

# LA CIUDAD SUMERGIDA: RECONSTRUCCIÓN DE LA INUNDACIÓN DE 1720 DE LA CIUDAD DE SANTIAGO DE MIRAFLORES DE ZAÑA (PERÚ)\*

## THE SUMERGED CITY: RECONSTRUCTION OF THE 1720 FLOOD OF THE CITY OF SANTIAGO DE MIRAFLORES DE ZAÑA (PERÚ)

Ana Castillo Jurado\*\*, Rocío Delibes Mateos\*\*\*

### Resumen

El 15 de marzo de 1720, una ciudad de la costa norte del Perú, Santiago de Miraflores de Zaña, quedó sumergida bajo las aguas. Tras semanas de lluvias, debido a un intenso evento del fenómeno de El Niño, el río Zaña, que ya venía crecido por las intensas lluvias que caían desde hacía semanas, se desbordó de forma repentina, inundando la ciudad y dejándola en un estado calamitoso. En este artículo hemos tratado de reconstruir la magnitud e intensidad que pudo tener dicha inundación, con el objetivo de tener un mejor entendimiento de la situación de riesgo en que vivía la población de este centro urbano, que sufre de forma recurrente estos eventos.

Para dicha reconstrucción hemos hecho uso de una metodología multidisciplinar, combinando la consulta de fuentes documentales, con trabajo de campo y el uso de SIG. De esta forma, hemos estimado la altura que alcanzó el agua en cada punto del núcleo urbano, desarrollando un mapa o modelo de inundación que nos muestra una ciudad totalmente sumergida. Asimismo, hemos calculado el caudal incidente, mediante la fórmula matemática de Manning, lo cual muestra la virulencia del evento y explica la devastación sufrida por la ciudad.

**Palabras clave:** Fenómeno de El Niño, Zaña, desastres, riesgos, caudal, siglo XVIII

### Abstract

*On 15 March 1720, a city on the northern Peruvian coast, Santiago de Miraflores de Zaña, was submerged under water. After weeks of rain due to an intense El Niño event, the Zaña River, which had already been increasing in volume due to the heavy rains that had been falling for weeks, suddenly overflowed its banks, flooding the city and leaving it in a calamitous state. In this article, we have tried to reconstruct the magnitude and intensity of the flooding, to understand better the risk situation in which the population of this urban centre lives, that suffers recurrent flooding events.*

*For this reconstruction, we have used a multidisciplinary methodology, combining the consultation of documentary sources with fieldwork and the use of GIS. In this way, we have estimated the water's height at each point of the urban center, developing a flood map or model that shows us an entirely submerged city. Likewise, the calculation of the incident flow, using Manning's mathematical formula, shows us the virulence of the event and explains the devastation suffered by the city.*

**Keywords:** El Niño Phenomenon, Zaña, disasters, hazards, flow, 18th century

Fecha de recepción: 10-05-2022 Fecha de aceptación: 07-01-2023

El 15 marzo de 1720, en torno a las cuatro o cinco de la mañana, el río Zaña se desbordó y el agua comenzó a correr por las calles de la ciudad peruana del mismo nombre<sup>1</sup>, “atravesando, derribando y asolando todas cuantas casas de vivienda tenía y de que se componía dicha ciudad...”.<sup>2</sup> Llevaba semanas lloviendo en la costa norte del Perú, una costa de naturaleza subdesértica y de escasas precipitaciones, donde tan sólo se producen lluvias torrenciales de este

tipo cuando sucede un evento del fenómeno del Niño. La gran avenida de agua, si bien temida y esperada por los vecinos tras semanas de lluvias, llegó de forma repentina, acarreado la destrucción de edificios, viviendas, cultivos, acequias, y demás infraestructuras agrarias. No en vano, estas inundaciones súbitas, conocidas como *flash floods* o inundaciones relámpago, son de las más peligrosas (Lóczy et al. 2012:27-28)<sup>3</sup>.

1 Escrita Zaña o Saña.

2 Archivo Regional de Lambayeque (en adelante ARL), Protocolos Notariales, Antonio de Ribera, 1720, leg.4, f.32v

3 Actualmente The British Academy desarrolla un proyecto denominado *El Niño & Flash Floods in Peru: Bringing Knowledge on “Furia de los Ríos” and “Western Science” to Understand Lag Time*.

\* Resultado del Proyecto I+D+I FEDER-Andalucía US-1263159, Medioambiente, dinámicas urbanas y respuesta social en la Monarquía Hispánica durante el siglo XVIII: un estudio comparativo entre Andalucía y América.

\*\* Universidad Pablo de Olavide. Sevilla, España. Correo electrónico: amcj\_96@hotmail.com

\*\*\* Universidad de Sevilla. Sevilla, España. Correo electrónico: rdelibes@us.es

El repentino desbordamiento del río Zaña condujo a una situación desastrosa para la población de la ciudad de Santiago de Miraflores de Zaña, pero no era la primera ni sería la última vez que ocurría una inundación como esta en el norte peruano. Los desastres asociados a fenómenos naturales, como lluvias, terremotos, huracanes, volcanes, etc., son frecuentes en las poblaciones de Perú y de América Latina<sup>4</sup>. Su reiteración y el tremendo impacto humano y social que conllevan ha motivado que numerosas investigaciones, desde diferentes disciplinas, se hayan centrado en analizar estas coyunturas desastrosas, con el objetivo principal de estimar los riesgos a los que se enfrentan las poblaciones de hoy en día y darles respuesta<sup>5</sup>.

Desde las ciencias sociales se ofrecen numerosas definiciones del concepto de riesgo (Rojas y Martínez 2011:86). Aunque algunas de ellas introducen variables más complejas, podemos definir el riesgo como el potencial de pérdidas que pueden ocurrir al individuo o a la realidad social expuesta como resultado de la conjunción de la amenaza y la vulnerabilidad (Cardona 2001)<sup>6</sup>. Ambas se condicionan mutuamente, de forma que no se es vulnerable si no existe una condición de amenaza y no se está expuesto a una potencial amenaza si no se es vulnerable. Por este motivo, el término desastre natural es hoy ampliamente discutido desde el ámbito científico, pues carga la responsabilidad de la catástrofe al fenómeno natural sin tener en cuenta la otra variable implicada. En las últimas décadas, desde la disciplina histórica, numerosos investigadores han avanzado en el estudio de los desastres desde esta perspectiva, considerando así que los eventos desastrosos pasados destapan unas sociedades que se encontraban en situación de riesgo y, por tanto, como afirman Altez y García Acosta (2020), estaban no solamente expuestas a fenómenos naturales potencialmente destructivos, sino que presentaban unas características, fruto de procesos históricos y sociales propios, que las hacían particularmente vulnerables ante su interrupción.

Desde esa perspectiva numerosos trabajos se han centrado en las últimas décadas en estudiar la construcción histórica

y social de las vulnerabilidades ante los desastres<sup>7</sup>. A la hora de analizar la vulnerabilidad social ante eventos desastrosos del pasado el uso de fuentes documentales se vuelve imprescindible, bien para reconstruir las condiciones previas al evento, bien para analizar el grado de afectación tras el desastre o la capacidad de respuesta social e institucional tras el mismo. Sin embargo, como afirmábamos antes, el cuadro no estará completo si se desconoce la magnitud de la amenaza natural a la que se expuso esa sociedad, ya que la catástrofe se deriva de la conjunción entre amenaza y vulnerabilidad. Por ejemplo, dos terremotos de diferente magnitud en la escala de Richter pueden tener los mismos efectos desastrosos en distintas poblaciones (número de fallecidos, cantidad de edificios destruidos e infraestructuras dañadas, etc.). Esto nos indicaría que la población más vulnerable es la que experimentó el terremoto de menor magnitud ya que, a pesar de que este evento fue menos intenso, tuvo los mismos efectos sobre la población que el terremoto de mayor intensidad.

Lamentablemente, en la mayor parte de las ocasiones cuando hablamos de eventos previos a la existencia de métodos de medición científica, las fuentes documentales pueden resultar insuficientes para conocer con exactitud la magnitud del evento natural o amenaza. A veces es posible hacer estimaciones a través de las descripciones históricas del mismo, pero estas pueden ser muy imprecisas. A este tenor, el uso de herramientas metodológicas complementarias a las fuentes documentales podría ayudar a valorar mejor la magnitud de eventos naturales pasados que desembocaron en situaciones desastrosas.

En esta línea, queremos proponer en este artículo un ejercicio metodológico que nos permita entrever nuevas posibilidades para reconstruir eventos naturales pasados que desembocaron en situaciones desastrosas. Así, nuestro principal objetivo es reconstruir la magnitud que pudo tener la inundación de la ciudad de Zaña del Perú para poder entender mejor el desastre que asoló a la población urbana que allí residía en 1720, desastre del que nunca llegarían a recuperarse<sup>8</sup>.

Hemos abordado nuestro objetivo desde una metodología multidisciplinar. Por un lado, se han consultado las fuentes históricas relativas a los días previos y posteriores a la inundación, localizadas en el Archivo Regional de Lambayeque, en la ciudad de Chiclayo (Perú) y el Archivo Regional de La Libertad, en la ciudad de Trujillo (Perú), así como

4 Los ejemplos son innumerables, como el terremoto de Lima y posterior tsunami de 1746, con más de 10.000 víctimas mortales (Pérez-Mallaina 2001; Walker 2012), el devastador terremoto de Guatemala de 1773 que provocó el traslado de la capital (Galicia 1976), el terremoto y tsunami de 1835 en Concepción (Ibarra 2022) o en fechas más recientes la erupción del volcán Nevado del Ruiz en 1985, en Colombia, con más de 20.000 fallecidos (Duque 2010) o el huracán María, que dejó en 2017 más de 4000 muertes en la isla de Puerto Rico y pérdidas por valor de 90.000 millones de dólares (Kishore et al. 2018).

5 Por ejemplo, sobre metodologías para mitigar el impacto de inundaciones de este tipo o aluviones o huaycos en el sur del Perú consultar BayeD., Páez, A. y Quinteros, F. (2003). Sobre el desafío que supone para las políticas públicas el control de riesgos asociados al fenómeno del Niño consultar Villagrán (2003).

6 En palabras textuales de Cardona (2001:21): "el riesgo corresponde al potencial de pérdidas que pueden ocurrirle al sujeto o sistema expuesto, resultado de la convolución de la amenaza y la vulnerabilidad".

7 Entre otros: Alberola (2013), Alberola y García (2021), Alberola y Cecere (2022), Arrijoja y Alberola (2016), Altez (2016), Altez y García Acosta (2020), García Acosta (1996-2008; 2001), Petit-Breuilh (2004), Luque y Petit-Breuilh (2022), Palacios (2015) o Pizarro (2007).

8 La otra variable implicada en el riesgo, la vulnerabilidad, ha sido abordada por las autoras para el caso de la ciudad de Zaña ante el Niño de 1720 en Castillo y Delibes (2022).

algunas fuentes editadas o citadas por otros autores que mencionaremos más adelante. Aunque estas fuentes son de gran interés, pues describen con detalle el desastre que asoló la ciudad, aportan una información limitada y poco precisa sobre la magnitud de la avenida de agua o el nivel que alcanzó en los diferentes puntos del núcleo urbano. Por ello, hemos combinado estos datos históricos con otras herramientas analíticas que nos permitan inferir elementos claves para su reconstrucción. En esta línea, los Sistemas de Información Geográfica (SIG) y la Teledetección han sido herramientas fundamentales para el tratamiento y la generación de información, destacando el uso de los softwares QGIS y ArcGIS como herramientas espaciales. Asimismo, el trabajo de campo en Zaña mediante la toma de medidas del terreno, la prospección del suelo y, en general, la visión paisajística, han sido de vital importancia para el desarrollo de este análisis.

En esta línea, para la consecución de nuestro objetivo hemos dividido el trabajo en dos secciones. En la primera, nos acercamos a la ciudad de Zaña antes de 1720, a través de su contextualización geográfica e histórica, pero fundamentalmente recreando, con el uso de Sistemas de Información Geográfica, su núcleo urbano antes de la inundación (su ubicación, el número de manzanas, la localización de los edificios más emblemáticos), la topografía del terreno y del curso fluvial. En la segunda, hemos querido recrear la inundación de la ciudad. Para ello hemos rastreado la información sobre la misma en las fuentes documentales y la bibliografía existente en un primer apartado y, posteriormente, estimar la altura que alcanzó el agua en este evento. Para esto último ha sido necesario encontrar datos sobre cotas concretas de inundación en lugares determinados de la ciudad, así como sobre la topografía del terreno mediante imágenes de satélites, de forma que pudiéramos recrear el perímetro y la altura del agua en todo el núcleo urbano. Finalmente, en esta segunda sección hemos calculado el caudal máximo del río, para estimar así la violencia y magnitud de la riada. A partir del modelo digital de elevaciones se ha trazado un perfil que corta de forma transversal el río pasando por varios restos arquitectónicos. Esto, junto al conocimiento físico del terreno, ha permitido implementar la fórmula matemática de Manning para estimar el caudal máximo (m<sup>3</sup>/s) del 15 de marzo de 1720 entre las cinco o seis de la mañana.

## **Santiago de Miraflores de Zaña: una ciudad cerca del río**

### **La ciudad de Zaña: aproximación al contexto geográfico e histórico**

La ciudad de Santiago de Miraflores de Zaña fue fundada en 1563<sup>9</sup> junto al río Zaña. Dicho río, en su descenso desde la cordillera andina, y antes de desembocar en el Océano Pacífico, atraviesa la desértica costa norte peruana, sirviendo sus aguas para convertir el seco terreno en un fértil valle. La costa peruana posee unas condiciones excepcionales que influyen en la forma en la que se desarrollan los asentamientos humanos. Debido a la corriente de Humboldt, de aguas frías, en esta región se origina un clima árido y caluroso (BWh según la clasificación de Köpen) (Strahler y Strahler 1989). A pesar de ello, la existencia de ríos ha hecho posible, gracias a los sistemas de irrigación desarrollados por las sociedades costeñas a lo largo de milenios, que fértiles valles se expandieran ganando terreno al desierto circundante.

El valle de Zaña se encuentra situado entre el extenso valle de Lambayeque al norte y el de Jequetepeque al sur. Se trata de un emplazamiento estratégico por su situación intermedia en el camino al norte desde Lima, por su cercanía al mar y por ser un punto fundamental de entrada a la sierra (Rocha 2015:7). La ciudad de Santiago de Miraflores se emplaza en las proximidades del curso medio del río. Al asentarse en una zona de transición entre el mar y la cordillera, el terreno es predominantemente llano, pero se pueden apreciar algunos relieves cercanos, como el cerro de la Horca, elemento orográfico que tuvo un papel fundamental en la inundación de 1720 (Figura 1).

La fundación de la ciudad correspondió, según afirma Susan Ramírez (1991:80), a una estrategia de la Corona para acelerar la colonización del Perú y reducir el poder de los encomenderos que, en la costa norte peruana, se asentaban en Piura y Trujillo, ciudades fundadas casi tres décadas antes. Con este objetivo, el virrey Conde de Nieva ordenaría la fundación de varias villas que sirvieran de núcleos principales para las actividades agrícolas y

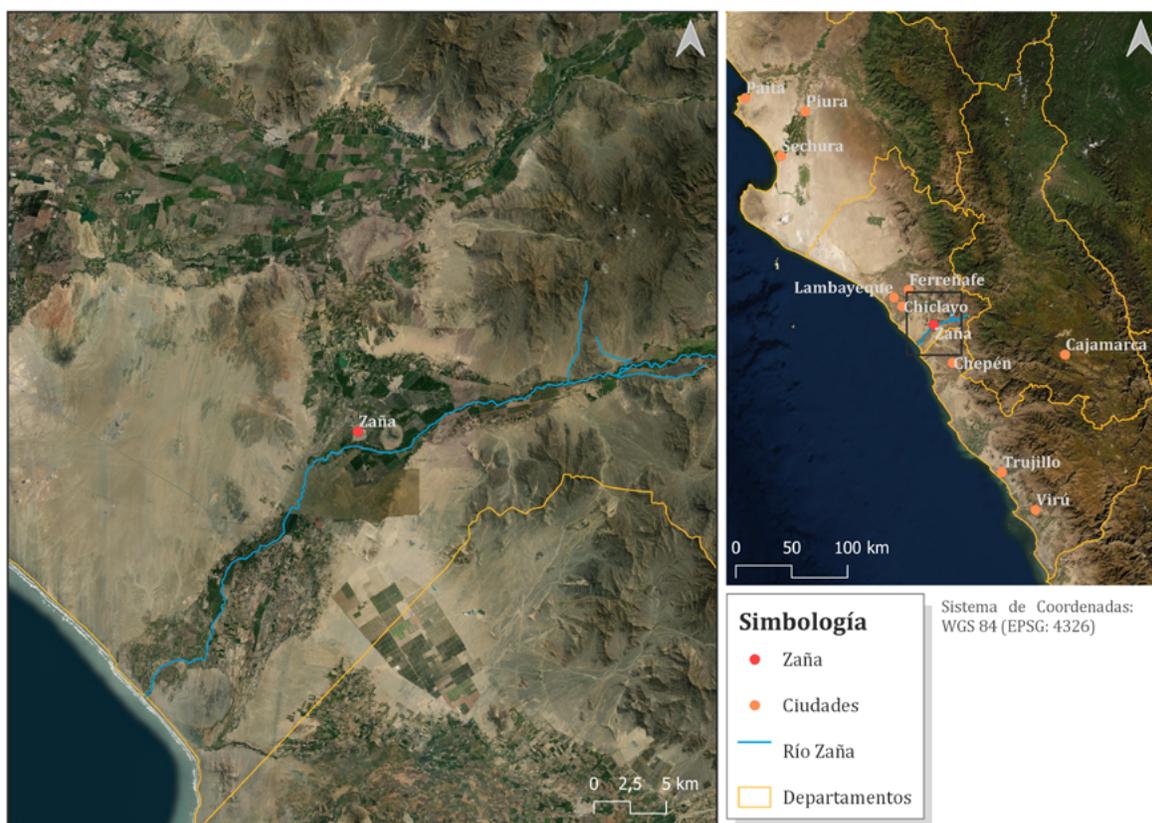
<sup>9</sup> Casi todos los autores recogen como fecha de fundación el 29 de noviembre de 1563, fecha de la primera acta de fundación de la ciudad (Angulo 1920). Zevallos Quiñones (2015:34), sin embargo, considera que debería tomarse como fecha de fundación el 25 de enero de 1564, pues el Virrey Conde de Nieva, otorgó una nueva provisión para llevar a cabo una nueva y definitiva fundación, existiendo una nueva acta muy parecida a la anterior.

comerciales de diferentes regiones. En el norte peruano, el lugar elegido para ello sería el valle de Zaña, en concreto un antiguo tambo inca, junto al vado del río del antiguo camino regional (Angulo 1920:18; Ramírez 1991:281). Se trataba de un lugar estratégico por diversos motivos. Se encontraba entre Piura, al norte, y Trujillo, al sur, ciudades donde residían los encomenderos de la región. Contaba con acequias para irrigar los fértiles campos de cultivo, lo que ayudaría a impulsar el rápido crecimiento agrícola y económico (Hampe 2002:67). Disponía de cercanos bosques de algarrobos para construir la nueva villa, así como

de depósitos de cal. Ramírez también supone que otro elemento favorable para su elección fue la escasa densidad demográfica, ya que sólo un 15% de la población nativa permanecía en el lugar treinta años después de la conquista, por lo que la presencia de una nueva villa de españoles sería menos perturbadora en Zaña que en otros valles cercanos más poblados (Ramírez 1991:80)<sup>10</sup>.

<sup>10</sup> Harold E. Wethey afirma lo contrario, que el lugar fue elegido por la alta densidad demográfica nativa: "In the sixteenth century three thousand Indians inhabited the valley of Zaña". Sin embargo, no ofrece ningún dato o referencia para corroborar esta información. (Wethey 1946:10).

Figura 1



El 15 de marzo de 1720, una parte importantísima de la historia de la ciudad quedó sepultada por la inundación, pues bajo las aguas y el barro se perdió la mayor parte de la documentación que se conservaba en el cabildo y en las escribanías locales<sup>11</sup>. A pesar de ello, algunos investigadores han conseguido reconstruir una buena parte de la historia de Zaña y su entorno. El investigador Jorge Zevallos Quiñones (2015) desarrolló su tesis doctoral sobre la región, que sería publicada años más tarde con el nombre **Saña, apogeo y destrucción (1563-1720)**, en la que desgana los entresijos de la vida política, administrativa y económica de sus habitantes desde la fundación de la ciudad hasta incluso

después de la inundación, pues persigue la historia de los vecinos que emigraron tras el desastre. Ramírez (1991) trazó un magnífico y detallado retrato de la vida económica y social de la región y sus habitantes en su análisis de la tenencia de la tierra en el Lambayeque colonial. En sus páginas nos da las claves para contextualizar cómo era la vida de los habitantes de Zaña en 1720 y cuáles eran las principales actividades económicas que mantenían a flote la ciudad. Teodoro Hampe (2002), en un breve pero novedoso trabajo nos acerca a la realidad de Zaña antes de la inundación a través de la documentación de la Colección Brüning, conservada en el Museo de Etnología de Hamburgo, que recoge, entre otros documentos, parte de las actas

<sup>11</sup> ARL, Protocolos Notariales, Antonio de Ribera, leg. 4, f.34.

municipales del cabildo de Zaña en las décadas previas a la inundación, incluyendo las de los días previos al desastre. De forma más reciente, desde la arqueología, VanValkenburgh (2021) ha trazado una larga historia de las comunidades indígenas del valle de Zaña, de gran interés para este trabajo por su relación con el clima y los efectos del Niño en las reducciones o pueblos de indios del valle.

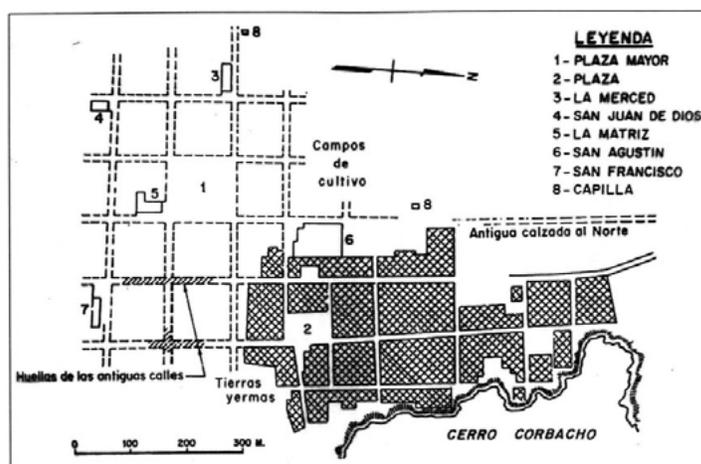
En sus más de ciento cincuenta años de historia previos a la inundación de 1720 la ciudad de Zaña experimentó grandes cambios y transformaciones que no podemos trazar en estas breves líneas. Debemos señalar, sin embargo, que la villa de Santiago de Miraflores se volvió rápidamente una gran rival de la vecina ciudad de Trujillo, convirtiéndose de forma temprana en un importante foco de atracción para nuevos y viejos pobladores de la región. Su crecimiento económico se vio reflejado en su traza urbana y su población creció, cristalizando en el siglo XVII una generación de grandes propietarios de la tierra, que se convirtieron en la nueva élite de poder local y regional (Ramírez 1991). Se desarrolló una economía agrícola a nivel regional donde, junto a la ganadería y el cultivo de otros productos, una gran parte de la élite terrateniente invirtió en la producción de caña de azúcar, que llegó a eclipsar otras formas de economía. Con la incorporación de la caña se importó de forma forzosa a numerosa población esclavizada de origen africano, que poblaron los valles de la zona y se hicieron presentes en la ciudad, cambiando la estructura poblacional y cultural de la misma y de la región (Hampe 2002:67)<sup>12</sup>. Sin embargo, a pesar del exitoso crecimiento de la ciudad a lo largo del siglo anterior, reflejado en sus calles y nobles edificios, según Ramírez (1991:231), a inicios del siglo XVIII, la economía regional había comenzado a estancarse y a adentrarse en una incipiente crisis, debido en gran parte a la caída del precio del azúcar. Sería en este momento cuando, manteniendo aún su esplendor de antaño, pero con una economía agraria en crisis, la ciudad se enfrentó a la inundación aquel amanecer del 15 de marzo de 1720.

### La traza urbana de Zaña antes de la inundación

La ciudad de Zaña continúa siendo un centro poblado hoy en día, pero su traza urbana ha sufrido importantes cambios. Tras la inundación de Santiago de Miraflores, una gran parte de los vecinos abandonaron la urbe para residir en lugares cercanos (Castañeda 2010), y los que decidieron permanecer se desplazaron hacia el norte alejándose del cauce del río. Por tanto, el trazado de la ciudad actual no coincide con el de 1720, encontrándose hoy las ruinas de la antigua ciudad semienterradas entre campos de cultivo. Sin embargo, a la hora de recrear la inundación y sus efectos es fundamental conocer dónde estaba exactamente el núcleo urbano original y cómo era su trazado.

Ante la inexistencia de información cartográfica precisa, y, por tanto, la falta de una planimetría que podamos situar en un sistema de coordenadas, hemos procedido, a partir de la escasa información existente, a reconstruir la traza urbana *preinundación*. Para ello, hemos tomado como base el plano elaborado por el arquitecto e investigador peruano Harth-Terré (1964) donde aparece, como se puede observar en la Figura 2, la planta de la población de Zaña en los años sesenta del siglo XX, diferenciada con una trama romboidal, así como la reconstrucción hecha por el autor de la planta del poblado del s. XVIII, a partir de los restos de las antiguas calles, en fondo liso (sin trama). Se aprecia que el plano está escalado, pero no aparece asociado a ningún sistema de coordenadas, por lo que no se puede localizar en la superficie terrestre. Para solucionarlo, se ha georreferenciado el plano con una ortofoto del área de estudio en un sistema de coordenadas conocido, en este caso WGS84 (SRC:4326). La ortofoto, en formato TMS (*tile map service*), ha sido proporcionada por el servidor de mapas de la empresa ESRI.

Figura 2



El siguiente paso ha sido la identificación de puntos de control, es decir, elementos existentes tanto en el plano de Harth Terré como en la ortofoto actual. Para ello se ha tenido en consideración la ubicación de los restos monumentales de la antigua ciudad que, a pesar de la destrucción, aún perviven en nuestros días y pueden ser georreferenciados. Algunos de estos son el Convento de San Francisco (punto de control 12), Iglesia de San Agustín (punto de control 2), Convento de la Merced (punto de control 10), Iglesia Matriz (punto de control 3)<sup>13</sup> (Figura 3).

<sup>12</sup> La Unesco declaró en 2017 a Zaña como "Sitio de memoria de la esclavitud y la herencia cultural africana", dentro del Proyecto Internacional *La Ruta del esclavo*. Hoy en día se puede visitar en Zaña el Museo Afroperuano.

<sup>13</sup> El proyecto *Zaña Virtual*, dirigido por el licenciado Yim Rodríguez Sampéregui realizó una detallada reconstrucción tridimensional de estos edificios: <https://yimrodriguezsamper.wixsite.com/zanavirtual> <09/03/2022>. Recientemente otro equipo de arquitectos ha realizado otra reconstrucción digital de los mismos en el marco de un proyecto denominado *Reconstruyendo la historia Zaña: arquitectura, patrimonio y archivos*, financiado por la Fundación Telefónica Movistar - Cultura digital [https://www.youtube.com/watch?v=nJomobQ7\\_Ro](https://www.youtube.com/watch?v=nJomobQ7_Ro) <09/03/2022>

Figura 3



*Iglesia y Convento de San Agustín*



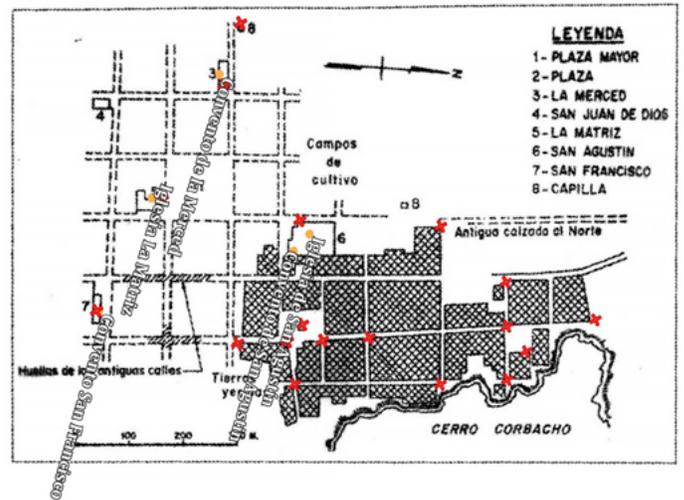
*Iglesia La Merced*



*Iglesia Matriz*

Asimismo, se ha conseguido identificar el trazado de algunas manzanas, tanto en el núcleo urbano de principios del siglo XVIII como en el núcleo de los años sesenta del plano de Harth Terré y en la ortofoto actual. Finalmente, se han obtenido 17 puntos de control, como se puede observar en la Figura 4.

Figura 4



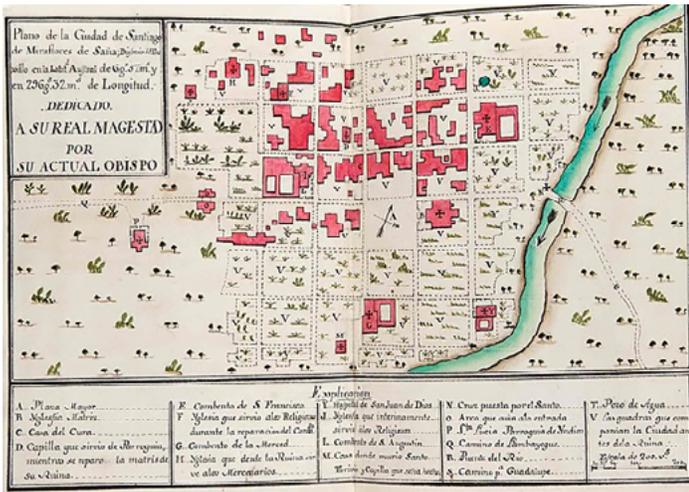
El siguiente paso tiene que ver con la transformación que necesita experimentar el plano para adaptarse al sistema de coordenadas establecido. Existen tres grados de transformación: lineal, cuadrática y polinómica. La elección de una transformación u otra depende del grado de modificación que requiera la imagen a georreferenciar para adaptarse a un sistema de coordenadas conocido. En este caso, se ha realizado una transformación cuadrática pues no solo requiere una traslación, sino también cierta distorsión en el plano.

Para establecer la calidad de la georreferenciación se tiene en cuenta el error cuadrático de cada punto de control y el error total; es decir, el error cuadrático medio (RMSE). El resultado de dichos errores es insignificante y da por válida la georreferenciación.

Para completar el trazado urbano previo a la inundación se ha consultado el plano de la ciudad de Zaña de los años ochenta del siglo XVIII, incluido en la famosa obra de nueve volúmenes *Trujillo del Perú*, del obispo Martínez Compañón (1789)<sup>14</sup> (Figura 5). Se puede observar que el autor representó las manzanas existentes antes de la inundación con la letra V: "las quadras que componían la Ciudad antes de la Ruina". Por lo tanto, aunque este plano es posterior al desastre se ha podido extraer el número y la disposición de las manzanas para reconstruir la forma y dimensiones del núcleo urbano pre-inundación. De igual forma, se han podido identificar otros elementos de gran importancia como es la parroquia de los indios o las iglesias que se habilitaron de forma temporal para dar misa después de la inundación.

<sup>14</sup> La obra original se encuentra en la Real Biblioteca, ms, Baltasar Martínez de Compañón, *Trujillo del Perú*, vol.1,1789, "Plano de la ciudad de Santiago de Miraflores de Saña", f.76r

Figura 5



El urbanismo de Zaña no surgió de forma espontánea. La traza de la villa se diseñó siguiendo el modelo hispano cuadrangular, un plano simétrico con la plaza en el centro, espacio en torno al cual se ubicaron los principales edificio

públicos y religiosos, la Iglesia Matriz, el Cabildo y la Prisión. De la plaza partieron las principales calles, y en los solares más céntricos se levantaron las casas de los principales vecinos (Huertas 1993:93; Wethey 1946:10). Siguiendo esta regularidad o simetría, el tamaño de las manzanas o cuadras no debería variar, al menos de forma significativa, por lo que conocer el número de manzanas que se disponen a partir de la Plaza Mayor debería ser suficiente para aproximarnos a las dimensiones y forma del núcleo urbano. Así, a partir del plano georreferenciado se han digitalizado las manzanas del antiguo trazado y se han añadido aquellas que no contemplaba Harth-Terré, conforme al plano de Martínez Compañón (1789).

El resultado de la georreferenciación y de la digitalización del trazado urbano de Zaña se puede observar en la Figura 6. El núcleo urbano de principios del siglo XVIII se encuentra situado al sur respecto al núcleo urbano actual, estando el primero mucho más próximo al río, prácticamente en su ribera. Si se toman como referencia las plazas mayores, se aprecia que la actual se encuentra situada 220 metros al norte y 250 metros al este, aproximadamente de la original.

Figura 6



Por otra parte, se observa en el plano que el cerro de la Horca<sup>15</sup>, elemento orográfico que tendrá un papel fundamental en el evento de El Niño de 1720, como veremos más adelante, se encuentra situado al norte del núcleo, por lo que no supone un elemento atenuante de la entrada de las aguas en la inundación, aunque si fue el refugio de buena parte de la población (Castañeda 2010; Negro y Amorós 2015).

### Recreación de la Inundación

#### “Salió de su madre y caja el río”: la inundación en las fuentes documentales.

Como ya se ha mencionado, la inundación del 15 de marzo de 1720 fue el colofón de un periodo de intensas lluvias que se prolongó por varias semanas en la región como consecuencia de un fuerte evento de El Niño. El fenómeno meteorológico de El Niño afecta específicamente a la costa pacífica, pero su desarrollo es simultáneo con el denominado Fenómeno Oscilatorio del Sur (FENOS), en inglés El Niño-Southern Oscillation (ENSO), de mayor alcance, y cuyos efectos repercuten en regiones tan vastas y distantes como la India, Europa, Australia o América, (Seiner 2001; Takahashi 2016).

En condiciones normales, los vientos alisios soplan en dirección este-oeste, desplazando el agua de las costas sudamericanas, por lo que el nivel del mar en Perú está medio metro más bajo que en Indonesia, por ejemplo. Para reemplazar este volumen de agua, cerca de la costa emerge la llamada Corriente de Humboldt, de aguas frías y rica en nutrientes (Takahashi 2016). Sus aguas frías limitan la evaporación y las precipitaciones, por lo que, en condiciones normales, la costa peruana presenta un clima semiárido. Sin embargo, este comportamiento varía cuando ocurre el fenómeno de El Niño. Los vientos alisios se debilitan, o incluso cambian de dirección, por lo que el desplazamiento de agua de este-oeste no se produce y, por tanto, tampoco emerge la corriente fría del fondo marino (Bitrán 1998). Ello facilita que las aguas cálidas de la corriente ecuatorial o de El Niño se desplacen por la costa peruana (Díaz et al. 2014) y el clima costero se *tropicalice*, pues la llegada de estas aguas provoca una profusa evaporación y lluvias torrenciales sobre el desierto y los valles agrícolas.

Este fenómeno oscilatorio (ENSO) se presenta de forma recurrente desde hace milenios, sufriendo variaciones y periodos de mayor intensidad frente a otros de debilitamiento. Concretamente, para la época moderna o colonial tendríamos que considerar su coincidencia con la llamada Pequeña Edad del Hielo, caracterizada por ser una etapa de enfriamiento generalizado y la presencia de fenómenos

hidrometeorológicos extremos (García Torres 2021: 95). Aunque algunos autores sugieren, debido al enfriamiento propio de la etapa, un debilitamiento del ENSO durante esta Pequeña Edad del Hielo (García Torres 2021, Gergis y Fowler 2009), otros afirman que habría significado un aumento de la frecuencia e intensidad de El Niño (Crowley y North 1991, Maenza y Compagnucci 2010), lo que unido a la presencia de fenómenos extremos y al distinto impacto que el fenómeno puede tener en cada región, devino en la fuerte conmoción del evento de 1720 en el valle peruano de Lambayeque.

Las sociedades de la costa norte del Perú han sufrido a lo largo de su historia el impacto de recurrentes eventos de El Niño, cuyos posibles efectos y consecuencias han sido objeto de investigaciones de diverso tipo. Numerosos trabajos arqueológicos han centrado su interés en abordar las alteraciones ambientales provocadas por estos eventos en el pasado (inundaciones, alteraciones en la vegetación y la fauna, de cursos fluviales o del litoral costero, etc.), así como las consecuencias y formas de afrontarlos de distintas poblaciones de épocas prehistóricas (Nials et al. 1979; Moseley 1987; Ortelieb y Macharé 1989; Moore 1991; Hass y Dillon 2003; Sandweiss y Quilter 2008; Prieto et al. 2019; Uceda et al. 2021; Caramanica 2022). La aparición en el siglo XVI de fuentes escritas permitió hacer un rastreo de los fenómenos climáticos destacados, que quedaron registrados en la documentación histórica. De esta forma se han llevado a cabo esfuerzos muy significativos para tratar de reconstruir y establecer una cronología de los diferentes eventos de El Niño a lo largo del periodo histórico, desde el siglo XVI en adelante (Eguiguren 1894; Labarth, 1914; Quinn et al. 1987; Hocquenghem y Ortlieb 1992; Garcia-Herrera et al. 2008). Sin embargo, como afirma Lorenzo Seiner (2001), la escasa coincidencia en la identificación de eventos de El Niño entre estos autores pone al descubierto las dificultades de esta empresa.

Las sociedades que habitaron el valle de Zaña convivieron con este fenómeno recurrente con más o menos éxito a lo largo de sus milenios de historia. Como postula VanValkenburgh (2021:5), el desarrollo de complejos sistemas de irrigación trajo consigo la expansión de los campos de cultivo sobre el desértico terreno y esto permitió el consecuente crecimiento demográfico de la población del valle. Pero también supuso nuevos riesgos, como los relacionados con las crecidas del río. Los asentamientos prehispánicos del valle de Zaña fueron, por lo general, de pequeño tamaño, dispersos por el territorio y de corta vida, estructuras domésticas de quincha lo suficientemente ligeras como para poder ser trasladadas a terrenos más altos cuando las lluvias llegaban (VanValkenburgh 2001:6). El conocimiento del fenómeno de El Niño y de los efectos de este sobre el río Zaña estaría detrás de los patrones de asentamiento y los

<sup>15</sup> En la figura 2, Harth Terre (1964) identifica al cerro anexo al núcleo urbano actual como cerro Corbacho, cuando en realidad se trata de este cerro o cerrillo la Horca. El cerro Corbacho se encuentra un poco más al este, como puede observarse en la figura 6.

comportamientos de las sociedades nativas del valle, pero parece que esta tradición y conocimiento se hubiera roto tras la conquista europea. Como mencionamos anteriormente, la ciudad colonial se fundó muy cerca de un tambo de origen incaico, sin embargo, esta ocupación prehispánica estaría ubicada en las faldas de un cercano cerro, llamado Corbacho, mientras que la ocupación colonial se establecería a menos de 300 metros del río, tomando como referencia la Iglesia Matriz, y en plena llanura de inundación. La villa de españoles no fue el único asentamiento colonial que sufriría los embates del clima en el valle de Zaña, que está salpicado por restos de antiguos pueblos de indios de época colonial temprana trasladados o abandonados a lo largo del tiempo (VanValkenburgh 2021).

Las diferentes cronologías históricas coinciden en que las lluvias de 1578 habrían sido la manifestación del primer evento de El Niño de gran magnitud que golpeó la villa de Zaña tras su fundación, apenas quince años antes. Este evento de El Niño tuvo enormes consecuencias para las poblaciones de todos los valles del norte, pero especialmente para la región de Lambayeque, provocando una oleada de protestas nativas ante el excesivo pago del tributo que debían afrontar tras una situación desastrosa, según las fuentes, con miles de muertos, cultivos destrozados, pueblos arrasados por el agua, acequias quebradas y plagas de insectos y ratones (Copson y Sandweiss 1999; Huertas 2001; Castañeda 2010; Rocha 2002). La villa de Zaña, junto al resto de centros poblados de la zona, sufrió enormemente los embates de las riadas provocadas por las intensas lluvias. Afirmaba un testigo "que todos los ríos salieron, y que el de Zaña se llevó todo el pueblo de los españoles"<sup>16</sup> (Huertas 2001:241) y otro aseguraba que no había quedado tras las lluvias "ni una casa enhiesta" (Huertas 2001:85; Castañeda 2010:87).

A pesar de ello, la joven villa no fue trasladada ni abandonada en esta ocasión, reedificándose la Iglesia Matriz y fundándose varios conventos. Tampoco lo sería en los diferentes eventos que se sucedieron a lo largo del siguiente siglo, en 1607, 1618, 1624, 1634 y 1701. Ninguno de ellos devino en una situación tan catastrófica como la que aconteció en 1720 (Castañeda 2010:88).

A pesar de la escasa información existente, varios autores han realizado interesantes aproximaciones a la inundación de 1720 en la ciudad de Zaña, que nos han sido de gran utilidad para intentar recrearla. Teodoro Hampe (2002) llevó a cabo un notable esfuerzo por reconstruir el entorno de la ciudad antes de la inundación, contando para ello, como ya mencionamos, con fuentes inéditas localizadas en la Colección Brüning. En dicha colección se han conservado

las actas del Cabildo de la ciudad desde 1686 hasta 1720, incluidos los días previos a la inundación de marzo, donde los miembros del cabildo se quejaban del vacío de poder tras la huida del corregidor y su lugarteniente ante las copiosas lluvias. Por dicha documentación, sabemos que llevaba semanas lloviendo y que varias casas y edificios se encontraban seriamente dañados, por lo que sus dueños se habían marchado ante el peligro de derrumbe. El río se había desbordado ya una vez en días anteriores, entrando incluso a la ciudad por la calle Real. En esta ocasión, habrían logrado detenerlo gracias a "un tajamar o albarrada que se le hizo", algo que no conseguirían al amanecer del día siguiente, 15 de marzo<sup>17</sup>.

El ingeniero Arturo Rocha publicó un artículo en 2015, del que existe una primera versión de 2003, que trata sobre lo que él denomina Meganiño de 1720 y la vulnerabilidad de la ciudad y el valle ante este tipo de fenómenos. Se trata de un trabajo muy completo donde analiza las características que hacían de la región un área vulnerable y resalta la importancia de conocer la climatología histórica para prevenir futuros desastres. En su trabajo reproduce el documento que sin duda más información aporta sobre el momento de la venida del agua sobre Zaña, el Acta de Certificación de la Inundación. Fue redactado por el escribano público de la ciudad, Antonio de Ribera, tres días después de que se produjera la inundación y en presencia de siete testigos de la ruina. Diversas versiones de este documento, todas muy similares entre sí, han sido transcritas y publicadas por varios investigadores (Miranda 1927; Samamé 1989; Huertas 2001; Zevallos 2015; Rocha 2015). Para esta investigación hemos consultado el documento original, que se conserva en el Archivo Regional de Lambayeque<sup>18</sup>. En él, Ribera describe cómo, tras haber estado lloviendo desde el 1 de marzo, el viernes 15 "empezó a entrar el agua a la ciudad como a las cuatro o cinco de la mañana; a las seis ya corría con gran abundancia y velocidad por la plaza pública y todas las calles de su traza"<sup>19</sup>. Algunos vecinos hacía días que habían abandonado la urbe, otros, como el propio Ribera, se habían trasladado ya anteriormente con sus familias al cercano cerro de la Horca, ante el deterioro que las lluvias habían producido en sus casas. Los vecinos que aún permanecían en Zaña aquella madrugada pudieron escapar a tiempo gracias al estruendo que precedió a la inundación, teniendo que lamentar tan sólo dos víctimas mortales. Huyeron mientras el agua penetraba por las calles y les iba alcanzando y lograron refugiarse en el cercano cerrillo de la Horca. El agua corrió por la ciudad casi una hora, retirándose después con la misma velocidad y dejándola inundada, "hecha

<sup>16</sup> Biblioteca Nacional del Perú (en adelante BNP), A-534-580, "Los indios de Lambayeque con los vecinos de Trujillo por cantidad de pesos", 1580, fol. 241r.

<sup>17</sup> Museo de Etnología de Hamburgo. Colección Brüning, documento 50, sin foliación. Citado en Hampe (2002:34).

<sup>18</sup> ARL, Protocolos Notariales, Antonio de Ribera, leg.4.

<sup>19</sup> ARL, Protocolos Notariales, Antonio de Ribera, leg.4, fol.33v.

espectáculo horrible, espantable y lamentable”<sup>20</sup>, sin que pudiera reconocerse casa alguna. Tan sólo quedaron en pie, pero en un estado ruinoso, las construcciones antes mencionadas, la Iglesia Matriz, y los principales edificios religiosos de la ciudad.

Juan Castañeda (2010), en su trabajo sobre los dos grandes Niños que asolaron la ciudad, contextualiza este importante documento de Ribera con otros posteriores del mismo escribano, conservados unos en el mismo Archivo Regional de Lambayeque y otros en el Archivo Regional de la Libertad, en la ciudad de Trujillo. Gracias a esta documentación, pudo realizarse una valiosa reconstrucción sobre los días posteriores al desastre, la ubicación de la población en nuevos asentamientos temporales o las discusiones entre partidarios del traslado de la ciudad o de su reconstrucción en el mismo emplazamiento. Doce días después de la riada, las autoridades pusieron un gran interés en la localización del cabildo y la tienda que ocupaba el archivo de la ciudad, contratando peones que excavaron durante más de quince días, buscando documentos “debajo de paredes, techos y ruinas”. La mayor parte de los papeles, que contenían los registros de la vida y la historia de la ciudad de Zaña, se habían perdido o estaba en muy malas condiciones por “lo mucho que se remojaron, confundieron y lastimaron en más de doce días que estuvieron debajo de dicha ruina y agua”<sup>21</sup>.

#### Altura de la lámina de agua: cotas de inundación

Los estudios sobre inundaciones actuales causadas por el desbordamiento de un curso fluvial suelen contar con abundantes datos y fuentes de información, lo que permite llevar

20 ARL, Protocolos Notariales, Antonio de Ribera, leg.4, fol.33v.

21 Archivo Regional de La Libertad (en adelante ARL), Real Hacienda, Compulsas, leg.131, exp.171, año 1720.

Tabla 1

#### Cota máxima de inundación para realizar el modelo.

Cotas de agua			
Lugar	Altura	Autor de la cita	Testimonio
Plaza Mayor	2,02 m (2,5 varas *0,83 m = 2,02 m)	Ribera 1720	“he medido en tres partes, donde dejó señal el agua, según la altura que trajo, y corrió el tiempo que llevo referido, fue de dos y media varas en igualdad”

En el acta de certificación de la inundación, la mayoría de las alturas de inundación no son ubicadas en ningún punto identificable del núcleo urbano, como recoge el escribano: “he medido en tres partes, donde dejó señal el agua, según la altura que trajo, y corrió el tiempo que llevo referido, fue de dos y media varas en igualdad”<sup>22</sup>. Aunque Antonio de Ribera no refirió explícitamente los lugares en los que el

22 ARL, Protocolos Notariales, Antonio de Ribera, leg.4, fol.34r.

a cabo modelos de recreación fiables. Sin embargo, cuando abordamos inundaciones históricas la existencia de datos cuantitativos es bastante restringida. A pesar de ello, se han desarrollado análisis tratando de recrear inundaciones históricas con resultados muy interesantes, como por ejemplo el estudio de Elleder et al. (2013), sobre las descargas máximas en inundaciones de la ciudad de Praga, el trabajo de Bomers et al. (2019), en el que aplican nuevos métodos de análisis y reconstrucción, poniendo de ejemplo el caso de la inundación del río Rhin en 1809, o el modelo de Herget et al. (2014), que tiene por objeto conocer las descargas y caudales máximos en pasadas inundaciones, y que ha sido de gran utilidad para este trabajo. En el caso de la inundación de Zaña de 1720 tenemos acceso a la información proporcionada por las fuentes documentales mencionadas anteriormente. Sin embargo, cuando fue creada esta documentación no tenía como objetivo realizar un análisis del desastre, limitándose a narrar lo acontecido y describir el estado calamitoso de la ciudad. Por ello, hemos tratado de interpretarla y sacarle el máximo provecho a partir de otras herramientas que ayuden a cuantificar la magnitud del evento.

Para diseñar el modelo de inundación es necesario conocer la altura a la que llegó el agua o, lo que es lo mismo, las cotas de inundación en algunos puntos de la ciudad. Aunque se ha obtenido información de diferentes fuentes documentales, el modelo de inundación se ha reconstruido enteramente con la información obtenida de la mencionada certificación de la inundación del escribano Antonio de Ribera, del 18 de marzo de 1720. Debido a la falta de disponibilidad de datos, el modelo de inundación se ha elaborado teniendo en cuenta un solo punto de inundación. En la Tabla 1 se puede observar el fragmento considerado para realizar el modelo de inundación.

agua llegó, sí dejó constancia de su altura, por lo que tuvo que utilizar algún soporte para realizar esta medición.

La mayoría de los edificios quedaron en estado ruinoso, de hecho, el propio Antonio de Ribera no fue capaz de ubicar ni las casas del Cabildo ni las de algunos vecinos situadas en la Plaza Mayor<sup>23</sup>. De esta manera, se ha interpretado

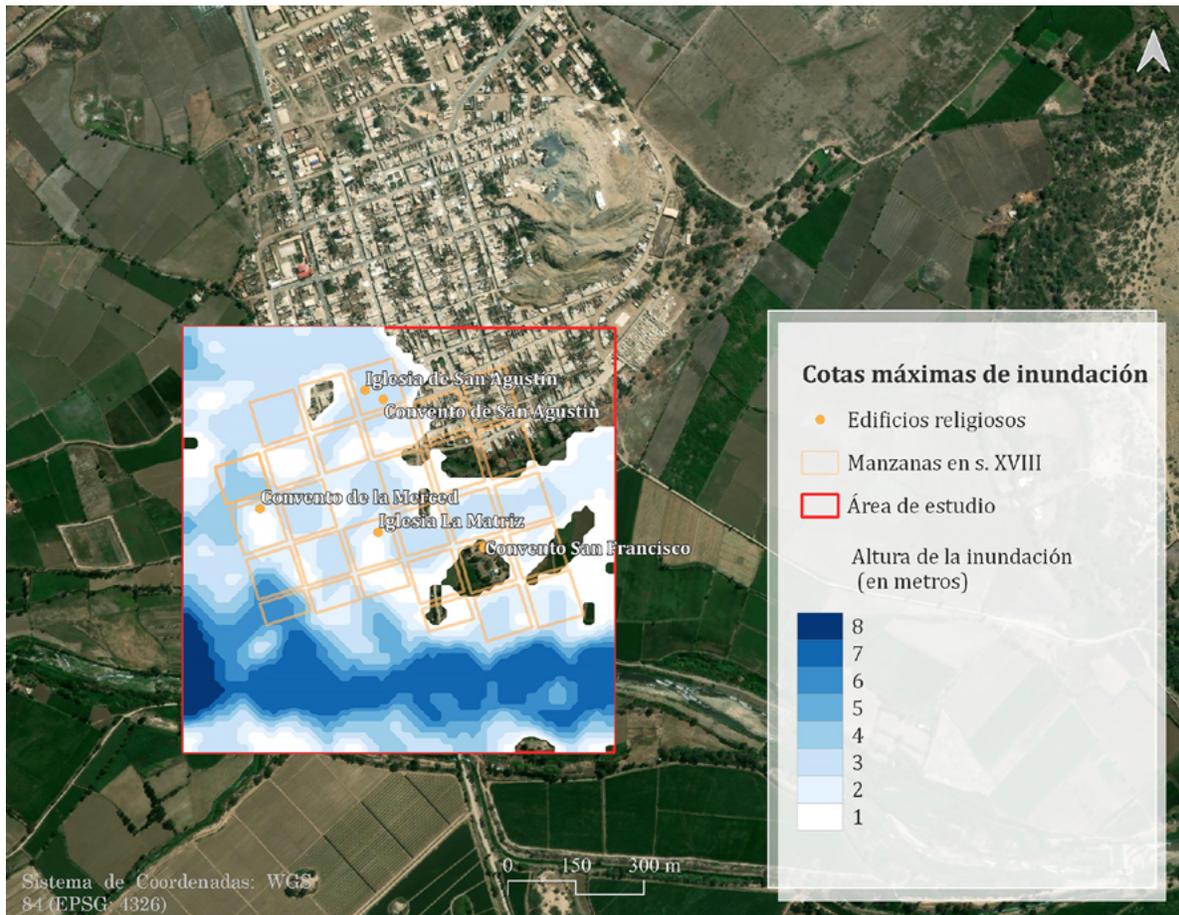
23 ARL, Protocolos Notariales, Antonio de Ribera, leg.4, fol.34r.

que el elemento que se tomó como referencia para medir la altura máxima del agua tuvo que ser una estructura que aún siguiera en pie después de la inundación, es decir, alguno de los edificios que sobrevivieron a los embates del agua. Como buena parte de las referencias mencionadas en dicho documento aluden a la Plaza Mayor y, se midió en tres lugares diferentes, se ha asumido que uno de esos lugares fue la Iglesia Matriz ubicada en dicha plaza. La altura del terreno donde están situadas hoy las ruinas de la Iglesia es de 67 msm, según el modelo digital de elevaciones (MDE) del sensor PALSAR, instalado en el Advanced Land Observation Satellite [ALOS] (Earth Space Agency s.f.). Sin embargo, en el trabajo de campo llevado a cabo en Zaña se ha observado que, debido a un proceso de sedimentación o acumulación, una parte de la estructura del edificio se encuentra enterrada producto del derrumbe del mismo, por lo que la altura del terreno actual no se corresponde con la altura a la que estaba situada la base de la Iglesia original. Por ello, tomando como referencia la longitud del fuste de la portada de este edificio, se ha estimado que el terreno

está hoy un metro por encima del suelo en el momento de la inundación, por lo que se ha partido de que la Iglesia y la Plaza original estaban entonces a una altura de 66 msm.

La altura del agua, según Antonio de Ribera, llegó a 2,5 varas que corresponde a 2,02 metros, teniendo en cuenta que una vara equivale a 0.83 m (Instituto Geográfico y Estadístico 1886). Por consiguiente, la altura de la lámina de agua fue de 68,02 msm en el punto descrito (66 m+2,02 m). Este punto se ha extrapolado a toda el área de estudio, entendiendo que el agua alcanzaría esta altura en todos los puntos del núcleo urbano, ya que se trata de un área reducida. De esta manera, se ha restado la altura de la lámina de agua, 68,02, menos la altura sobre el nivel del mar de cada píxel del plano para calcular la altura del agua en todos los puntos. Así, si un píxel tiene una altura de 69,02 metros sobre el nivel del mar y se le resta 68,02, la altura de la inundación es de un metro. El resultado se puede observar en la Figura 7, correspondiente al mapa de inundación.

Figura 7



Por otro lado, aunque el modelo de inundación realizado sólo cuenta con una cota de inundación como referencia, se ha contrastado con otros datos para validarlo. Estos puntos orientativos proceden de testimonios que, aunque no aportan información concreta de localización o de altura, ofrecen información aproximada que permite valorar

la idoneidad del modelo (Tabla 2). Junto al testimonio de Antonio de Ribera, la información adicional procede de datos recogidos por Teodoro Hampe (2002) o del plano de la ciudad de Santiago de Miraflores de finales del siglo XVIII, de Baltasar Martínez Compañón (1789) (Figura 5).

**Tabla 2**  
**Puntos orientativos de inundación para la validación del modelo.**

Lugar	Autor de la cita	Testimonio
...	Ribera 1720	"...se entró con tal ímpetu y abundancia por todas las bocacalles que miraban y salían a él y entraban al centro del lugar, ..."
...	Ribera 1720	"...unos con el agua a medio cuerpo; otros a la garganta y otros a nado; ..."
...	Ribera 1720	"...se quedaron y guarecieron en el centro del lugar en muladares muy altos; en árboles o maderos; ..."
¿Plaza Mayor?	Ribera 1720	"... las cuales estaban fabricados en la traza de dicha plaza, y si no me lo dicen y enseñan algunos sujetos que hallé en dicha; porque además de estar llenas de agua, se pusieron en tal desemejanza, que parece increíble lo que se ven en ellas por haber pasado por encima de sus techos mucha porción de agua, ..."
Cerro de la Horca	Ribera 1720	"...porque aún con no haber perdido ningún tiempo en huir de él, se libraron y salieron a dicho cerrillo o alto: ..."
Iglesia parroquial, Convento de San Francisco, Convento de San Joaquín, Nuestra Señora de las Mercedes, San Juan de Dios, Santa Lucía.	Ribera 1720	"...sin reservar ni dejar en pie más fábrica que iglesia parroquial y las de los Conventos del Señor San Francisco, San Joaquín, Nuestra Señora de las Mercedes San Juan de Dios y Santa Lucía, parroquia de naturales..."
Convento de San Agustín	Hampe 2002	"...Esta comunidad de religiosos fue la que menos sufrió y hoy se puede recorrer gran parte de su estructura, ..."
Capilla "D"	Martínez Compañón 1789	"D. Capilla que sirvió de Parroquia mientras se reparó la Matriz de su Ruina"
Iglesia "F"	Martínez Compañón 1789	"F. Iglesia que sirvió a los religiosos durante las reparaciones del Convento"
Iglesia "H"	Martínez Compañón 1789	"H. Iglesia que desde la ruina sirve a los Mercedarios"

Como se puede observar en la Tabla 2, buena parte de la información para validar el modelo de inundación está relacionada con diferentes edificios de la ciudad, de los cuales la mayor parte se localizan en la Plaza Mayor o sus alrededores, por tanto, en el lugar más privilegiado del núcleo urbano. Se trata de edificios públicos, la Iglesia Matriz o las casas del Cabildo, y viviendas correspondientes a los vecinos prominentes de la ciudad, que solían formar parte de la estructura de poder local y regional. A este respecto, es lógico que la arquitectura de dichos edificios fuera robusta y cuidada. Los materiales solían ser de mayor calidad y las estructuras de mayor tamaño y más altas, normalmente de dos pisos (Castañeda 2010). Sus dueños solían ser grandes

propietarios de tierras, que usaban diferentes recursos para ostentar y legitimar su poder. Como analiza Ramírez (1991), buena parte de ellos había experimentado un reciente ascenso social, por lo que el uso de símbolos materiales era indispensable para fortalecer su legitimación social: "estos propietarios elevaron su nivel de vida, en evidente emulación de los encomenderos, para capturar la imaginación y el respeto de los demás sectores de la sociedad" (Ramírez 1991:118). Sin embargo, estas emulaciones de poder, en forma de grandes casonas, no lograron resistir los embates del agua, ya que la totalidad de los edificios que no estaban contruidos en piedra, es decir, todos aquellos que no eran de carácter religioso, quedaron reducidos a la ruina.

En términos generales, el terreno más próximo al cauce del río cuenta con una altura de inundación mayor que la de los lugares más alejados, oscilando entre 5 y 8 m. Por otra parte, se observa una gran variabilidad de altura de inundación en el núcleo urbano, que responde a las diferencias de altura del terreno, estando entre 0 y 3 m de inundación. Este resultado es coherente con las palabras de Antonio de Ribera, quien apunta que la población consiguió huir de la inundación “unos con el agua a medio cuerpo, otros a la garganta y otros a nado”<sup>24</sup>.

La Plaza Mayor es uno de los lugares más afectados por la inundación, alcanzando el agua una altura de hasta 3 m. Esto es bastante coherente con la ruina descrita por Antonio de Ribera, que ni siquiera fue capaz de identificar los edificios que allí había previamente. De las manzanas circundantes a la plaza, la que albergaba la Iglesia Matriz es la menos afectada, llegando el agua a una altura de 2 m.

En el mapa de inundación se puede observar un área cercana al cauce del río en la que, debido a una mayor altitud del terreno, el agua no llegó. Justamente es en esta zona no inundada donde se localiza el Convento de San Francisco, que según Antonio de Ribera fue uno de los pocos edificios que quedaron en pie, lo que también valida el modelo.

Igualmente, el sector noreste de la ciudad es el menos afectado al estar situado a mayor altitud, debido a la existencia de un elemento orográfico fundamental, el cerro de la Horca. Así, parte del terreno que rodea al cerro, en el que se incluyen las tres manzanas más próximas a esta elevación, no sufrió el embate del agua. Esta información es contrastada con el plano de Baltasar Martínez Compañón, el cual localiza tres edificios en el sector nororiental que sirvieron de iglesias de forma provisional, mientras se reconstruían las iglesias afectadas por el agua, identificadas con las letras “D”, “F” y “H” (Figura 5). Corresponden respectivamente a “Capilla que sirvió de Parroquia, mientras se reparó la Matriz de su Ruina”, “Iglesia que sirvió a los religiosos durante la reparación del Convento” e “Iglesia que desde la Ruina sirve a los Mercedarios”, respectivamente. En el modelo de inundación desarrollado el agua no llegó a ninguno de los edificios descritos anteriormente. Por lo tanto, la tendencia en la disposición de la lámina del agua muestra que esta no llegó a dicho cerrillo, lo que coincide con la descripción dada por el escribano de la ciudad, quien afirmó que esta elevación permaneció salvaguardada de la inundación y sirvió de refugio para la mayor parte de la población.

La Iglesia y el Convento de San Agustín, según el historiador Hampe Martínez, fueron los edificios que sufrieron menos, debido a su lejanía al cauce del río (Hampe 2002).

No obstante, el modelo realizado muestra que la altura que alcanzó el agua en ese punto era de 3 m. Esto se puede explicar atendiendo a la consideración de la velocidad del caudal. Aunque dos puntos tengan la misma altura, la lejanía o cercanía al cauce del río determinará un mayor o menor daño, debido a que el terreno aporta más resistencia al paso del agua. No obstante, en el siguiente apartado tratamos de forma más concreta este extremo.

### **Análisis del caudal incidente. Secciones inundadas**

Para conocer la magnitud del evento, por tanto, no sólo es necesario conocer la altura del agua en el núcleo urbano, también debemos estimar la fuerza de la riada a través del cálculo del caudal del río Zaña al momento de la inundación. El conocimiento del caudal, asimismo, nos permitirá comparar dicho evento con otros, ya sea desde el punto de vista temporal, con otras inundaciones de la misma ciudad de Zaña o, incluso, desde el punto de vista espacial, mediante la comparación con inundaciones de otros lugares que tengan características similares.

Para analizar el caudal extraordinario causante de la inundación es necesario tener en cuenta las condiciones climáticas que se volvieron atípicas aquel mes de marzo de 1720. Zaña presenta por lo general un clima semiárido, con precipitaciones concentradas en los meses de diciembre a abril de 34 mm/año. En el curso alto, a partir de los 2.000 msm, las precipitaciones alcanzan los 500 mm/año y 1.000 mm/año en la cabecera (Bernex y Oblitas 2009). Por tanto, el caudal principal es aportado por las precipitaciones en la cabecera del río, ya que en el curso medio y bajo son, en condiciones normales, casi inexistentes. Cuando ocurre un evento de El Niño esta situación cambia, pues se produce un aporte extremo tanto en la cabecera como en los cursos medio y bajo, debido a las intensas precipitaciones que se pueden prolongar durante semanas o meses, como ocurrió en Zaña desde diciembre de 1719 (Rocha 2015).

En este apartado se quiere calcular el caudal de la inundación a partir de la fórmula de Manning. Dicha fórmula fue propuesta por el ingeniero irlandés Robert Manning a fines del siglo XIX para calcular el volumen de agua que pasa por un cauce en una unidad de tiempo determinado (Manning 1892). Su fórmula es una evolución de la fórmula expuesta por el ingeniero francés Antoine de Chézy en el siglo XVIII (expresión 1) que establece:

### **Expresión 1: Fórmula de Chézy**

Donde  $v$  es la velocidad media del agua en m/s,  $C$  el coeficiente de Chézy,  $R$  la raíz cuadrada del radio hidráulico en metros y  $S$  la pendiente de la línea de agua en m/m. Manning calcula el coeficiente de Chézy ( $C$ ) (expresión 2) de la siguiente forma:

<sup>24</sup> ARL, Protocolos Notariales, Antonio de Ribera, leg.4. fol.33r.

### **Expresión 2: Coeficiente de Chézy propuesto por Manning**

Si sustituimos  $C$  en la fórmula de Chézy por el propuesto por Manning se obtiene la fórmula de Manning (expresión 3) que es la que se aplicará en el análisis para calcular la velocidad del caudal en m/s. No obstante, para implementar dicha fórmula es necesario conocer el radio hidráulico durante el máximo nivel de inundación expresado por la letra  $R$ , la pendiente de la línea de agua  $S$  y el coeficiente hidráulico de rugosidad  $n$ . El caudal es el resultado de la multiplicación de la velocidad por el área.

### **Expresión 3: Fórmula de Manning**

#### **Radio hidráulico ( $R$ )**

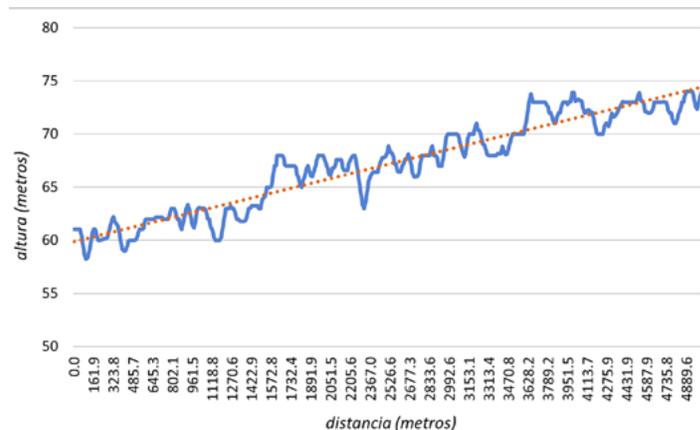
La forma del canal influye en la velocidad del agua. Dos canales fluviales pueden presentar secciones con el misma área, pendiente y rugosidad y tener resultados distintos en la velocidad de la corriente, por lo que, como se ha mencionado, el cálculo del radio hidráulico es determinante. El lecho y las paredes del río que están en contacto con el agua ralentizan la velocidad de ésta a causa de la fricción. Por tanto, cuanto más superficie de terreno se encuentre en contacto con el agua, superficie que se conoce como perímetro mojado, mayor será la resistencia de fricción (Hudson 1997).

De esta manera, el radio hidráulico en el máximo nivel de inundación se define como el área inundada dividida entre el perímetro mojado de una sección del curso fluvial, que será tomada perpendicularmente a la dirección del flujo. Como ya vimos anteriormente, la altura de la lámina de agua se obtiene a partir de la cota proporcionada por Antonio de Ribera en la Tabla 1. La cota máxima de inundación se ubica en la Plaza Mayor y es de 2,5 varas que, como ya se ha comentado, corresponde a 2,02 metros. A partir de esta cota se ha realizado un perfil que corta transversalmente dicha plaza y el río. El resultado es el siguiente, el área correspondiente al volumen de agua es de 19.900 m<sup>2</sup> y el perímetro mojado de la sección es de 4.360 m, por lo que el radio hidráulico es de 4,56.

#### **Pendiente de la línea de agua ( $S$ )**

La pendiente media de la línea de agua es la diferencia total de elevación del cauce principal, es decir, la cota máxima menos la mínima, entre la longitud del tramo del río considerado. En este caso, se ha visto pertinente realizar la media de la pendiente, y no la pendiente ponderada, ya que el perfil tiene una tendencia lineal. Asimismo, no se ha tomado la longitud total del río sino un tramo a partir del cual no presenta meandros acusados que supongan una pérdida de carga debido al rozamiento. El tramo considerado tiene una longitud de 2 km aguas arriba desde la sección de inundación (Figura 8).

Figura 8



Teniendo en cuenta que la altura máxima es de 68 m y que la altura mínima es de 58 m, la pendiente media es de 0,001 m/m. Como se puede observar, la pendiente del río, representada en la Figura 8, es ligeramente inclinada, teniendo una varianza de tan solo 10 m en más de 2 km. Por tanto, a pesar de que los ríos andinos de la vertiente pacífica son de corto recorrido y abrupto descenso desde la cordillera, en este caso, una vez que el río Zaña alcanza la planicie costera, la pendiente es poco significativa. Si se tiene en cuenta que la velocidad aumenta con la pendiente, en este estudio dicho factor no influye prácticamente en la velocidad del agua.

#### **Coeficiente hidráulico de rugosidad ( $n$ )**

Como ya se ha comentado en el apartado correspondiente al radio hidráulico, el contacto entre el agua y el lecho y las paredes del río genera fricción. La mayor o menor resistencia depende de la suavidad o rugosidad del canal. De esta manera, cuanto mayores irregularidades se localicen en el canal (rugosidad del suelo, rocas, desechos, etc.) y vegetación, mayor será la rugosidad y, por tanto, menor la velocidad del agua (Hudson 1997).

Estimar el coeficiente de rugosidad resulta un desafío para la paleohidrología, pues implica disponer de conocimientos no siempre existentes. El resultado del coeficiente depende de diversos factores que cambian en el espacio y el tiempo (Elleder et al. 2013), ya que las condiciones del río pueden variar. En este caso, sabemos que hoy en día, en condiciones normales, el curso medio y bajo del río posee materiales aluviales de poco diámetro con respecto a los del curso superior, como son la grava, la arcilla y el limo, así como vegetación de ribera, elementos que habrían repercutido en su rugosidad (Bernex y Oblitas 2009:72).

Para calcular el coeficiente de rugosidad, se han considerado los índices de rugosidad propuestos por Chow (1994). Se ha admitido un valor de 0,16, lo que supone una rugosidad

bastante elevada. Asumimos que en una situación de excepcionalidad, tras varias semanas de lluvias y una inundación previa, el río habría arrastrado materiales del curso superior que aumentarían la rugosidad, a lo que hay que añadir que el núcleo urbano presentaba mucha resistencia debido a los obstáculos de las propias viviendas, muchas de ellas ya deterioradas, y por las diferentes medidas preventivas llevadas a cabo por las autoridades y la población de la ciudad los días antes de la inundación, como la construcción de un dique o tajamar.

### Caudal incidente

La metodología para calcular el caudal debe adaptarse a la disponibilidad de datos. De esta forma, aunque hubiera sido interesante conocer los efectos de la inundación en ambos márgenes del río, pues sabemos que en la margen izquierda vivía población indígena (Vanvalkenburgh 2021), nos ha parecido más apropiado no estimar el caudal completo, limitando el resultado exclusivamente al caudal de la margen derecha, es decir, la que afecta directamente al núcleo urbano de Zaña. Además, la topografía del perfil tomado en la sección derecha ha sido validada, ya que dicho perfil atraviesa la Iglesia Matriz y pasa entre la Iglesia de San Agustín y el Convento de San Agustín (Figura 7). Así, aunque es probable que la topografía haya sufrido algún cambio desde principios del s. XVIII hasta la actualidad, los restos arquitectónicos nos indican en su base la altura del terreno antes de la inundación, reduciendo el margen de error.

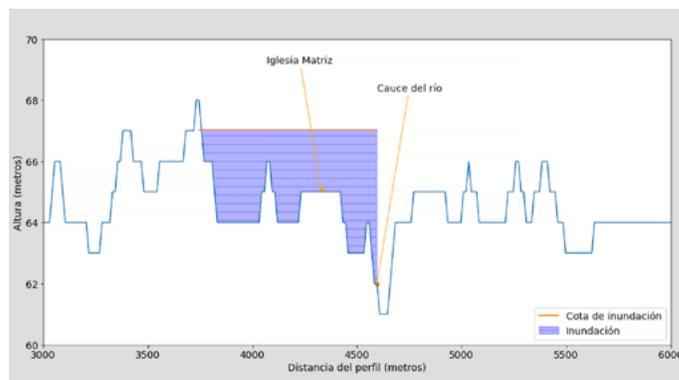
Antes de despejar la fórmula se debe tener en cuenta una cuestión que guarda relación con la cota de inundación. Como ya se ha comentado, las medidas tomadas en el trabajo de campo sobre los restos arquitectónicos han mostrado que la ciudad ha experimentado procesos de erosión y sedimentación. En el caso de la Iglesia Matriz, el suelo actual se encuentra aproximadamente un metro por encima del suelo de principios del s. XVIII, como se puede observar en la Figura 9, en la que se muestra sedimentación del suelo en torno a las ruinas de la iglesia. Por tanto, se ha procedido a restar un metro a la altura actual del terreno donde se encuentra dicha edificación.

Figura 9



En la Figura 10 se puede apreciar la inundación de la margen derecha del río, teniendo en cuenta la cota de inundación dada por Antonio de Rivera de dos varas y media. El caudal resultante para la margen derecha del río es de 870 m<sup>3</sup>/s. Según la cifra obtenida el caudal del río aumentó de forma muy notable en la inundación de marzo de 1720, teniendo en cuenta que solo se está considerando el caudal para la margen derecha del río.

Figura 10



Los estudios hidrológicos contemporáneos sobre el río Zaña, lamentablemente muy escasos, dan cifras para el caudal actual bastante menores incluso en periodo de El Niño. Por ejemplo, en una evaluación sobre los recursos hídricos del río Zaña llevada a cabo por el Ministerio de Agricultura del Perú, la Autoridad Nacional del Agua, la Dirección de Conservación y Planeamiento de Recursos Hídricos y la Administración Local de Agua Zaña (2010), se ha desarrollado un análisis de máximas avenidas en el valle de Zaña mediante el ajuste de funciones de distribución de probabilidad para los años comprendidos entre 1950 y 2008. Según estas estimaciones, la descarga máxima anual del río Zaña correspondiente al año 1983, año en el que se vivió en el norte del Perú un fuerte evento de El Niño, es de 177,5 m<sup>3</sup>/s. Asimismo, la Distribución Log Normal muestra un intervalo de 118 a 257 m<sup>3</sup>/s para periodos de retorno de 200 años. Sin embargo, la cifra para este periodo de retorno sería mucho mayor si tenemos en cuenta que en un evento de unos sesenta años antes, de 1925, el caudal máximo registrado fue bastante más elevado. Arturo Rocha, basándose en lo recogido en el Proyecto Especial Jequetepeque Zaña (PEJEZA), expuso que el caudal del río Zaña, para dicho evento, fue de 500 m<sup>3</sup>/s, y sumando su afluente Nanchoc, el caudal total resultante sería de 800 m<sup>3</sup>/s (Rocha 2015:7).

Aun así, el resultado de nuestro estudio sigue siendo considerablemente más elevado, ya que el caudal estimado es de 870 m<sup>3</sup>/s sólo para la margen derecha del río, pudiendo alcanzar muy probablemente una cifra cercana al doble si

consideramos el caudal completo. Sin embargo, hemos de tener en cuenta que ninguno de los eventos de El Niño de tiempos modernos ha llegado a provocar inundaciones en el interior de, o cercanas al centro poblado de Zaña. Asimismo, se trata en el primer caso de un cálculo de caudal máximo anual, y en el que nos ocupa estaríamos hablando de un caudal pico o instantáneo, que apenas duró una hora. Los días previos al 15 de marzo de 1720, el río Zaña ya estaba muy crecido, habiéndose desbordado incluso una vez días antes, como dijimos, y penetrado el agua en algunas calles de la ciudad. Pero lo que ocurrió aquella mañana fue una crecida repentina que los vecinos percibieron con un gran estruendo que precedió a la llegada del agua, “al cabo de haber corrido el agua por dicha ciudad cosa de una hora y derribando y arruinando todas sus fábricas, hasta los cimientos, excepto dichas iglesias, se retiró a su caja y madre y con la misma velocidad que creció, dejándola hecha espectáculo horrible, espantable y lamentable”<sup>25</sup>. Se trató, por tanto, de una inundación relámpago o *flash flood*, donde se produjo un aumento del caudal realmente extraordinario, que no se conoce de otras inundaciones en la zona en tiempos recientes.

En esta línea, la cifra de caudal obtenida en este análisis sería más cercana a las estimaciones llevadas a cabo por el ingeniero Flores (2021), que realiza en su tesis un análisis hidrológico mediante la determinación del caudal con el uso del software Hydrologic Modeling System [HEC-HMS]<sup>26</sup>, tomando como referencia datos de precipitaciones de estaciones localizadas en la cuenca del río Zaña. Dicho estudio pretende estimar el caudal del río para un periodo de retorno de 100, 200 y 500 años. Para este último determina un caudal del 1354 m<sup>3</sup>/s, cifra que se acerca mucho más a las estimaciones propuestas en este trabajo. No sería por tanto extraño que el evento de 1720 fuera algo realmente extraordinario, que no se repite sino cada varios siglos, y que tuvo consecuencias especialmente desastrosas para la villa. Hemos de señalar que Flores (2021) estima en un posible mapa de inundación que, con el caudal resultante de su análisis para un periodo de retorno de 500 años, 1354 m<sup>3</sup>/s, ni el núcleo poblado actual ni la zona donde se hallaba la villa del siglo XVIII estarían en terreno inundable. Sabemos, sin embargo, que esta inundación se produjo y que la ferocidad del agua del 15 de marzo de 1720 sumió a la villa en un estado calamitoso, destrozando las casas y dejando los edificios en ruinas como testimonio de ello, por lo que no sería de extrañar que el caudal fuera aún mayor del que Flores propone, acercándose a la cifra resultante en nuestro análisis.

25 ARL, Protocolos Notariales, Antonio de Ribera, leg.4, fol.33v.

26 El software Hydrologic Modeling System (HEC-HMS) fue diseñado por el Centro de Ingeniería Hidrológica del Cuerpo de Ingenieros de EE.UU. para realizar simulaciones de los procesos hidrológicos de sistemas de cuencas dendríticas (US Army Corps of Engineer- Hydrologic Engineering Center s.f.).

## Reflexiones Finales

Sin duda, el análisis de eventos desastrosos acaecidos en el pasado plantea enormes retos, debiéndose hacer uso de las fuentes de información existentes, bien sean materiales o documentales, para interpretar qué condiciones hicieron que una sociedad se encontrara en la situación de riesgo que devino en consecuencias desastrosas. Tales fuentes resultan indispensables para conocer la situación de vulnerabilidad en la cual se encontraban dichas poblaciones ante la amenaza a la que debieron enfrentarse. Sin embargo, a menudo, los datos históricos que proporciona la documentación resultan poco precisos y limitados a la hora de valorar la magnitud de la amenaza o fenómeno natural.

En el caso de la inundación de 1720 de la ciudad de Zaña, las fuentes existentes habían proporcionado hasta ahora una información de gran valor para conocer cómo vivieron los vecinos la llegada de la riada repentina, en qué momento se produjo, cómo reaccionó la población y cuál fue el estado calamitoso en que quedaron las casas, edificios y calles. Sin embargo, es difícil valorar la magnitud de la riada o inundación relámpago. Aunque la documentación histórica nos ofrece pistas para conocer la altura aproximada que alcanzó el agua en la ciudad aquel 15 de marzo, no es suficiente para, a simple vista, estimar la magnitud que pudo tener la riada. Para ello, en estas páginas, hemos tratado de exprimir al máximo esta información con el uso de los Sistemas de Información Geográfica (SIG), combinando los datos históricos, con datos de trabajo de campo e imágenes satelitales, lo que nos ha permitido desarrollar un modelo o mapa de la inundación, donde podemos observar la altura que alcanzó el agua en cada uno de los puntos.

Con todas sus limitaciones, el mapa de inundación resultante de nuestro análisis nos muestra una ciudad sumergida, donde el agua alcanzaría aproximadamente entre 1 y 4 m de altura en diferentes puntos de la villa, lo que es consistente con los datos aportados por el escribano Antonio de Ribera. La altura de la inundación coincide con la destrucción descrita en el documento de certificación de la misma e, incluso, con aquella mostrada por la documentación años después del desastre. El modelo permite reflexionar sobre las consecuencias del desastre e intentar comprender por qué se tomaron ciertas decisiones y no otras. De esta manera, la altura del nivel de agua en la plaza, de más de 2 m, explica por qué no se podían distinguir las casas, y por qué quedó todo el cabildo y el archivo de la ciudad enterrado bajo el lodo, siendo prácticamente insalvable la documentación de la villa. También, permite identificar los factores que determinaron que algunos edificios construidos en piedra resistieran más que otros del mismo material, a saber, la localización a mayor altura del terreno y la distancia al curso fluvial. Del mismo modo, teniendo en cuenta la magnitud, se explica que el cerro de La Horca se

convirtiera prácticamente en el único punto de refugio para la población de Zaña, llegando a asentarse parte de ella en las faldas de esta loma de manera indefinida. Por tanto, el mapa de inundación resultante presenta concordancia con los datos, por lo que pensamos podrá ser de utilidad para futuros estudios geográficos, históricos, arqueológicos o arquitectónicos, que traten de comprender en qué situación de vulnerabilidad física se encontraba la villa de Zaña de principios del siglo XVIII, y por qué la afectación de algunas calles, casas o edificios fue mayor que la de otros.

No obstante, para entender los daños causados por la inundación no sólo hace falta conocer la altura del agua, sino también su fuerza mediante el cálculo del caudal. En este trabajo hemos calculado el caudal del río Zaña durante la inundación del 15 de marzo de 1720, a través de la fórmula de Manning. El resultado de dicho cálculo nos da una cifra bastante elevada, pero, como hemos visto, no demasiado alejada de otras estimaciones para periodos de retorno de 500 años, con cifras algo menores a la nuestra. Esto vendría a significar que el evento de El Niño de 1720 fue de especial magnitud en el valle de Zaña, desembocando en una inundación tan excepcional que sólo se podría repetir cada varios siglos. Seguramente, sobre un río ya crecido tras meses y semanas de intensas lluvias, se dieron una serie de factores coincidentes en un momento concreto, lluvias en diferentes alturas del cauce, activación de quebradas normalmente secas, etc., produciendo una inundación breve, de apenas una hora según las fuentes, pero de mucha intensidad (*flash flood*).

A pesar de que los resultados obtenidos son consistentes con los datos aportados por la documentación y el estado de las ruinas de la antigua ciudad después de la avenida de agua, es evidente que el estudio de inundaciones históricas como está plantea limitaciones. Por un lado, la recreación de la inundación depende de los datos aportados por la documentación, en muchos casos escasos y poco precisos y, por ello, limitantes. Tanto el mapa de la inundación como la reconstrucción del caudal máximo instantáneo del río Zaña han partido de la altura de inundación proporcionada por Antonio de Ribera, el escribano local, cuando hubiera sido deseable contar con más datos para corroborar sus afirmaciones y desarrollar un modelo

más preciso. A esta escasez de documentación hay que añadir que, en toda recreación histórica, ante la ausencia de datos medibles y cuantificables por métodos modernos, dependemos de la confiabilidad de las fuentes. Es decir, cabe la posibilidad de que Ribera exagerase en sus afirmaciones, bien sea intencionadamente, o bien porque el recuerdo del horror acontecido días atrás le llevara a recordar lo vivido con mayor intensidad. Sin embargo, a pesar de las dudas que pueden transmitir las fuentes en este tipo de ejercicios metodológicos, si se hace un uso crítico de las mismas, como en toda investigación de carácter histórico, y se combinan estos datos con nuevas herramientas y perspectivas metodológicas, como se ha procurado en este trabajo, se podrán llevar a cabo análisis más rigurosos de la magnitud de los fenómenos naturales que desembocaron en situaciones desastrosas para las sociedades pasadas, lo que nos permitirá a su vez valorar con más precisión la vulnerabilidad de las mismas.

### Agradecimientos

Este artículo se ha desarrollado en el marco del Proyecto de investigación *Medioambiente, dinámicas urbanas y respuesta social en la Monarquía Hispánica durante el siglo XVIII: un estudio comparativo entre Andalucía y América*. US-1263159 (Proyectos I+D+I FEDER Andalucía). Las discusiones de trabajo con otros miembros de dicho proyecto han sido de sumo interés y provecho para esta investigación. Asimismo, agradecemos haber podido llevar a cabo el trabajo de campo en Zaña, Perú, y la consulta de fuentes documentales en los archivos peruanos gracias al programa de movilidad de la Asociación Universitaria Iberoamericana de Posgrado (AUIP) y a la invitación del profesor Lorenzo Seiner, y de su institución, la Pontificia Universidad Católica del Perú. La ayuda y colaboración del personal de los archivos consultados, fundamentalmente el del Archivo Departamental de Lambayeque fue de vital importancia para la localización de fuentes. Igualmente, en el norte del Perú, tanto en la consulta de documentación como en el trabajo de campo, fue fundamental contar con la colaboración y ayuda del profesor Juan Castañeda Murga, a quien estamos profundamente agradecidas. Finalmente queremos agradecer los comentarios y apreciaciones de los doctores Celso García y Miguel Delibes que con su minuciosa lectura ayudaron a la mejora de este manuscrito.

## Referencias citadas

- Alberola, A. (coord.)  
2013. *Clima, naturaleza y desastre. España e Hispanoamérica durante la Edad Moderna*. Universitat de València, Valencia.
- Alberola A. y Cecere D. (coords)  
2022. *Rischio, catastrofe e gestione dell'emergenza nel Mediterraneo occidentale e in Ispanoamerica in età moderna*. Federico II University Press, Universidad de Alicante, Alicante.
- Alberola, A. y García, V. (coords)  
2021. *La Pequeña Edad del Hielo a ambos lados del Atlántico. Episodios climáticos extremos, terremotos, erupciones volcánicas y crisis*. Universidad de Alicante, Alicante.
- Altez, R.  
2016. *Historia de la vulnerabilidad en Venezuela. Siglos XVI-XIX*. Editorial Universidad de Sevilla; Consejo Superior de Investigaciones Científicas; Diputación de Sevilla, Madrid.
- Altez, R. y García Acosta, V.  
2020. Terremotos, historia y sociedad en Hispanoamérica. *Temas Americanistas* 44:1-11.
- Angulo, D.  
1920. Fundación y población de la villa de Zaña. *Revista del Archivo Nacional Del Perú* 1(2):280-300.
- Arrijoa, L. y Alberola, A. (eds.)  
2016. *Clima, desastres y convulsiones sociales en España e Hispanoamérica, siglos XVII-XX*. Universidad de Alicante-El Colegio de Michoacán, Alicante.
- Bernex, N. y Oblitas, L.  
2009. *Cuenca del Zaña. Programa para la construcción de bases institucionales y operativas para la gestión integrada de la cuenca*. Centro de Investigación en Geografía Aplicada (CIGA - PUCP), Centro de Estudios Sociales Solidaridad (CESS), Global Water Partnership-Perú, Lima.
- Bayer, D., Pávez, A. y Quinteros, F.  
2003. Control de aluviones para prevención de inundaciones mediante enrocados, forestación y manejo ambiental de una cuenca semiárida: la quebrada de Cansas en Ica, Perú. *Diálogo Andino* 22:37- 49.
- Bitrán, D.  
1998. *El Fenómeno El Niño: su naturaleza y los riesgos asociados a su presencia recurrente*. CEPAL, México D.F.
- Bomers, A., Van Der Meulen, B., Schielen, R. M. J. y Hulscher, S. J. M. H.  
2019. Historic Flood Reconstruction with the Use of an Artificial Neural Network. *Water Resources Research* 55:9673-9688.
- Caramanica, A.  
2022. Building resilience from risk: Interactions across ENSO, local environment, and farming systems on the desert north coast of Peru (1100 BC–AD1460). *The Holocene* 32(12):1410-1421.
- Cardona, O. D.  
2001. La necesidad de repensar de manera holística los conceptos de vulnerabilidad y riesgo; una crítica y una revisión necesaria para la gestión. Ponencia presentada en *International Work-conference on Vulnerability in Disaster Theory and Practice*. Wageningen: Disaster Studies of Wageningen University and Research Center.
- Castañeda, J.  
2010. Permanecer tras el desastre: la ciudad de Saña después de los Niños de 1578 y 1720. *Archaeobios* 1(4):85-95.
- Castillo, A. y Delibes R.  
2022. Creció y salió de su caja y madre el río. Una ciudad vulnerable ante el desastre. Zaña del Perú en 1720. En *Ante la "ira de Dios". Naturaleza, desastres y respuestas en la América hispana, siglos XVIII y XIX*, editado por Luque, E.J. y Petit-Breuilh, M.E., pp. 223- 266. Sílex Ultramar, Madrid.
- Chow, V. T.  
1994. *Hidráulica de canales abiertos*. Nomos S.A, Bogotá.
- Copson, W. y Sandweiss, D.  
1999. Native and Spanish Perspectives on the 1578 El Niño. *The Entangled Past: Integrating History and Archaeology. Proceedings of the 30th Annual Chacmool Archaeological Conference*, editado por Boyd, M., Erwin, J.C. y Hendrickson, M., pp. 208-220. University of Calgary, Calgary.
- Crowley, T.J. y North, G.R.  
1991. *Paleoclimatology*. Oxford University Press, Monographs on Geology and Geophysics 18. Nueva York.
- Díaz, A., Villegas, E., Alfaro, L., Avalos, G., Bazo, J., Escajadillo, Y., Barreto, C. y Febre, C.  
2014. *El Fenómeno El Niño en el Perú*. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú, Lima.

- Duque, G.  
2010. *Armero 25 años... el desastre y la erupción del Ruiz de 1985: las lecciones del Ruiz a los 25 años del desastre de Armero*. Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales Instituto de Estudios Ambientales (IDEA), Manizales.
- Eguiguren, V.  
1894. Las lluvias en Piura. *Boletín de La Sociedad Geográfica de Lima* 4(7):241-58.
- Elleder, L., Herget, J., Roggenkamp, T. y Nießen, A.  
2013. Historic Floods in the City of Prague. A Reconstruction of Peak Discharges for 1481-1825 Based on Documentary Sources. *Hydrology Research* 44(2):202-214.
- European Space Agency.  
s.f. Explore PALSAR. <https://earth.esa.int/eogateway/instruments/palsar> (13 de abril 2022).
- Flores, O.  
2021. *Estudios de inundación en los cultivos de Zaña a causa del desborde del río Zaña para tiempos de retorno de 100, 200 y 500 años, empleando los modelos matemáticos HEC-HMS y HEC-RAS en el distrito de Zaña, Provincia de Chiclayo, Departamento de Lambayeque, 2019*. Tesis de Facultad de Ingeniería, Universidad Santo Toribio de Mogrovejo, Chiclayo.
- Galicia, J.  
1976. *Destrucción y traslado de la Ciudad de Santiago de Guatemala*. Universidad de San Carlos de Guatemala. Editorial Universitaria, Guatemala.
- García, V. (coord.)  
1997-2008. *Historia y desastres en América Latina, Vol. I, II y III*. Red de Estudios Sociales en prevención de Desastres de América Latina-CIESAS, Bogotá.
- García, V.  
2001. *Los sismos en la historia de México. Tomo II: el análisis social*. Universidad Nacional Autónoma de México, Centro de Investigaciones y estudios superiores en Antropología, Fondo de Cultura Económica, México D.F.
- García-Herrera, R., Díaz, H. F., García, R. R., Prieto, M. R., Barriopedro, D., Moyano, R. y Hernández, E.  
2008. A Chronology of El Niño Events from Primary Documentary Sources in Northern Peru. *Journal of Climate* 21(9):1948-1962.
- Gergis J.L y Fowler, A.M.  
2009. A history of ENSO events since A.D. 1525: implications for future climate change. *Climatic Change* 92:343-38
- García Torres, A.  
2021. Clima y desastre en Quito (Ecuador) durante la Pequeña Edad del Hielo: 1640-1800. En *La Pequeña Edad del Hielo a ambos lados del Atlántico. Episodios climáticos extremos, terremotos, erupciones volcánicas y crisis*, editado por Alberola A. y García Acosta, V., pp. 55-94. Universidad de Alicante, Alicante.
- Haas, J. y Dillon, M. O. (eds.).  
2003. *El Niño in Peru: biology and culture over 10,000 years*. Field Museum of Natural History Chicago, Botany New Series 43, Chicago.
- Hampe, T.  
2002. Un capítulo de historia regional peruana: la ciudad de Zaña y su entorno ante la inundación (1720). *Revista Andina* 34:65-83.
- Harth-Terre, E.  
1964. Los monumentos religiosos de la desaparecida villa de Zaña. *Anales del Instituto de Arte Americano e Investigaciones Estéticas* 17:6-34.
- Herget, J., Roggenkamp, T. y Krell, M.  
2014. Estimation of Peak Discharges of Historical Floods. *Hydrology and Earth System Sciences* 18(10):4029-4037.
- Hocquenghem, A. y Ortlieb, L.  
1992. Eventos El Niño y lluvias anormales en la costa del Perú: siglos XVI-XIX. *L'Institut Francais d'Études Andines* 21(1):197-278.
- Hudson, N. W.  
1997. *Medición sobre el terreno de la erosión del suelo y de la escorrentía*. Boletín de Suelos de la FAO, 68. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Roma.
- Huertas, L.  
1993. Fundación de la villa de Santiago Miraflores de Zaña: Un Modelo Hispánico de Planificación Urbana. *Historia y Cultura* 22:145-205.
- Huertas, L.  
2001. *Diluvios Andinos a través de las fuentes documentales*. Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima.
- Ibarra C. E.  
2022. El terremoto y tsunamis de 1835 en Concepción y la frontera del río Biobío: destrucción, relocalización, traslados y nuevas inversiones. *Diálogo Andino* 67:255-268.
- Instituto Geográfico y Estadístico.  
1886. *Equivalencias Entre Las Pesas y Medidas Usadas Antiguamente En Las Diversas Provincias de España y Las Legales Del Sistema Métrico-Decimal*. Dirección General del Instituto Geográfico y Estadístico de España, Madrid.

- Kishore, N., Marqués, D., Mahmud, A., Kiang, M. V, Rodriguez, I., Fuller, A., Ebner, P., Sorensen, C., Racy, F., Lemery, J., Maas, L., Leaning, J., Irizarry, R. A., Balsari, S. y Buckee, C. O.  
2018. Mortality in Puerto Rico after Hurricane Maria. *New England Journal of Medicine* 379(2):162–17.
- Labarthe, P. A.  
1914. Las avenidas extraordinarias en los ríos de la costa. *Informe y Memoria de La Sociedad de Ingenieros* XVI(11-12):301-29.
- Lóczy, D., Czigány, S. y Pirkhoffer, E.  
2012. Flash flood hazards. En *Studies on Water Management Issues*, editado por M. Kumarasamy, pp. 57-72. IntechOpen, London.
- Luque, E.J. y Petit-Breuilh, M.E. (coords)  
2022. *Ante la "ira de Dios". Naturaleza, desastres y respuestas en la América hispana, siglos XVIII y XIX*. Sílex Ultramar, Madrid.
- Maenza, R. A. y Compagnucci, R.H.  
2010. Simulación de la pequeña edad de hielo usando el modelo EdGCM. *Geoacta* 35(2):78-90.
- Manning, R.  
1892. Supplement to "On the Flow of Water in Open Channels and Pipes". *Institution of Civil Engineers of Ireland* 24:179–207.
- Martínez Compañón B.  
1789. *Trujillo del Perú*. Real Biblioteca, Madrid. Recuperado en <https://realbiblioteca.patrimonionacional.es/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=172082> (15 Junio 2021).
- Ministerio de Agricultura del Perú, Autoridad Nacional del Agua, Dirección de Conservación y Planeamiento de Recursos Hídricos, Administración Local de Agua Zaña.  
2010. *Estudio Evaluación de Recursos Hídricos Cuenca Del Río Zaña*. Lima.
- Miranda, R. A.  
1927. *Monografía general del Departamento de Lambayeque*. Talleres tipográficos El Tiempo, Chiclayo.
- Moore, J. D.  
1991. Cultural responses to environmental catastrophes: post- El Niño subsistence on the prehistoric north coast of Peru. *Latin American Antiquity* 2(1):27-47.
- Moseley, M.  
1987. Punctuated equilibrium: searching the ancient record for El Niño. *The Quarterly Review of Archaeology* 8:7-10.
- Negro, S. y Amorós, S.  
2015. Opulencia y fatalidad en San Agustín de Saña en el Perú, siglos XVII al presente. IX Congreso Nacional, I Congreso Internacional Hispanoamericano de Historia de la Construcción. Vol. II. Instituto Juan de Herrera y Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid, Segovia.
- Nials F, Deeds E, Moseley M, Pozorski S, Pozorski T, Feldman R.  
1979. El Niño: the catastrophic flooding of coastal Peru. *Field Museum of Natural History Bulletin* 50(7):4-14, 50(8):4-10.
- Ortlieb L. y Macharé J.  
1989. Evolución climática al final del Cuaternario en las regiones costeras del norte peruano: breve reseña. *Bulletin de l'Institut Francais d'Etudes Andines* 18(2):143-160.
- Palacios, A.  
2015. *Entre ruinas y escombros. Los terremotos en Chile durante los siglos XVI al XIX*. Ediciones Universitarias de Valparaíso, Valparaíso.
- Pérez-Mallaína, P.E.  
2001. *Retrato de una ciudad en crisis: la sociedad limeña ante el movimiento sísmico de 1746*. Editorial CSIC, PUCP-Instituto Riva-Agüero, Lima.
- Petit-Breuilh, M. E.  
2004. *Desastres naturales y ocupación del territorio en Hispanoamérica*. Universidad de Huelva, Huelva.
- Pizarro, E.  
2007. Lo que el Presente no ve: el terremoto y maremoto de Arica (1868). Fuentes para su Historia. *Diálogo Andino* 29:47-64.
- Prieto, G., Verano, J. W., Goepfert, N., Kennett, D., Quilter, J., LeBlanc, S., Fehren-Schmitz, L., Forst, J., Lund, M., Dement, B., Dufour, E., Tombret, O., Calmon, M., Gadison, K. y Tschinkel, D.  
2019. A Mass Sacrifice of Children and Camelids at the Huanchaquito-Las Llamas Site. *Plos ONE* 14(3):e0211691.
- Quinn, W. H., Neal, V. T. y Antunez de Mayolo, S. E.  
1987. El Niño Occurrences Over the Past Four and a Half Centuries. *Journal of Geophysical Research* 92(C13):14.449-14.461.
- Ramírez, S. E.  
1991. *Patriarcas Provinciales. La tenencia de la tierra y la economía del poder en el Perú colonial*. Alianza Editorial, Madrid.

- Rocha, A. 2002.  
El Fenómeno el Niño de 1578 y el pago de impuestos. *Revista Técnica del Capítulo de Ingeniería Civil 6(28)*, Colegio de Ingenieros de Perú, Lima.
- Rocha, A.  
2015. El Meganiño de 1720. La inundación de Zaña de 1720 y las fallas en la planificación en el uso de la tierra. Manuscrito en posesión del autor.
- Rojas, O. y Martínez, C.  
2011. Riesgos naturales: evolución y modelos conceptuales. *Revista Universitaria de Geografía* 20:83-116.
- Samamé, A.  
1989. Acta original de la ruina de Zaña. *Boletín del Archivo Departamental de Lambayeque* 1:10-12.
- Sandweiss, D. y Quilter, J. (eds.).  
2008. *El Niño, Catastrophism, y Cultural Change in Ancient America*. Dumbarton Oaks Research Library Collection, Washington D.C.
- Seiner, L.  
2001. El Fenómeno de El Niño en el Perú: reflexiones desde la historia. *Debate Agrario* 33:1-18.
- Strahler, A. N. y Strahler, A. H.  
1989. *Geografía Física*. Edición Omega. Barcelona.
- Takahashi, K.  
2016. El Fenómeno El Niño En El Perú. *Simposio Impacto del Cambio Climático sobre la Salud*. Academia Nacional de Medicina e Instituto Nacional de la Salud, Lima.
- Uceda, S., Gayoso, H., Castillo, F., y Rengifo, C.  
2021. Climate y Social Changes: Reviewing the Equation with Data from the Huacas de Moche Archaeological Complex, Peru. *Latin American Antiquity* 32(4):1-18.
- US Army Corps of Engineers - Hydrologic Engineering Center.  
s.f. "HEC-HMS". <https://www.hec.usace.army.mil/software/hec-hms> (13 abril 2022)
- Villagrán, H.  
2003. El fenómeno 'El Niño' y políticas públicas: un desafío científico, tecnológico e institucional. *Diálogo Andino* 22:23-34.
- VanValkenburg, P.  
2021. *Alluvium y Empire. The Archaeology of Colonial Resettlement y Indigenous Persistence on Peru's North Coast*. The University of Arizona Press, Tucson.
- Walker, C.  
2012. *Colonialismo en ruinas. Lima frente al terremoto y tsunami de 1746*. Instituto Francés de Estudios Andinos, Instituto de Estudios Peruanos, Lima.
- Wethey, H. E.  
1946. Saña, a dead city of Peru. *Michigan Alumnus Quarterly Review* 53(10):9-19.
- Zevallos, J.  
2015. *Saña. Apogeo y destrucción (1563-1720)*. Revuelta Editores, Lima.