

**LA FAMILIA COMO CONSTRUCTORA DEL ESPACIO.
UN PRIMER ACERCAMIENTO A LA APLICACIÓN DE LA SINTAXIS ESPACIAL
EN EL ANÁLISIS DEL CONCEPTO DE *QUAHTA*,
SITIO MALPAÍS DE TACÁMBARO
(MICHOCÁN, MÉXICO)**

THE FAMILY AS A CONSTRUCTOR OF SPACE.
A FIRST APPROACH TO THE APPLICATION OF SPATIAL SYNTAX
IN THE ANALYSIS OF THE CONCEPT OF *QUAHTA*,
MALPAÍS DE TACÁMBARO SITE (MICHOCÁN, MEXICO)

Carmen Verónica García López

Universidad Autónoma del Estado de México
verithoSJ1509@gmail.com
<https://orcid.org/0009-0008-9608-1322>

José Luis Punzo Díaz

Instituto Nacional de Antropología e Historia, Morelia-Michoacán
jlpunzod@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-1025-9169>

Eréndira Muñoz Aréyzaga

Consejo Nacional de Humanidades Ciencias y Tecnologías
Universidad Autónoma del Estado de México
emunoza@uaemex.mx
<https://orcid.org/0000-0002-2755-0120>

Recepción: 19/03/2025. Aceptación: 23/05/2025
Publicación on-line: 27/05/2025

RESUMEN: Esta investigación aborda el estudio de las unidades habitacionales localizadas en el sitio arqueológico Malpaís de Tacámbaro, sector La Garita, (Michoacán, México). Se presentan los primeros resultados del análisis espacial realizado a través del software DepthMapX y la teoría de Sintaxis Espacial retomando el concepto de espacio y su relación con la sociedad, argumentando que la organización arquitectónica de La Garita podría encontrarse ligada a la formación de *quahtas* (casa), término purépecha sobre el cual se basaron las relaciones políticas, sociales y territoriales a lo largo del territorio michoacano en la antigüedad.

Palabras clave: Arquitectura; Espacio; Casa; DepthMapX; LiDAR.

ABSTRACT: This research addresses the study of the housing units located in the archeological site Malpaís de Tacámbaro, La Garita sector (Michoacán, México). The first results of the spatial analysis carried out using DepthMapX software and the theory of Spatial Syntax are presented, taking up the concept of space and its relationship with society, arguing that the architectural organization of La Garita could be linked to the formation of *quahtas* (house), a Purépecha term on which political, social and territorial relations were based throughout the territory of Michoacán in antiquity.

Keywords: Architecture; Space; House; Depth-MapX, LiDAR.

Cómo citar este artículo / How to cite this article: Lombo Montañés, A. (2025). La familia como constructora del espacio. Un Primer acercamiento a la aplicación de la sintaxis espacial en el análisis del concepto de *quahta*, sitio malpaís de Tacámbaro (Michoacán, México) *Salduie* 25.1: 1-16. https://doi.org/10.26754/ojs_salduie/sald.2025111670

1. INTRODUCCIÓN

Los malpaíses son paisajes constituidos principalmente de grandes cantidades de roca formadas cuando la lava arrojada por un volcán se enfría, creando un sustrato de superficie muy irregular (Cano y Meave 1996). Estos lugares parecerían inhabitables debido a la aparente inexistencia de condiciones básicas para la vida como suelo favorable para la agricultura, acceso a agua o facilidad de movimiento en el espacio. Sin embargo, un fenómeno relevante presente en la arqueología del Posclásico (950 -1521 d.C.) en Michoacán es el establecimiento de asentamientos humanos sobre los malpaíses, por ejemplo, en el área de Zacapu, Capula o Puruarán (Migeon 2016; García 2012; Punzo *et al.* 2016), en los que se ha conservado gran parte de la arquitectura original y representan ejemplos únicos sobre el uso y apropiación del espacio para la ocupación humana en la antigüedad, además de mostrar la gran adaptabilidad de los antiguos pobladores al habitar un entorno tan poco favorable.

El sitio arqueológico Malpaís de Tacámbaro (Sector La Garita), se localiza en el Malpaís de Cutzaróndiro, municipio de Tacámbaro (Michoacán, México), el cual forma parte de la franja ecológica que comunica las tierras altas de la Meseta Purépecha con la Tierra Caliente. Durante el trabajo de campo se identificó que se trata de un área con marcadas modificaciones antrópicas, evidenciándose principalmente la creación de grandes espacios planos que parecen estar interconectados por terrazas para facilitar el tránsito dentro del malpaís, a pesar de su compleja orografía. Dicha observación se detectó con la elaboración de un plano arquitectónico de las estructuras visibles presentes en el sitio.

Un factor importante de la arquitectura doméstica de esta región es el concepto de *quahta* que es traducido como “casa” en los diccionarios purépechas del siglo XVI. Dicho concepto, en investigaciones recientes, se ha planteado como la base de las relaciones políticas, sociales y territoriales a lo largo del territorio michoacano (Enkerlin y Punzo 2022), ya que supone una fuerte relación entre la unión de familias y la dominación del territorio, lo cual sugeriría la formación de *quahtas*. Sin embargo, existe un entendimiento y conocimiento limitado de este concepto al basarse prácticamente en fuentes etnohistóricas como la *Relación de Michoacán* (Alcalá 2000) y la *Visita de Antonio de Caravajal* (Warren 1963), por lo que no se tiene una definición clara de la forma en

la que se podría identificar una *quahta* en el actual contexto arqueológico.

A partir de lo anterior y dadas las buenas condiciones de la conservación de elementos arquitectónicos domésticos, surgió la necesidad de profundizar en la comprensión del uso y apropiación del espacio con el objetivo de entender la relación entre la arquitectura doméstica identificada en La Garita y la estructura social predominante representada por la *quahta*, desarrollado durante el Posclásico Medio (1.200-1.350 d.C.), momento previo a que el señorío Uacúsecha dominara gran parte del territorio michoacano.

El estudio se realiza desde la perspectiva del espacio como construcción social, específicamente de la teoría de sintaxis espacial y del software Depth-MapX. Éste representa resultados de manera gráfica, lo que facilita el análisis espacial, ya que “busca ilustrar diversas características de la lógica social complementando las planimetrías bidimensionales” (Bermejo 2009: 51).

En este trabajo se propone que los resultados obtenidos del análisis espacial realizado con Depth-MapX pueden reflejar la manera de transitar dentro de las áreas planas construidas en el sitio, lo que mostraría los posibles caminos usados en el asentamiento, permitiéndonos inferir que la ubicación de las estructuras muestra una relación entre el ordenamiento del espacio y la formación de *quahtas*, viéndose reflejado en la agrupación de construcciones, principalmente domésticas. Además, estos resultados serán contrastados con imágenes de alta resolución producidas por sensores LiDAR, para considerar datos como la pendiente y topografía del terreno, ayudándonos a entender esta particular forma de habitar los malpaíses.

2. FUNDAMENTOS TEÓRICO-METODOLÓGICOS DEL ESTUDIO

En arqueología, las unidades habitacionales son una fuente principal de información sobre los modos de vida en la antigüedad y por ello un tema de gran interés. “En ellas reside la unidad básica de producción (familia nuclear) [...] en la que se realizan actividades básicas recreativas y de subsistencia como comer, dormir, procrear, entre otras” (Manzanilla 1986: 9 y 14).

El análisis de la cultura material, los restos arquitectónicos y los contextos de las unidades habitacio-

nales, además de una revisión de las fuentes históricas o de investigaciones arqueológicas y etnográficas realizadas en ellas, puede ayudarnos a comprender la forma en la que se expresan físicamente las creencias y prácticas que constituyen a las sociedades humanas, tales como aspectos de organización social, las formas de concebir el parentesco y filiación y la relación entre ellas (Carballo 2016). Un ejemplo de ello son los estudios realizados en el malpaís de Zacapu, Michoacán donde la conjunción de diversas disciplinas y metodologías ha permitido una amplia y detallada investigación sobre los sitios arqueológicos ubicados en la región (Pereira y Forest 2022).

Asimismo, estas unidades nos ofrecen perspectivas útiles para analizar el patrón de asentamiento, principalmente desde enfoques que abordan la dimensión espacial, como la cartografía, la geografía humanista u otras disciplinas con las que sea posible comprender la apropiación y uso del espacio.

La comprensión del espacio es un instinto innato del ser humano, “la necesidad de adquirir relaciones vitales que lo integren a su entorno aporta un sentido y orden al mundo, por tanto, busca asimilarlo a sus propósitos dotándolo de significados cognitivos o afectivos que le sirvan como lenguaje” (Norberg 1975: 9), con el fin de comunicarse con el ambiente y con el resto de los individuos en él. Su estudio ha sido abordado desde diferentes perspectivas: filosófica, matemática o desde la geografía cultural o humanista que han tratado de explicarlo como una componente físico y social, “algo” que se define por la posición y orden de los cuerpos o un vacío que se llena constantemente (Sanz 1993).

Desde el punto de vista filosófico, el espacio se define como un “medio que permanece idéntico, que no es ningún cuerpo, pero que puede hacerse sucesivamente todos los cuerpos; que no tiene ninguna cualidad, pero que puede adquirir sucesivamente todas las cualidades; naturaleza invisible, sin forma, que no cae bajo los sentidos; perceptible solo a una especie de razón bastarda” (Platón 1872: 135). En matemáticas existe el concepto clásico de espacio euclidiano, el cual es “homogéneo, continuo, indefinidamente divisible (...) puede expandirse y contraerse sin cambiar de forma ni salirse de él (...) y es visto de la misma manera cualquiera que sea la posición del observador en el espacio” (Maravall 2007: 1).

Por otro lado, las posturas sobre el espacio vinculado a lo social y humano se han desprendido de

la arqueología y la geografía humanista y se considera que su estudio debe tratar de comprender los múltiples significados que lo construyen. En este sentido, Arroyo y Pérez (1997) argumentan que el espacio solo existe en relación con la humanidad, porque lo convierte en recurso dinámico, lleno de procesos para realizar cuatro actividades básicas: explotación, ocupación, ordenación y comunicación. Cada cambio realizado por la humanidad en el espacio genera determinadas estructuras espaciales cuya transformación puede identificarse y comprenderse.

Para Henri Lefebvre (2013), el espacio es producido mediante tres dimensiones: física, mental y social, interrelacionadas e inseparables en la cotidianidad de quienes lo habitan:

- La primera, o dimensión física, está conformada por elementos geográficos y físicos que conforman su paisaje y su traza lo que permite desplazarse y comunicarse dentro de él. Esta dimensión es ocupada por elementos arquitectónicos que lo modifican para adaptarlo a las necesidades humanas, de modo que expresa, mantiene y reproduce las estructuras sociales, ya que se encuentra en constante relación con las dimensiones mental y social.
- La segunda dimensión es el espacio construido, es mental porque implica sus representaciones sociales, “concebido bajo la idea de construcción social y cultural, cargado con un sistema de representaciones sobre sí, lo que permite la aprehensión conceptual del espacio que se relaciona con las vivencias del sujeto, estableciendo sus usos y sus magnitudes tanto afectivas como físicas” (Barinas 2014: 217).
- La tercera dimensión es la del espacio público, es social, un campo “donde tiene lugar lo ciudadano, como opuesto al espacio privado” (Fernández 2016: 135).

Así, el espacio se convierte en un territorio, construido socialmente y dotado de significados, donde cada decisión se vuelve parte de un lenguaje común. Dicho lenguaje puede objetivarse en productos de la actividad humana, como la arquitectura. De acuerdo con Yi-Fu Tuan (2001), exponente de la geografía humanística, un espacio arquitectónico se erige como un entorno capaz de afectar a las personas que viven en él, definir sensaciones y hacerlas vívidas e inclusive clarificar los roles y las relaciones sociales, por lo tanto, impacta en la percepción humana.

Por tanto, la arquitectura como medio de expresión y lenguaje puede actuar como un signo o en-

contrarse dotada de ellos. Estos son establecidos por una sociedad particular en un tiempo y espacio definidos; sin embargo, tales significados pueden ser nuevamente inferidos en otro tiempo y espacio por otro tipo de sociedad a través de las sensaciones y funciones generales que la arquitectura presenta. Por ejemplo, la construcción de altos muros transmite una sensación de privacidad, exclusión o control de acceso, independientemente del contexto se entiende una clara delimitación entre el exterior y el interior.

En arqueología esta separación puede identificarse en la distinción entre lugares públicos y privados, así como en los elementos arquitectónicos que los definen. Además, en el interior de estos espacios pueden reconocerse espacios definidos y diferenciados para la realización de actos rituales o políticos que dentro de ellos se pudieran realizar.

Podemos decir que las construcciones son el resultado de una compleja red de estímulos y condicionantes ambientales, sociales, religiosos, económicos, políticos y jurídicos, los cuales pueden actuar de manera conjunta o independiente, influyendo de una forma u otra en el ordenamiento del espacio. Por ejemplo, la observación del movimiento solar en el cielo pudo haber sido un criterio para decidir la ubicación de cierto tipo de estructuras relacionadas con funciones políticas y actos rituales asociados con fenómenos astronómicos que justificaban simbólicamente el poder de los gobernantes. En este sentido, la arquitectura representa fenómenos más profundos que únicamente un refugio con elementos ornamentales. De igual manera, esta compleja red actúa directamente en la formación de las *quahtas*, donde queda evidenciada la necesidad de forjar nuevos lazos familiares para fortalecer y perpetuar una forma de gobierno, independientemente de las dificultades ambientales o constructivas.

La teoría de sintaxis espacial fue desarrollada por Hillier y Hanson en la década de los ochenta del siglo pasado, partiendo del fundamento principal de que “la configuración espacial en general es no discursiva, lo que significa que no sabemos hablar de ella y, en general, no hablamos de ella incluso cuando estamos usándola más activamente” (Hillier 2007: 3). Propone estudiar el ordenamiento de las edificaciones y los vacíos que se generan con éstas, para explorar las configuraciones (relaciones) entre arquitectura y sociedad, de manera que se puedan inferir aquellas generadas en un tiempo específico entre la comunidad y su espacio construido.

En *The social logic of space* (1984) los autores presentan una serie de técnicas de análisis que proporcionan algunas herramientas a través de las que es posible registrar (gráfica y cuantitativamente) la estructura espacial de los entornos arquitectónicos y los significados no-discursivos que de ellos se puedan derivar (Bermejo 2009). Retomando estas ideas, Hillier presenta el libro *Space is the machine* (1996) donde presenta los principales postulados de la sintaxis espacial y su aplicación metodológica en el diseño urbano y arquitectónico (Arteta 2017)¹.

Esta teoría se basa en dos puntos principales, el primero plantea que “el espacio es intrínseco a la actividad humana, por lo que cada tipo de actividad tiene su propia geometría. El movimiento es fundamentalmente lineal y unidimensional; mientras que la interacción en el espacio es convexa y bidimensional, es decir que dentro del espacio todos los puntos pueden conectarse linealmente con todos los demás sin salirse del espacio, además, en él se generan puntos *isovista*, es decir, lugares desde donde todos los puntos son visibles entre sí” (Hillier 2014: 20).

Del mismo modo, Hillier nos dice que “La segunda proposición es que el espacio es configuracional; por configuración se entiende a las relaciones simultáneamente existentes. Por lo que es posible analizar las propiedades configuracionales de los complejos espaciales examinando las relaciones de cada espacio con todos los demás. La configuración espacial es, no discursiva: actuamos competentemente en complejos espaciales, pero no podemos hacer explícita nuestra competencia debido a que el espacio y las relaciones espaciales son tan fundamentales para nuestra capacidad de conocer el mundo que nos rodea y al igual que las reglas relacionales que gobiernan el lenguaje, forman parte de las ideas con las que pensamos, en lugar de aquellas en las que pensamos”.

Así, la sintaxis espacial “funciona con las propiedades extrínsecas (propiedades invisibles no relacionadas con forma, tamaño, textura o materialidad), teniendo en cuenta como cada espacio se relaciona con todos los demás espacios, en sentido de cambios de dirección y desviación angular dentro de un sistema espacial” (Yamu *et al.* 2021: 2).

¹ Arteta, J. (2017). *El paradigma de la complejidad en el diseño arquitectónico y urbano. Fundamentos, teorías y proyecciones*. Universidad de Alcalá. Alcalá de Henares. Consulta 08-05-2023

En general se plantea que la arquitectura forma parte de la vida cotidiana y por ende de la vida social de cada asentamiento, cada sociedad crea un sistema de comunicación que puede ser entendido por sus integrantes, de manera que las ideas de cómo ocupar el espacio son culturales y consensuadas por el grupo, por lo que éstas pueden ser aceptadas sin cuestionamiento ya que se nace en un sistema establecido.

En este sentido, la arquitectura es uno de los medios a través de los cuales se puede concretar esa comunicación, ya que el ordenamiento del espacio en relación con los edificios tiene que ver realmente con el ordenamiento de las relaciones entre las personas (Hillier y Hanson 1984), sin embargo, es importante recordar que estas relaciones son dinámicas y pueden cambiar dependiendo del tiempo y la sociedad.

Por otro lado, hay que tomar en cuenta que, con el uso de la sintaxis espacial, “no significa que las interpretaciones inferidas a partir de los datos gráficos obtenidos sean más sólidas que las extraídas a partir de la aplicación de otras metodologías” (Bermejo 2009: 60). Además, al ser el espacio y su interacción e integración con las sociedades, el punto de partida de la sintaxis, “esta se encuentra en constante proceso de reelaboración de críticas y análisis” (Bermejo 2015: 2).

La propuesta de Hillier y Hanson es retomada por Turner, Friedrich, Varoudis, Sailer, Koutsolampros, entre otros, para el desarrollo de DepthMapX, software que realiza un análisis gráfico de redes espaciales a diferentes escalas, desde edificios y pequeñas áreas urbanas hasta ciudades o estados completos. En cada escala, el objetivo del software es producir un mapa de elementos espaciales y conectarlos mediante una relación, por ejemplo, intervisibilidad, intersección o adyacencia. El objetivo del análisis es derivar variables que puedan tener un significado social o experiencial.

Las estructuras arquitectónicas encontradas en La Garita posiblemente constituyen unidades habitacionales que podrían comprenderse como *quahta*. El término puede definirse a partir de la Relación de Michoacán que menciona: “Y estas casas no cuentan ellos por hogares ni vecinos, sino cuantos se llegan en una familia, que suele haber en alguna casa dos o tres vecinos con sus parientes” (Alcalá 2000), (f 6, 6v). Monzón y Roth-Seneff (2016: 99-100) la definen como “una unidad de dominio común que agrupa parientes, generaciones y prosapia por lazos

de sangre o de parentesco ritual”. Estos investigadores retoman los *Fragmentos de la Visitación de Antonio de Caravajal* realizada entre 1523 y 1524 d.C. para llevar a cabo un estudio relacionado al conteo de casas. Caravajal registró dos cantidades diferentes de “casas”, por un lado, la suma dada por los *calpixques* y por otro la que él mismo calculó o moderó (Espejel 2011). Con este conteo puede notarse que como número mínimo se puede tener una sola *quahta*, que al comparar los registros numéricos de Caravajal puede contener de dos hasta cinco casas (entendida como unidades de habitación).

Enkerlin y Punzo (2022) retoman el término *quahta*, argumentando que estas unidades familiares son una institución directamente relacionada con la posesión del territorio y adquisición de parentesco. De manera que la organización social dentro del señorío Tarasco se basa en la “casa”, es decir, la familia y las alianzas entre ellas.

Arqueológicamente se tiene registro de diversas unidades habitacionales, pero no ha sido el interés principal relacionarlo con el término y las implicaciones socio territoriales de la *quahta*, de forma que únicamente se describen los materiales constructivos, las dimensiones o tipos de planta. Sin embargo, en las unidades habitacionales localizadas en el sitio de Milpillas, Malpaís de Zacapu, investigado por Forest y Michelet (2012); se observa que junto a los espacios públicos existen sectores de viviendas que pueden clasificarse como comunales, que, aunque no es la interpretación de los autores, podrían representar arquitectónicamente y por ende arqueológicamente a la *quahta*. Argumentan que la residencia en familias nucleares debía ser la norma en los asentamientos del malpaís; notando que la combinación de criterios topográficos y de interrelaciones entre estructuras sugiere un nivel de agrupación, correspondiente a la asociación de varias unidades domésticas que, aunque individualizadas, comparten el mismo nivel de terraza, lo que ellos denominaron como “conjunto residencial”.

Si bien entendemos las limitaciones del uso de esta metodología, creemos que a través de ella podemos comenzar a vislumbrar unas formas distintas de entender el espacio y la relación de la humanidad con él, tal teoría consideramos que podría ayudarnos en los estudios arqueológicos para tratar de entender las interacciones cotidianas existentes de las personas con su espacio construido y específicamente aportar al entendimiento de la *quata* en el contexto arqueológico.

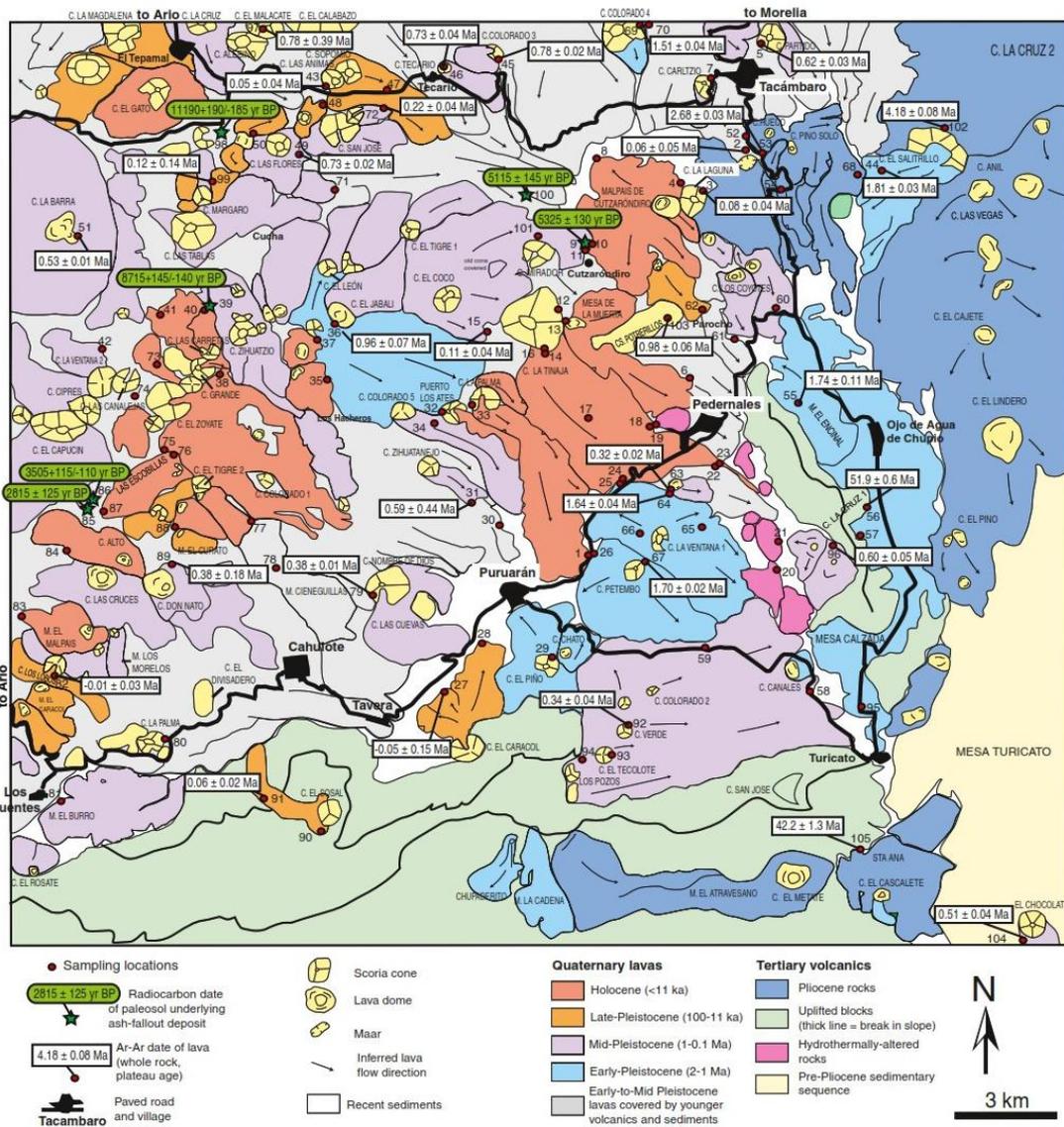


Figura 1: Mapa geológico del área de Tacámbaro. Se muestran las fechas y lugares de las muestras tomadas para radiometría (Tomado de Guilbaud *et al.* 2012:1189).

La decisión de construir y habitar en los malpaíses “evidencia la existencia de un sistema de significados, donde se crea una simbiosis entre la arquitectura y el medio, por lo que la organización arquitectónica y la lógica simbólica en momentos y espacios distintos del antiguo Michoacán pueden estudiarse” (Punzo 2018:127). En este sentido el trabajo propuesto en el sector La Garita desde la teoría de sintaxis espacial podría ayudar a comprender la relación entre el ordenamiento de la arquitectura doméstica registrada y el pensamiento social imperante en la última etapa de ocupación del sitio, período en el que se le puede relacionar directamente con el

señorío Uacúsecha que dominaba gran parte del actual Estado de Michoacán y podría ser una aproximación al entendimiento de las formas de dominio de este señorío con otros grupos sociales.

3. SECTOR LA GARITA, MALPAÍS DE TACÁMBARO: PAISAJE, HISTORIA E INVESTIGACIÓN

El Malpaís de Cutzaróndiro forma parte del área denominada Campo Volcánico Michoacán-Guanajuato, conformado por más de mil aparatos volcánicos, la mayoría son conos de lava o ceniza con una distribu-

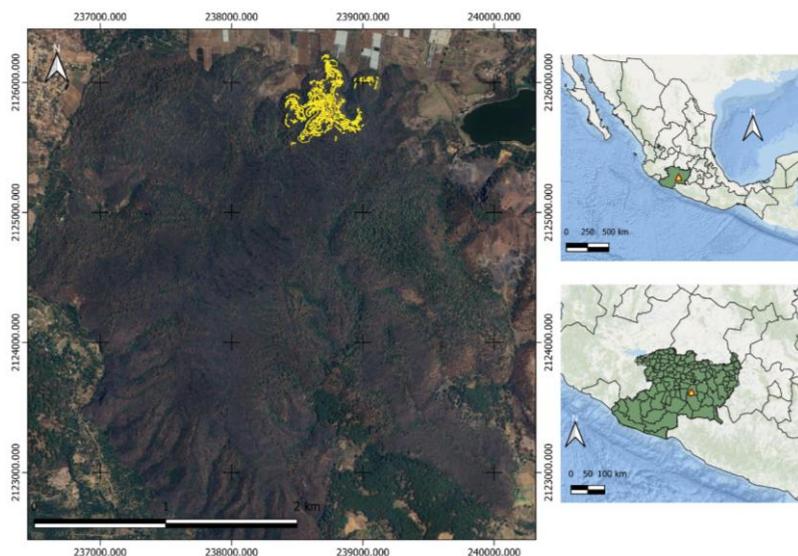


Figura 2. Mapa de ubicación del sector La Garita en el Malpaís de Cutzaróndiro. Para dimensionar el tamaño del sitio, se presenta en color amarillo las estructuras mapeadas durante el 2018. SRC: WGS84 Zona 14 N. (Elaboración de Verónica García).

ción espacial aleatoria; además de “43 domos, 22 maars o anillos de toba, 13 volcanes jóvenes con conos en la cima y 61 flujos de lava” (Ban *et al.* 1992; Hasenaka y Carmichael 1985: 577). El Malpaís fue determinado como un flujo de lava no asociada a un cono (Hasenaka y Carmichael 1985); en sus cercanías se encuentra el volcán La Tinaja y un cono de escoria conocido como cerro La Laguna; por lo que su geología se encuentra conformada por rocas ígneas.

La datación de las erupciones volcánicas en el área de Tacámbaro-Puruarán a través de métodos paleomagnéticos permitieron la datación del Malpaís de Cutzaróndiro. En ese estudio se tomaron 21 muestras de sitios separados entre ellos para datar cuatro volcanes: La Tinaja, La Palma, Mesa La Muerta y el malpaís de Cutzaróndiro, resultando ser La Tinaja (3.650-3.480 a.C.) el más antiguo y el malpaís de Cutzaróndiro (420-320 a.C.) el más joven (Nasser *et al.* 2017) (Fig. 1).”La edad referida tiene una relevancia arqueológica ya que corresponde al Preclásico tardío (400-200 a.C.) en la escala de tiempo arqueológica mesoamericana, por lo que las erupciones pudieron haber tenido algún impacto en las culturas de esa época” (Díaz *et al.*, 2021: 64). Los vestigios arqueológicos hallados hasta el momento siguieron que este lugar comenzó a habitarse unos 1.000 años después de su erupción.

El sitio Malpaís de Tacámbaro, Sector La Garita se ubica en el Malpaís de Cutzaróndiro municipio de Tacámbaro, Michoacán, el cual forma parte de la franja ecológica que comunica las tierras altas de la Meseta Purépecha con la Tierra Caliente (Fig. 2).

Tacámbaro fue un pueblo prehispánico conquistado por los tarascos en el periodo de conquistas que realizaron los caciques isleños tras la muerte de Tariácuri, posiblemente entre el año 1.400 y 1.450 d.C. La *Relación de Michoacán* de Jerónimo de Alcalá, concentra la historia del pueblo uacúsecha, y menciona el poblado en las fojas 113 y 132 (Fig 3):

...Pues mira hijos, en el pueblo de Tacanbaro donde esta por señor Cauniyancha, el cual no era señor mas oficial del cu, y ponía las ofrendas a los dioses y favoreciolo la diosa Xaratanga y por eso es señor en Tacanbaro y tiene dos hijos, Tarando y Horahta. Ninguno de estos ha ser señor. (...) Y entraron en su consejo Hiriapan y Tangaxoan y Hiquingaje y dijeron: “hagamos señores y caciques por los pueblos, que placera a los dioses que sosiegue la gente”. “Conquistaron asi mesmo Tacanbaro, Huarapan, Parochu, Charu, Hetoquaro, Carupu hucazio” (f 132).



Figura 3: Como destruían o combatían los pueblos. (Lámina XXXII, *Relación de Michoacán*, Tomado de Alberú 2012).

Con la llegada de los españoles y tras la caída del *irehecu* o gobernante de Tzintzuntzán, se fundó el poblado hispano de Tacámbaro en 1538, el cual formaba parte de la encomienda de Cristóbal de Oñate, capitán, conquistador y gobernador de la Nueva Galicia; y que fue el centro de evangelización de tierra caliente mediante la orden agustina enviada por Pedro de Alvarado, encomendero de Tiripetío (Álvarez 2006). El mismo personaje fundó la hacienda de Chupio, ubicada en el mayorazgo de La Magdalena y comenzó con plantaciones caña (Ita y Delgado 2001).

Actualmente, el municipio de Tacámbaro se dedica a la agricultura (principalmente de aguacate) y el comercio. Mediante recorridos de superficie, realizados en 2017 y 2018, en el malpaís se notó la presencia de suelo, el cual tuvo que ser traído del valle por los antiguos pobladores (Punzo *et al.*, 2018:), que ha sido reutilizado por los locales para agricultura de temporal, quienes aprovechan las zonas ya planas modificadas en tiempos prehispánicos, y que antiguamente eran ocupadas para poder construir y morar en el malpaís. Recientemente las plantaciones de aguacate que han llegado a esta zona del malpaís son uno de los mayores problemas de conservación del sitio.

3.1. Antecedentes de Investigación

El área de Tacámbaro ha sido poco trabajada; en 2016 se iniciaron los recorridos de superficie dentro del marco del *Proyecto Arqueología y Paisaje del Área Centro Sur de Michoacán* bajo la dirección del Dr. José Luis Punzo Díaz del Centro INAH Michoacán. Dicho proyecto comenzó en el año 2014 y continúa hasta el presente año. Uno de los objetivos principales ha sido la generación de planos arquitectónicos y el análisis espacial a través del uso de Sistemas de Información Geográfica de sitios nuevos y de los previamente registrados.

Durante 2014 se visitaron y registraron las extensiones de lava del norte del Malpaís de Cutzaróndiro, donde se identificó el sitio Malpaís de Tacámbaro, sector La Garita. Con el recorrido de superficie se pudieron apreciar una serie de nivelaciones y terrazas con rocas basálticas de grandes dimensiones, las terrazas se ubican a los lados de estas extensiones de lava y siguen hacia la parte más alta (Punzo *et al.* 2016). En 2017 se continuó con su registro, La Garita mostró inicialmente 25 terrazas, las cuales

fueron construidas con grandes muros de contención de roca basáltica y gran cantidad de material de relleno. Algunos muros miden hasta 2 m de altura (Punzo *et al.* 2017).²

Se determinó que La Garita tiene un patrón de construcción similar al de otros sitios asentados en malpaíses dentro del territorio michoacano; consistente en el acomodamiento de lajas de basalto de tamaño mediano, sin presentar cementante alguno, la construcción de plataformas superpuestas aprovechando la inclinación natural del cerro, así como la combinación de estructuras de formas geométricas rectangulares y circulares.

Esta forma de construcción se extendió durante el Posclásico, consistiendo en un relleno de bloques de basalto y tierra que cubre los intersticios que a su vez son cubiertos mediante lajas talladas (*xanamus*), los cuales no tenían mortero (Forest 2018; Migeon 2015; Pulido y López 2014). Ejemplo de esta construcción se presentan en Angamuco (Michoacán), sitio localizado en un malpaís cuya arquitectura es de piedra apilada sin cortar que tampoco tiene cementante (Fisher *et al.* 2019). Otro ejemplo es Urichu, localizado sobre una meseta limítrofe del malpaís llamado Itzira Ahuacuti, que presenta una estructura arquitectónica denominada yácata, una plataforma y terrazas que se encuentran en los alrededores, además dos montículos alineados a un sendero que parte del pueblo actual de Urichu hacia el malpaís (Espejel 1992).

En el 2018 los trabajos de investigación se intensificaron en La Garita, realizándose un levantamiento de las estructuras para obtener un plano del sector. En este año se lograron identificar un total de 121 estructuras que presentaban diferentes tipos de planta: cuadrangulares, circulares y estructuras especiales.

- Las estructuras de planta cuadrangular de medianas dimensiones (19-30,8 m²) son las más abundantes en el sitio y se encuentran agrupadas, siendo inicialmente interpretadas como unidades habitacionales.
- Las estructuras de planta circular se han relacionado con actividades de almacenaje, pues tienen mayor presencia en zonas de conjuntos habitacionales, su distribución general es ho-

² Punzo, J. L.; González, L., & Valdés, A. (2017). *Proyecto Arqueología y Paisaje del Área Centro Sur de Michoacán. Informe Técnico* Morelia: Centro INAH-Michoacán. Consulta: 15-05-2023.

mogénea en todo el sitio. El conjunto de esta variedad de estructuras son las que pensamos que debieron ser referidos por los antiguos michoacanos como “*quahta*” (casa), ya que, además de contarse con la presencia de construcciones domésticas se cuenta con estructuras de almacenamiento para proveer a un grupo de personas.

- Por último, las estructuras especiales se denominaron así debido a que se trata de grandes plataformas con siluetas rectangulares, circulares o la combinación de éstas. Se encuentran fuera de los conjuntos habitacionales, asociadas a espacios abiertos formados por las terrazas donde se ubican.

Es importante mencionar que, de acuerdo con las dataciones de restos óseos localizados en una de las estructuras ya mencionadas, se obtuvo el fechado de 1.187-1.276 d.C.; lo que posicionaría al sitio en la Fase Urichu Tardío (1.100-1.350 d.C.), propuesta por Helen Pollard (1998) y que forma parte del Posclásico Medio. Un punto interesante es que en este sitio se recuperaron fragmentos cerámicos que darían cuenta de una posible ocupación del lugar desde el Epiclásico (600-900 d.C.) (Punzo *et al.* 2018).³

Con los trabajos de campo, se logró realizar una proyección isométrica para reconstruir la manera en que vivían las personas en el malpaís. “La construcción de las casas arrancaba con una base y muros de piedra. Sobre estos, es posible que se colocara una armadura de madera para soportar el techo conformado de paja, que finalizaba con la colocación de un copete que cubría la junta del techo de dos aguas” (*Ídem*: 78)⁴ (Fig. 4).

En los muros de las estructuras que aún se conservan en el sitio, se aprecia que posiblemente las rocas basálticas utilizadas para su construcción se seleccionaron por estar fracturadas por procesos naturales, ya que no se observa hayan tenido un proceso de transformación o trabajo para su uso, sin embargo, es necesario una investigación sobre este tema para determinar con precisión la manera en que se estaba extrayendo o transformando el derrame lávico (Fig. 5).

³ Punzo, J. L.; Valdés, A.; González, L. & Ayala, M. (2018). *Proyecto Arqueología y Paisaje del Área Centro Sur de Michoacán. Informe Técnico*. Morelia, Michoacán: Centro INAH. Consulta: 18-05-2023

⁴ *Ídem*: 78. Consulta: 18-05-2023.



Figura 4. Proyección isométrica de la estructura 29, basada en trabajo de campo y fuentes históricas (Tomado de Punzo *et al.* 2018: 79).



Figura 5. Restos de muro que conformaban la estructura 16 (escala de 60 cm).

A primera vista no se observa algún tipo de transformación mayor de las rocas para su uso en la construcción. (Fotografía tomada de Punzo *et al.* 2018: 165).

4. METODOLOGÍA

4.1. Sensor LiDAR (*Light Detection and Ranging*)

El LiDAR es una herramienta con amplia aplicación en arqueología por su capacidad para generar modelos de alta resolución en amplias extensiones de terreno. El fundamento básico para la observación remota de la superficie es la interacción de un flujo energético entre un objeto y un sensor. La interacción se produce por reflexión, emisión o emisión-reflexión. La primera es la forma más importante de teledetección, ocurre cuando la radiación electromagnética emitida de forma natural o artificial incide en la superficie terrestre y es reflejada, permitiendo su detección a distancia. La radiación puede describirse en función de su longitud de onda o frecuencia y está categorizada dentro del espectro electromagnético (Chuvieco, 1995).

La interacción de la radiación con una superficie dependerá de sus características, siendo estas re-

flectividad, transmisividad o absorptividad, las condiciones atmosféricas, y la geometría de observación. La cantidad de energía que llega al sensor depende del ángulo con el que la superficie refleje la energía incidente, así como del formado por el haz incidente y la posición del sensor. Esto está directamente relacionado con la rugosidad de la superficie, distinguiéndose dos tipos: “especular, que refleja la energía con al mismo ángulo del flujo incidente y lambertiana, que refleja la energía uniformemente en todas las direcciones” (Chuvienco, 1995:60). Lo anterior resulta relevante porque todas las operaciones de medición y escaneo láser se basan en el uso de instrumentos láser capaces de medir distancias de alta precisión, por lo que el tipo de superficie incide directamente sobre la manera y cantidad en que la energía se absorba y refleje.

El LiDAR emite pulsos de luz láser que viajan desde el sensor hasta el objeto que se desea medir y retorna al instrumento después de haber sido reflejado por dicho objeto, de allí el término eco de pulso. Durante el tiempo de vuelo (TOF por sus siglas en inglés) el instrumento de medición láser registra el intervalo de tiempo exacto que ha transcurrido entre la emisión del pulso desde el sensor (punto A) y su retorno tras reflejarse en un objeto del terreno (punto B) (Petrie y Toth, 2018) (Fig. 6).

El escaneo del área se logra mediante una serie de mediciones de perfil en la dirección perpendicular a la línea de vuelo, mientras que el movimiento hacia adelante proporciona la segunda dimensión espacial. El escaneo con un espejo o prisma reflectante, cuyos ángulos de rotación pueden ser medidos continuamente y precisamente mediante un codificador angular, permite la adquisición del perfil longitudinal que se mide en la dirección de avance de la plataforma; y a partir de ello se genera una nube de puntos (Petrie y Toth, 2018).

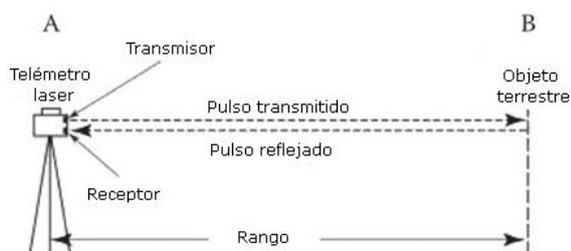


Figura 6. Funcionamiento básico de un Telémetro láser que utiliza el impulso TOF:

R es la distancia inclinada o alcance, v es la velocidad de la radiación electromagnética, que es un valor conocido y t es el intervalo de tiempo medido. (Imagen tomada de Petrie y Toth 2018).

El LiDAR tiene tres componentes principales:

- 1) Escáner y sensor láser: el primero emite pulsos de luz sobre la superficie y el segundo recibe el reflejo de los pulsos.
- 2) GPS/IMU (*Inertial Measurement Units*): proporcionan la información georreferenciada del barrido láser para calcular la posición tridimensional de cada pulso emitido.
- 3) Procesador: construye la nube de puntos, a partir de la medición de la distancia (IBM 2023).

Durante el 2022 se llevó a cabo un vuelo con sensor LiDAR multispectral aerotransportado, tipo *Teledyne Optech Titan* sobre los sitios de Tzintzuntzan, Itziparátzico y el Malpaís de Cutzaróndiro, en colaboración con la NCALM (*National Center for Airborne Laser Mapping*). Mediante el vuelo en el Malpaís de Cutzaróndiro y el tratamiento de la nube de puntos, se obtuvo un Modelo Digital de Elevación (DME) y un Modelo Digital de Terreno (MDT) con una resolución de 0,5 m. El MDE y el MDT se retomaron para realizar análisis espaciales en QGIS (*Quantum Geographic Information System*) con el fin de detectar anomalías que puedan estar relacionadas con acciones antropogénicas. Para facilitar esta tarea se llevó a cabo un tratamiento del MDE con un software de acceso libre llamado RVT (*Relief Visualization Toolbox*), este programa fue desarrollado por la Academia de Artes de Eslovenia con la finalidad de procesar imágenes de alta calidad, como las producidas por LiDAR, aplicando diferentes filtrados que ayuden a identificar las irregularidades en el terreno, lo que en arqueología ayudaría a la pre-detección de sitios arqueológicos (Fig. 7).

Para el caso del Malpaís de Cutzaróndiro se eligieron:

- a) *Slope*, que representa la tasa máxima de cambio entre cada celda y sus vecinas. Puede calcularse como porcentaje de pendiente en una escala de grises, donde las partes blancas representarán pendientes pronunciadas.
- b) *Hillshade* que proporciona la impresión visual más natural. Es una descripción de cómo la superficie en relieve refleja la iluminación entrante. Las zonas perpendiculares al haz de luz son las más iluminadas mientras que las áreas con un ángulo de incidencia igual o mayor a 90° son las más oscuras. Las áreas que miran directamente hacia o desde la iluminación suelen estar muy saturadas por lo que es posible percibir menores detalles.

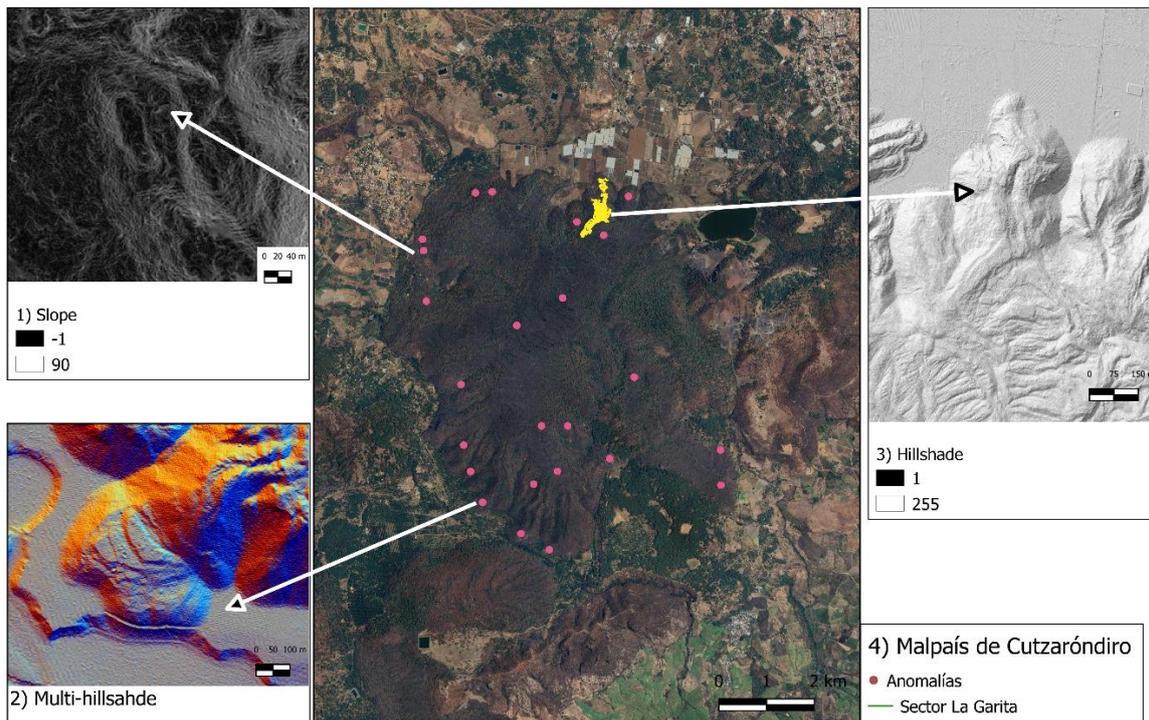


Figura 7: Filtrados hechos con RVT. Con cada filtrado se resaltan diferentes características del terreno que ayudan con la detección de elementos antrópicos: con el filtro Multi-hillshade es posible apreciar cómo se modificó el terreno creando amplios espacios planos, probablemente relacionados con plataformas arquitectónicas. (Elaborado por Verónica García).

c) *Multi-hillshade* que tiene la misma base que un *hillshade*, pero en esta visualización se ilumina la superficie desde múltiples direcciones y en una escala de colores rojo, verde y azul (Kokalj y Hesse 2017).

Tomando como referencia los patrones vistos en el sector La Garita, se marcaron las anomalías que pudieran estar directamente relacionadas a modificaciones humanas, para determinar si en otras áreas del malpaís se desarrollaron más asentamientos, como así ocurre en el Malpaís de Zacapu, debiendo mencionar que tales anomalías se espera que puedan ser revisadas posteriormente en otros trabajos de campo.

Del mismo modo, hay que señalar que, además, con la ayuda de los filtros hemos podido identificar y marcar las terrazas ubicadas en los laterales del sector, que debido a lo complicado del terreno no fue posible mapear en las temporadas de campo; hasta el momento se han registrado 227 terrazas y es posible apreciar más. Los filtrados además se han tomado para considerar la topografía del terreno dentro de los análisis que más adelante se presentarán (Fig. 8).

4.2. Aplicación de Depthmapx y resultados

El plano del sector La Garita se procesó en Depth-MapX, aplicándose los análisis de Visibilidad, Líneas Axiales y Modelo de Agentes. Se seleccionó la parte suroeste del sector, ya que es en esa zona donde se localizaron más unidades habitacionales construidas sobre terrazas que hacen prácticamente plano el lugar (Fig. 9). Es importante mencionar que para que este software analice los mapas es necesario definir solamente los contornos de las estructuras, así como los límites espaciales de análisis, ya que cualquier línea es interpretada como un elemento que obstruye la movilidad.

Tales límites se trabajaron en el software AutoCAD y se exportaron en formato DXF, compuestos por distintas capas que permitieran acotar espacios y así tener mayor definición en los análisis de Depth-MapX. Esto permitió tener varias versiones a partir del rango de análisis, lo que a su vez genera modelos más comprensibles. A continuación, se muestra como el trabajo realizado con el plano y los mapas de análisis creados, permiten realizar la propuesta de esta investigación.

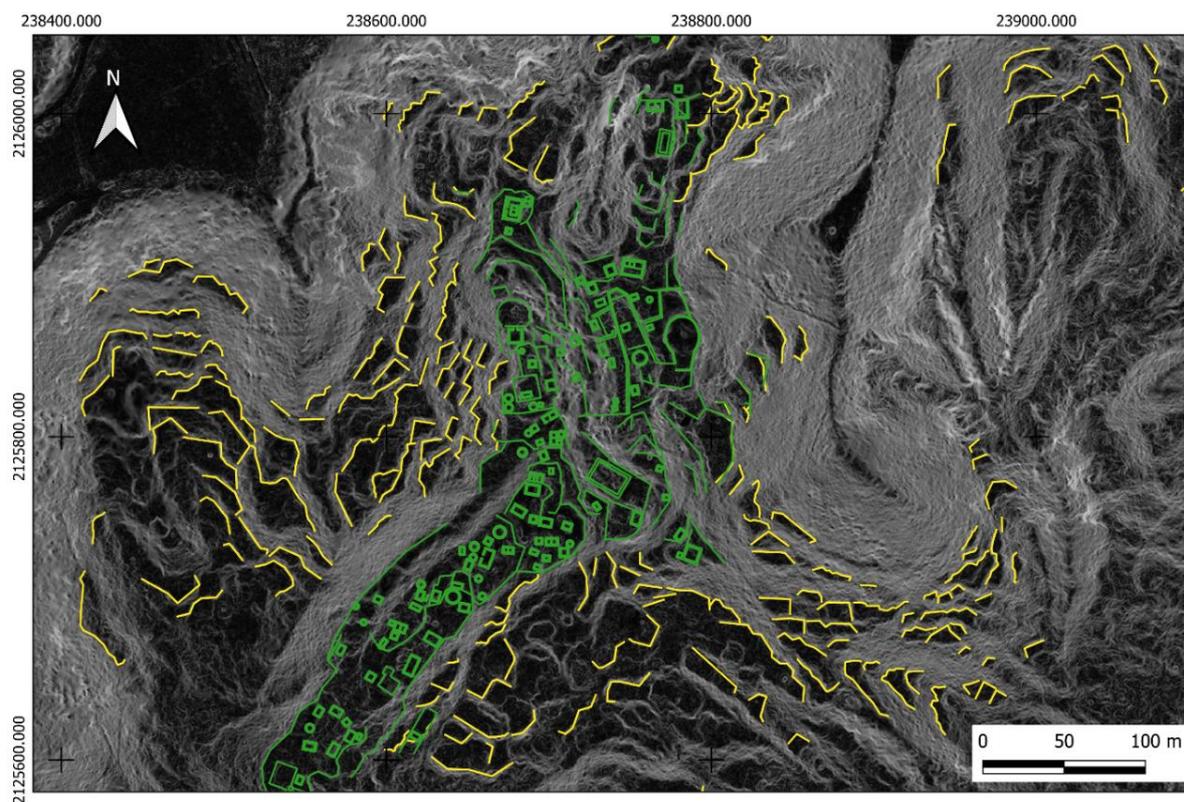


Figura 8: Con el filtro de Slope (pendiente) se aprecia de mejor manera el cambio en el terreno, es evidente que el malpaís presenta un terreno tortuoso, por lo que el cambio en la pendiente es notorio, resaltando amplios espacios planos que se identificaron como terrazas. Hasta el momento se han marcaron 227 de estas. En el mapa se representan en color amarillo las terrazas identificadas y en color verde el plano de las estructuras (2018). (Elaborado por Verónica García).



Figura 9. Plano de la Garita, se resalta el límite del área analizada donde la cantidad de unidades habitacionales es mayor. (Plano de José Luis Punzo modificado por Verónica García)

4.2.1. Gráficos de visibilidad

Tiene su fundamento en la teoría de isovistas de Benedikt, la cual propone que la navegación en el espacio interno en gran parte depende de la visibilidad, ya que los usuarios tienden a orientarse en lo que pueden ver y hacia donde pueden ir. Benedikt define que a partir de los polígonos que delimitan a las isovistas y sus campos visibles, se pueden obtener numerosos descriptores que reflejan las propiedades físicas del espacio como área, perímetro, número de vértices y la longitud de límites abiertos o cerrados de observación (Giseop *et al.* 2019; Marzal, 2021).

Turner y su equipo, retoman la matriz de Braaksma y Cook (0 puntos no visibles entre sí y 1 puntos visibles entre sí) reformulándola como un gráfico de visibilidad de ubicaciones donde un “borde gráfico conecta vértices que representan ubicaciones mutuamente visibles” (Turner 2001: 1). Así, en el software DepthMapX se crea una cuadrícula con la que el programa intenta encontrar todas las ubicaciones visibles cuadro por cuadro de manera que a medida que se considera cada ubicación, se agrega un vértice al gráfico para este punto y se almacena el conjunto de vértices visibles o también conocido como vecindario del vértice. Estos valores se colorean usando un rango espectral desde índigo para valores bajos hasta azul, cian, verde, amarillo, naranja, rojo y magenta para valores altos de visibilidad.

De manera general el gráfico resultante de este análisis, presentado en la figura 10 muestra que la zona con mayor visibilidad se encuentra en la orilla oeste del plano, es a partir de esta zona que los valores disminuyen, expresados en colores fríos, mostrando como área de menor visibilidad aquella en que se encuentran más estructuras, ya que el espacio de isovista es menor. De manera particular, se aprecia que el posible inicio de este espacio con amplia visibilidad se encuentra en una de las estructuras ubicadas al norte, señalada con el número 1 en la figura 10, y a partir de ésta el área se vuelve más extensa hasta llegar a las estructuras colocadas a manera de círculo las cuales son atravesadas, identificadas con el número 2, alcanzando una estructura especial de planta cuadrangular, señalada con el número 3. En el número 4 se aprecia además que la visibilidad para una de las estructuras que integran un círculo se encuentra desde el interior, lo que podría indicar que dicha edificación tiene un control visual del amplio espacio antes mencionado.

El gráfico de visibilidad también da una aproximación a qué tan accesibles son los espacios con

respecto a su ordenamiento, por lo que, aparentemente el gran espacio de color cálido podría ser el más transitable mientras que la estructura especial ubicada detrás de aquellas colocadas a manera de círculo sería más privada ya que para llegar a ella es necesario caminar entre las anteriores.

La implicación social de un análisis visual está en que “la voluntad de visibilización puede ser tanto consciente y explícita como implícita e incluso inconsciente, lo que refleja que la racionalidad de un grupo social determina los rasgos que serán visibles” (Mañana *et al.* 2002: 39).

4.2.2. Líneas axiales

Turner y Penn (2005) definen una línea axial como cualquier línea que une dos vértices intervisibles dentro de un sistema. El análisis de líneas axiales se basa en el principio de que “las personas tienden a moverse naturalmente en línea recta y que éstas siguen la dirección marcada por las líneas de máxima profundidad visual” (Arteta 2017: 7). Para este análisis, el software toma dos condiciones importantes, la primera es que cada vértice en los límites de un polígono debe ser visible desde una línea y la segunda es que todos los anillos topológicos (bucles de circulación dibujados alrededor de los límites de polígonos internos o edificios) deben ser completados.

La primera condición se cumple al formar espacios convexos superpuestos, así se comienza una reducción de líneas bajo la condición de que, si una línea se conecta a una que sus vecinos no se conecten, se retiene o de lo contrario se elimina; mismo fin tienen las líneas que sean igual o equivalentes a conexiones entre los vértices de los límites. La segunda condición se cumple cuando se separan los vértices de los bordes del polígono de todas las caras de otros polígonos que son visibles desde él. En general “es probable que las líneas más largas estén mejor conectadas dentro de la red que las líneas más cortas” (Morton *et al.* 2014: 29). En este análisis la conectividad relativamente alta es un ingrediente importante para determinar el grado de ocupación de un espacio.

El gráfico resultante del análisis de líneas axiales, presentado en la figura 11, muestra resultados similares al análisis de visibilidad; por ejemplo, las líneas de mayor longitud igualmente se conjuntan en la orilla oeste del sector, señaladas con el número 1 por lo que se puede inferir que este lugar era el mejor conectado dentro del área analizada, es decir que tendría más afluencia de personas, por ende, esta

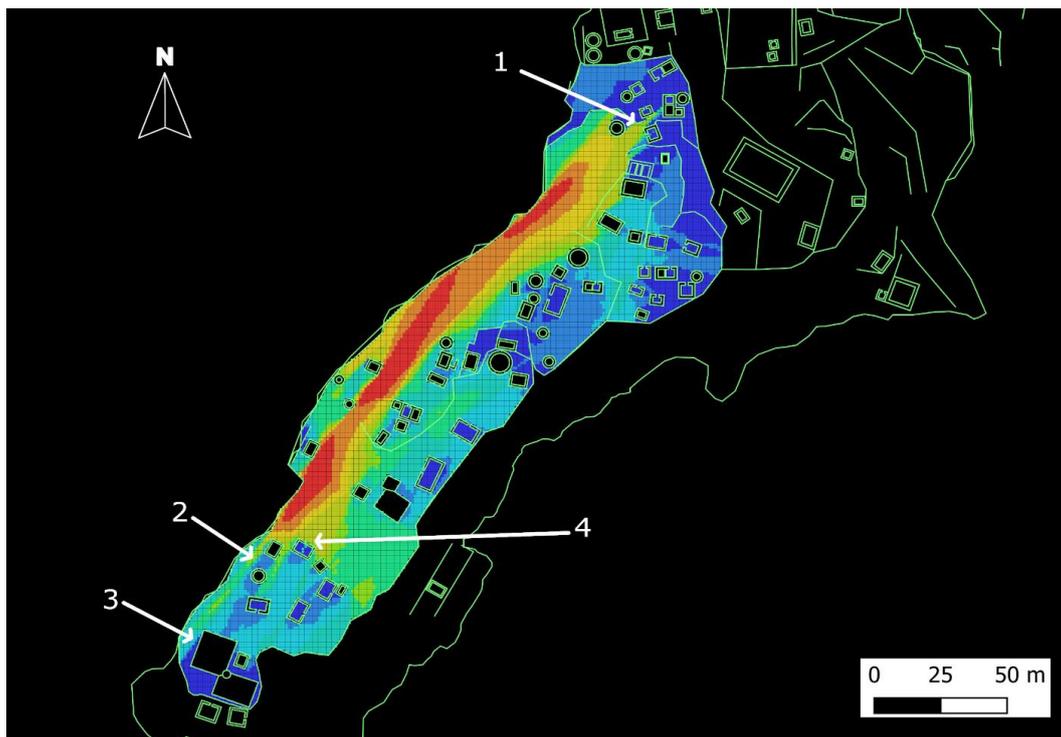


Figura 10: Gráfico de Visibilidad
 Los valores cálidos representan el espacio más visible dentro del área de análisis contrario a los colores fríos.
 Cada número presenta observaciones particulares.
 (Elaborado por Verónica García).

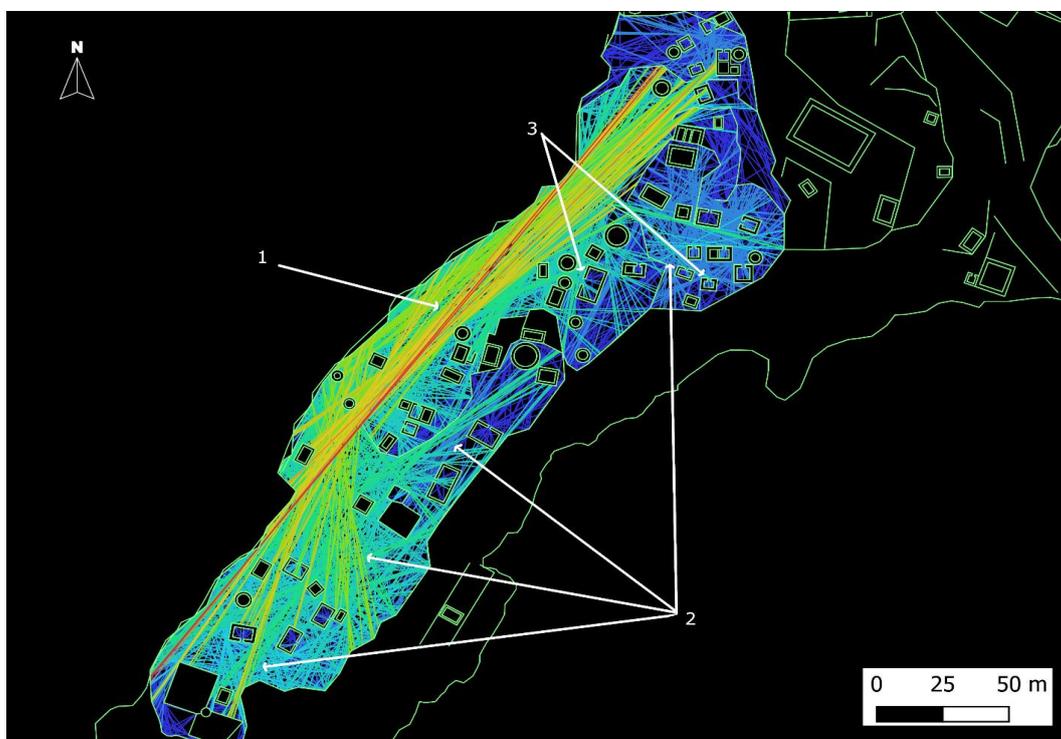


Figura 11: Gráfico que muestra los resultados del análisis de Líneas axiales.
 A pesar de que las líneas con mayor profundidad visual se localizan en el área oeste se pueden apreciar como las líneas más cortas se comunican bien entre las estructuras.
 (Elaborado por Verónica García).

zona pudo ser la vía que interconectaba el sector estudiado. Mientras que las líneas más cortas, señaladas con el número 2 de la misma figura 11, se relacionan con las estructuras, es posible apreciar que algunas de estas resaltan porque son más gruesas, mismas que se enlazan con la zona antes mencionada, entonces podríamos suponer que serían las posibles vías secundarias para llegar a lugares específicos.

Con respecto a las líneas en tonos más fríos (verde-azul), identificadas con el número 3 en la figura 11, también se puede argumentar que algunas de ellas “entran” a determinadas estructuras que parecen estar detrás de otras; a partir de esto, es factible proponer que una de las condiciones para el acomodo de las estructuras es que sea posible visualizar actividades o personas que se encuentren en espacios que parecen más comunales.

4.2.3. Agentes

Para el análisis de agentes, el software DepthMapX presenta una Arquitectura Visual Exosomática (EVA por sus siglas en inglés) para la orientación del agente. En ella, se consideran tres reglas principales de movimiento determinadas por Peponis *et al.* (1990): 1) evitar retroceder, 2) si todo lo demás es igual, continúe con la misma dirección, 3) desviarse del rumbo actual cuando una nueva vista le permita ver más espacio; se toma además en cuenta la condición de que al caminar se reduzca el ángulo total girado.

Detrás del EVA hay un gráfico de visibilidad de cuadrícula densa, con el que, desde cada cuadro se calculan los puntos visibles entre sí, con este análisis el conjunto de ubicaciones visibles se subdivide en contenedores, y la isovista aproximada se puede dividir en segmentos angulares. El agente simplemente tiene que elegir una ubicación para caminar a través de un proceso estocástico para que participe en el movimiento natural. Los agentes no ven el espacio, pero basan sus decisiones en la disponibilidad de un destino, un punto en una superficie dentro del entorno, que ofrece la posibilidad de otro destino y así sucesivamente; esto se complementa con parámetros establecidos como son la longitud de paso promedio y la constante del ritmo de marcha (ambos parámetros establecidos para adultos) (Turner y Penn 2002).

Los parámetros antes mencionados son presentados gráficamente en el software, a medida que cada agente pisa un cuadrado de la cuadrícula,

incrementa un contador. En una escala de color, las áreas azules tienen recuentos bajos y las áreas rojas tienen recuentos altos, por lo que los espacios en colores cálidos implicarían mayor circulación. De acuerdo con la escala de color, el tono cálido (rojo) marcaría el posible camino más usado por las personas, y conforme la escala de color tiende a tonos fríos implicaría rutas menos utilizadas.

El gráfico resultante del análisis se colocó sobre el filtro de *slope* para comparar los resultados proporcionado por DepthmapX con la topografía real del terreno. Además, se delimitaron más los espacios para realizar el análisis de agentes en espacios con mayor número de estructuras, de manera que se pueda inferir la circulación entre ellas (Fig. 12).

El gráfico resultante del análisis de agentes resalta en colores cálidos la misma zona ubicada al oeste del sector, la cual podría pensarse como una vialidad principal ya que de acuerdo con el análisis es el lugar donde más “caminaron” los agentes.

Sin embargo, al contrastar el resultado de agentes con el mapa de pendiente resalta que el espacio más utilizado para circulación, expresado con colores cálidos, se encuentra sobre un área en que el terreno tiene mayor pendiente respecto al resto de la zona de estudio. Pero, esta vialidad se muestra considerablemente amplia, ya que mide en su parte más angosta casi 6 m. Retomando el resultado de gráfico de visibilidad, es notable que el espacio que se está usando para “caminar” no es propiamente aquel en que los colores cálidos se conjuntan, sino la zona plana que se aprecia a un costado y que inicia desde las estructuras ubicadas al norte, este espacio amplio se trata de una nivelación artificial dentro del malpaís.

Se puede apreciar también que esta vía principal termina al sur en una zona más amplia donde la pendiente disminuye drásticamente e inician las estructuras. Cabe resaltar que esta ampliación se localiza frente a un conjunto arquitectónico ordenando en círculo, así como también frente a una estructura especial, lo que lleva a sugerir este lugar como un espacio o área pública. Sobre este primer modelo de agentes se puede decir que la circulación se encuentra dirigida y delimitada por una pendiente conduciendo a un área común que precede a los conjuntos habitacionales.

Acotando los espacios es posible apreciar mucho mejor las rutas que las personas pudieron utilizar entre las estructuras. En las imágenes colocadas a la derecha del plano con filtro *slope* (Fig.12) se puede

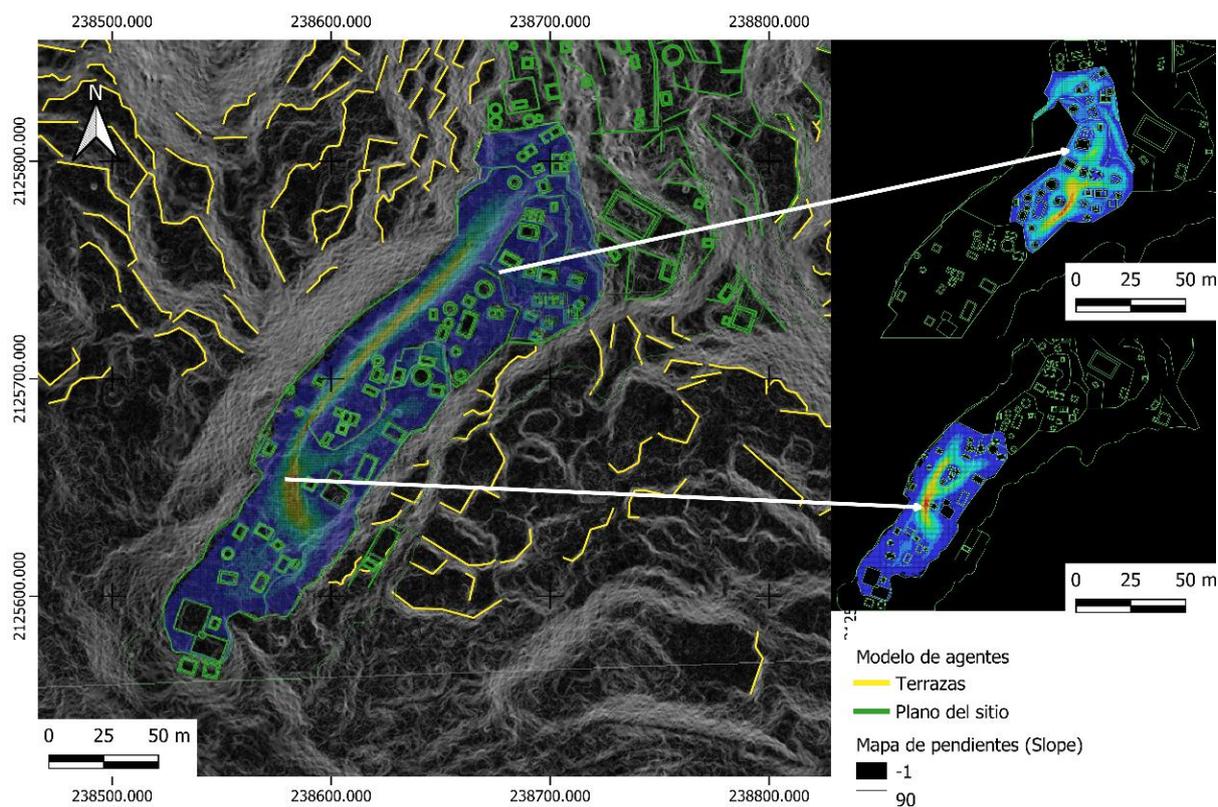


Figura 12: Gráficos resultantes del simulador de agentes colocados sobre el mapa de pendientes (*Slope*). A la derecha se muestran gráficos resultantes al delimitar más los espacios. (Elaborado por Verónica García).

apreciar como la circulación agrupa las unidades habitacionales compuestas por diversas estructuras de base cuadrangular y por lo menos, una de ellas, de base circular. Además, puede notarse que existen espacios amplios entre los conjuntos habitacionales o cercanos a grandes estructuras que podrían relacionarse con zonas comunitarias, ya sea de tránsito común o para la realización de algún tipo de acto social.

Asimismo, a pesar de que no existen límites en el estricto sentido de la palabra, se aprecia que para llegar a determinados destinos la circulación no es totalmente libre, así, por ejemplo, frente algunas estructuras halladas se localizan otras de igual o menor tamaño que no permiten e imposibilitan un completo acercamiento.

Otro punto relevante es que la orientación de las estructuras parece estar regida de tal forma que se cubra la visión completa del malpaís, lo que se puede relacionar al cuidado de las terrazas localizadas a los costados. Con los resultados del modelo de agentes se puede decir que el movimiento es más orientado que exploratorio dentro de La Garita.

5. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Inicialmente podría inferirse que La Garita no presenta ningún tipo de planeación urbana, sin embargo, con la aplicación de la Sintaxis Espacial y DepthmapX resaltan algunas de las posibles ideas para diseñar la disposición de las estructuras aprovechando el terreno y el abundante material de construcción, sin dejar de lado su propia estructura social. De modo que las notables modificaciones en la topografía a partir de grandes terrazas y la nivelación de la cima con amplios espacios, evidencian la capacidad de adaptar el medio para el desarrollo social satisfaciendo una de las necesidades básicas humanas, el refugio, además de la explotación, ocupación, ordenación y comunicación coexistiendo con el ambiente.

Los resultados del análisis de agentes muestran que la forma de moverse dentro del área analizada agrupa unidades habitacionales que se podrían asociar al concepto de *quahta*, también se observan vías individuales para cada una de ellas, pero son los espacios que rodean a los conjuntos habitaciona-

Comunidad	Habitac	quahta	calpixque
Turicato [P]	83	30	Yoste
Acuychapeo	3	2	
Catao	10	4	
Vapanio	7	3	
Cuzengo	2	1	
Hinchameo	5	1	
Hurutaquaro	7	5	Tanga
Ycharo	8	5	Corache
Macada	10	5	Guaratud
Papaseo [P]	24	9	
Paracasihico			
Pincaneo			

Tabla 1. Comparativa entre el número de casas-habitación registradas por Antonio de Caravajal y el número de *quahtas* (casas) dado por el calpixque (encargado por los encomenderos del gobierno de los indios), se nota que el número entre uno y otro varía ampliamente. (Tomada de Monzón y Roth-Seneff 2016).

les los que resaltan en cuanto a su uso. Es posible notar que el número de habitaciones no siempre es el mismo en la agrupación, en nuestro caso el gráfico muestra que el mínimo de estructuras que conformarían una *quahta* es de tres y el máximo es de seis (Fig. 12), sin embargo, de acuerdo con el estudio de Monzón y Roth-Seneff puede contener solo dos unidades habitacionales (Tbl. 1) formado una *quahta*.

Si bien la definición de *quahta* se ha basado principalmente en fuentes históricas, los resultados dan cuenta que la agrupación de parientes está implícita pero no a primera vista, sino que resalta a través de la movilidad. Este planteamiento se ve reforzado con la presencia de las estructuras circulares debido a la necesidad de almacenar alimentos para proveer a las familias que formaran parte de la "casa". Estas son hipótesis iniciales, ya que hacen falta más excavaciones en el sector para corroborar que no existiera otro tipo de estructuras temporales u algún otro límite que no es visible actualmente.

Además, la investigación puede ampliarse con el uso de otras herramientas SIG que permitan estudiar la movilidad tomando diferentes variables, como el tiempo y dificultad del recorrido que conforman la ruta de menor costo. Por otro lado, se sabe que la última ocupación de La Garita se encontraba bajo el dominio del señorío Uacúsecha, por lo que la aplicación de esta metodología en sitios gobernados por el mismo, o que compartan una ubicación geográfica

similar, ampliaría el conocimiento sobre la posible existencia de un patrón de distribución arquitectónica. Esto podría mostrar la agrupación de unidades residenciales (*quahtas*), relacionándolo directamente sobre la legitimidad de poseer el territorio (Enkerlin y Punzo 2022). Las ciudades son productos humanos en un sentido muy fuerte, en su forma y función reflejan lo que somos y cómo podemos ser.

Así mismo, la revisión de bibliografía especializada, como el libro *Computational Approaches to the Study of Movement in Archaeology: Theory, Practice and Interpretation of Factors and Effects of Long Term Landscape Formation and Transformation* (Polla y Verhagen 2014), ofrece diferentes enfoques y metodologías para el estudio del movimiento y como este moldea el paisaje a lo largo del tiempo. Esto amplía las posibilidades analíticas y, por ende, los resultados, brindando una visión más amplia de hacia donde se puede dirigir nuestra investigación. Puesto que, "la confrontación entre modelos plantea cuestiones interesantes y diferentes, pero no valida ni invalida distintos modelos" (Fovet y Zaks'ek 2014: 56).

Por otro lado, DepthMapX no está diseñado originalmente para analizar asentamientos prehispánicos y su aplicación presenta ciertas limitantes como no tomar en cuenta la topografía y pendiente del terreno, la altura de las estructuras o estandarizar las características de los agentes, estas carencias se trataron de compensar con el uso de otras tecnologías, como el LiDAR, para contrastar y complementar los resultados obtenidos con el objetivo de considerar la mayor cantidad de variables al momento de caminar por algún espacio, por ejemplo, el aumento de la pendiente. Además, con la continuación del análisis de los modelos obtenidos del vuelo con LiDAR es posible que se logren ubicar más estructuras, como en el caso de los estudios realizados con esta tecnología en el sitio Caracol, Belice y el sitio Angamuco, Michoacán (Chase *et al.* 2012), donde se logró identificar claramente el límite de los asentamientos y su integración con el resto del paisaje, así como la gran abundancia de construcciones que los integran y su distribución, distinguiéndose patrones de construcción.

Así mismo, es importante mencionar que ni la Sintaxis espacial, ni el software DepthmapX plantean relaciones deterministas o descripciones exhaustivas de la realidad urbana, sino que simplemente describen y predicen posibles tendencias y campos de posibilidad. La teoría sugiere potenciales vías de

evolución urbana, desde una perspectiva genérica aplicando leyes naturales de la evolución socioespacial. Mientras que el software representa las tendencias de movimiento, “ya que es imposible rastrear una trayectoria espacio temporal, pero existen patrones de movimiento rutinarios, estacionales o de toda la vida que pueden entenderse. A medida que las personas se mueven en sus prácticas diarias, crean paisajes y hacen que el tiempo avance” (Mlekuz 2014: 7-8).

Con este estudio no pretendemos decir que el uso del espacio es único y permanente, reconocemos que su interpretación es un proceso dinámico, y que al ser un concepto tan abstracto se encuentra constantemente en una evolución de estudio para su comprensión, pero creemos que abordarlo en esta investigación puede acercarnos a entender como el ser humano se relacionó con un entorno tan especial para la habitación como lo son los malpaíses.

Finalmente, “el uso de herramientas tecnológicas debe entenderse como una actividad exploratoria que hace mucho más que parecerse al fenómeno original: ocupan el lugar de la situación original y nos permiten entrelazar nuestra práctica de modelización con los flujos y movimientos del pasado. La difícil tarea de averiguar lo que realmente ocurrió dentro de esas posibilidades queda, por tanto, en manos de las habilidades interpretativas de los arqueólogos” (Mlekuz, 2014: 19).

BIBLIOGRAFÍA

- Alcalá, J. (2000 [1540]). *Relación de Michoacán*. (Mendoza, M. Ed.) El Colegio de Michoacán. México.
- Álvarez, G. (2006). *La capilla de Cristobal de Oñate. Santa María Magdalena en Tacámbaro*. Fondo Editorial Movallado. México.
- Arroyo, F. y Pérez, A. (1997). Reflexiones sobre el espacio geográfico y su enseñanza. *Estudios Geográficos* 229 (58), 513–544.
- Ban, M., Hasenaka, T., Delgado, H. y Takaoka, N. (1992). K-Ar ages of lava from shield volcanoes in the Michoacan-Guanajuato volcanic field, México. *Geofísica Internacional*, 31(4), 467–473.
- Barinas, J. A. (2014). Apoyos de la geografía humanística para la comprensión de los lugares de miedo al delito en la ciudad. *Perspectiva Geográfica* 19(2), 241-258.
- Bermejo, J. (2009). Leyendo los espacios: una aproximación crítica a la sintaxis espacial como herramienta de análisis arqueológico. *Arqueología de la arquitectura* (6), 47–62.
- Bermejo, J. (2015). Aplicaciones de sintaxis espacial en Arqueología: una revisión de algunas tendencias actuales. *Arqueología de la Arquitectura* (12), 2-23.
- Cano, Z. y Meave, J. (1996). Sucesión primaria en derrames volcánicos: el caso del Xitle. *Ciencias* 41, 58-68.
- Carballo, D. (2016). La casa en Mesoamérica. *Arqueología Mexicana* 24(140), 30-35.
- Chase, A., Chase, D., Fisher, C., Leisz, S. y Weishampel, J. (2012). Geospatial revolution and remote sensing LiDAR in Mesoamerican archaeology. *Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS)*, 32(109), 12916-12921. <https://doi.org/10.1073/pnas.1205198109> [Consultado: 20-05-25].
- Chuvieco, E. (1995). *Fundamentos de Teledetección Espacial*. 2ª ed. Madrid: Ediciones RIALP, S. A.
- DepthmapX development team. (2017). *DepthmapX: visual and spatial network analysis software*. <https://www.ucl.ac.uk/bartlett/architecture/research/space-syntax/depthmapx> [Consultado: 09-02-23].
- Díaz, U., García, R., Cervantes, M., Goguitchaichvili, A., Maciel, R., Morales, J., y Cejudo, R. (2021). Revisión de datos paleomagnéticos de flujo de lava asociados al Campo Volcánico Michoacán-Guanajuato: implicaciones sobre el comportamiento del campo magnético terrestre durante el Plio-Cuaternario. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 3(38), 259-271.
- Dorison, A. (2020). Aménagements agraires préhispaniques dans un milieu volcanique: Analyses des données LiDAR du Malpaís de Zacapu, Mexique. *ISTE Open Science* 4, 1-15. https://www.openscience.fr/IMG/pdf/iste_numear20v4n1_4.pdf [Consultado: 24-02-23].
- Enkerlin, L., y Punzo, J. L. (2022). «Señores» y «señoríos»: la constitución territorial en el Michoacán temprano. Una visión desde la Historia y la Arqueología. En: Cubillo, G. (Coord.), *Nobleza y señores indígenas en el sistema colonial* (pp. 65-104). México: Etnohistoria-INAH.
- Espejel, C. (1992). *Caminos de Michoacán...y pueblos que voy pasando*. Ciudad de México: Instituto Nacional de Antropología e Historia.
- Espejel, C. (2011). Distribución de la población en el centro de Michoacán a la llegada de los españoles. Análisis de la visita de Antonio Caravajal (1523-1524). En: Williams, E. y Weigand, P. (Eds.) *Patrones de asentamiento y actividades de subsistencia en el occidente de México*. Zamora (pp. 73-100). Michoacán: El Colegio de Michoacán.
- Fernández, J. (2016). Ciudadanía y desarrollo en las ciudades del siglo XXI: ¿polis y civitas o sólo urbs? *Andamios* 13(32), 131-160.
- Fisher, C., Cohen, A., Solinis, R., Pezzutti, F., Bush, J., Forest, M., y Torvinen, A. (2019). A typology of Ancient Purépecha (Tarascan) architecture from Angamuco, Michoacán, México. *Latin American Antiquity* 3(30), 510-528.
- Fisher, C., Leisz, S., y Outlaw, G. (2011). LIDAR: A valuable tool uncovers an ancient city in México. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing* 77, 962-967.
- Forest, M. (2018). Malpaís Prieto. Una ciudad prehispánica. En: Pereira, G. y Padilla, E. (Eds.) *La ciudad perdida. Raíces de los soberanos tarsasco*. (pp. 29-36). México: Centro de estudios mexicanos y centroamericanos, Secretaría de Cultura, Instituto Nacional de Antropología e Historia, Museo Nacional de Antropología.
- Forest, M. y Michelet, D. (2012). Organisation sociale, organisation spatiale: le cas des sites urbains du Malpais de Zacapu, Michoacan, Mexique. *Cahier des Thèmes transversaux ArScAn, Evolution des structures et dynamiques sociales* (X), 95-107.

- Fovet, E. y Zaks'ek, K. (2014). Path Network Modelling and Network of Aggregated settlements: a case study in Languedoc (Southeastern France). En: Polla, S. y Verhagen, P. (Eds.). *Computational Approaches to the Study of Movement in Archaeology: Theory, Practice and Interpretation of Factors and Effects of Long Term Landscape Formation and Transformation* (pp. 43-72). Berlin: De Gruyter.
- García, A. (2004). Cantona: ubicación temporal y generalidades. *ARQUEOLOGÍA*, 91-108.
- García, J. (2012). *Transmisión del conocimiento y transformación cerámica. El caso de Capula, Michoacán en el periodo de 1930-2012*. Morelia, Michoacán: El Colegio de Michoacán, A. C.
- Giseop, K., Ayoung, K., y Youngchul, K. (2019). A new 3D space syntax metric based on 3D isovist capture in urban space using remote sensing technology. *Computers, Environment and Urban Systems* 74, 74-87.
- Guilbaud, M., Siebe, C., Layer, P., y Salinas, S. (2012). Reconstruction of the volcanic history of the Tacámbaro-Puararán area (Michoacán, México) reveals high frequency of Holocene monogenetic eruptions, *Bull Volcanol* 74, 1187-1211. <https://doi.org/10.1007/S00445-012-0594-0>.
- Hasenaka, T. y Carmichael, I. S. (1985). A compilation of location, size, and geomorphological parameters of volcanoes of the Michoacan-Guanajuato Volcanic Field, Central México. *Geofísica Internacional* 24, 577-607. <https://doi.org/10.22201/igeof.00167169p.1985.24.4.2179>. [Consultado: 14-03-2024].
- Hillier, B. (2007). *Sapace is the machine. A configurational theory of architecture*. London: Space Syntax-UCL.
- Hillier, B. (2014). Spatial analysis and cultural information: the need for theory as well as method in space syntax analysis. En Paliou E., Liberwirth U., y Silva P. (Eds.), *Spatial Analysis and Social Spaces*. Berlin/ Boston (pp. 19-48). Alemania: Walter de Gruyter GmbH.
- Hillier, B. & Hanson, J. (1984). *The social logic of space*. New York: Cambridge University Press. <https://discovery.ucl.ac.uk/id/eprint/3881/1/SITM.pdf> [Consultado: 12-04-2024].
- IBM (2023). ¿Qué es LiDAR?. <https://www.ibm.com/mx-es/think/topics/lidar#:~:text=Componentes20del20sistema20LiDAR,denominado20nube20de20puntos20LiDAR>[Consultado: 19-05-2025]. [Consultado: 2-03-2025].
- Ita, C. y Delgado, R. (2001). *Tacámbaro de Collado, Michoacán. Glosa general de las características urbanas y arquitectónicas de un poblado histórico*. México: Instituto Nacional de Antropología e Historia.
- Kokalj, Ž., y Hesse, R. (2017). *Airoborne laser scanning raster data visualization: A guide to good practice*. Ljubljana: ZALOZBA ZRC.
- Lefebvre, H. (2013). *La producción del espacio*. Madrid: Capitán Swing.
- Manzanilla, L. (1986). *Unidades habitacionales mesoamericanas y sus áreas de actividad*. Ciudad de México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Mañana, P., Blanco, R. y Ayan, X. (2002). *Arqueotectura 1: Bases teórico metodológicas para una Arqueología de la Arquitectura*. Santiago de Compostela: Universidad de Santiago de Compostela.
- Maravall, D. (2007). El espacio y el tiempo en las matemáticas y en la física. *Revista de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales* 2(101), 259-283.
- Marzal, B. (2021). *Espacios legibles, espacios accesibles. Las herramientas de evaluación*. Madrid: ETSAM, Universidad Politécnica de Madrid.
- Medina y Navarro (Eds.) (1872). Obras completas de Platón puestas en lengua castellana por primera vez por Azcaráte, Patricio (Vol. VI). Madrid: Biblioteca Filológica.
- Migeon, G. (2015). *Residencias y estructuras cívico-ceremoniales posclásicas tarascas de la región de Zacapu (Michoacán, México)*. BAR International.
- Migeon, G. (2016). *Patrones de asentamiento del Malpaís de Zacapu (Michoacán, México) y de sus alrededores en el Posclásico*. Oxford: Archaeopress Archaeology.
- Monzón, C. y Roth-Seneff, A. (2016). Parentela como principio de Estado: el concepto cultural quahta en las fuentes tarascas. En: Albiez-Wieck, S. y Roskamp, H. (Eds.) *Nuevas contribuciones al estudio del antiguo Michoacán* (pp. 95-119). Zamora: El Colegio Michoacán.
- Morton, S., Peuramaki-Brown, M., Dawson, P. y Seibert, J. (2014). Peopling the Past: Interpreting Models for Pedestrian Movement in Ancient Civic-Ceremonial Centres. En: Rau, S. y Schönherr, E. (Eds.) *Mapping Spatial Relations, Their Perceptions and Dynamics. The City Today and in the Past, Lecture Notes in Geoinformation and Cartography* (pp. 25-44). Switzerland: Springer International.
- Mlekuz', D. (2014). Path Network Modelling and Network of Aggregated settlements : a case study in Languedoc (Southeastern France). En Polla, Silvia y Verhagen, Philip (Eds.). *Computational Approaches to the Study of Movement in Archaeology : Theory, Practice and Interpretation of Factors and Effects of Long Term Landscape Formation and Transformation* (pp. 5-22). Berlin: De Gruyter.
- Nasser, A., Böhnel, H., Siebe, C., Salinas, S. y Guilbaud, M. (2017). Paleomagnetically inferred ages of a cluster of Holocene monogenic eruptions in the Tacámbaro-Puararán área (Michoacán, México): Implications for volcanic hazard. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 347, 360-370.
- Norberg, C. (1975). *Existencia, espacio y arquitectura*. Barcelona: Blume.
- Peponis, J., Zimring, C. y Kyung, Y. (1990). Finding the building in wayfinding. *Environment and behavior* 22, 555-590.
- Pereira, G. y Forest, M. (2022). Las cuatro ciudades del malpaís de Zacapu, Michoacán. Un excepcional patrimonio geoarqueológico revelado por el láser. *Arqueología Mexicana* 176, 70-77.
- Petrie, G. y Toth, C. (2018). Introduction to Laser Ranging, Profiling, and Scanning. En: Shan, J. y Toth, C (Eds.) *Topographic Laser Ranging and Scanning: Principles and Processing*. 2^{da} ed. Boca raton: CRC, 1-28.
- Polla, S. y Verhagen, P. (Eds.) (2014). *Computational Approaches to the Study of Movement in Archaeology: Theory, Practice and Interpretation of Factors and Effects of Long Term Landscape Formation and Transformation*. Berlin: De Gruyter.
- Pollard, H. (1998). Proyecto: Los Señoríos Urichu, Xarácuaro, y Pareo: un método para investigar el desarrollo del Estado tarasco. En: Ávila R., Emphoux J., Gastélum L., Ramírez S., Schöndube O, y Valdez F. (Eds.) *El Occidente de México: arqueología, historia y medio ambiente*. Guadalajara (pp. 211-220). Universidad de Guadalajara.
- Pulido, S. y López, L. A. (2014). Diversidad cultural y variedad arquitectónica en el Michoacán prehispánico. En: Espejel C. (Ed.) *La investigación arqueológica en Michoacán: avances, problemas y perspectivas* (pp. 137-182). Zamora, Michoacán: El Colegio de Michoacán.

- Punzo, J. L. (2018). Paisaje y arquitectura en el mundo de los habitantes del Michoacán antiguo. En: Méndez, C. (Ed.) y Sánchez, P. (Coord.) *Un patrimonio universal: las pirámides de México. Cosmovisión, cultura y ciencia* (pp. 127-140). México: Instituto Nacional de Antropología e Historia.
- Sanz, N. (1993). Para una lógica social del espacio en Prehistoria. *Complutum* 4, 239-252.
- Tuan, Y.-F. (2001). *Space and Place. The perspective of experience*. 8ª ed. Minneapolis: University of Minnesota Press. https://www.academia.edu/19846369/Yi_Fu_Tuan_Space_and_Place [Consultado: 26-09-24].
- Turner, A. (2001). *Depthmap: A Program to Perform Visibility Graph Analysis*. Georgia: 3rd International Symposium on Space Syntax.
- Turner, A. Penn, A. y Hillier, B. (2005). An algorithmic definition of the axial map. *Environment and Planning B: Planning and Design* 32, 425-444.
- Turner, A. y Penn, A. (2002). Encoding natural movement as an agent-based system: An investigation into human pedestrian behaviour in the built environment. *Environment and Planning B: Planning and Design* 29, 473-490.
- Warren, B. (Ed.) (1963). The Caravajal visitation: first spanish survey of Michoacán. *The Americas* 4(19), 404-412.
- Yamu, C., Nes, A., y Garau, C. (2021). Bill Hillier's Legacy: Space Syntax-A Synopsis of Basic Concepts, Measures, and Empirical Application. *Sustainability* 6(13). <https://www.mdpi.com/2071-1050/13/6/3394> [Consultado: 16-05-23].