

MEMORIAS DEL PAISAJE NILÓTICO: PROSPECCIÓN, SIMULACIÓN Y RECREACIÓN DE LA INUNDACIÓN ESTACIONAL EN LA ZONA DEL DIQUE DE MIMBAL (MINIA, EGIPTO)

José Ignacio Fiz Fernández

Departament d'Història i Història de l'Art. Universitat Rovira i Virgili

Alfredo Guardo Zabaleta, Alfred Fontanals García

Departament de Mecànica de Fluids

Joan Antoni Lopez Martínez, Noelia Olmedo Torre, Ismail El Madafri

Departament d'Enginyeria Gràfica i de Disseny

Resumen

Se verifican y documentan sobre el terreno los datos sobre los sistemas de control hidráulico de inundaciones registrados en la zona del río Nilo. Este trabajo de campo ira acompañado de un estudio sedimentológico de la zona de estudio, la cual comprende las localidades de Marzouk, Mimbab, y Matay (Minia, Egipto). A partir de estos datos arqueológicos y sedimentológicos se crea un sistema de simulación y computación gráfica de alta resolución que refleje la gestión mediante cubetas y canales de irrigación, así como la irrigación perenne del Valle Medio del Nilo. Por otro lado, se pretende recoger y registrar la memoria oral sobre la inundación en el Valle Medio del Nilo en general y en la zona de estudio en particular y el impacto socio-cultural de su desaparición. A partir de los datos de la prospección sobre el terreno, los estudios sedimentológicos, el registro sobre el terreno de la memoria oral, la simulación y la visualización gráfica se quieren analizar los cambios paisajísticos inducidos por las transformaciones del siglo XIX y XX y los diversos procesos de sedimentación, así como sus efectos sobre el propio proceso de inundación y el entorno habitado de las riberas del río.

Palabras clave: Nilo; Egipto; Inundaciones; Prospección; Simulación; Ingeniería Gráfica

1. Introducció

Para obtener un conocimiento detallado del campo egipcio en época antigua y de sus transformaciones es necesario abordar el estudio de cada región con sistemas que permitan integrar los datos histórico-arqueológicos con los datos del medio físico actual y rastrear las trazas de la fisonomía del paisaje antiguo y de sus grandes infraestructuras. La zona seleccionada que da título a este proyecto, sita en el Valle Medio del Nilo, conserva rastros sobre el terreno relativos a su paisaje rural y urbano del período grecorromano y relativos también a la gestión de la inundación en el siglo XIX. La información adquirida junto a la que se recogerá sobre el terreno en esta propuesta será tratada para generar una simulación computacional de la crecida evidenciando sobre el terreno las zonas inundadas y las zonas habitables en el momento culminante de la inundación. El trabajo que proponemos se aborda fundamentalmente con los instrumentos que proporcionó la teledetección, pero se apoya en una actividad de campo con reconocimiento de las infraestructuras hidráulicas detectadas y con control geo arqueológico de los sedimentos asociados. Considerando la importancia crucial de la inundación en la memoria cultural de Egipto, y la fragilidad de la memoria histórica, nos proponemos también poner a prueba una metodología de recolección de testimonios orales sobre los efectos físicos y sociales concretos de las avenidas en la zona estudiada. Dicha información debería ser también una fuente de información acerca de las formas de

circulación y los caminos utilizados en el momento de las aguas altas, un dato relevante para completar el método de simulación propuesto.

Para acotar este trabajo, dentro de la extensa área que comprende el valle Medio del Nilo, hemos establecido una ventana de análisis en una zona situada en el eje que une las localidades de Marzouk, Mimbál y Matey, a unos 10 km al norte de Samalut y prácticamente en el centro del valle Medio. Esta elección se debe a tener registrada en esta zona, por ejemplo, uno de los once grandes diques de contención de las aguas del Valle Medio del Nillo, citados en la *Description de l'Égypte* (Martin, 1813, 198-199). Este dique, llamado "Membâl" por los geógrafos franceses que acompañaban la expedición de Napoleón, atravesaba desde el Bahr-Youssef el Valle Medio y conectaba con el margen occidental del Nilo. El dique de Mimbál puede encontrarse también en un plano del Valle Medio, publicado en 1854 por Linant de Bellefonds, en la cartografía publicada entre 1914 y 1939 por el Survey Department of Egypt durante el protectorado británico, en las imágenes del satélite espía Corona de los años 60 del pasado siglo y en las últimas imágenes de satélite Sentinel 2 (Agencia Espacial Europea).

Paralela y complementariamente al desarrollo de los trabajos de prospección arqueológica, proponemos un trabajo de campo de recogida de memoria oral de aquellos que aún pueden dar testimonio de las crecidas del agua y el sistema de la inundación, mantenida hasta 1972, así como las manifestaciones culturales asociadas a esta crecida y ahora perdidas debido al control perenne del caudal del río.

Finalmente, proponemos el uso de técnicas de simulación de dinámica de fluidos y computación gráfica de alto desempeño como herramientas complementarias a la prospección arqueológica. En este

sentido la dinámica de fluidos computacional es una técnica de simulación de flujo de fluidos de amplia implantación en el mundo de la ingeniería, que poco a poco va abriéndose camino en la investigación arqueológica (e.g. García Diego, F.J. et al., 2016; Oetelaar, T. 2016). Esta técnica de simulación ha sido ampliamente utilizada en el estudio de ríos y cuencas hidrográficas (e.g. Silva dos Santos et al., 2019; Bosneagu et al., 2019), incluyendo estudios de modificación del paisaje debido a procesos de sedimentación natural (e.g. Rütther y Olsen, 2007; Keylock et al., 2012). Mediante esta técnica pretendemos reconstruir mediante modelos computacionales los sucesivos sistemas antropizados de inundación, en la zona geográfica propuesta como ventana de análisis.

2. Metodología

La realización de este proyecto implica la colaboración de varias disciplinas en la que la base del trabajo ha de ser arqueológica. Los resultados de las tareas relacionadas con la prospección y documentación sobre el terreno han de alimentar y dar sentido a las tareas relacionadas con los cálculos de fluidos y de representación gráfica. Los resultados han de ir acompañados, ser analizados, discutidos y corregidos con la información recogida y procesada en la tarea dedicada a la memoria oral.

En la metodología del proyecto se han definido las siguientes tareas que describimos a continuación:

T1. Revisión documental

Esta tarea consiste en una revisión de la documentación digitalizada y comprende las trazas de diques y canales observados en cartografía

histórica y en imágenes de satélite, así como la carta arqueológica de los yacimientos situados en el valle medio del Nilo. Esta revisión es necesaria para preparar planos de detalle, donde queden indicados estos datos de la zona de trabajo escogida que serán utilizados en las tareas y en la logística y preparación de la prospección (T2) y en el estudio geomorfológico (T3).

T2. Trabajo de Campo: Prospección y documentación

A partir de los planos de detalle de la zona formada por el eje, representado por el antiguo dique de Membâl, de las localidades de Marzouk, Mimbal y Matey esta tarea estará centrada en la prospección sobre el terreno con la intención de contrastar en campo los datos recogidos sobre trazas de diques y canales registrados.

T3. Trabajo de Campo: Estudio sedimentológico y geomorfológico

Se abordan aquellos datos que permitan reconstruir la evolución geomorfológica del Valle Medio del Nilo en relación con la zona escogida y en especial en el siglo XIX, momento en el cual se produce la transformación del valle Medio.

T4. Trabajo de Campo: Memoria oral

Conscientes de las múltiples dificultades que comporta la recuperación de las memorias orales en general, y particularmente en el caso de este proyecto, se han diseñado una serie de pasos para la sistematización de la aproximación al campo. Los mismos comienzan con la labor de carácter etnográfico y las entrevistas informales (previas) realizada por investigadores locales en el terreno. Este

trabajo permitirá no sólo la ubicación de los/las testigos claves (y posibles), sino también nutrirá de contenidos las guías para las entrevistas que se registrarán, las cuáles, a su vez, estarán informadas por una extensa investigación de archivo, y adicionalmente, por las necesidades de recolectar datos de contraste o ampliación específicos que pudieran necesitar otros/as investigadores/as del proyecto.

T5. Trabajo de Laboratorio: Procesamiento de información obtenida en el trabajo de campo

Usando programas de fotogrametría (Pix4d, Reality Capture, Agisoft Metashape) procederemos, a partir de los vuelos aéreos con dron a la elaboración de la documentación geométrica de estructuras y yacimientos. Se crearán modelos 3D a partir de los cuales generar alzados, plantas y modelos digitales de elevación de alta resolución a partir de los cuales estudiar, por ejemplo, la microtopografía del yacimiento. Se crearán ortofotomapas de alta resolución de aquellos yacimientos verificados sobre el terreno.

T6. Reconstrucción digital de la inundación

Las aplicaciones digitales que permiten generar, visualizar y manipular modelos geométricos ha hecho que se facilite la evocación de espacios y construcciones del pasado respecto a las descripciones literales, gráficos y planos de épocas anteriores. Las recreaciones cuyo único fin es la difusión, con limitado grado de conocimiento histórico, permiten una gran libertad en cuanto a su generación. Si lo que se pretende es construir una reproducción tridimensional virtual de espacios históricos que persiga tanto la transmisión del conocimiento como la utilidad en el desarrollo de la investigación mediante el

planteamiento de hipótesis sobre el modelo, es necesario seguir unos criterios más estrictos con respecto a las fuentes usadas como base de la reconstrucción gráfica, así como de herramientas de simulación avanzada que permitan probar estas hipótesis.

T7. Puesta en común

En esta tarea se realizará la puesta en común de la información y el análisis de los resultados obtenidos en los diversos escenarios de simulación planteados. Estos escenarios, modelizados en 3D, incluirán situaciones en las que se produzcan inundaciones, como las de 1863, 1869 y 1878 y en las que se produjeron desbordamientos y rupturas de diques, siendo la última la más violenta que sus predecesoras, ya que destruyó y arrasó aldeas. Así también se simularán escenarios como el de la inundación de 1946, registrada debido a la gran cantidad de víctimas que se produjeron. Los escenarios, incluirán situaciones contrarias, escasez hídrica del Nilo y el Bahr-Youssef, por lo que veremos que zonas dejaron de quedar anegadas y por tanto no operativas para el cultivo, pudiendo determinar las pérdidas económicas de estas situaciones.

3. Impacto previsto

3.1 Impacto científico-técnico

Nuestra propuesta pretende documentar las estructuras hidráulicas que localicemos en el trabajo de campo, pertenecientes al siglo XIX y dar a conocer a través de publicaciones, de una manera detallada y precisa, como se estructuró la transformación del Nilo en el Valle Medio, como actuaban estas estructuras ante procesos de fuertes

inundaciones o en situación de rigor climático y como reaccionaba el paisaje ante los casos particulares que podían producir.

Otra cuestión vendrá del análisis geomorfológico de la zona del valle Medio. Se proporcionarán resultados en cuanto a la variación sedimentológica y transformación, su relación con las poblaciones de la zona no tan solo desde el siglo XIX, sino en periodos cronológicos precedentes.

Cabe sumar la documentación arqueológica de alta resolución que proporcionarán los vuelos de drone a baja cota y las perspectivas de aportar mayor conocimiento de los mismos. La combinación de esta información, con la memoria oral y las tradiciones recogidas, ya en sí, representarán una novedad metodológica a la cual se sumará el trabajo con la técnica CFD aplicada a la simulación de los diversos procesos de transformación del paisaje. Esta novedad podrá ser aplicable en otros proyectos de otros grupos de investigación orientados a analizar los grandes cursos fluviales.

Por otro lado, la utilización de los recursos de la supercomputación en los cálculos CFD aplicados a la arqueología del paisaje representarán un impacto científico importante, en un ámbito en el cual a nivel nacional solo se ha aplicado en la plataforma IDEPatri, una Infraestructura de Datos Espaciales (IDE) para el intercambio de información arqueológica a través de Internet, desarrollada por el GEPN- AAT (Grupo de Estudio para la Prehistoria del Noroeste Ibérico, Arqueología, Antigüedad y Territorio), en colaboración con el CESGA (Centro de Supercomputación de Galicia) y el CiTIUS (Centro Singular de Investigación en Tecnologías Inteligentes).

Finalmente, la publicación en abierto de los datos de este proyecto, cómo la cartografía histórica recopilada, las fuentes escritas, las

estructuras hidráulicas vaciadas y registradas en el GIS, etc. Los modelos 3D de estructuras como diques documentados en el terreno, los datos estadísticos relativos al Nilo y sus canales dependientes, las capacidades de las cuencas de inundación preparadas para estudios similares y el mapeado del conjunto de sondeos realizados tanto por nuestro equipo como los publicados por las diversas misiones desplazadas serán de gran impacto e interés no solo para nuestro equipo sino para aquellos que en el futuro quieran continuar con otras técnicas y aproximaciones el estudio del paisaje en la antigüedad de Egipto.

3.2. Impacto social y económico

Uno de los impactos sociales del presente proyecto se visualizará a través del documental transmedia, pero también por medio de la socialización a través de redes sociales y publicaciones en diarios y revistas de marcado carácter de difusión, vendrá determinado por reflejar los efectos de la “modernización” iniciada en el siglo XIX en Egipto, pero pareja a la producida en Europa desde la llamada revolución industrial.

Esta presentación ha de provocar reflexión sobre si realmente los grandes proyectos de “modernización” en los que se vieron implicados los grandes imperios del XIX y que transformaron Egipto, mejoraron realmente la vida de sus gentes, o solamente demostraron los logros de las sociedades coloniales para replicar modelos occidentales. La difusión social que proponemos ha de ser también un juego de espejos en el cual nos veamos también reflejados, llevándonos a la reflexión sobre lo que realmente hemos perdido

como sociedad, y sobre lo que significa “mejorar la vida” de los ciudadanos cuando se plantean grandes proyectos de transformación.

Por otro lado, el proyecto se alinea con la importancia y la urgencia social que representa integrar orgánicamente la perspectiva de género en diferentes tipologías de investigación.

A nivel temático, se realizará una tarea de exploración y visibilización del papel de las mujeres en las inundaciones mediante la recogida de testimonios sobre las mismas y su posterior difusión a través del documental transmedia, y a través de las diferentes redes sociales. La parte de la memoria oral recogida se presentará a través de un mapeado visualizable a través de web.

A nivel metodológico se generará un espacio de reflexión sobre las tecnologías utilizadas y las aplicaciones de simulación y visualización, sus posibles sesgos, sus programas intrínsecos, buscando explicitarlos, cuando no también subvertirlos. Los resultados de este proceso también conformarán el documental transmedia con el fin que arribe a un público más amplio, incidiendo en la importancia de producir un conocimiento socializado.

A nivel económico entendemos que la metodología que aquí se aplique ha de redundar en futuros proyectos nacionales e internacionales aplicados a situaciones fluviales de características similares en otros territorios, mediante la elaboración de simulaciones como, por ejemplo, las grandes riadas en la cuenca mediterránea, cuyos efectos son causa de graves pérdidas humanas y económicas.

Convocatoria 2021: Proyectos de Generación de Conocimiento. MINECO.

Tipo: Proyecto R+D+I competitivo. Acrónimo: MESJENET

Código de la entidad financiadora: PID2021-128069NB-I00

Fecha de inicio y fin: 2022-09-01 al 2025-08-31

Entidad desarrolladora: Universitat Rovira i Virgili

Referencias

- Alleaume, G. (1992). Les systèmes hydrauliques de l'Égypte pré-moderne. Itinéraires d'Égypte. *Mélanges offerts au Père Maurice Martin*, 301-322, en particular p.304.
- Bosneagu, R., Scurtu, I. C., Popov, P., Mateescu, R., Dumitrache, L., & Mihailov, M. E. (2019). Hydraulics numerical simulation using Computational Fluid Dynamics (CFD) method for the Mouth of Sulina Channel. *Journal of Environmental Protection and Ecology*, 20(4), 2059–2067.
- García Diego, F.J., Scatigno, C., Merello, P., & Bustamante, E. (2016). Preliminary data on CFD modeling to assess the ventilation in an archaeological building. En: *8th International congress on archaeology, computer graphics, cultural heritage and innovation* (actas de congreso). Editorial Universitat Politècnica de València. 2016.
- Keylock, C. J., Constantinescu, G., & Hardy, R.J. (2012). The application of computational fluid dynamics to natural river channels: Eddy resolving versus mean flow approaches. *Geomorphology*, 179, 1-20. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2012.09.006>
- Oetelaar, T. (2016). CFD, thermal environments, and cultural heritage: Two case studies of Roman baths. En: *IEEE 16th International Conference on Environment and Electrical Engineering* (actas de congreso), Florencia, Italia. 2016. <https://doi.org/10.1109/EEEIC.2016.7555484>
- Rüther, N., & Olsen, N. R. B. (2007). Modelling free-forming meander evolution in a laboratory channel using three-dimensional computational fluid dynamics. *Geomorphology*, 89(3–4), 308-319. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2006.12.009>
- Silva dos Santos, I. F., Ramirez Camacho, R. G., Tiago Filho, G. L., Barkett Botan, A. C., & Amoeiro Vinent, B. (2019). Energy potential and economic analysis of hydrokinetic turbines implementation in rivers: An approach using numerical predictions (CFD) and experimental data. *Renewable Energy*, 143, 648-662. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.05.018>