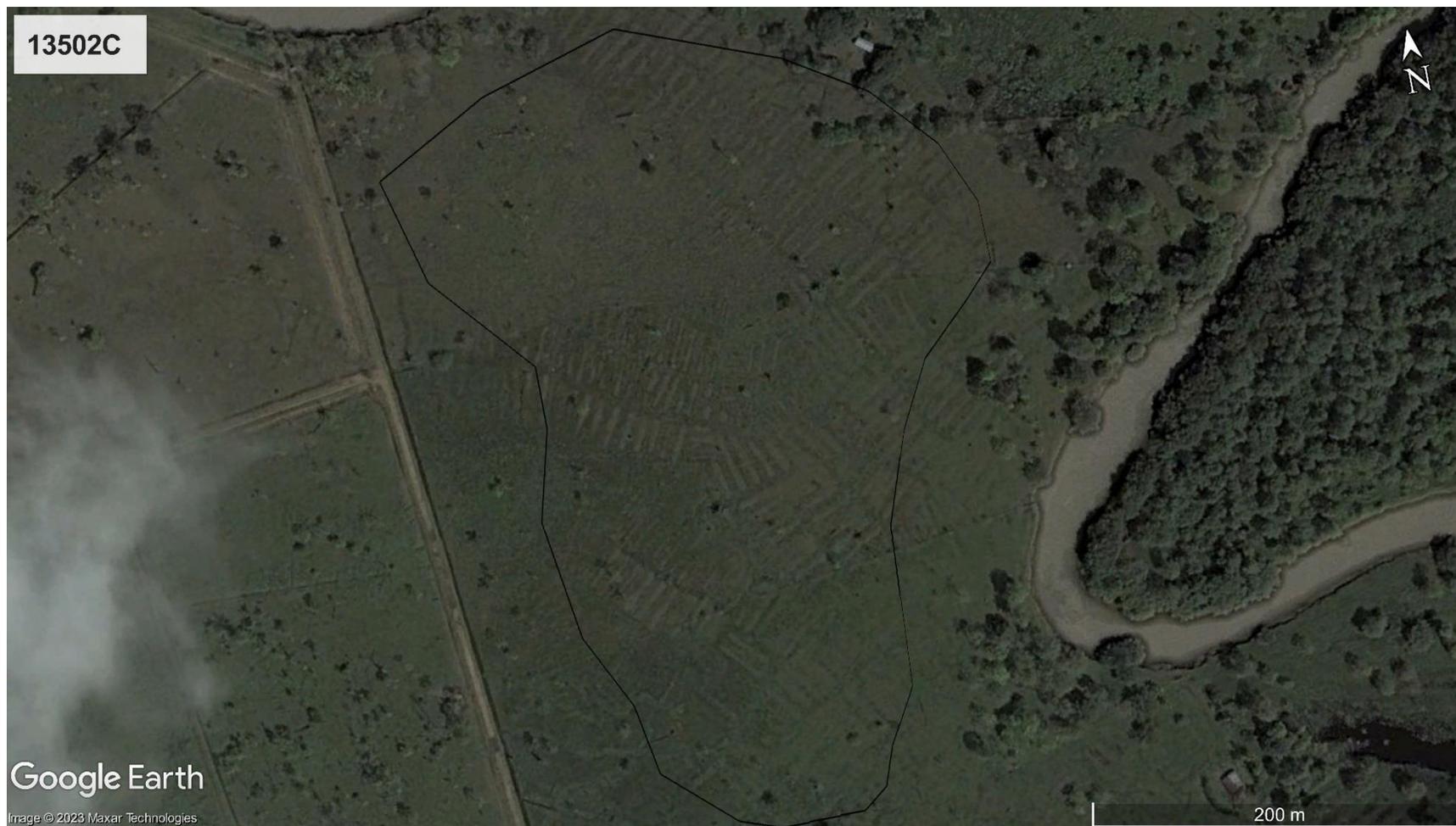
Anexo 63. Polígono 13403C



Anexo 64. Polígono 13501C



Anexo 65. Polígono 13502C



Anexo 66. Polígono 13503C



Anexo 67. Polígono 13504C



Anexo 68. Polígono 13601C



Anexo 69. Polígono 14701C



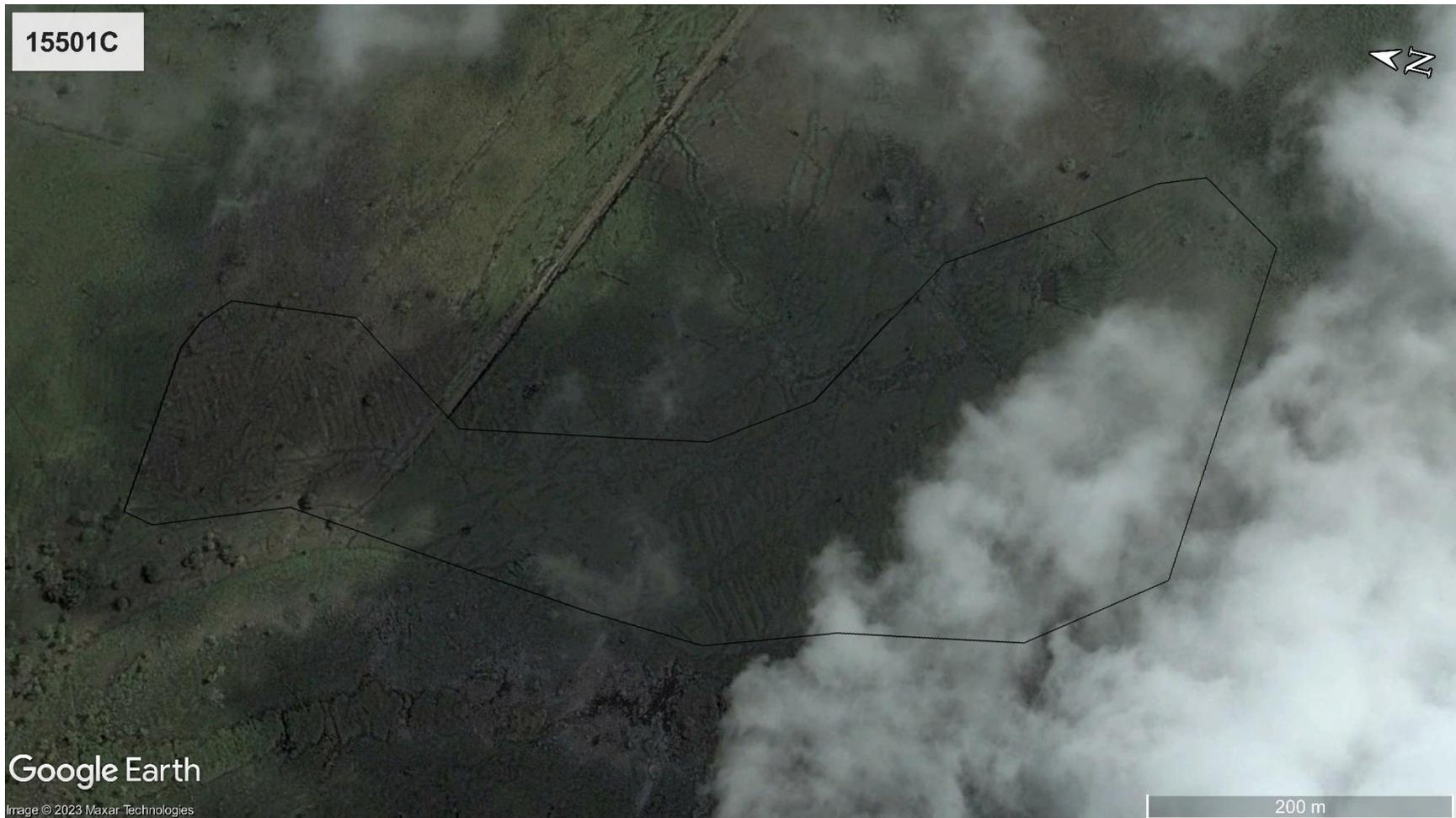
Anexo 70. Polígono 14702C



Anexo 71. Polígono 14801C



Anexo 72. Polígono 15501C



Anexo 73. Polígono 15601C



Anexo 74. Polígono 16501C



Anexo 75. Polígono 38501C



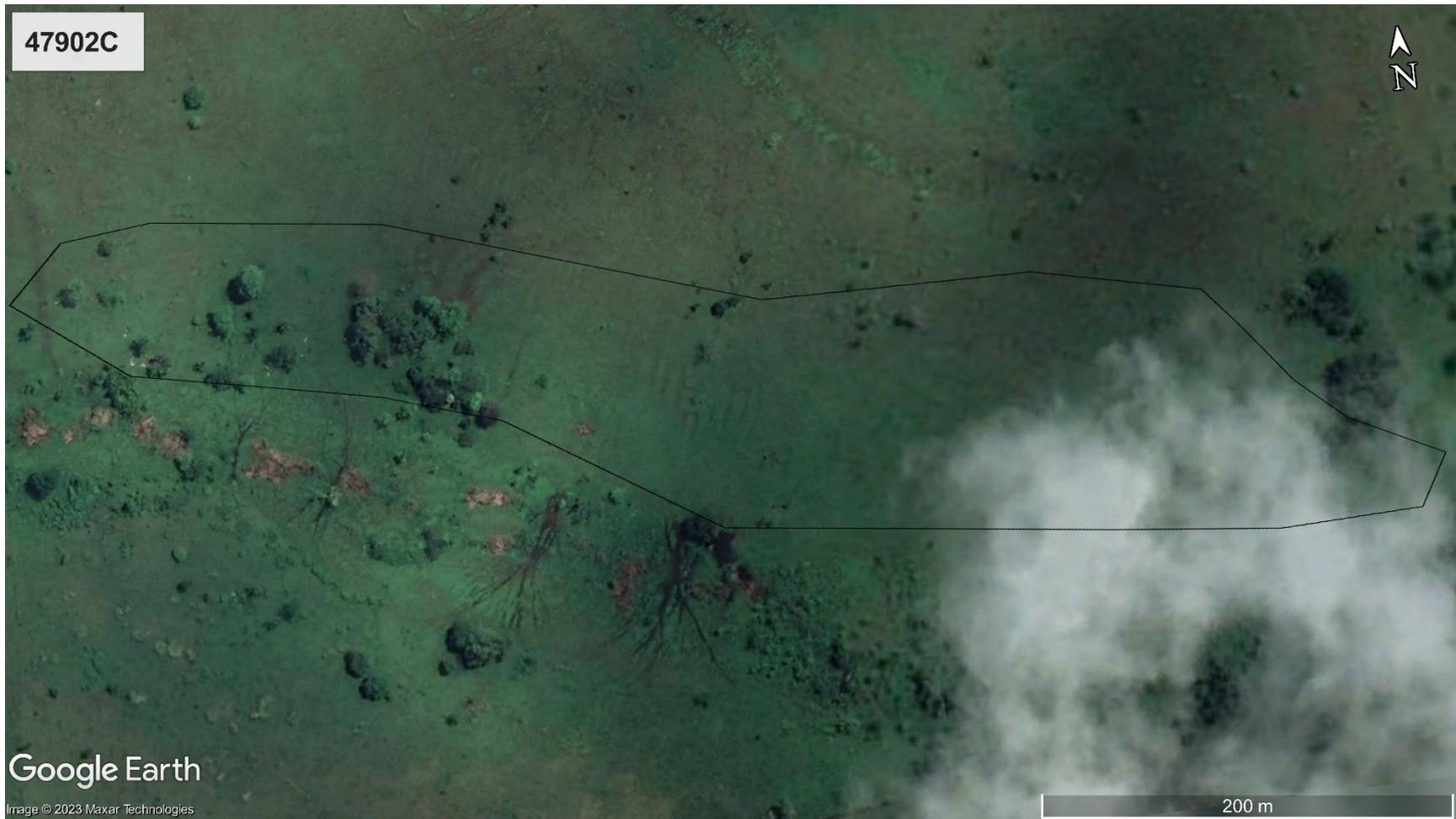
Anexo 76. Polígono 38502C



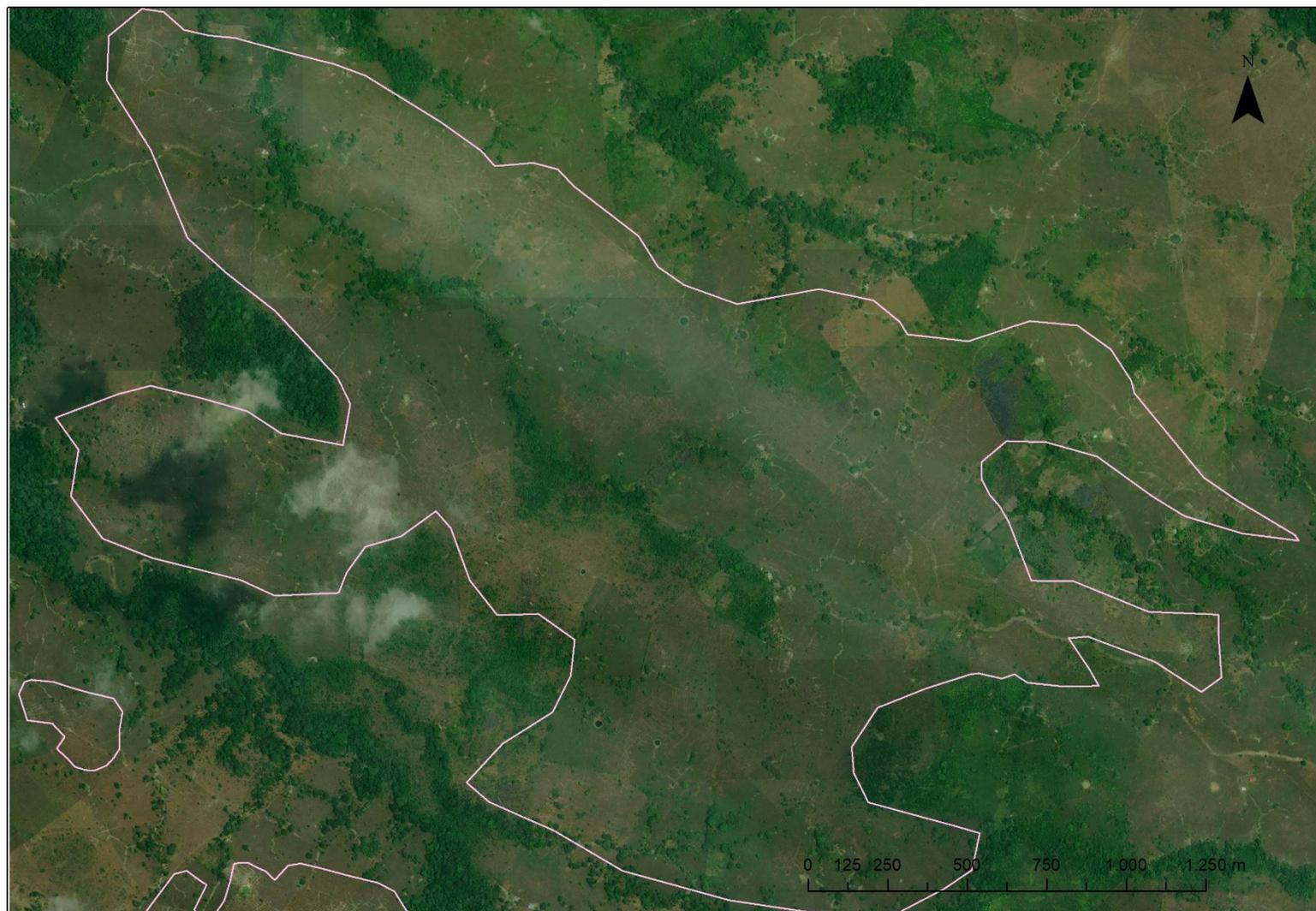
Anexo 77. Polígono 41601C



Anexo 78. Polígono 47902C



Anexo 79. Polígono 01D



Anexo 80. Polígono 02D



Anexo 81. Polígono 03D



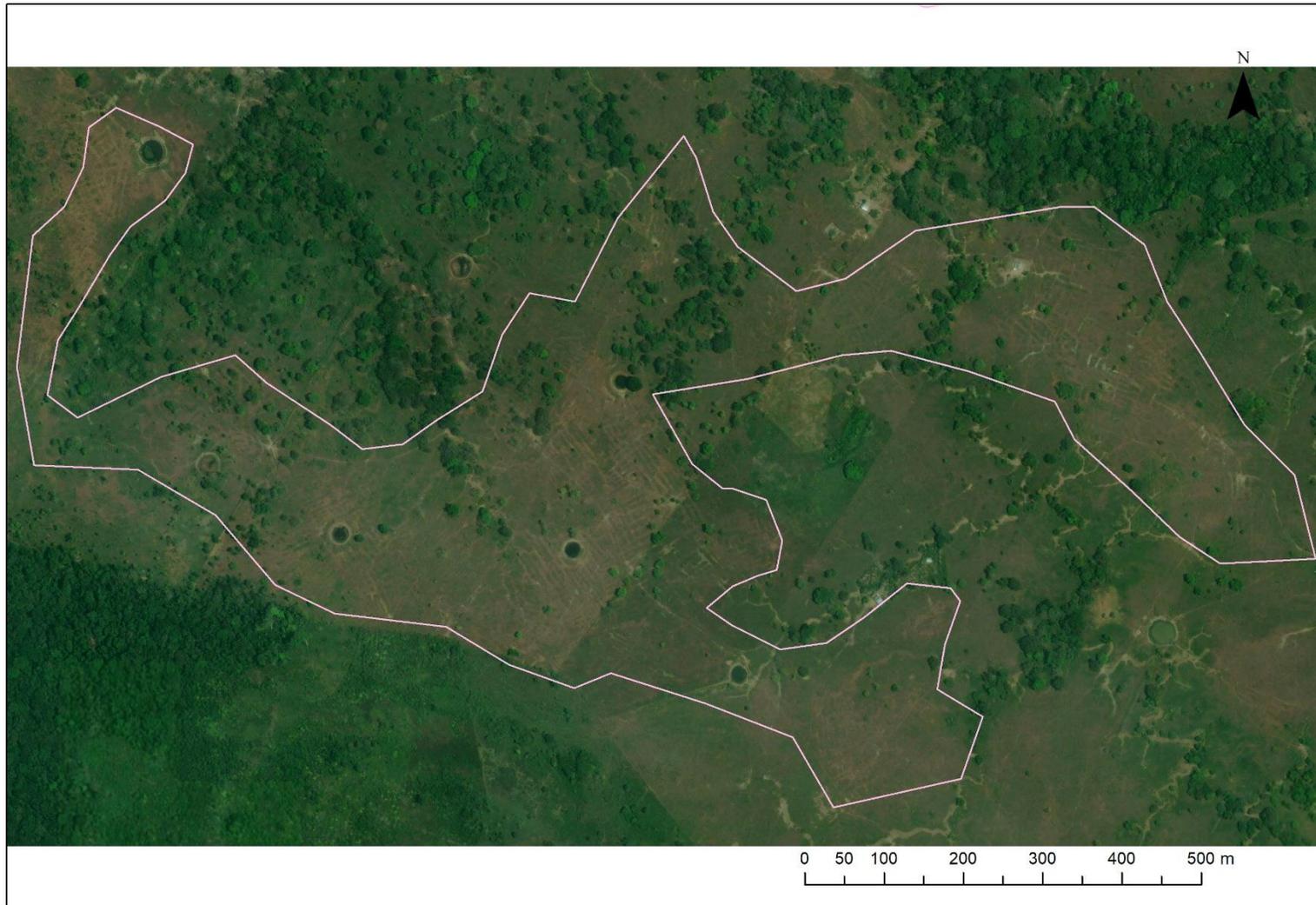
Anexo 82. Polígono 04D



Anexo 83. Polígono 05D



Anexo 84. Polígono 09D



Anexo 55. Polígono 11D



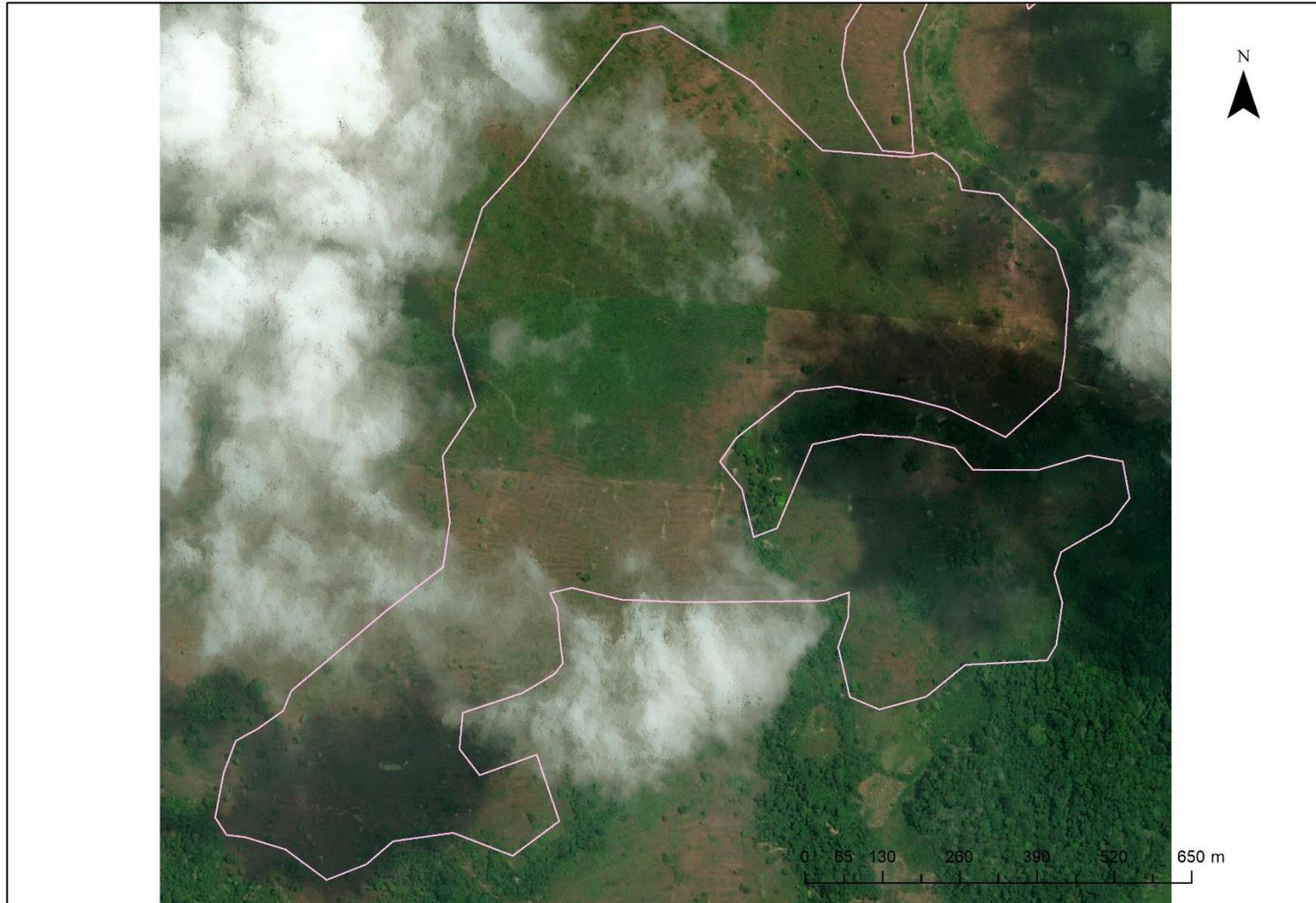
Anexo 56. Polígono 12D



Anexo 57. Polígono 18D



Anexo 58. Polígono 21D



Anexo 59. Polígono 24D



Anexo 60. Polígono 26D



Anexo 61. Polígono 33D



Anexo 62. Polígono 1301C



Anexo 63. Polígono 1801C



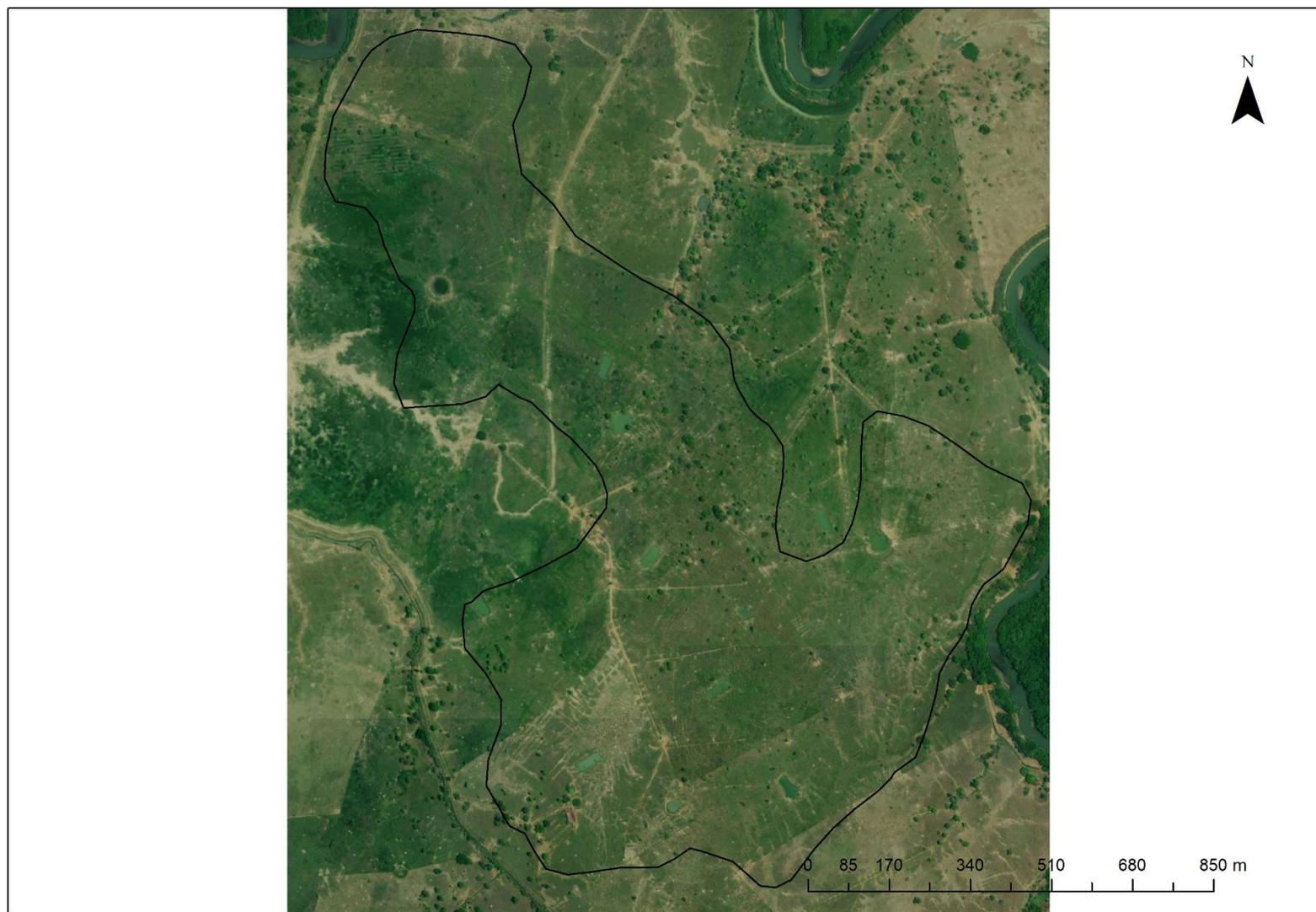
Anexo 64. Polígono 3901C



Anexo 65. Polígono 9601C



Anexo 66. Polígono 9604C



Anexo 67. Polígono 9702C



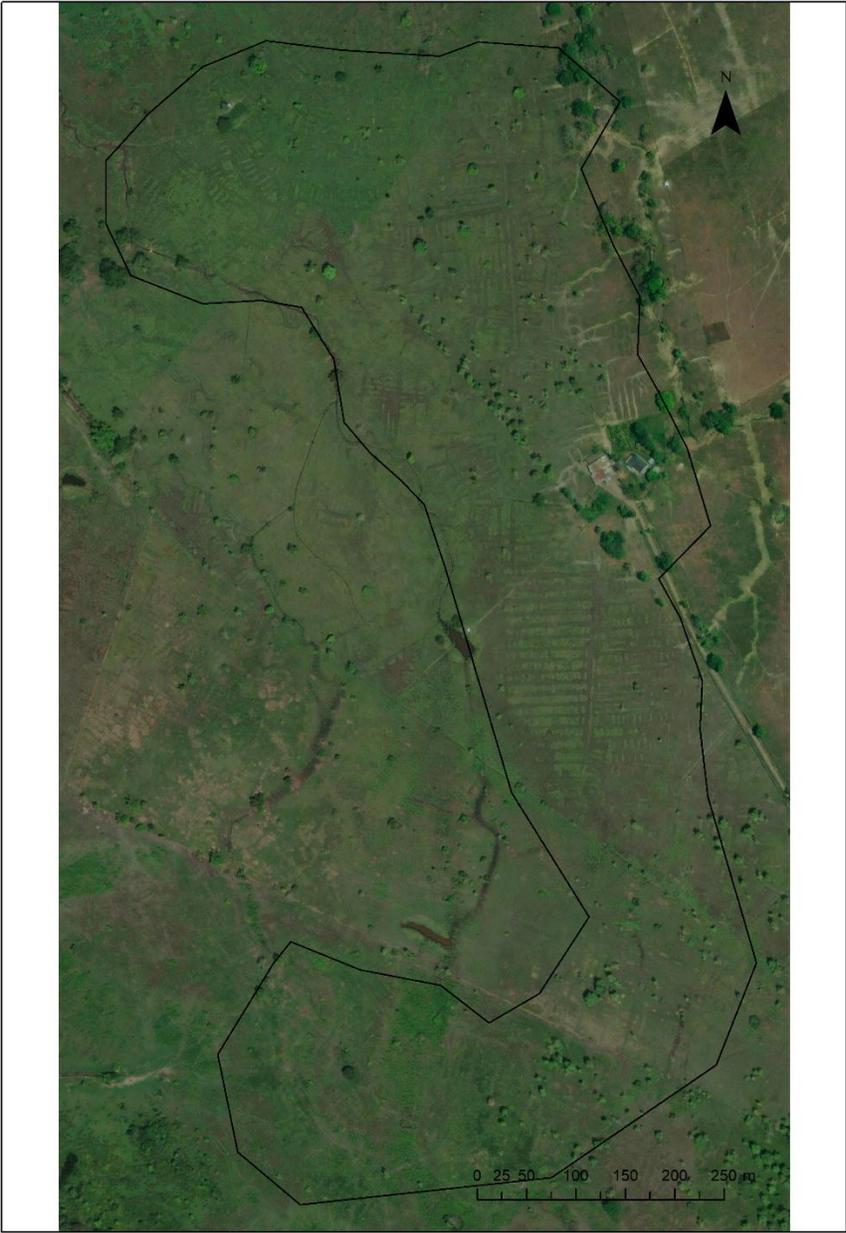
Anexo 68. Polígono 10401C



Anexo 69. Polígono 10701C



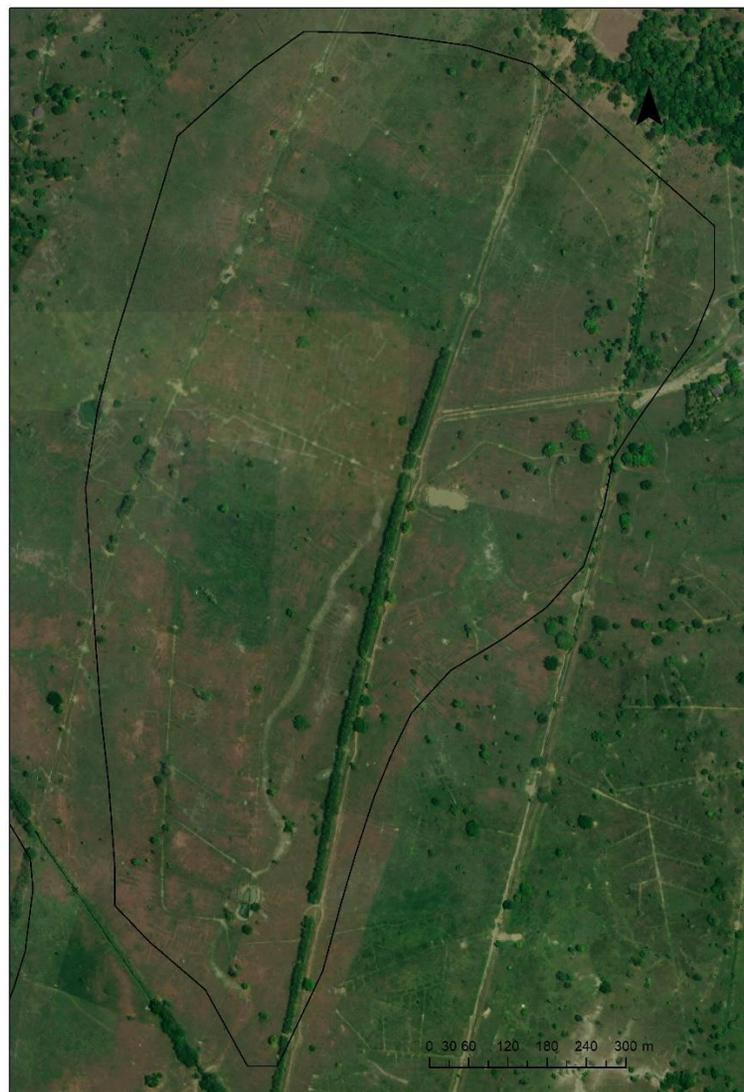
Anexo 70. Polígono 10702C



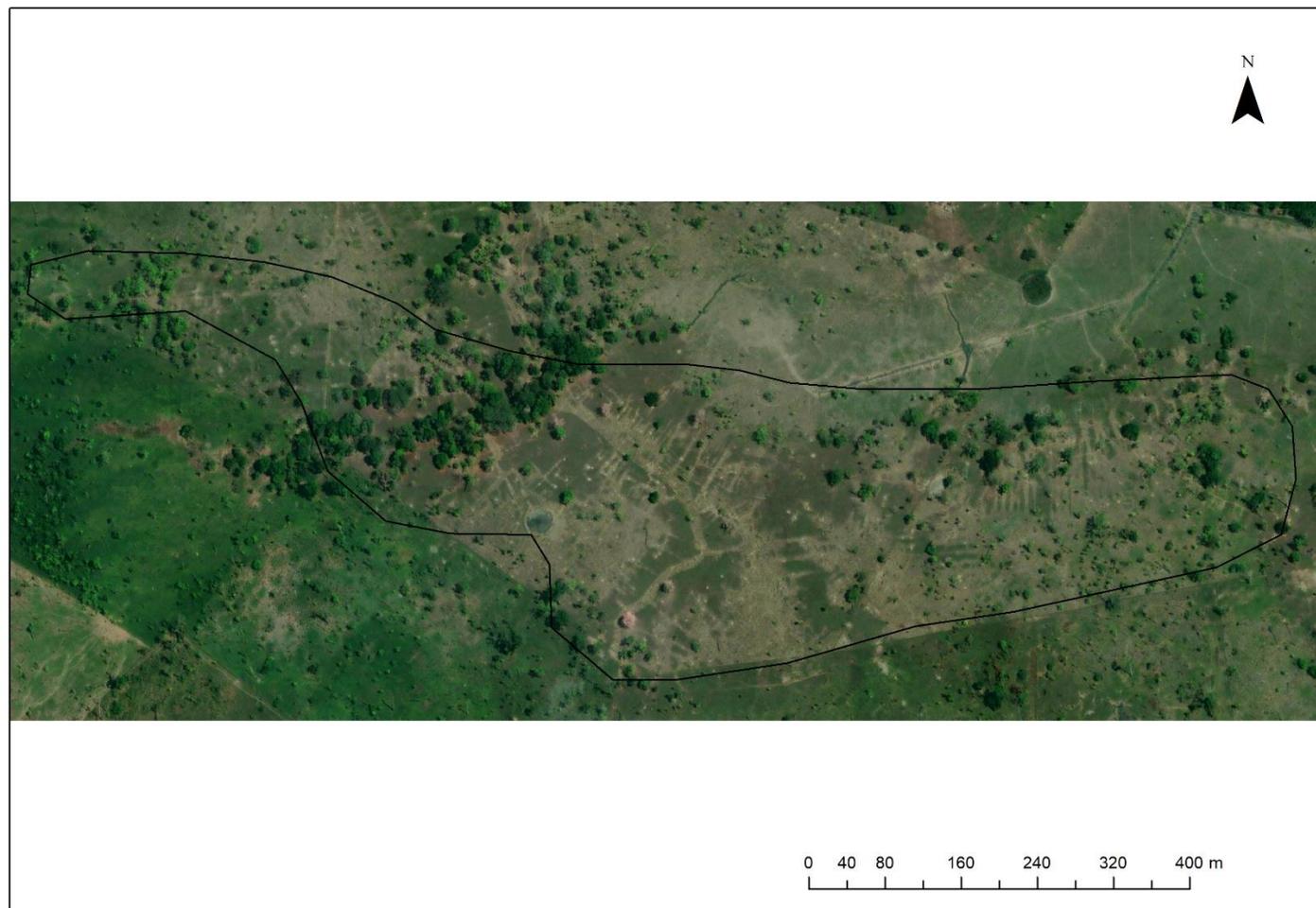
Anexo 71. Polígono 10704C



Anexo 72. Polígono 10801C



Anexo 73. Polígono 11801C



Anexo 74. Polígono 13001C



Anexo 75. Polígono 13101C



Anexo 76. Polígono 13102C



Anexo 77. Polígono 13302C



Anexo 78. Polígono 14301C



Anexo 79. Polígono 14401C



Anexo 80. Polígono 15301C



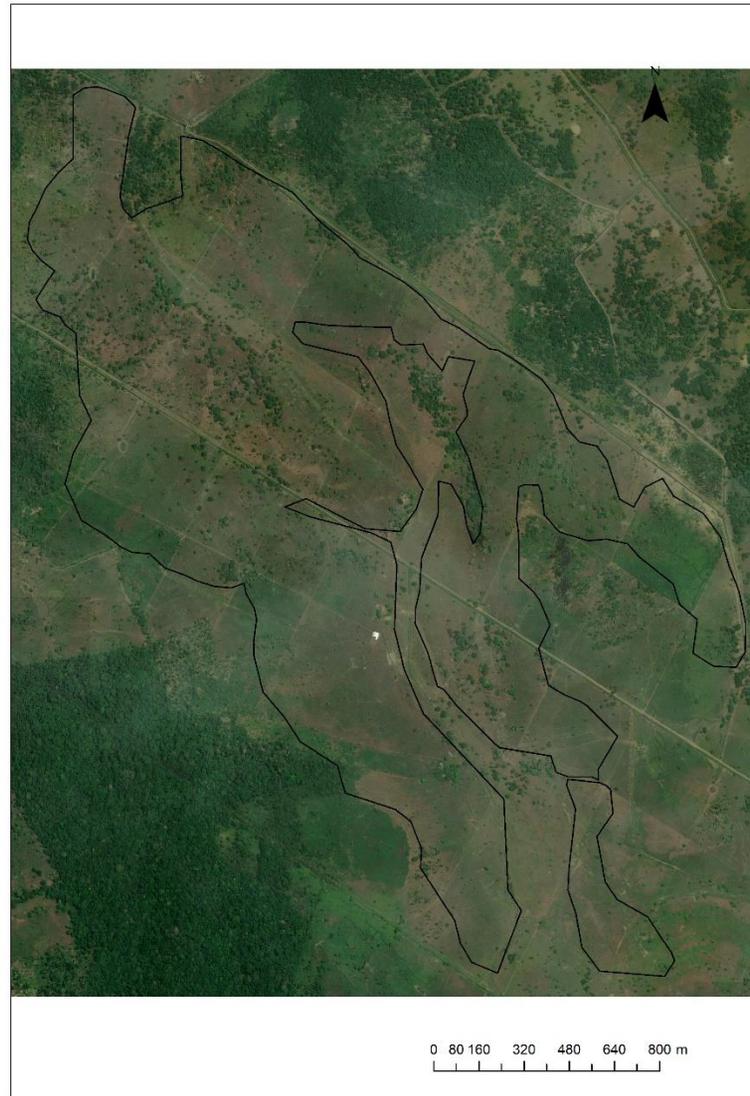
Anexo 81. Polígono 15302C



Anexo 82. Polígono 16302C



Anexo 83. Polígono 16501C



Anexo 84. Polígono 17201C



Anexo 85. Polígono 17301C



Anexo 86. Polígono 18201C



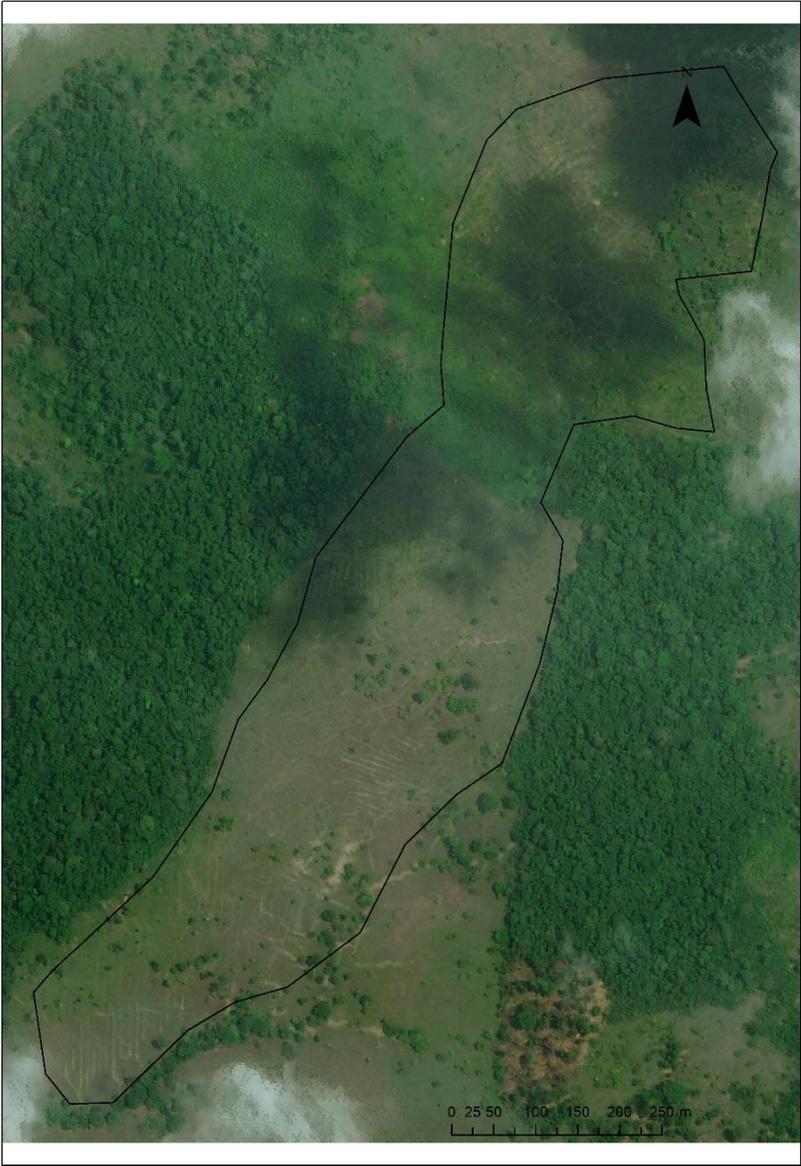
Anexo 87. Polígono 19001C



Anexo 88. Polígono 37801C



Anexo 89. Polígono 37802C



Anexo 90. Polígono 38001C



Anexo 91. Polígono 40601C



Anexo 92. Polígono 40801C



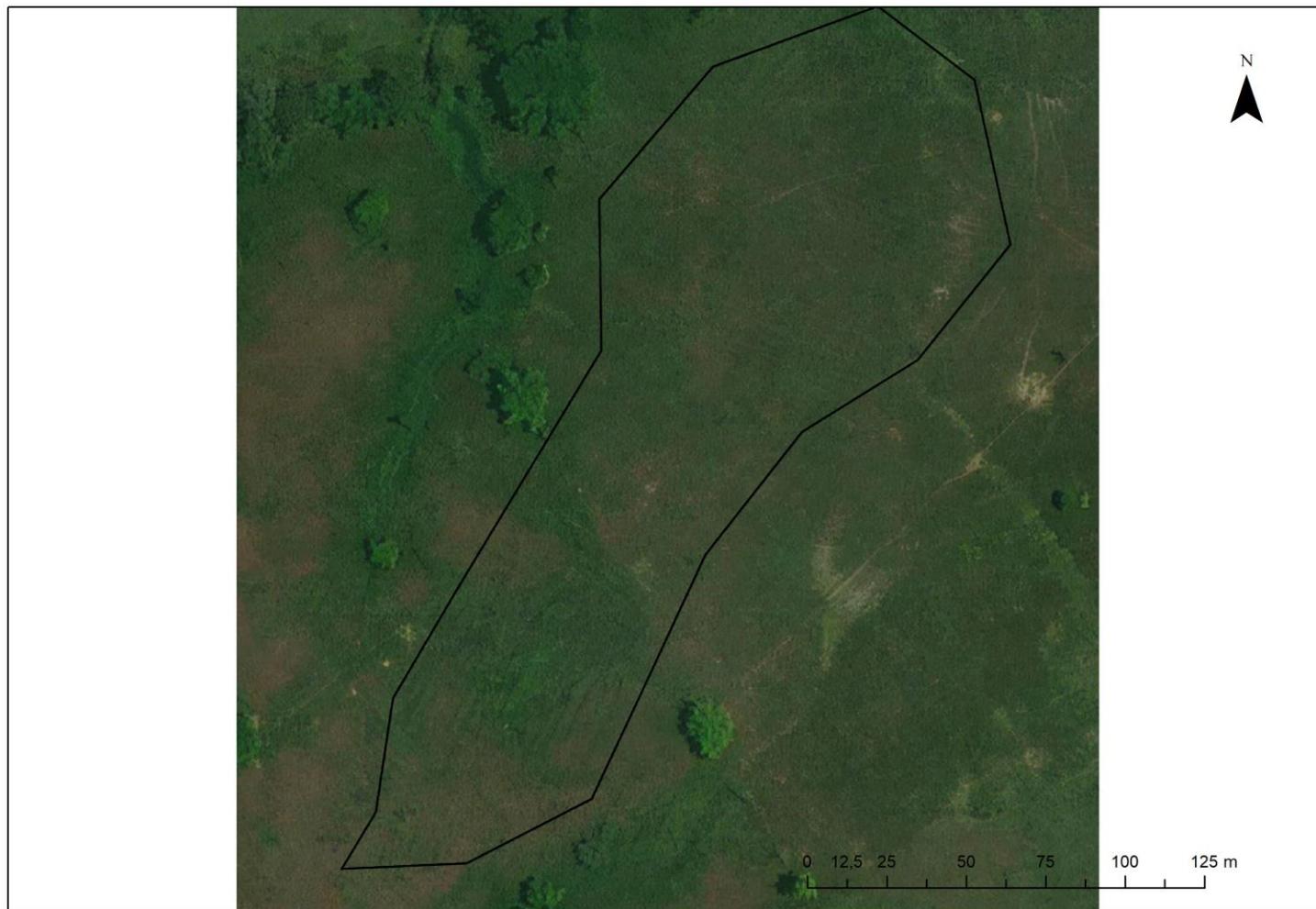
Anexo 93. Polígono 41202C



Anexo 94. Polígono 41502C



Anexo 95. Polígono 41601C



Anexo 96. Polígono 43501C



Anexo 97. Polígono 43601C



Anexo 98. Polígono 43801C



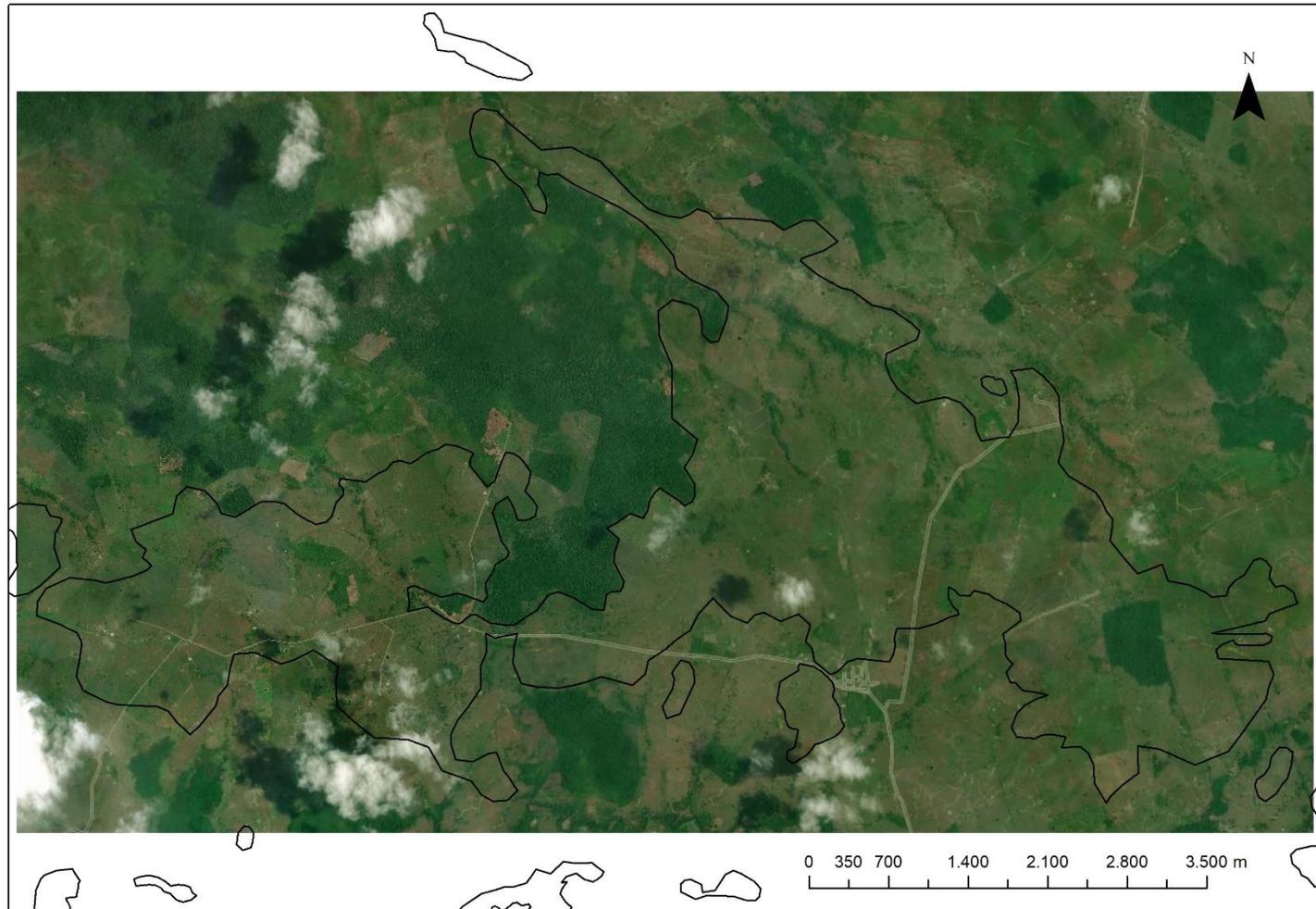
Anexo 99. Polígono 43802C



Anexo 100. Polígono 44001C



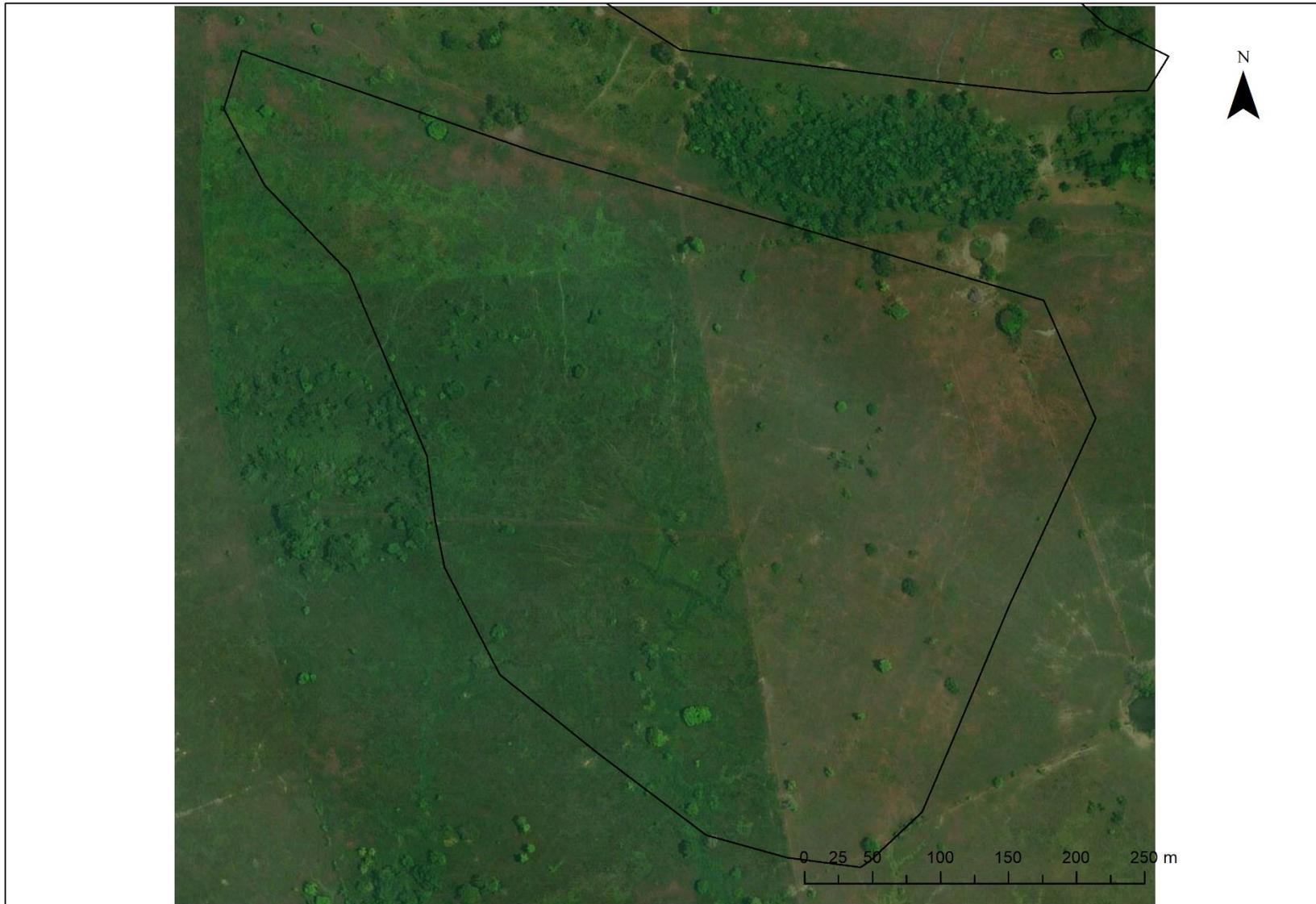
Anexo 101. Polígono 44301C



Anexo 102. Polígono 44601C



Anexo 103. Polígono 47901C



Anexo 104. Tabla de estructuras hidráulicas identificadas.

ID	CÓDIGO DEL POLIGONO	TIPO DE POLÍGONO	COORDENADAS X	COORDENADAS Y	AREA	VISIBILIDAD
1	101C	Confirmado	076° 42' 23.51125031" W	07° 26' 32.30061159" N	352.643	Google Earth
2	102C	Confirmado	076° 42' 10.18331422" W	07° 26' 40.63742634" N	170.961	Google Earth
3	202C	Confirmado	076° 40' 53.22917959" W	07° 26' 52.37253139" N	54.626	Bing
4	902C	Confirmado	076° 42' 16.39761649" W	07° 27' 49.24857741" N	256.256	Bing
5	1201C	Confirmado	076° 39' 08.13544261" W	07° 27' 48.12863149" N	410.054	Bing
6	1301T	Confirmado	076° 37' 35.95055032" W	07° 27' 27.15034754" N	25.707	Bing
7	1701C	Confirmado	076° 43' 33.71163603" W	07° 28' 16.76527480" N	60.364	Bing
8	1801C	Confirmado	076° 42' 14.15105944" W	07° 28' 13.11273489" N	154.300	Bing
9	Anomalia1	Anomalia	076° 42' 02.36876796" W	07° 28' 52.14861538" N	285.352	Google Earth
10	2601C	Confirmado	076° 44' 36.31685642" W	07° 29' 51.30645021" N	538.493	Google Earth
11	3001C	Confirmado	076° 40' 02.53505940" W	07° 29' 17.81007666" N	36.596	Bing
12	3002C	Confirmado	076° 40' 03.56205746" W	07° 29' 56.72332025" N	703.225	Bing
13	3701C	Confirmado	076° 44' 53.22608931" W	07° 30' 49.85488239" N	204.706	Google Earth
14	3702C	Confirmado	076° 44' 38.70171195" W	07° 30' 23.17827922" N	15.540	Google Earth
15	3801C	Confirmado	076° 43' 30.91423639" W	07° 30' 50.25978531" N	173.357	Google Earth
16	3901C	Confirmado	076° 42' 02.50247032" W	07° 30' 51.22066772" N	572.149	Google Earth
17	4001C	Confirmado	076° 41' 35.17931214" W	07° 30' 28.90892629" N	177.435	Google Earth
18	4101C	Confirmado	076° 40' 27.78218290" W	07° 30' 36.90763529" N	280.481	Google Earth y Bing
19	4601C	Confirmado	076° 45' 12.96490698" W	07° 31' 15.84542797" N	148.734	Google Earth
20	4602C	Confirmado	076° 45' 38.64750117" W	07° 31' 30.76057697" N	463.477	Google Earth
21	4701C	Confirmado	076° 44' 45.97301592" W	07° 31' 19.54921752" N	168.499	Google Earth
22	4702C	Confirmado	076° 44' 24.23950796" W	07° 31' 29.32832182" N	158.102	Google Earth
23	Anomalia 2	Anomalia	076° 38' 50.22372010" W	07° 32' 11.95513057" N	30.889	Google Earth
24	Anomalia 3	Anomalia	076° 38' 40.09557531" W	07° 32' 11.16619279" N	15.426	Google Earth
25	5801C	Confirmado	076° 45' 36.76171382" W	07° 33' 07.83099499" N	34.727	Google Earth
26	6901C	Confirmado	076° 48' 07.88419691" W	07° 34' 23.31354392" N	40.640	Bing
27	7201C	Confirmado	076° 44' 26.02307063" W	07° 33' 37.94595261" N	255.673	Google Earth
28	7202C	Confirmado	076° 43' 54.83976450" W	07° 33' 49.61950816" N	112.838	Bing
29	7203C	Confirmado	076° 44' 11.41516423" W	07° 34' 21.43018013" N	122.663	Bing
30	7401C	Confirmado	076° 41' 53.23164165" W	07° 34' 02.15211798" N	53.009	Bing

31	8001C	Confirmado	076° 50' 12.61741476" W	07° 34' 32.32073109" N	317.362	Google Earth
32	8002C	Confirmado	076° 49' 54.14866327" W	07° 35' 04.56635568" N	516.445	Google Earth
33	8301C	Confirmado	076° 46' 47.10238492" W	07° 35' 03.64874712" N	57.234	Google Earth
34	8302C	Confirmado	076° 46' 50.32635521" W	07° 35' 18.09376682" N	70.549	Google Earth
35	8401C	Confirmado	076° 45' 04.32879802" W	07° 34' 49.41939869" N	303.018	Google Earth
36	8303C	Confirmado	076° 47' 02.10934448" W	07° 35' 28.93527707" N	57.452	Google Earth
37	8402C	Confirmado	076° 45' 45.67137376" W	07° 35' 09.18841485" N	96.259	Google Earth
38	8403C	Confirmado	076° 45' 59.83969538" W	07° 35' 12.43718410" N	53.643	Bing
39	8501C	Confirmado	076° 44' 44.09549015" W	07° 35' 20.23524555" N	96.199	Google Earth
40	9601C	Confirmado	076° 46' 35.63993725" W	07° 35' 51.05493601" N	104.738	Google Earth
41	9602C	Confirmado	076° 46' 58.59888742" W	07° 35' 48.24784158" N	88.519	Google Earth
42	9603C	Confirmado	076° 46' 53.58896907" W	07° 36' 05.13013203" N	306.768	Google Earth
43	9604C	Confirmado	076° 46' 22.09050129" W	07° 36' 36.04472442" N	1.146.725	Google Earth y Bing
44	9701C	Confirmado	076° 45' 06.83791648" W	07° 35' 47.04504292" N	61.714	Google Earth
45	9702C	Confirmado	076° 45' 35.99336326" W	07° 36' 08.31149495" N	238.195	Bing
46	9605C	Confirmado	076° 46' 09.86047016" W	07° 35' 34.84366962" N	101.740	Google Earth
47	9703C	Confirmado	076° 46' 05.83068224" W	07° 36' 08.03655477" N	86.064	Google Earth
48	9704C	Confirmado	076° 45' 04.69016289" W	07° 36' 30.63338026" N	86.809	Bing
49	10401C	Confirmado	076° 52' 24.45710712" W	07° 36' 58.97451068" N	467.664	Bing
50	10601C	Confirmado	076° 49' 25.86073771" W	07° 36' 58.87520841" N	289.914	Google Earth
51	10701C	Confirmado	076° 49' 09.11417284" W	07° 36' 57.54963628" N	292.706	Google Earth y Bing
52	10702C	Confirmado	076° 48' 51.06518630" W	07° 36' 53.66485170" N	374.648	Bing
53	10703C	Confirmado	076° 48' 26.59951609" W	07° 36' 54.59012298" N	230.981	Google Earth
54	10704C	Confirmado	076° 48' 39.11979892" W	07° 37' 38.93720410" N	1.024.508	Google Earth
55	10801C	Confirmado	076° 48' 02.66963960" W	07° 37' 13.64792953" N	903.296	Bing y Google Earth
56	11701C	Confirmado	076° 53' 05.02227497" W	07° 38' 35.11667929" N	83.756	Bing
57	11801C	Confirmado	076° 52' 04.92599527" W	07° 38' 32.31395409" N	271.284	Bing
58	12001C	Confirmado	076° 50' 17.89371201" W	07° 38' 28.77206742" N	84.840	Bing
59	12002C	Confirmado	076° 49' 53.25589214" W	07° 38' 36.97053433" N	113.739	Google Earth
60	12003C	Confirmado	076° 49' 22.63077829" W	07° 38' 39.11709334" N	292.887	Google Earth
61	12201C	Confirmado	076° 47' 28.80786886" W	07° 38' 10.04216171" N	212.525	Google Earth
62	12202C	Confirmado	076° 47' 20.68428854" W	07° 38' 25.31436942" N	46.061	Google Earth
63	12301C	Confirmado	076° 46' 46.77360026" W	07° 37' 48.85045923" N	158.360	Google Earth

64	13001C	Confirmado	076° 53' 00.37358774" W	07° 39' 10.18736663" N	442.286	Bing
65	13002C	Confirmado	076° 53' 30.31007363" W	07° 39' 28.12900482" N	84.851	Bing
66	13003C	Confirmado	076° 52' 49.08193390" W	07° 39' 35.36761125" N	221.595	Bing
67	13101C	Confirmado	076° 52' 22.60552945" W	07° 39' 10.08433048" N	303.315	Bing
68	13102C	Confirmado	076° 51' 49.38612030" W	07° 39' 12.83257205" N	593.534	Bing
69	13201C	Confirmado	076° 51' 24.44156810" W	07° 39' 28.29441552" N	249.714	Bing
70	13301C	Confirmado	076° 50' 06.94874517" W	07° 38' 55.32703587" N	33.127	Bing
71	13302C	Confirmado	076° 49' 51.73516786" W	07° 38' 58.59424769" N	144.797	Google Earth
72	13401C	Confirmado	076° 48' 58.77640407" W	07° 39' 11.91856359" N	88.758	Google Earth
73	13402C	Confirmado	076° 48' 51.48449125" W	07° 39' 23.40247384" N	45.699	Google Earth
74	13403C	Confirmado	076° 49' 10.49930880" W	07° 39' 42.75676175" N	384.081	Google Earth
75	13501C	Confirmado	076° 47' 56.27964211" W	07° 38' 59.47724001" N	142.067	Google Earth y Bing
76	13502C	Confirmado	076° 47' 41.46357233" W	07° 39' 22.06179644" N	85.720	Google Earth
77	13503C	Confirmado	076° 48' 16.29382931" W	07° 39' 42.86219236" N	372.242	Google Earth
78	13504C	Confirmado	076° 47' 42.74705058" W	07° 39' 48.08720129" N	104.182	Google Earth
79	13601C	Confirmado	076° 47' 09.45731982" W	07° 39' 05.81269006" N	47.596	Google Earth y Bing
80	14201C	Confirmado	076° 53' 27.84787807" W	07° 40' 36.34600225" N	134.847	Bing
81	14202C	Confirmado	076° 53' 09.35231223" W	07° 40' 50.64224711" N	223.655	Bing
82	14203C	Confirmado	076° 52' 47.59203934" W	07° 40' 47.25046910" N	163.649	Bing
83	14301C	Confirmado	076° 52' 13.43295081" W	07° 40' 32.38201956" N	856.773	Bing
84	14401C	Confirmado	076° 50' 56.77762721" W	07° 40' 26.89903589" N	38.094	Bing
85	14701C	Confirmado	076° 47' 18.68942215" W	07° 39' 56.45102773" N	478.275	Google Earth y Bing
86	14801C	Confirmado	076° 47' 04.44639907" W	07° 40' 17.76234726" N	158.304	Google Earth
87	14702C	Confirmado	076° 47' 48.60393468" W	07° 40' 10.59096733" N	78.513	Google Earth
88	15201C	Confirmado	076° 53' 27.03985987" W	07° 41' 16.90899310" N	218.274	Bing
89	15301C	Confirmado	076° 52' 36.19508653" W	07° 40' 54.09388045" N	22.881	Bing
90	15302C	Confirmado	076° 51' 54.83196777" W	07° 41' 50.35759442" N	145.291	Bing
91	15401C	Confirmado	076° 51' 12.67267854" W	07° 41' 40.03362548" N	190.795	Bing
92	15402C	Confirmado	076° 50' 56.73986427" W	07° 41' 44.29342094" N	95.689	Bing
93	15403C	Confirmado	076° 51' 09.66831727" W	07° 41' 59.51308256" N	201.722	Bing
94	15501C	Confirmado	076° 49' 43.65213648" W	07° 41' 48.04359532" N	118.848	Bing
95	15601C	Confirmado	076° 49' 20.49364233" W	07° 41' 22.68862530" N	126.865	Google Earth
96	16301C	Confirmado	076° 51' 48.79299955" W	07° 42' 24.61580101" N	154.296	Bing

97	16302C	Confirmado	076° 52' 11.83197713" W	07° 42' 57.03598214" N	356.761	Bing
98	16401C	Confirmado	076° 50' 59.77475101" W	07° 42' 14.37015546" N	48.478	Bing
99	16501C	Confirmado	076° 50' 14.63547950" W	07° 42' 34.72981752" N	2.866.982	Bing
100	17201C	Confirmado	076° 52' 07.85668505" W	07° 43' 44.68387297" N	107.432	Bing
101	17301C	Confirmado	076° 50' 44.93247405" W	07° 43' 40.95447977" N	1.088.569	Bing
102	18101C	Confirmado	076° 51' 45.58343592" W	07° 44' 40.53123836" N	248.853	Bing
103	18102C	Confirmado	076° 52' 12.88087175" W	07° 45' 16.35589040" N	153.474	Bing
104	18201C	Confirmado	076° 51' 29.44406893" W	07° 44' 11.36342877" N	134.022	Bing
105	18202C	Confirmado	076° 51' 21.36836435" W	07° 44' 22.92037554" N	28.973	Bing
106	18203C	Confirmado	076° 51' 10.18603743" W	07° 44' 29.83580201" N	413.922	Bing
107	19001C	Confirmado	076° 51' 37.76121886" W	07° 45' 19.54233132" N	285.057	Bing
108	19002C	Confirmado	076° 52' 01.72246130" W	07° 45' 34.35349340" N	33.537	Bing
109	19901C	Confirmado	076° 52' 21.95023600" W	07° 46' 29.24185370" N	264.412	Bing
110	44301C	Confirmado	076° 46' 51.44535656" W	07° 23' 59.70026935" N	21.121.002	Bing
111	01D	Dirigido	076° 47' 32.29229489" W	07° 28' 38.18265255" N	4.695.325	Bing
112	02D	Dirigido	076° 52' 26.10514440" W	07° 35' 32.41569410" N	341.782	Bing
113	03D	Dirigido	076° 55' 36.58514519" W	07° 34' 44.69503183" N	117.545	Bing
114	04D	Dirigido	076° 53' 53.06423337" W	07° 38' 51.66558468" N	444.535	Bing
115	05D	Dirigido	076° 55' 04.67675400" W	07° 40' 38.53062364" N	473.301	Bing
116	43801C	Confirmado	076° 52' 20.83961479" W	07° 24' 03.08258161" N	1.905.465	Bing
117	37601C	Confirmado	076° 52' 06.15717910" W	07° 22' 10.85670791" N	24.970	Bing
118	37801C	Confirmado	076° 49' 22.44326685" W	07° 21' 39.17410985" N	88.483	Bing
119	37802C	Confirmado	076° 50' 02.53190064" W	07° 22' 06.68080989" N	341.041	Bing
120	37803C	Confirmado	076° 49' 24.32094360" W	07° 22' 20.38483738" N	48.993	Bing
121	38001C	Confirmado	076° 47' 39.75348675" W	07° 22' 13.64797907" N	437.674	Bing
122	38101C	Confirmado	076° 46' 10.21451407" W	07° 22' 01.43138435" N	212.434	Bing
123	38102C	Confirmado	076° 46' 45.30046336" W	07° 22' 20.39046960" N	97.293	Bing
124	38501C	Confirmado	076° 42' 27.80322161" W	07° 21' 41.63043426" N	59.870	Google Earth
125	38502C	Confirmado	076° 42' 08.90704488" W	07° 21' 35.78265215" N	18.229	Google Earth
126	40501C	Confirmado	076° 54' 04.33034274" W	07° 22' 55.87391943" N	100.153	Bing
127	40601C	Confirmado	076° 52' 41.15439211" W	07° 22' 32.56472274" N	76.036	Bing
128	40701C	Confirmado	076° 52' 03.83265951" W	07° 23' 09.24441772" N	103.090	Bing
129	40801C	Confirmado	076° 50' 30.78595094" W	07° 23' 27.24664793" N	282.929	Bing
130	41001C	Confirmado	076° 49' 02.18819612" W	07° 22' 34.50489700" N	23.754	Bing
131	41201C	Confirmado	076° 46' 58.34148535" W	07° 23' 16.93373500" N	78.408	Bing

132	41202C	Confirmado	076° 46' 21.37557571" W	07° 23' 11.15584392" N	305.254	Bing
133	41401C	Confirmado	076° 44' 08.68885279" W	07° 22' 52.71353676" N	84.570	Bing
134	41402C	Confirmado	076° 43' 55.48962873" W	07° 22' 46.36734674" N	33.439	Bing
135	41501C	Confirmado	076° 43' 36.27787594" W	07° 22' 39.23833924" N	402.676	Bing
136	41502C	Confirmado	076° 43' 32.75494792" W	07° 23' 11.33802642" N	160.570	Bing
137	41601C	Confirmado	076° 42' 14.23283322" W	07° 22' 59.58594980" N	22.450	Bing y Google Earth
138	43501C	Confirmado	076° 55' 39.38471852" W	07° 24' 04.31707813" N	21.547	Bing
139	43601C	Confirmado	076° 54' 25.74967123" W	07° 24' 20.55665638" N	83.385	Bing
140	43802C	Confirmado	076° 51' 31.13642355" W	07° 23' 57.64216826" N	275.942	Bing
141	43901C	Confirmado	076° 50' 55.25603770" W	07° 23' 41.12324879" N	45.105	Bing
142	43902C	Confirmado	076° 51' 00.41933555" W	07° 24' 01.23086176" N	128.815	Bing
143	44001C	Confirmado	076° 50' 05.19908309" W	07° 23' 59.28978412" N	348.661	Bing
144	44601C	Confirmado	076° 43' 42.20992341" W	07° 23' 43.21989595" N	132.207	Bing
145	46401C	Confirmado	076° 57' 53.92129227" W	07° 24' 55.79635994" N	26.090	Bing
146	47501C	Confirmado	076° 45' 28.66581806" W	07° 24' 43.24907655" N	25.409	Bing
147	47901C	Confirmado	076° 40' 55.99746339" W	07° 25' 31.81188514" N	201.729	Bing
148	47902C	Confirmado	076° 40' 55.55061266" W	07° 25' 43.83951533" N	64.579	Bing
149	06D	Dirigido	076° 47' 56.15771284" W	07° 26' 18.11403253" N	179.599	Bing
150	08D	Dirigido	076° 48' 56.68287908" W	07° 27' 32.60676051" N	341.620	Bing
151	09D	Dirigido	076° 47' 39.92728530" W	07° 27' 21.92482441" N	496.270	Bing
152	10D	Dirigido	076° 46' 40.25485731" W	07° 27' 30.01714861" N	118.081	Bing
153	11D	Dirigido	076° 47' 32.80610984" W	07° 27' 44.85939944" N	69.022	Bing
154	12D	Dirigido	076° 48' 04.89240185" W	07° 27' 51.92914373" N	267.018	Bing
155	13D	Dirigido	076° 48' 27.74396256" W	07° 28' 13.23514101" N	56.582	Bing
156	14D	Dirigido	076° 48' 49.11382344" W	07° 28' 16.39517010" N	74.426	Bing
157	15D	Dirigido	076° 51' 21.99551098" W	07° 30' 31.53798987" N	131.713	Bing
158	16D	Dirigido	076° 50' 27.45982821" W	07° 31' 13.72832180" N	65.263	Google Earth
159	17D	Dirigido	076° 51' 51.35790862" W	07° 32' 03.48597255" N	371.446	Bing
160	18D	Dirigido	076° 56' 05.90013932" W	07° 28' 59.67533971" N	155.736	Bing
161	19D	Dirigido	076° 52' 56.48958970" W	07° 29' 06.97686974" N	226.159	Bing
162	20D	Dirigido	076° 53' 05.93829423" W	07° 28' 53.81811803" N	256.291	Bing
163	21D	Dirigido	076° 53' 20.06395433" W	07° 28' 18.87632055" N	974.124	Bing
164	22D	Dirigido	076° 53' 44.58975423" W	07° 29' 14.32342783" N	56.361	Bing
165	23D	Dirigido	076° 52' 28.07678682" W	07° 26' 18.03608460" N	403.368	Bing

166	24D	Dirigido	076° 54' 46.28976658" W	07° 30' 01.59521220" N	122.487	Bing
167	25D	Dirigido	076° 51' 30.09954336" W	07° 34' 53.09509449" N	264.957	Bing
168	27D	Dirigido	076° 54' 02.18242455" W	07° 41' 54.07870033" N	432.963	Bing
169	26D	Dirigido	076° 47' 05.49245825" W	07° 30' 35.00804485" N	710.398	Google Earth y Bing
170	28D	Dirigido	076° 47' 24.07847980" W	07° 30' 51.98273185" N	41.981	Google Earth
171	29D	Dirigido	076° 47' 03.33474516" W	07° 31' 36.65141780" N	162.307	Google Earth
172	30D	Dirigido	076° 51' 53.90201084" W	07° 30' 44.04523051" N	210.099	Bing
173	31D	Dirigido	076° 52' 52.95622101" W	07° 27' 24.20310710" N	202.554	Bing
174	32D	Dirigido	076° 53' 45.72238131" W	07° 37' 26.47953881" N	297.444	Bing
175	33D	Dirigido	076° 53' 32.87515620" W	07° 38' 18.52778969" N	136.963	Bing
176	4603C	Confirmado	076° 46' 02.58335288" W	07° 31' 49.15143836" N	103.048	Google Earth