

10. FUENTES, CARTOGRAFÍA, TELEDETECCIÓN Y SIG: CLAVES PARA RECONSTRUIR EL PAISAJE DEL NOMO OXIRRINQUITA

Ignacio Fiz

Universitat Rovira i Virgili / Institut Català d'Arqueologia Clàssica

1. Introducción

El estudio del paisaje oxirrinquita en la antigüedad pasa inevitablemente por asumir un proceso de conocimiento y reflexión sobre el funcionamiento y gestión de la inundación del Nilo. La razón es comprensible si reconocemos que Egipto ha dependido desde siempre y en todos los aspectos de la crecida estacional y cíclica del Nilo. Sus efectos, más allá de los naturales, provocaron un impacto cultural, visual, social, económico y religioso en todo el país y crearon un hecho diferencial único entre las culturas mediterráneas. El control y gestión de las aguas fueron desde los inicios predinásticos hasta nuestros días esenciales para garantizar el alimento y el orden social.

Por tanto, comprender cómo evolucionaron los procedimientos, técnicas y métodos de gestionar y controlar la inundación, sobretudo a lo largo de un siglo XIX que significó para este país la modernización en la forma de explotar la irrigación de sus tierras, ha de ser un proceso previo a cualquier aplicación de otras técnicas de análisis del paisaje.

Esta premisa, sobre la que se ha construido nuestro proyecto,¹ está fundamentada en la tradición iniciada, entre otros, por la Escuela de Besançon en los años setenta del pasado siglo, por lo cual es necesario un proceso de comprensión y análisis sobre cuáles han sido las grandes transformaciones antrópicas del paisaje natural.² Estos procesos, relacionados con las formas de organización y explotación del territorio, dejan sus cicatrices o marcas a través de caminos, parcelas, diques o canales de irrigación o drenaje, y condicionan la organización y estructura del paisaje antropizado, tanto presente como futuro. Son formas del paisaje que, una vez creadas, devienen en “morfógenas” y su orientación tiende a propagarse preeminentemente entre las sucesivas formas construidas en el tiempo.³ Es la aproximación morfológica la que nos permitirá su reconocimiento y contextualización. Pero este acercamiento ha de ser “historizado” para no caer en

un mero ejercicio de detección y modulado de las trazas.⁴

Por esa razón, el siglo XIX resulta para nosotros significativo, debido a los grandes cambios y proyectos materializados primero a través de los ingenieros franceses dirigidos por Mehemet Alí y después bajo el protectorado británico. Todos ellos colaboraron a la gran transformación y modernización de la gestión del agua del Nilo, ya fuera por la inundación estacional o por la irrigación perenne. El siglo XX, con la construcción de la presa de Asuán a mediados de los años sesenta, significó el cambio final y la ruptura con una forma natural, social y cultural de entender y visualizar el Nilo.

Esta ruptura tiene su ejemplo más espectacular en El Cairo decimonónico. Cada año, en agosto, tras el anuncio de la crecida anual señalada por el nilómetro de la isla de Rodha, se celebraba la inundación procediendo a la ruptura del dique que contenía las aguas de unos de los canales que atravesaban la ciudad: el *Kalbig Masri*.⁵ Las aguas de la crecida penetraban en la ciudad y convertían algunas de sus calles y plazas en canales y lagunas. Así los dibujantes y grabadores franceses que acompañaron la expedición Napoleónica en Egipto, influenciados muy seguramente por el



FIGURA 1. El Cairo. Vista de la plaza llamada Birket-el-Fyl, tomada durante la inundación. *Description de l'Égypte*, vol. 7: *État Moderne I*, 80, Plancha 39, El Cairo.

1. Este trabajo se incluye en el ámbito del proyecto “La organización del espacio en el Egipto Greco-Romano”, con el soporte del Plan I+D+I (HAR2008 -01623) y con las ayudas complementarias HAR2010-10368-E, ambas concedidas por el Ministerio de Ciencia e Innovación.

2. Dentro del proceso de investigación de los sistemas de centuriación en Francia e Italia, que se inició en esas décadas.

3. Leveau 2000, 559-560.

4. Es necesario recordar la revisión y crisis sufrida por el abuso en la detección de centuriaciones relacionadas con la falta de contrastación con la documentación histórica. Orejas, Ruiz del Árbol y López 2002, 290.

5. Linant de Bellefonds 1872, 39; Norden 1755, 44.

género pictórico de las *vedute* de Canaletto, Guardi o Carlevarijs, ilustran una ciudad de El Cairo bajo los efectos de una inundación adaptada por completo al entorno urbano, que confundiríamos, de nos ser por la presencia de minaretes o palmeras, con los canales de Venecia. (Fig. 1)

Sin embargo, los cambios aplicados sobre el régimen de inundación del Nilo durante el siglo XIX y, en especial, el siglo XX alteraron drásticamente este fenómeno y lo borraron no sólo del paisaje sino muy seguramente también de la memoria popular.

A partir de este aprendizaje sobre el carácter de la inundación y la gestión del agua del Nilo, hemos trabajado con un mapa arqueológico del área del proyecto en el cual hemos registrado los yacimientos arqueológicos y las trazas correspondientes a la gestión hidráulica (canales, diques, etc.). Estas últimas se han recuperado aplicando técnicas de cartointerpretación, fotointerpretación y teledetección, utilizando primero la cartografía actual e histórica, y después las imágenes de satélite de media y alta resolución disponibles.

Sobre esas trazas y en función de los textos que nos hablan de los grandes proyectos de irrigación, podemos reconstruir el paisaje previo al siglo XIX. Reconociendo los grandes proyectos del siglo XIX que reforman o modifican de base las formas del paisaje, podremos identificar aquellas preexistentes. Sobre esta base y mediante la lectura de las fuentes antiguas hemos tratado de interpretar y reconstruir el paisaje en la antigüedad, pendiente aún la validación sobre el terreno y la comprobación de datos a través de técnicas geomorfológicas y paleoambientales.

2. Del siglo XVIII al XX: transformación y permanencia de la gestión de la irrigación en el Egipto Medio

2.1. Las fuentes

El estudio regresivo del sistema de irrigación en Egipto se ha realizado en base a una lectura exhaustiva de una serie de publicaciones elaboradas en los siglos XVIII, XIX y en los inicios del siglo XX. Es muy importante destacar que algunas de las obras decimonónicas fueron redactadas por autores que estuvieron directamente implicados en el estudio, análisis, transformación, gestión y mejora del sistema de irrigación ya fuera por inundación o por aportación perenne de agua.

Particularmente, las fuentes estudiadas correspondientes al siglo XIX han sido, en primer lugar, la serie de publicaciones sobre Egipto editada entre 1809 y

1829 bajo el nombre de *Description de l'Égypte, ou Recueil des observations et des recherches qui ont été faites en Égypte pendant l'expédition de l'armée française*. Esta gran obra ofrecía una visión enciclopedista y científica del antiguo y moderno Egipto. Fue el trabajo colectivo de un elenco de científicos, investigadores, artistas y técnicos, los *savants*, que acompañaron a la expedición de Bonaparte entre 1798 y 1801.

La segunda fuente, también de gran importancia, proviene de Linant de Bellefonds, ministro de Trabajos Públicos y miembro del consejo privado de Mehmet Alí.⁶ Su libro, publicado en 1872, es memoria de sus experiencias, que se remontan a 1817. El texto, de carácter anecdótico en algunos momentos, entra en profundidad en otros presentando informes, presupuestos y aportando una información imprescindible sobre el sistema de irrigación previo a las grandes transformaciones realizadas durante el siglo XIX, de las cuales él es testimonio directo y parte implicada.

J. Barois, secretario principal del Ministerio de Trabajos Públicos en 1887, nos da una información esencial sobre cómo se organizaba hidráulicamente la irrigación del valle medio del Nilo, casi catorce años después de la construcción del canal de Ibrahimiyya.⁷ Dicho canal proporcionaba irrigación perenne a la mitad oriental del valle medio y, por tanto, había transformado por completo el sistema de canales de distribución y drenaje del agua. Posteriormente, una reedición de su obra en 1904 completa y actualiza los datos aportados sobre la inundación por cuencas.⁸

Por último, Sir William Willcocks publica el libro *Egyptian Irrigation*, tan sólo dos años más tarde que Barois, y lo reedita en 1913 junto con James Ireland Craig.⁹ Dicha reedición resulta de gran interés, dado que detalla los cambios y proyectos realizados entre el final del siglo XIX y los inicios del siglo pasado. Willcocks trabajó desde 1883 en el Ministerio de Trabajos Públicos, desde donde llevó a cabo, entre otros proyectos, la supervisión de la construcción de las presas de Asuán y Assiut. Su obra, dividida en dos volúmenes, es un compendio exhaustivo de los elementos que definían tanto las características geográficas, geológicas y naturales del Nilo como el sistema de irrigación. Además definen, describen y clasifican cómo eran y se construyeron las presas, canales, diques, reguladores y todos los elementos necesarios para la gestión de la ingeniería hidráulica en Egipto.

2.2. La visión de la inundación en el siglo XVIII

La lectura de algunos textos anteriores a la expedición de Bonaparte en 1799 sólo nos da indicios

6. Linant de Bellefonds 1872.

7. Barois 1887.

8. Barois 1904.

9. Willcocks y Craig 1913.

de cómo se producía la inundación del Nilo y de la espectacularidad de la transformación estacional del país. Hemos de tener en cuenta que estas impresiones, redactadas en algún caso bajo el título de viajes o memorias, representan el espíritu iniciático propio del llamado Grand Tour, un fenómeno circunscrito a Italia. Así, algunas de estas publicaciones están redactadas en forma de jornadas o recorridos donde se mezclan aspectos geográficos, etnográficos, naturalistas, arqueológicos o, simplemente, anecdóticos. De este modo, la agricultura o la inundación se describen de una forma general, sin entrar en un gran detalle, por tanto, carecen de un carácter monográfico. Son pocos los casos en los que se hace una descripción minuciosa de la mecánica de la gestión de la inundación.

En esa línea resultan interesantes, por ejemplo, impresiones como la de Benoît de Maillet, cónsul general en Egipto entre 1692 y 1708. Su visión, la de un viajero, nos habla de la inundación desde el aspecto fenomenológico:

La vue de l'Égypte dans les tems de l'inondation est sans contredit un spectacle des plus charmants du monde. C'est alors que du haut des montagnes on découvre une vaste mer, d'où s'élèvent des villes & des bourgades sans nombre, qui n'ont de communication entr'elles que par des chaussées élevées à ce dessein. Les eaux quelquefois sont si abondantes, qu'elles inondent les chaussées même. Alors la communication se fait en bateaux, & ce n'est pas un médiocre agrément de voir tout le pais couvert d'un nombre infini de ces maisons flottantes.¹⁰

Este texto, publicado en 1735, presenta un panorama en esencia muy parecido al que Heródoto o Diodoro habían descrito dos mil años antes.¹¹ Resulta evidente que la inundación provocaba el mismo asombro a pesar del paso de los siglos. Poco más nos dice De Maillet, salvo la importancia de los canales como parte esencial del proceso de inundación:

C'est par là que l'Égypte profite les accroissements du Nil; c'est par là que ses eaux sont répandues dans tout cette contrée, & y portent la fertilité.¹²

Louis Frederic Norden, capitán de navío danés, quien exploró Egipto y Sudán entre 1737 y 1738, tiene una visión más concreta de la inundación del Nilo y de su gestión y aprovechamiento:

Ces moyens consistent en des Dignes & en des *Calichs*, ou canaux, que l'on coupe, on creuse, dans les endroits, ou le bord de le Nil est bas. On les conduit jusqu'à les montagnes, au travers des provinces entières; de sorte que, quand le Nil croît, ses eaux entrent dans les *Calichs* qui les introduisent au dedans du pays, à proportion de la hauteur du Fleuve.

Quand il est cru a son point, & qu'il répandu ses eaux sur la surface de la terre; c'est alors qu'on pense à les retenir durant quelque temps, afin que les terres ayent le loisir de s'abreuver suffisamment. Pour cet effet, on pratique des digues, appellées *Gisser*, qui empêchent que l'eau ne s'écoule, & l'arrêtent, autant que le tems qu'on le juge à propos. Enfin quand la terre est assez arrosée, on coupe le *Gisser*, pour faciliter l'écoulement des eaux [...].¹³

Este autor danés nos permite imaginar cómo funcionaba la inundación en el valle medio del Nilo. En el momento de la crecida, el exceso de aguas del Nilo era dirigido a través de canales, que, una vez desbordados, inundaban las tierras interiores. Los diques contenían las aguas manteniéndolas en reserva durante el tiempo necesario para que sus aportes favorecieran la fertilidad de la cosecha.¹⁴

Jean Baptiste d'Anville, el gran geógrafo del siglo XVIII, presenta en 1766 una visión de Egipto que será refutada posteriormente por los *savants* de la expedición de Bonaparte. Según el autor francés, el valle medio del Nilo, tendría tres grandes cursos hidrográficos: el Nilo, el Bahr Yussef y el Bahr Bathen. Este último, al que erróneamente identificaba con el lago Moeris citado por las fuentes, circulaba paralelo entre el Bahr Yussef y el Nilo. El Bathen, que derivaba del Nilo en algún punto entre Minia y Samalut, continuaba hasta llegar a la altura de Beni Suef. Entre el Nilo y el Bahr Yussef, una serie de canales cruzarían transversalmente el valle.¹⁵ D'Anville presupone, basándose en las fuentes antiguas, que quizás el Bathen no fuera un fenómeno natural y que hubieran existido una serie de diques para contener sus aguas. Sin embargo D'Anville no describe el fenómeno de la inundación y parece que cuando observa el Bahr Bathen no acaba de comprenderlo en su dimensión estacional. Su preocupación por la identificación y reconstrucción del territorio de Egipto en la antigüedad, a partir de

10. De Maillet 1740, 70. En ésta y siguientes citas se ha respetado el francés original antiguo.

11. "Y por cierto que, cuando el Nilo inunda el país, sólo las ciudades se ven emerger del agua, poco más o menos de un modo similar a como lo hacen las islas del mar Egeo, pues el resto de Egipto se convierte en un mar y sólo las ciudades emergen. Pues bien, cuando esto ocurre, ya no se desplazan con sus embarcaciones siguiendo los cursos de los ríos, sino por la mismísima llanura", Hdt. 2.97; "[...] crece tanto cada día que, al final, inunda casi todo Egipto. Y, del mismo modo, volviendo atrás en sentido contrario, baja durante igual tiempo cada día poco a poco hasta que llega a la posición anterior. Al ser el territorio llano y estar situadas las ciudades y las aldeas e incluso las granjas sobre montículos hechos a mano, el panorama resulta semejante a las islas Cícladas", Diod. I.36.8.

12. De Maillet 1740, 71.

13. Norden 1755, 61-62.

14. Esta descripción de Norden coincide con la de Richard Pococke, miembro de la Royal Society que viaja a Egipto entre 1737 y 1741. Léase Pococke 1772, 124.

15. D'Anville 1766, 154-156.

las fuentes clásicas, le impidió contemplar el Bathen desde una perspectiva de fenómeno natural y analizar su gestión antrópica, como así había insinuado Nörden.

Finalmente, en 1789, Claude-Étienne de Savary describe brevemente el efecto de la crecida y nos habla de los canales como distribuidores del agua de la inundación, y de los diques que permitían la contención de las aguas.¹⁶

Por tanto, a lo largo del siglo XVIII, los diversos autores que hablan de la inundación del Nilo no desarrollan exhaustivamente la mecánica que relaciona canales y diques. Sí se conocía que aquellos distribuían en el valle el agua de la inundación, mientras que los diques servían de contención y medio de comunicación entre ciudades y poblaciones. Como justificación a los cambios y transformaciones que se realizaron a lo largo del siguiente siglo, algunos de ellos hablan ya de la dejadez en el mantenimiento de canales y diques, y el grave peligro que esto significaba para el futuro del país.¹⁷

2.3. La gestión de la inundación en los inicios del siglo XIX

Diques e inundación por cuencas

Coinciden los autores decimonónicos en que el control de la inundación mediante diques y canales ya se había introducido en los periodos más antiguos de Egipto.¹⁸ Pero de estas estructuras hidráulicas, según Barois, nada quedaba ya, pues la negligencia y abandono habían borrado cualquier traza de su existencia. Linant de Bellefonds, por el contrario, sostiene que aún se apreciaban elementos antiguos de ingeniería hidráulica en el paisaje. Éste era el caso del dique de Kocheicha, situado a 6 km al sur de la actual localidad Maidum, o de las estructuras en piedra situadas a lado y lado del Nilo, entre las cataratas de Asuán y Ouadée Halfa, en la Nubia. La experiencia viajera de Linant, que durante años exploró el país antes de acceder a los cargos de funcionario de la administración egipcia, así nos lo confirmaría.

Cuál era la situación previa de la gestión hidrográfica de Egipto en los inicios del siglo XIX es algo que Linant de Bellefonds, Barois y Willcocks desvelan de

forma vaga y sin concreción. Teniendo en cuenta que el siglo XVIII tampoco había aportado datos exhaustivos, en algún caso hasta confusos, sólo la *Description* de los *savants* de la expedición de Bonaparte proporciona datos suficientes para reconstruirlo.

El equipo de científicos que acompañó a la gran empresa napoleónica hasta Egipto describía el funcionamiento del sistema de la siguiente manera:

Ces canaux sont dirigés dans le haut Égypte, plus ou moins obliquement, vers les deux chaînes de montagnes qui bordent la vallée: parvenus à leur pied, ils se prolongent parallèlement au désert; mais des digues transversales interrompent le cours, de sorte que leurs eaux, arrêtés par ces digues s'élèvent en amont des barrages dont ont vient de parler, et plus, par conséquent, l'espace qu'elles submergent est étendu.

Quand cette submersion a atteint sa plus grande hauteur, on coupe la digue qui soutenoit les eaux; elles s'écoulent alors au-delà de cette digue, en suivant le même canal, qui se prolonge lui-même sur la limite du désert, jusqu'à un second barrage qui, arrêtant de nouveau les eaux, les oblige de se gonfler, et de se répandre, sur une partie de l'espace renfermé entre deux digues transversales consécutives.

On coupe la seconde digue comme on avait coupé la première; les eaux descendent de la même manière contre una troisième barrage; qui produit à son tour la submersion d'une certaine étendue du terrain; et ainsi de suite.¹⁹

Es decir, que el sistema de irrigación consistía en una sucesión de cubetas naturales, delimitadas por diques, anegadas mediante canales durante la inundación. Así se aprovechaba la pendiente que sigue el valle del Nilo hasta su desembocadura para facilitar la distribución homogénea del agua cargada de limos. Los diques, contruidos con tierra reforzada, además de contenedores de las aguas formaban la red de comunicación pedestre en los momentos de la inundación.²⁰ El término utilizado por ingleses y franceses para estas cubetas era *basin irrigation* o *bassins d'inondation*, y nosotros hemos adoptado el de *cuencas de inundación*.

A inicios del siglo XIX la mecánica de este sistema consistía en que las cuencas se inundaban sucesivamente, así cuando una de ellas se completaba y se

16. Savary 1787, 198-199.

17. "[...] mais le cours du tems & les divers désolations dont le royaume a été affligé, ont tout fait tomber dans une telle décadence, que, si une extrême nécessité n'obligeoit les Arabes à travailler, dans moins d'un siècle, l'Égypte se trouveroit réduite a un aussi triste état que la petite Barbarie, au voisinage des Cataractes, où on ne laboure, & ne cultive guère, que l'espace de vingt à trente pas de terrain, au bord du Fleuve", Norden 1755, 62. Años más tarde, Martin (1813, 199) utiliza palabras parecidas para expresar el estado de abandono de la provincia de Beni Suef: "Cette condition ne peut être remplie que par les soins constans d'un gouvernement sage et éclairé; et c'est un avantage que les Égyptiens ne connoissent pas depuis bien des siècles. Ces terres de l'ouest si favorisées de la nature, et sur lesquelles devoient toujours reposer les espérances du reste de l'Égypte, sont les plus malheureuses; elles manquent totalement d'eau dans les crues foibles, et ne peuvent en recevoir qu'en très petite quantité dans les crues les plus fortes: l'exhaussement des canaux, causé par l'abandon dans lequel on les a laissés si long-temps."

18. Por ejemplo, Linant de Bellefonds 1873, 5; Willcocks y Craig 1913, 299; Barois 1887, 8-9.

19. Girard 1823, 496-497.

20. Girard 1823, 497; Girard 1813, 352-353.

habían retenido las aguas el tiempo suficiente para la deposición de limos, entonces se procedía a la ruptura del dique. Las aguas se dejaban pasar a través del canal que había inundado la primera para anegar las tierras en la siguiente hasta ser contenidas nuevamente por otro dique transversal.

Estos diques, sobretudo los más antiguos, presentan una forma longitudinal sinuosa, debido a que la ruptura provocada en los puntos de circulación obligaba a que la reparación de los muros se hiciera reculando o avanzando con respecto a su posición anterior. De esta manera, los diques perdían con el curso del tiempo su forma rectilínea.²¹

El control de las aguas no se hacía tan sólo mediante la ruptura del dique, ya que en algunos se habían construido en ladrillo puentes con arcos de tres metros de longitud, ocupando cada uno de los pilares un regulador. La función de estos últimos sería la de permitir la circulación de las aguas una vez hubieran sido contenidas el tiempo suficiente en la cuenca precedente.²²

La misma obra, al describir la hidrografía de la provincia de Beni Suef, enumera tres tipos de diques: grandes, medianos y pequeños. Los grandes atravesarían el valle de extremo a extremo siendo el más destacado, de entre todos, el antes mencionado de Oukchechy o Kocheicha, y el resto de diques serían:

[...] Behabchyn, Safanyeh, Safrachin, el-Noueyreh, Choubak, Ehough, Badahal ou el Chantour, Samalout, Menbaâl et Bardanoah.²³

Esta enumeración tiene un gran valor y utilidad, dado que es la primera vez que una fuente nos menciona una lista de diques previa a las reformas decimonónicas. Su comparación con otras listas correspondientes a las cuencas en funcionamiento en el siglo XIX, nos ha servido para datar como modernos algunos de ellos. La misma clasificación distingue los diques medianos como aquellos que tendrían su origen en el Nilo o en los mismos diques grandes para acabar en poblaciones construidas sobre montículos.

Los canales de inundación

Una parte de la inundación en el valle medio correspondía al Bahr Yussef. Este canal natural sigue un curso muy tortuoso, con una anchura entre los 50 y

los 60 metros y una profundidad máxima de 6 a 8 metros. Sus aguas llegan hasta el Fayum, sirviendo a su vez de *fedder*²⁴ para la inundación de cuencas y como aliviadero del drenaje de las mismas en el momento de descenso de las aguas.²⁵

Pero este curso natural no era el único que intervenía en la crecida de las aguas. El Bahr Bathen, que había llamado la atención de D'Anville años antes, es objeto de estudio por parte de los científicos de la expedición francesa. El término árabe *bathen* era un nombre genérico que se aplicaba a:

[...] presque tous les canaux qui parcourent l'intérieur des terres dans direction du sud au nord.²⁶

Pero, además, este término derivaba de *batn*, es decir, centro o vientre, aplicado por ejemplo al lugar donde los canales de Damietta y Rosetta se separaban: *Batn el-Baqarah* o 'Ventre de la Vaca'.²⁷

Para referirse a los grandes canales entonces se utilizaba la expresión *fyad bathen*. El mayor de estos, según la *Description*, sería el que habría provocado la confusión con el lago Moeris de Granger, Sicard y D'Anville.²⁸ Este, situado entre las localidades de Cheykh-Zayat y Beni Soueyf, tenía, según Martin, entre 23 y 24 kilómetros de longitud, un máximo de 36 metros de anchura y poco más de un metro y medio de profundidad. Sus aguas quedarían retenidas por el dique de Safrachine.²⁹ El mismo autor, miembro de la expedición científica de Bonaparte, añade que el valle medio estaba cruzado por grandes canales paralelos al Nilo que facilitaban la inundación de las tierras una vez iniciada la crecida estacional.

Así, por ejemplo, otro *fyad bathen* del valle medio nos es descrito de la siguiente manera:

[...] dont l'origine sur le Nil est entre le village de Nazlet-Abou-Esné et celui de Qalousaneh. Il passe au pied du village du Matâtyeh, ou il se divide en deux branches, dont l'une a l'est devient petit Bathen, et se perd, à deux lieux de là, dans les terres d'Abou Girgeh; l'autre, a l'ouest communique pendant l'inondation avec le Bahr Yussef, au village d'El-Houeh: mais il n'a plus de trois lieux de longueur.³⁰

Este *fyad bathen* hemos podido identificarlo con una de las trazas recuperadas a través del estudio de la cartografía y la teledetección. Dicho canal sigue un trazado parecido al descrito por los franceses. (Fig. 2)

21. Barois 1904, 265-266.

22. Willcocks y Craig 1913, 564-583.

23. Martin 1813, 198-199.

24. Generalmente, son los canales que transportan el agua de la inundación cargada de limos y la distribuyen entre las cuencas de inundación.

25. Linant de Bellefonds 1873, 14.

26. Martin 1813, 200.

27. Martin 1813, 200.

28. Principalmente de P. Sicard, en quien se inspiraron Granger y D'Anville. Este último nos dice que fue el propio Sicard quien le enseñó el Bathen (léase D'Anville 1766, 154).

29. Martin 1813, 201.

30. Martin 1813, 201.

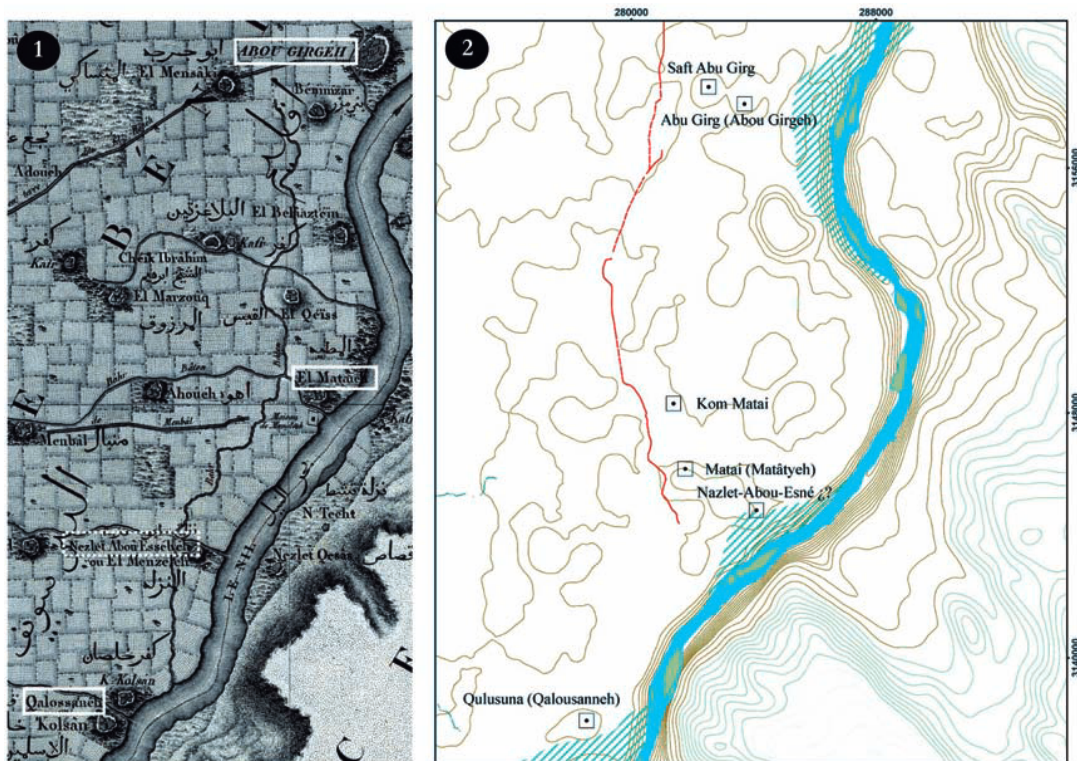


FIGURA 2. 1) *Description de l'Égypte, Atlas géographique, Plancha 14, 1826.* 2) Trazas localizadas en las imágenes Corona y cartografía analizada. Localidades citadas en la *Description de l'Égypte, vol. 6: État Moderne, 206.*

El análisis e interpretación de dicho canal se hace en el artículo de Subías, Fiz y Cuesta de esta misma publicación. Sin embargo, no hemos encontrado trazas de lo que podría haber sido la bifurcación, citada por Martin en el fragmento anterior, que se dirigía hacia la población de el-Houeh.

Pero los propios *savants* no se ponen de acuerdo del todo al utilizar este mismo término. Así Jomard nos dice que:

On dit un batin et plusieurs batin [el-bâtin, el-baouâten]; ce mot Arabe, qui signifie intérieur, est parfaitement bien appliqué aux bas-fonds dont je parle, puisqu'ils forment la partie la plus basse et la plus intérieure du pays: ils conservent de l'eau presque toute l'année, et ils offrent, par endroits, l'aspect d'un canal continu.³¹

Por tanto, no serían canales naturales sino lugares situados a baja cota que, tras producirse la inundación, retendrían el agua a lo largo del año dando la sensación de ser canales de agua. El principal de ellos, según Jomard, tenía en febrero de 1801 entre 50 metros y 100 metros de anchura.

La explicación que dan los *savants* de la expedición a este fenómeno era la particular disposición del valle medio que presenta dos planicies inclinadas, una desde el Nilo, la otra desde el Bahr Yussef, que forman en el encuentro entre ambas una cubeta o bajo fondo que permitía la conservación de las aguas durante largo tiempo, razón por la cual recibía el nombre de Bahr Bathen, es decir, 'río interior'.³² En algunos casos, estos bajos fondos, debido a los desbordamientos del Nilo, acabarían convirtiéndose en canales naturales. *Bahr bathen* era un término genérico, sin embargo, si era necesario distinguir un gran canal, entonces se aplicaba el término *fyad bathen*.

En otro volumen correspondiente a las antiguiedades de Egipto, la *Description* desarrolla nuevamente el fenómeno del Bahr Bathen.³³ Según el texto, éste se extendía de forma irregular desde, aproximadamente, las ruinas de *Hermopolis* hasta más al sur de Minia, y se llamaba Tera't³⁴ el Ghouetat y Tera't el-Sebakh. A partir de esta localidad tomaba el nombre de el-Dafa. Tanto Linant de Bellefonds como una de las planchas dedicadas a la cartografía en la *Description* dibujan este canal con gran detalle. (Fig. 3) Teniendo en cuenta

31. Jomard 1809, 105, nota 1.

32. Martin 1813, 201.

33. "Ce bas fond existe d'une manière continue, mais très irrégulièrement depuis les ruines d'Hermopolis, où il prend le nom de Tera't el Govetah y Tera't el Sebakh, jusque bien au-dessus du Minieh, où on le nomme el-Dafa [...] Sa larguer est très grande et sans limites distinctes. Pendant la plus grande partie de l'anne il est à sec; dans les hautes eaux, il devient sensible: mais il a plusieurs branches et non un lit unique et tracé [...]". Jomard 1818, 260.

34. 'Canal' en árabe.

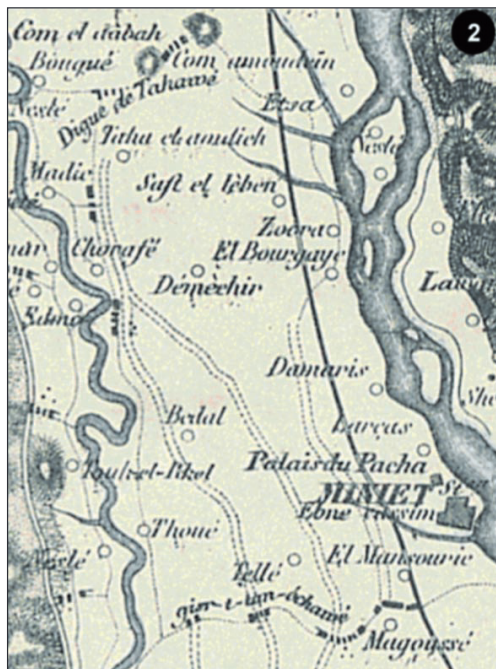


FIGURA 3. 1) *Description de l'Égypte, Atlas géographique*, 1826, Plancha 14.
 2) Linant de Bellefonds, *Carte Hydrographique de la Moyenne Égypte*, 1873.
 3) Imagen Corona DS1105-2235DF034.

que en el valle medio del Nilo la primera gran canalización es el Ibrahimiyya y que Linant de Bellefonds no menciona en sus memorias ninguna gran canalización construida en esta área en el siglo XIX, debiéramos de pensar que uno de los canales *fyad bathen* preexistentes ya atravesaba esta zona.

Otra de las planchas dedicada a la hidrografía del valle medio, nos presenta un plano que rotula, entre *Hermopolis* y *Minia*, este mismo *bathen*. Los autores elaboraron toda una serie de secciones de varios tramos del valle en las que se incluían el Nilo, el Bahr Yussef y el Bahr Bathen.³⁵ Por desgracia, el trabajo sólo se concentró en el área entre Samalut y *Minia*, fuera por tanto de nuestra área de trabajo.

Casi sesenta años más tarde, Linant de Bellefonds nos proporciona otra visión de cómo funcionaba la inundación del Nilo antes de las reformas decimonónicas:

Lorsque les eaux coulaient librement dans les plaines, celles-ci se trouvaient ravinées partout par les eaux des crues, et plusieurs de ces ravines conservaient pendant les étiages une certaine quantité d'eau courante; aujourd'hui même il existe encore beaucoup de ces ravines ou cours d'eau naturels dans toute l'Égypte.

En descendant du sud vers le nord, on rencontrait de ces cours d'eau considérables pendant les crues, et à peu près dans le même état qu'ils étaient avant que des travaux fussent venus régulariser les débordements du fleuve; mais aujourd'hui ils sont en grande partie maîtrisés et utilisés pour les arrosages.³⁶

Es decir, la inundación consistía en dejar que el agua desbordada del Nilo se encauzara de forma natural a través de torrentes, arroyos o ramblas naturales y desde ellos se inundaba el valle. Algunos cauces mantenían, en algunos casos, parte del agua a lo largo del año, pero los otros permanecían secos. Linant de Bellefonds, por tanto, insiste en el carácter natural de dichos canales como una consecuencia de la contención y regulación de las aguas mediante diques. Así, una vez practicada la abertura o tomando como origen los reguladores construidos, las aguas se canalizaban estacionalmente de forma natural:

Plusieurs autres ravines ou cours d'eau naturels existent encore dans les plaines de la Haute-Égypte et surtout dans la Moyenne, mais ils sont de bien moindre importance que les deux précédents. Souvent ils prennent leur origine en aval d'un des nombreux déversoirs pratiqués dans les digues des bassins d'inondation; les eaux, qui échappent par ces déversoirs ravinent la plaine et forment alors des bas fonds que l'on nomme Bathen, ce qui veut dire lieu bas.³⁷

Linant utiliza también el término *bathen* haciendo esta vez referencia no a los canales, los *fyad bathen* de la *Description*, sino a los bajos fondos, definidos por Jomard, donde se acumulaban las aguas. El agua procedente de una de las cuencas de inundación quedaba canalizada y distribuida a través de torrenteras naturales formándose lagunas naturales en los lugares de menor cota. Sin embargo, podríamos pensar que tales torrenteras o arroyos formaban parte de un sistema de canales de origen antrópico, cuya falta de mantenimiento, manifestada por diversos autores en el siglo XVIII, hubiera de alguna manera convertido en naturales.

Estas torrenteras darían entonces explicación a los numerosos entrantes que desde el Nilo penetran en el terreno tomando la inclinación natural este-oeste de la orografía del valle y que Linant rotula en el plano de 1855.

Pero estos cursos naturales no parecen ser los únicos, según Linant existían canales, llamados *nili*, que sólo se utilizaban durante las crecidas del Nilo. Estaban excavados a cuatro metros del nivel de circulación y con una profundidad que disminuía hasta llegar a las tierras que deseaban inundar, donde el canal se perdía. Algunos atravesaban provincias y distribuían sus aguas a través de derivaciones que servían para las inundaciones.³⁸ Estos canales los diferenciaba Linant de los llamados *sefi*, que suministraban la irrigación perenne y que él atribuía directamente al gobierno de Mehemet Alí, pues no existían referencias de lo contrario. Pero Linant con esto nos indica que los *nili* sí eran canales anteriores al gobierno de Mehemet Alí. Tal y como los describe Linant, deberían corresponder a los *fyad bathen* o a los *bahr bathen* de la *Description*, salvo que parece que los *nili* son canales excavados frente a los *fyad bathen*, en principio de carácter natural.

2.4. Las reformas de Mehemet Alí en el valle medio

De los textos del siglo XVIII se desprenden motivos para transformar y modernizar la gestión de la inundación en Egipto. Los canales que hasta entonces estaban en funcionamiento sólo permitían la distribución del agua de la inundación, pero el resto del año permanecían secos. Únicamente las tierras alimentadas con el agua conservada en los *bathen* o las aguas elevadas mediante *shaduf* o *saquia* en zonas próximas al Nilo o al Bahr Yussef permitían cultivos a lo largo del año. Por tanto, cultivos como el algodón o la caña de azúcar, propios del verano, servían para fomentar una economía de escala y en expansión.

Sabemos que entre 1783 y 1796 se produjeron años de baja inundación, escasa producción de grano y

35. Martin 1822, 14, Plancha 6.

36. Linant de Bellefonds 1873, 3.

37. Linant de Bellefonds 1873, 4. Los canales precedentes son Sohagieh y Bar Yussef.

38. Linant de Bellefonds 1873, 19-20.

epidemias, resultando de todo ello una tierra devastada ante un 75 % de tierras no irrigadas. El país se vio abocado a una terrible hambruna y entró en un periodo de revueltas y sedición. En 1798, Bonaparte desembarca en Egipto y, casi sin oposición, toma El Cairo.³⁹ El país que encuentra Mehemet Alí en 1805, tras el breve paso de Bonaparte, requería de medidas drásticas que dieran solución a una situación insostenible.

Fundamentalmente, los trabajos de transformación estarían orientados a independizar la economía del país de la abundancia de agua en la crecida y, por tanto, de aquellos años de baja inundación y sequía, la *sharakia*. El nuevo sistema permitiría tener a gran escala tres formas de cultivo: de verano (algodón y caña de azúcar), cultivos propios de la crecida (maíz y sorgo) y los de invierno (cereales, forrajes, etc.). No hay que olvidar que Mehemet Alí pretendía, además, con la introducción a escala del cultivo del algodón, la construcción de fábricas para su hilatura y tejido.⁴⁰ De esta manera, el país no sólo solucionaba el problema de la gestión del agua sino que iniciaría un proceso de industrialización en la misma línea que habían seguido los países europeos en el siglo XVIII.

Pero otros motivos eran los relacionados con la estabilidad y el orden social del país, a su vez dependientes de la inundación. Nos dice Linant que, en el momento de la llegada del cuerpo expedicionario de Bonaparte, los jefes mamelucos controlaban cada una de las provincias.⁴¹ En cada una de ellas, cada pueblo administraba y gestionaba sus propios canales y diques sin preocuparse de si eran beneficiosos o perjudiciales para el resto. Se producían enfrentamientos armados entre distritos motivados por los intentos de conducir las aguas hacia las tierras de cada localidad. Estamos, por tanto, ante un estado que necesitaba centralizar la gestión del agua, creando para ello infraestructuras y órganos de gestión y control estatales. La invasión francesa, el desmantelamiento de la influencia mameluca en la política de Egipto y la llegada al poder de Egipto de Mehemet Alí son los factores que estimularon el cambio.

En este sentido nos resultan también interesantes las observaciones tanto de De Maillet como de los *savants* franceses de la *Description*.⁴² Ambos coinciden en los enfrentamientos entre las comunidades locales por el acceso a unas aguas ricas en limos y su distribución lo más equilibrada posible.⁴³ Un descuido en el tiempo destinado a la deposición en una cuenca de inundación provocaría que la siguiente resultara perjudicada por la caída en la calidad de las aguas y, por tanto, en el beneficio de la cosecha. Esta situación, según la *Description*, habría generado situaciones de conflicto incluso entre localidades separadas solamente por un dique.⁴⁴ Con todas las salvedades que impone el tiempo transcurrido, este motivo explicaría porque la legislación en la antigüedad era muy severa respecto a este tema y se castigaba duramente, ya fuera a través de la legislación del Digesto o del Código de Justiniano, a un individuo o a un colectivo si provocaban la ruptura de un dique o la desviación de las aguas antes de tiempo.⁴⁵ La inquietud y la ansiedad, sobretudo en momentos en los que se sabía a través de los nilómetros que la inundación sería escasa, provocarían acciones dirigidas a la ruptura de diques contenedores de las aguas destinadas a otra comunidad. Situación de conflicto que alimentaría la lista de motivos para justificar el cambio en el modo de gestionar las cuencas de inundación y la introducción de la irrigación perenne.

El nuevo gobierno de Mehemet Alí emprendió una serie de trabajos de mejora a partir de 1816.⁴⁶ Sabemos que fue en el delta donde se introdujo primero la irrigación perenne, encajando el Nilo entre diques longitudinales y reformando los canales que alimentaban las cuencas, excavándolos entre un metro y metro y medio por debajo del nivel más bajo de las aguas. La finalidad de esta última operación era la de proporcionar agua a lo largo del año construyendo, además, ingenios de gestión para permitir la continuidad del suministro.⁴⁷ Sin embargo, estos trabajos quedaron circunscritos al Bajo Egipto.

39. Hassan 1998, 39

40. Linant de Bellefonds 1873, 363-364.

41. Linant de Bellefonds 1873, 1-2.

42. "Alors pour l'observation de la loi, on veille les armes à la main, de province en province, de village en village. De là naissent des disputes, des guerres même, qui deviennent générales, où il se livre quelquefois des combats, pour prevenir le tems de l'ouverture d'un canal, ou pour l'empêcher." De Maillet, 72.

43. "On voit que l'étendue des terres inondées depend de deux circuntances; d'abord la hauteur de la inondation; ensuite de la durée du temps pendant lequel on laisse les eaux s'accumuler contre les digues qui les soutiennent: mais comme le terrain situé inmediately au-dessus reste au sec jusqu'à ce qu'on y laisse entrer les eaux en ouvrant ces digues, on conçoit que les villages inférieures peuvent perdre, par les retards qu'on apporterait à cette ouverture, tous les avantages dont les villages superiors joueroient seuls en laissant l'inondation tendue sur leur territoire [...]." Girard 1823, 498.

44. "[...] engendre souvent des querelles sanglantes dans le même canton; et, le défaut de police prolongeant les haines qui en résultent, il se trouve que des villages voisins, sont depuis un temps immémorial, ennemis irréconciliables", Girard 1823, 498.

Además Le Père (1809, 134, nota 1) destaca que la legislación beneficiaba a los poblados más alejados de la toma de agua general, permitiéndoles que abrieran sus canales particulares. En cambio, en el sistema de diques el proceso era inverso: las cuencas situadas más al sur, y, por tanto, más cercanas al proceso de inundación, eran las primeras en abrir sus diques.

45. *Dig.* XLVII, 11, 10; *Cod. Just.*, IX, 38.

46. Linant de Bellefonds 1873, 13; Willcocks y Craig 1913, 368.

47. Barois 1904, 141.

Pero el nuevo sistema tuvo sus carencias. La reforma de los canales provocó que los limos no se distribuyeran correctamente y quedasen depositados en los canales. Esto último obligó a la realización de continuos trabajos de limpieza para evitar la colmatación de los mismos.⁴⁸ Willcocks lamentaba que la reforma no hubiera afectado al mantenimiento de los diques del anterior sistema por cuencas, pues así se había perdido la oportunidad de beneficiar las tierras del Bajo Egipto con las ventajas de los dos sistemas de irrigación.

No tenemos datos concretos entre 1820 y 1874 sobre cuáles fueron las labores de mejora de las cuencas de inundación en el Alto y Medio Egipto, teniendo en cuenta, además, que hasta 1830 no existe una dirección centralizada y planificada de los trabajos de construcción de canales o diques. A partir de 1836, año de creación del Ministerio de Trabajos Públicos, el ingeniero jefe en el Alto Egipto, el mismo Linant, reunía a los ingenieros de las provincias para definir y planificar los trabajos de adecuación. Estas reuniones fueron registradas en actas, remitidas al consejo del bey y, posteriormente, enviadas para su ejecución a las provincias.⁴⁹

Para completar este vacío de información resulta importante conocer como describen el funcionamiento de las cuencas de inundación las fuentes posteriores a la segunda mitad del siglo XIX. Comparándolas con la *Description* y viendo qué es lo que ha cambiado, entenderemos que se habían producido grandes cambios.

2.5. La gestión de las cuencas de inundación en la segunda mitad del siglo XIX

La mejora del sistema

Una pregunta interesante que surge cuando leemos los textos posteriores a 1850, es con respecto a las modificaciones realizadas durante Mehemet Alí en la gestión y el control de la inundación en el valle medio. De esta lectura hemos de suponer que en algún momento, durante su gobierno, fue transformada la mecánica de inundación por cuencas. Pero ni Barois, ni Linant, ni tan siquiera Willcocks son claros en decirnos cuáles habían sido los cambios con respecto al sistema encontrado por los *savants*.

¿Cómo conciben los tres autores una cuenca de inundación? Para éstos la cuenca era un área delimitada por una serie de diques, situados en paralelo y transversalmente al Nilo. Mediante canales *fedder* que atravesaban la cuenca se distribuía el agua de la

inundación. De esta manera se facilitaba la deposición más o menos regular de los limos necesarios para la fertilidad de la cosecha estacional. Tanto Linant de Bellefond como Barois o Willcocks nos describen con precisión cómo funcionaba la mecánica de la inundación por cuencas.⁵⁰ De los tres, la mejor explicación es quizás la de Willcocks, quien esquematiza perfectamente el problema tomando por base una serie de cuencas, separadas entre sí por diques transversales.⁵¹ (Fig. 4) Todas estarían conectadas por un canal *fedder* que tomaría agua directamente del Nilo y la llevaría, siguiendo las cotas menores del valle, hasta finalizar en la cuenca situada más al norte.

Según el mismo autor, cuando comenzaba el periodo de inundación, el agua en ascenso alcanzaba la cabecera del canal *fedder* y alimentaba el canal. El caudal atravesaba sucesivamente las cuencas a través de obras de mampostería, reguladores o *déversoirs*, realizadas en los diques transversales, dosificando así la inundación. Se procuraba que fuera la última cuenca del sistema, la situada más al norte, la que primero se inundara. Progresivamente y de norte a sur, se cerraban las compuertas y se inundaban el resto de cuencas. Si la crecida no generaba excedente como para alimentar las cuencas cercanas a la cabecera del *fedder*, se procuraba que la deficiencia fuera cubierta por canales secundarios de vaciado del sistema de cuencas inmediatamente anterior.

Pasado el periodo necesario para que los limos se depositaran eficazmente, comenzaba el proceso inverso por el cual se abrían las compuertas de los diques, se vaciaba la cuenca y sus aguas eran descargadas en la siguiente. La última descargaba directamente en el Nilo o en el Bahr Yussef mediante canales de drenaje.

Barois menciona que no existían suficientes aberturas en los diques transversales y, por tanto, no era posible asegurar una correcta inundación y distribución de los limos como tampoco un rápido drenaje de las aguas. El sistema que se utilizaba era el de fracturar el dique en determinados puntos, lo cual obligaba a su reparación anual. Esta situación ya se nos presenta en la *Description*, por lo que hemos de suponer que no fue la construcción de los reguladores, necesarios para el correcto funcionamiento del sistema, uno de los trabajos primordiales planificados en la primera mitad del siglo.

Si comparamos esta mecánica con la explicada en la obra colectiva de la *Description*, apreciamos una clara diferencia. Recordemos que para los *savants* la inundación se gestionaba de sur a norte, desde la cuenca situada a mayor cota y por la apertura sucesiva de diques, una vez las aguas se habían retenido el tiempo

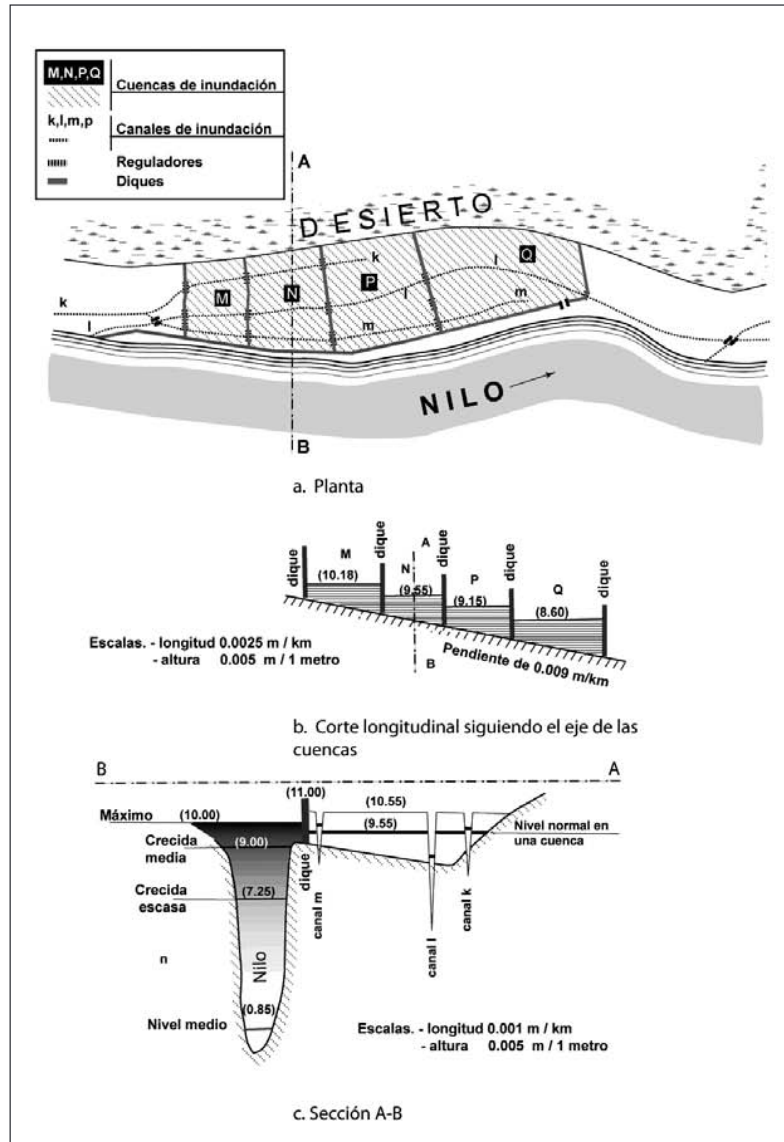
48. Barois 1904, 141-142.

49. Linant de Bellefonds 1873, 39.

50. Linant de Bellefonds 1873, 13-19; Willcocks y Craig 1913, 303-311; Barois 1887, 22-26.

51. Willcocks nos habla del sistema anterior a 1888 (fecha de la primera edición de su obra), pero coincide con Barois y Linant.

FIGURA 4. Planta, corte y sección: ejemplo del sistema de cuencas de inundación.
Fuente: BAROIS 1904, 76 figuras 7, 8 y 9.



suficiente. En cambio, ahora encontramos un sistema construido en baterías de cuencas de inundación, de tal manera que las aguas inundan primero la situada más al norte, remontando secuencialmente hacia el sur y siguiendo, por lo tanto, un proceso inverso al descrito por los científicos franceses.

La diferencia se podría deber a que el sistema fue mal comprendido por los científicos franceses o que, realmente, a partir de 1834, una de las principales tareas llevadas a cabo por Mehemet Alí, y bajo sus órdenes la de Linant, fue la alteración del sistema de tratamiento de la inundación del Nilo. No podemos saber si el sistema es mejorado o simplemente se recuperó un método que había sido abandonado a lo largo del siglo XVIII; recordemos cómo las fuentes de este siglo nos hablaban ya del deterioro producido durante el periodo mameluco.

La introducción de la irrigación perenne en el valle medio del Nilo

En 1873, se inauguraba el canal de Ibrahimiyya dando inicio a la irrigación perenne en el valle medio e introduciendo el cultivo de la caña de azúcar en las provincias de Assiut, Minia y Beni Suef.⁵² Dicha construcción, de 268 km de longitud, tiene su cabecera a la altura de Assiut y sigue las cotas altas cercanas al Nilo, del cual toma sus aguas. Este canal, paralelo al río, se construyó aprovechando, en alguno de sus tramos, antiguos canales, de la misma manera que muchos canales *sefi* construidos en tiempos de Mehemet Alí habían aprovechado tramos de los antiguos canales *nili*.⁵³ Su caudal aporta agua durante los periodos estivales sumándose a la del Bahr Yussef. Este fue modificado en su cabecera para recibir su caudal del Ibrahimiyya.

52. Barois 1887, 28.

53. Barois 1887, 40.

Durante la inundación, el Bahr se utilizaba para alimentar las cuencas que se extendían desde los diques situados en Derout hasta el dique de Kocheicha, al norte de la provincia de Beni Suef. En la segunda mitad del siglo XIX era el mismo Bahr Yussef el que ejercía de *feeder* de una serie de dieciséis cuencas que se extendían a lo largo de 200 km.

Las cuencas inundadas por el Bahr Yussef y las tierras irrigadas por el Ibrahimiyya estaban separadas por un gran dique longitudinal, llamado *mohit*, que se extendía desde Derout⁵⁴ hasta la finalización del canal.⁵⁵ Este último dato resulta de gran interés, pues nos da detalle de un paisaje adecuado a los dos sistemas de gestión del agua y cultivo diferentes, separados entre sí por una línea trazada a escuadra.

2.6. Los últimos proyectos y el inicio del siglo XX

Sabemos que el sistema de cuencas de inundación, a partir de las reformas citadas de Mehemet Alí, es reparado y mejorado a lo largo de varios proyectos. Así, entre 1889 y 1891, se mejoran las correspondientes a las provincias de Kena y Sohag, y en 1902, con la construcción de la presa de Assiut, se benefició la inundación de las provincias de Minia y Beni Suef.⁵⁶

En 1897, la irrigación perenne estaba aplicada a toda la provincia del Fayum, mientras que ésta sólo afectaba a una estrecha franja situada al norte de la provincia de Assiut y al sur de las de Minia y Beni Suef. Mientras, al norte de estas dos últimas la irrigación perenne se utilizaba en todo el valle.⁵⁷

Un elemento que nos resulta de interés es la reforma que sufren las tierras situadas en la ribera izquierda del Bahr Yussef, en la provincia de Minia, entre 1899 y 1902. Willcocks⁵⁸ nos dice que se construyeron diques, reguladores y canales de drenaje, lo que transformó unas tierras de baja calidad en terrenos de primera categoría. Recordemos cómo a partir del siglo XVIII se inicia un proceso de acumulación de arenas eólicas que da lugar a la formación de dunas en el margen occidental del valle. Podría parecer entonces que no existía este sistema de irrigación en el lado occidental del Bahr Yussef, pero es Barois quien nos corrige esta suposición cuando, al enumerar las cuencas existentes, añade que también funcionaban en el margen izquierdo pero que éstas eran de menor importancia.⁵⁹ Además, Linant, en la publicación del plano de 1854,

dibuja un sistema de diques y reguladores (*deversoirs*) en el margen izquierdo del Bahr Yussef. Por tanto, hemos de pensar que el proyecto de 1899 fue de mejora y ampliación de un modelo precedente que ya funcionaba.

Los trabajos de mejoras del sistema de inundación por cuencas se debieron, principalmente, a las pérdidas producidas por los periodos de sequía y baja inundación, conocidos como *sharakia*, que los proyectos anteriores no habían solucionado. En concreto fue la sequía de 1888 la que llevó al gobierno Egipcio a publicar una nota por la cual se autorizaba la realización de toda una serie de trabajos para mejorar el sistema de inundación por cuencas, diseñados por el coronel J. C. Ross entre 1886 y 1887.⁶⁰ Además se producía otra situación: desde la construcción del canal de Ibrahimiyya, algunas de las cuencas situadas entre el tramo irrigado por éste y el desierto dependientes de Bahr Yussef (Assiut, Minia y Beni Suef)⁶¹ nunca fueron alimentadas por suficiente *red water* (agua con alto contenido en limos) y además quedaban inundadas por pocos días por un agua con escasos contenidos en limos (llamada *white water*), lo que provocaba un grave deterioro de los suelos.⁶² El cambio a la irrigación perenne en el lado occidental del Bahr Yussef fue acompañado por el mantenimiento de las cuencas existentes y por la plantación de tamariscos, palmeras datileras, regalicia y zarzos.⁶³

En 1897, en Minia, se mantenía ya un sistema mixto de inundación y irrigación perenne tras la remodelación del coronel Ross. La construcción de un regulador en Minia y otro en "Benhessa", junto con un *feeder* desde el norte de Minia con salida directa en el Nilo, había doblado y triplicado el valor de las tierras. La reforma del lado occidental del Bahr Yussef tenía también como objetivo el evitar el avance progresivo de las arenas del desierto.⁶⁴ Una situación parecida se daba en Beni Suef, donde se hacía más palpable la transformación hacia una irrigación perenne. Las reformas afectaron asimismo al Ibrahimiyya permitiendo que proporcionara durante la inundación agua cargada de limos a las cuencas a través de ocho entrantes construidos en el canal. A su vez, éstas descargaban sus excedentes en el Ibrahimiyya.

Ese mismo año, habían comenzado también los trabajos de conversión del sistema de cuencas del Alto Egipto hacia la irrigación perenne. Así sabemos por

54. Barois 1887, 41.

55. Barois 1904, 94.

56. Willcocks y Craig 1913, 302.

57. Willcocks y Craig 1913, 388.

58. Willcocks y Craig 1913, 302.

59. Barois 1887, 42.

60. Willcocks y Craig 1913, 311-312.

61. Willcocks y Craig 1913, 328.

62. Willcocks y Craig 1913, 308.

63. Willcocks y Craig 1913, 348.

64. Willcocks y Craig 1913, 339.

Willcocks qué cuencas estaban en funcionamiento y en qué año se produjo su conversión:

<i>Cuenca</i>	<i>Año de inicio de la conversión</i>	<i>Año de inclusión en el Círculo⁶⁵ IV</i>
Deri	1903	1905
Mankatin	1903	1905
Membal	1903	1905
Bardanohi	1903	1905
Garnusi	1903	1905
Salakusi	1903	1905
Kom el Sayeda	1904	1906
Hosha marko	1905	1906
Hosha Absug	1905	1906
Hosha Talt.	1905	1906

Con estas transformaciones se había conseguido, finalmente, que fueran posible a gran escala los cultivos de verano, invierno y los del periodo de inundación.⁶⁶

En 1904, Barois reedita su obra y nos dice que ambos sistemas conviven separadamente pero con excepciones a esa regla. Por un lado, aquellas tierras que, situadas en tierras bajas de una cuenca de inundación, pueden aprovechar el nivel freático mediante la extracción por bomba de agua, *sakia* o *shaduf*.⁶⁷ De esta manera, se podrían realizar cultivos de irrigación antes de producirse la inundación. Dicho sistema recibía el nombre de *qedi*. No sería errado pensar que tal vez se tratara de aquellas tierras llamadas *bathen*. Los canales utilizados para la inundación, los *nili* mencionados por Linant, que, por tanto, sólo entraban en uso con la crecida, servían a su vez para conducir el agua procedente de la extracción mediante bombas o norias situadas en las cercanías del Nilo y del Bahr Yussef.⁶⁸

En este momento, las culturas que se realizaban eran: de invierno, llamadas *chetoui* y formada por cereales, forraje y leguminosas; de verano, llamadas *sefi* y representadas por el algodón y la caña de azúcar, y, por último, las propias de inundación, formadas por el maíz o el sorgo y llamadas *nili* en el Bajo Egipto y

nabari en el Alto. Resulta interesante que los nombres aplicados por Linant a los diferentes tipos de canal se extendieran al nombre dado a los cultivos de irrigación e inundación.⁶⁹

En 1911, las cuencas de inundación habían sido compartimentadas mediante diques secundarios dedicándolas al cultivo de la caña de azúcar, algodón, o mijo. Dichas tierras eran irrigadas por bombas de agua o mediante norias situadas en las mismas cuencas. Este bombeo se realizaba a través de compañías privadas o eran los mismos *fellahin* quienes obtenían el agua mediante *shaduf* o *sakia*. Entre 1897 y 1912, el número de *sakia* había pasado de 17340 a 40600.⁷⁰

Willcocks indica que el modelo ideal de cuenca sería aquella que dispondría de una irrigación perenne procedente del subsuelo, que le permitiría el cultivo de caña de azúcar durante un año o dos, para luego someterlo a un proceso de inundación durante un año.⁷¹

Otro objetivo de las reformas fue resolver dos problemas acuciantes: la aportación de aguas ricas en limos y el incremento en la cantidad de agua, con el fin de aumentar el número de días de permanencia en cada cuenca y la superficie inundada. El éxito es evidente cuando se constata que entre 1877 y 1907, ambos años de baja inundación, se pasó de 45.339 a 8.765 acres sin irrigar en la provincia de Minia.

Finalmente, en 1894, una comisión técnica dependiente del Ministerio de Trabajos Públicos elaboró un informe para determinar cuál de los lugares propuestos desde El Cairo al Wadi Halfa por los ingenieros gubernamentales (entre ellos, el propio Willcocks) sería el elegido para la construcción de un gran embalse.⁷² Esta comisión concluyó unánimemente que Asuán era la única ubicación posible para un embalse que almacenara la suficiente cantidad de agua procedente de la inundación y que pudiera suministrar el suficiente caudal a lo largo del verano al valle del Nilo.⁷³ Una vez aprobado el proyecto, los trabajos se inician en 1898 y la presa se completa a finales de 1902. En 1946, se alcanza el máximo nivel del embalse, lo que puso de manifiesto que era necesario un proyecto de mayor envergadura. Este proyecto no se planifica hasta 1954, en el ámbito del cambio nacionalista egipcio representado en la figura de Nasser. Las obras no se inician hasta 1960, la primera presa proyectada se finaliza en 1964 y el proyecto concluye en 1976, cuando el embalse alcanza el límite de su capacidad y aporta a

65. Egipto divide las áreas sujetas a irrigación perenne en *círculos*. Así las provincias de Minia y Beni Suef forman parte del Cuarto Círculo.

66. Willcocks y Craig 1913, 390.

67. Barois 1904, 51-52.

68. Barois 1904, 97-99.

69. Barois 1904, 52.

70. Willcocks y Craig 1913, 344.

71. Willcocks y Craig 1913, 347.

72. Willcocks y Craig 1913, 681.

73. *Egypt. Technical Commission on Reservoirs* 1894, xi.

todo Egipto la irrigación perenne. Entendemos que en 1964 el sistema de inundación por cuencas aún funcionaba y que, con posterioridad a esta fecha, los diques dejaron de tener utilidad y la inundación que había caracterizado al paisaje egipcio hasta entonces comenzará a ser sólo un recuerdo.

3. Metodología

Los apartados anteriores evidencian que el proceso de transformación y cambio del valle medio fue complejo. Las grandes infraestructuras hidráulicas, los canales de irrigación y de drenaje construidos durante el siglo XIX alteraron, mimetizaron y ocultaron los sistemas precedentes a la expedición de 1799. Conocemos pues el funcionamiento de las cuencas de inundación estructuradas por diques, las diversas definiciones aplicadas sobre el término *bathen*, la diferencia entre un canal *sefi* y otro *nili* y sabemos que la transformación del valle se produjo en varias etapas a lo largo de más cien años, dejando cada cambio su impronta sobre el terreno. Aprehendidas estas premisas, hemos aplicado métodos y técnicas, que describimos a continuación, a través de los cuales hemos reconstruido de una forma general los diversos paisajes del siglo XIX del valle medio y hemos realizado también un primer acercamiento al entorno que caracteriza el yacimiento de Oxirrinco. Estos métodos y técnicas han servido a su vez para la propuesta de reconstrucción del paisaje oxirrinquita explicada en esta misma publicación (Súbías, Fiz y Cuesta).

3.1. Fuentes de datos

Cartografía

Nuestro trabajo, siguiendo las premisas y componentes de un estudio arqueomorfológico del paisaje en el valle medio, ha necesitado, en primer lugar, del análisis y síntesis regresivos de la cartografía actual e histórica del territorio objeto del estudio.⁷⁴

Siguiendo este criterio, se han compilado las cartas topográficas actuales de la provincia de Minia y Beni Suef (escala 1:50K) elaboradas por la Egyptian Survey Authority.

En cuanto a lo que se refiere a una cartografía elaborada con anterioridad a la construcción de la presa de Asuán, hemos digitalizado y georeferenciado planos topográficos (1:50K, 1:100K, 1:200K) levantados entre los años 1906 y 1939 por el Survey Department of Egypt, momento en el cual el país estaba bajo protectorado británico. La precisión y detalle de estos mapas ha sido esencial para la detección de estructuras usadas para la gestión hidrográfica del país.

En los dos casos, el uso de estas fuentes ha facilitado la localización de topónimos de poblaciones citadas en los documentos elaborados en el siglo XIX, a pesar de la variación que éstos han sufrido a lo largo de los últimos doscientos años. Todos los elementos reconocidos sobre este soporte han sido vaciados sobre el SIG creando las correspondientes capas vectoriales: ciudades, toponimia actual, infraestructuras hidráulicas, cursos del Nilo y del Bahr Yussef, etc.

La cartografía usada del siglo XIX se ha basado principalmente en la *Carte Hydrographique de la Moyenne Égypte*, de Linant de Bellefonds, elaborada en 1855 y reelaborada en 1883. Este plano nos ha sido de gran utilidad en la reconstrucción del valle medio a lo largo del siglo XIX, debido no sólo a la calidad con la cual fue elaborado para un área de grandes dimensiones sino porque también recoge topónimos y detalles de gran utilidad, como son la situación y estructura de los diques y reguladores, así como la ubicación de varios proyectos de construcción previstos en 1855.

Un problema para el que no hemos encontrado una solución ha sido el manejo de los 51 planos a una escala 1:100K que acompañan a la *Description de l'Égypte*. Los problemas y errores en la ubicación de las poblaciones y en la situación y trazado de diques y canales (puestos en evidencia por Gomaà) fueron motivo suficiente para no utilizarlos como fuente de trabajo principal ni tampoco como cartografía de soporte a la investigación. Sólo hemos utilizado puntualmente alguna de las planchas de la obra para ilustrar, como hemos visto, la discusión sobre los *bathen*.

Imágenes de satélite y DEM

La teledetección ha sido la segunda forma de aproximación a través de la información espacial que ésta proporciona y sobre la cual no ha sido aplicado el filtraje conceptual realizado por el cartógrafo.

Su aplicación en arqueología la podríamos remontar a las fotografías aéreas de Stonehenge tomadas por P. H. Sharpe sobre las planicies de Salisbury en 1906. Años después, la diversidad internacional de los escenarios bélicos, la gran amplitud de los frentes de combate y la necesidad de conocer la logística militar e industrial del bando contrario fueron motivos suficientes durante la Segunda Guerra Mundial para la elaboración de grandes coberturas de fotografías aéreas. En su interpretación participaron arqueólogos encuadrados en los servicios secretos que, al finalizar el conflicto, aprovecharon medios y conocimientos para publicar sus observaciones a lo largo de los años cincuenta del pasado siglo.

La Guerra Fría y la Carrera Espacial permitieron la puesta en órbita de satélites capaces de generar coberturas globales del planeta, coincidiendo con las

74. Entendiendo por *arqueomorfolología* (Palet 1997, 28): “[...] la restitución, definición y lectura arqueológica de las diversas trazas que forman la morfología histórica del territorio, en tanto que estas trazas son huellas de la actividad humana sobre el paisaje”.

primeras publicaciones sobre el tratamiento multiespectral de las imágenes que fue aplicado en arqueología en los inicios de los años setenta. Actualmente, la resolución espacial de las imágenes de satélite en los inicios de la segunda década del tercer milenio junto con la capacidad multiespectral es la última gran técnica de la cual la arqueología se ha beneficiado para localizar estructuras de menor escala.⁷⁵

A lo largo de estos años, las publicaciones sobre teledetección aplicada al paisaje Egipcio se han centrado sobretudo en las áreas del delta, el valle medio del Nilo y la península del Sinaí,⁷⁶ y en la reconstrucción del curso del Nilo en Karnak y Menfis,⁷⁷ en la formación de la isla de Edfu durante el Imperio Nuevo⁷⁸ y en la detección de un canal Canópico.⁷⁹

Para nuestro proyecto hemos realizado un trabajo exhaustivo de búsqueda y selección de las imágenes procedentes de diversos satélites, procurando que éstas se hicieran teniendo en cuenta diferentes momentos del año. Esto último se hizo con la intención de potenciar la detección de aquellas trazas susceptibles de aparecer en momentos estacionales concretos.

Las imágenes fueron obtenidas en su mayoría del servidor disponible en internet del USGS *Earth Explorer*. Más concretamente, aquellas escenas captadas por los sensores Landsat y Corona.⁸⁰ En cambio, las imágenes Aster 1B fueron adquiridas a la empresa ERSDAC (Japón). Se georeferenciaron las Corona ortorectificando el conjunto y usando la proyección WGS 84 UTM-36N.

Las imágenes Corona, desclasificadas en 1995 por la administración Clinton, corresponden a una de las primeras series de imágenes procedentes de un satélite con cobertura global obtenidas durante la Guerra Fría, en el periodo entre 1960 y 1975. Concretamente, la serie KH 4B es la que mejores resultados proporciona, debido a su mejor calidad y a que fueron tomadas con resoluciones en torno a los 2 m/píxel. Su cobertura global, sobretudo en áreas asiáticas y africanas, la convierten en un referente absolutamente necesario en cualquier estudio del paisaje.⁸¹

En el caso que nos ocupa, su gran interés radica en ser una extraordinaria fuente de información del valle medio del Nilo entre 1960 y 1976, periodo en el cual vimos que se construyó la presa de Asuán. Las

imágenes muestran aún elementos y trazas correspondientes al sistema de inundación por cuencas, donde el paisaje captado aún no presentaba las alteraciones correspondientes al desarrollo urbano y territorial de los años ochenta y noventa del pasado siglo. Su uso, combinado con imágenes más modernas procedentes de otros sensores, nos ha permitido observar las grandes transformaciones producidas en los últimos treinta años. Esta primera impresión pondría a la arqueología egipcia bajo los mismos problemas que caracterizaron los procesos de cambio y crecimiento urbano en la Europa de los sesenta y setenta.

Sin embargo, para un estudio más detallado del entorno más cercano a la ciudad de Oxirrínco fue necesaria la adquisición de escenas Quickbird (5-02-2009) y Worldview 2⁸² (23-06-2010) con resoluciones de 0.6 y 0.5 m/píxel respectivamente. Para esta última se han utilizado sus características multiespectrales de WV2 (8 bandas), aplicando diversos tipos de análisis, que desarrollaremos en los apartados siguientes. También hemos utilizado estas imágenes para georeferenciar las imágenes Corona tomadas en el área de Oxirrínco.

Además, el análisis de la topografía del valle medio del Nilo así como determinadas operaciones, como pueda ser la ortorectificación de imágenes, requieren de modelos digitales de elevación (DEM). En estos casos fue necesario recurrir a los servidores públicos con coberturas globales, como CGIAR-CSI,⁸³ que proporciona un DEM a 90 m/píxel (STRM-90), o a la reciente elaboración del producto Aster GDEM de la ERSDAC, con resoluciones de 30 m/píxel.

Problemas con GDEM

El uso de Aster GDEM nos permitió detectar una serie de anomalías que no son visibles sobre imágenes de alta resolución o en Google Earth. Inicialmente, interpretamos tales anomalías como antiguos diques o grandes depósitos de agua. Sin embargo, la página web de la ERSDAC GDEM contiene una reciente revisión, por la cual se informa de las anomalías en el producto, similares a las que nosotros habíamos detectado, y se insiste en el carácter “experimental”, cosa que nos obligó, por tanto, a abandonar tal hipótesis.

75. Parcak 2009, 13-39.

76. Parcak 2007; Mumford y Parcak 2002.

77. Hillier, Bunbury y Graham 2007; Bunbury, Graham y Hunter 2008; Lutley y Bunbury 2008.

78. Bunbury, Graham y Hunter 2009.

79. Stanley y Jorstad 2006.

80. También se han vaciado imágenes Hiperion, EO 1 ALI y SIR-C, que por sus características multiespectrales y radar han sido previstos futuros análisis.

81. Parcak 2009, 52-57.

82. Comercializadas por la empresa Digital Globe.

83. CGIAR es el Grupo Consultivo para la Investigación Agrícola Internacional. Su servidor en internet (<http://srtm.csi.cgiar.org>) proporciona un DEM obtenido a partir del Shuttle Radar Topographic Mission, gestionado por la NASA.

Generando un DEM propio

Estos problemas nos forzaron a buscar otras soluciones. Una de ellas fue la creación de nuestro propio DEM a partir de las bandas Aster 3N y 3B. Estas dos bandas, captadas al tiempo pero con un desfase estereoscópico, permiten, a partir de técnicas de fotogrametría, la creación de imágenes estereó y la extracción de un DEM con una resolución de 15 m/píxel. Otros proyectos han utilizado las bandas 3N y 3B para generar un DEM del área próxima a la ciudad de Zagora, situada en el sur de Marruecos.⁸⁴

Otra fuente utilizada para la creación de DEM fue a partir de las imágenes procedentes del sensor Corona, ya que éste realiza de forma simultánea la toma de dos imágenes estereoscópicas.⁸⁵ Otros proyectos han aplicado esta técnica para generar modelos digitales de elevación de alta resolución.⁸⁶

Base de datos y SIG

Hemos creado una base de datos en la cual se han incluido los yacimientos compilados en el trabajo de Farouk Gomaà, Renate Müller-Wollermann y Wolfgang Schenkel.⁸⁷ Esta base de datos fue integrada en ArcGis 9.3 junto con la cartografía de base y las imágenes de satélite. La superposición de toda esta información permitió la creación de capas correspondientes a trazas de canales o diques encontrados en la observación y análisis tanto de la cartografía como de las imágenes.

3.2. Técnicas de análisis espectral

Gracias al uso del *software* ERDAS Imagine 2010, ha sido posible la aplicación de diversas técnicas de análisis espectral sobre el conjunto de imágenes seleccionadas. Las diferentes resoluciones espaciales proporcionadas por cada tipo de sensor nos han permitido la realización de diversas aproximaciones en función de la escala de trabajo que estuviéramos adoptando.

Combinación de bandas

Las imágenes multiespectrales se componen de bandas que captan diversas franjas del espectro electromagnético. Cada una de estas bandas actúa de manera diferente sobre elementos naturales o geológicos. Inicialmente, sólo es posible combinar tres bandas en una única imagen pudiendo resaltar diferencias y

contrastes, como por ejemplo los derivados del crecimiento diferencial de la vegetación. Así, por ejemplo, utilizando las imágenes Landsat, es posible combinar las bandas 4-3-2 (IR-R-G) de manera que obtenemos una nueva imagen en la cual la banda IR destaca aquellas trazas sobre las cuales la vegetación crece con mayor o menor fuerza, relativas a una mayor presencia de humedad.⁸⁸

Índices NDVI

Sin embargo, también es posible, a partir de una imagen, el operar con las bandas que la componen, de tal manera que el resultado resalte solamente determinadas características registradas en su espectro. Este es el caso, por ejemplo, del NDVI (Normalized Differential Vegetation Index), un índice asociado a la salud de la vegetación y, por tanto, a la existencia de muros, fosas o canales bajo sedimento. La presencia de estas estructuras implica una destacada o reducida presencia y descomposición de componentes orgánicos que retienen mayor o menor humedad y, por tanto, señalando su existencia a través de los cambios en la densidad de la vegetación.⁸⁹ NDVI es, por tanto, una técnica analítica que compara las bandas IR y R procedentes de las imágenes multiespectrales. Esta técnica la hemos utilizado con imágenes obtenidas de sensores multiespectrales de resolución media y alta: Landsat, Aster, WV2. El problema se produce cuando ésta se aplica sobre áreas en las cuales hay un fuerte grado de desertización o la presencia de dunas. En estos casos, que se manifiestan en nuestra área estudiada, hemos visto que es mejor aplicar otro tipo de análisis, como PCA o Tasseled Cap.

Con el uso de índices NDVI hemos localizado algunos canales colmatados por el desuso o que fueron sustituidos durante el siglo XIX por canales profundos diseñados para la irrigación permanente.⁹⁰

Análisis de Componentes Principales (PCA)

Una forma de eliminar la redundancia presente en el espectro electromagnético captado por una escena de un sensor multiespectral es reduciendo las bandas a una serie de nuevas componentes que recogen gran parte de la información original. Este método, llamado Análisis de Componentes Principales (PCA), permite la identificación tanto de aquellos rasgos registrados en la mayor parte de las bandas como de los que

84. Véase Lee *et al.* 2008.

85. Dashora, Lohani y Malik 2007.

86. Sobre detalles técnicos, léase Galiatsatos, Donoghue y Philip 2008; para aplicaciones en arqueología, Gossens *et al.* 2006 y Casana y Cothren 2008.

87. Gomaà, Müller-Wollermann y Schenkel 1991.

88. Para una mayor información sobre las aplicaciones en arqueología de la combinación de bandas de los sensores Landsat y Aster, véase Mumford y Parcak 2002 y Altaweel 2005.

89. Parcak 2009, 92-94.

90. Sobre aplicaciones del índice NDVI, véase Merola *et al.* 2006; Rowlands y Sarris 2007 y Masini y Lasaponara 2007.

son específicos a algún grupo de ellas. La capacidad de síntesis del ACP la convierte en una técnica muy apropiada para filtrar las imágenes, como paso previo a otros análisis multiestacionales. Es esta capacidad la que nos sirve en la selección de la información más significativa de cada periodo o estación estudiado.⁹¹ Su aplicación en arqueología ha permitido la detección de yacimientos,⁹² muros enterrados⁹³ y anomalías arqueológicas sobre imágenes del sensor Ikonos.

Tasseled Cap (TTC)

Tasseled Cap (TTC) es una transformación aplicada sobre imágenes multiespectrales cuya intencionalidad consiste en la obtención de nuevas bandas a partir de la combinación lineal de las originales realzando aquellos rasgos de interés de cada escena. La diferencia con respecto al ACP está en que TTC ofrece componentes con características físicas concretas. Es decir, independientes del tipo de imagen que se esté analizando.

Kauth y Thomas idearon esta técnica en el marco del proyecto LACIE (Large Area Crop Inventory Experiment), desarrollado por la NASA y el departamento de agricultura estadounidense (USDA) en los años setenta.⁹⁴ Se analizaron los componentes fundamentales de variación en una imagen Landsat MSS, describiendo sus características físicas desde el punto de vista del seguimiento de cultivos. Sobre el conjunto de imágenes, los autores del trabajo distinguían tres componentes: uno denominado “brillo” (*brightness*), suma ponderada de las cuatro bandas Landsat originales; el segundo, denominado “verdor” (*greenness*), relacionado con la actividad vegetativa; un tercero conocido como “marchitez” (*yellowness*), que se asignaba a la reducción de vigor vegetal, y un cuarto, *nonsuch*, sin significado aparente. En los años ochenta fue cuando comenzó a tener mayor difusión y fue aplicada a otros sensores, principalmente al sensor Landsat TM y al AVHRR.⁹⁵ De esta aplicación resultó la detección de un quinto componente relacionado con la “humedad” (*wetness*).

La técnica fue también aplicada sobre sensores multiespectrales de alta resolución espacial, como Ikonos, y se escogió para su aplicación el territorio de Metaponto.⁹⁶

Fusión de imágenes

Uno de los problemas que nos encontramos al trabajar con imágenes multiespectrales fue que algunas de las bandas que las componen están recogidas con una resolución espacial diferente, lo que dificulta, por

tanto, la combinación y tratamiento del conjunto de bandas. Así, por ejemplo, las bandas SWIR y TIR de una escena Aster no podrían ser combinadas con las UNIR, debido a que aquellas tienen resoluciones de 60 y 90 m/píxel frente a los 30 m/píxel de las últimas. En otro caso, si aplicáramos una combinación o un PCA a las bandas multiespectrales de una escena WV2, la resolución resultante sería de 1.8 m/píxel, en lugar de los 0.5 m/píxel de la imagen Panchromática.

Para resolverlo se han utilizado herramientas de fusión con el fin de combinar sobre una imagen de alta resolución (por ejemplo, WV-2 Panchromática 0.5 m/píxel) el resto de bandas multiespectrales a una resolución menor (1.8 m/píxel). Una de estas técnicas aplicadas es la Ehlers Fusion, ideada e implementada por Manfred Ehlers, de la Universidad de Osnabrück.⁹⁷

3.3. El paisaje oxirrinquita: escalas de trabajo

Hemos emprendido varias estrategias para abordar el estudio del paisaje de Oxirrinco aplicando varias escalas de trabajo y en función de las fuentes utilizadas.

Entendemos que antes de abordar un estudio arqueomorfológico basado en trazas de parcelación, caminos, diques menores y canales es necesaria una regresión que reconstruya el sistema de cuencas de inundación y los cambios provocados por la construcción de los grandes canales de irrigación, como el Ibrahimiyya.

Así, el estudio del sistema de cuencas en el valle medio del Nilo ha requerido, primero, una aproximación a gran escala, utilizando las fuentes escritas y planimétricas del siglo XIX. Con este enfoque, hemos reconstruido las diversas fases y transformaciones que alteraron esta región desde la llegada de la expedición de Bonaparte en 1799 hasta el final del siglo XIX. El área estudiada correspondiente al valle se extiende desde Samalut hasta Magaga, con una superficie total aproximada de 1304 km². (Fig. 5.1)

Desde una escala menor y ante la falta de una cartografía histórica de detalle de el-Banhasa y Sandafa el Fahr, las dos poblaciones surgidas en las proximidades de Oxirrinco, hemos realizado directamente aproximaciones al paisaje analizando las imágenes obtenidas por satélite. En esta segunda perspectiva, hemos organizado el estudio en función de tres aproximaciones o ventanas abiertas sobre el área del proyecto. La primera se inicia a un kilómetro al sur de Oxirrinco y cubre un área de 80 km² extendiéndose desde del Bahr Yussef hasta las estribaciones de las montañas líbicas. (Fig. 5.2) La segunda, de menor superficie, se extiende

91. Chuvieco 1996.

92. Stafford, Leigh y Asch 1992.

93. Garbuzow 2003.

94. Kauth Tomas 1976.

95. Crist y Cicone 1984 *a* y *b*; Cicone y Metzger 1984.

96. Horne 2003.

97. Ehlers 2008.

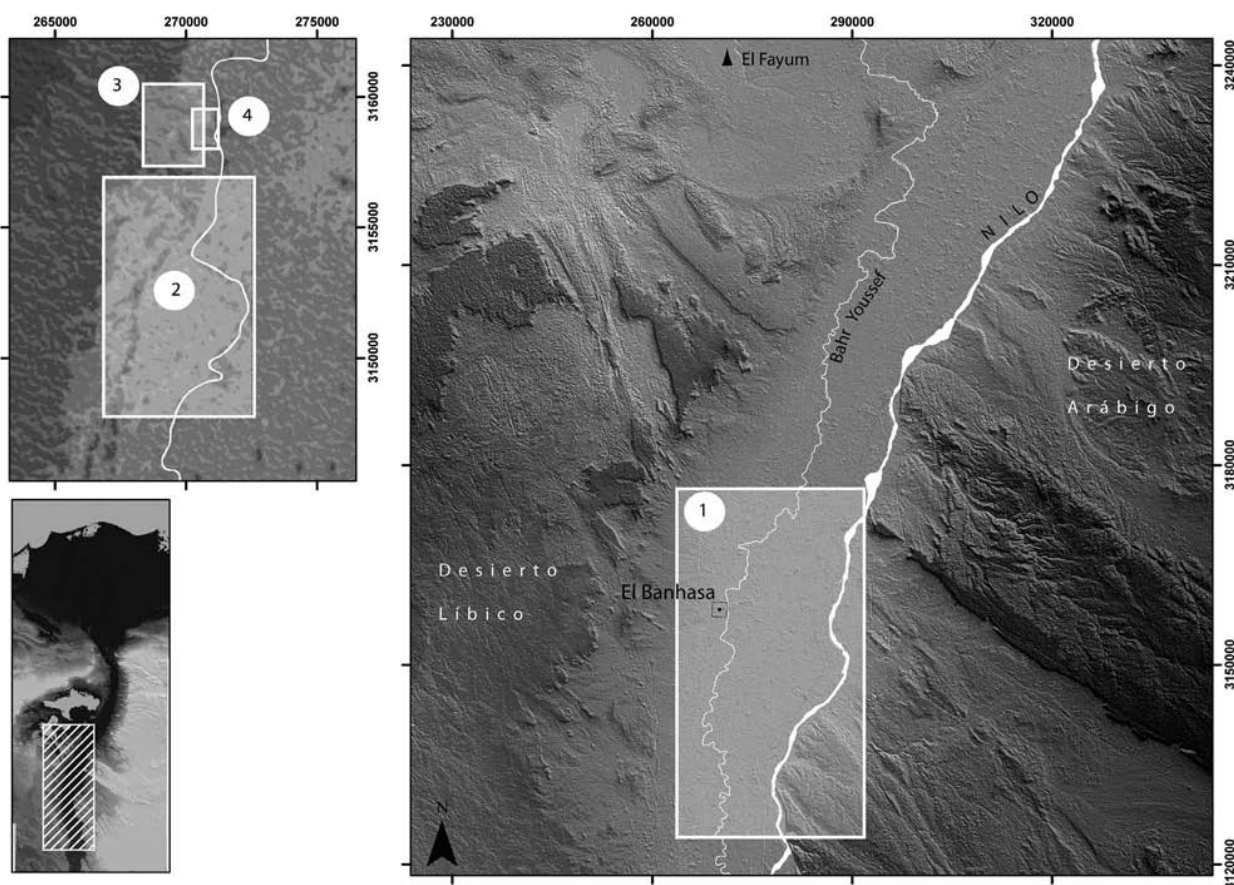


FIGURA 5. Ventanas sobre las que se ha aplicado un tratamiento de combinación de bandas, TTC y PCA, contrastado con escenas Corona.

en 5,25 km² y está situada al oeste del yacimiento, con la intención de analizar el entorno físico inmediato de la ciudad grecorromana. (Fig. 5.3) Por último, la tercera área sujeta a esta aproximación correspondería al propio yacimiento. (Fig. 5.4)

Para las tres hemos aplicado primero técnicas TTC y PCA sobre las imágenes captadas por diversos sensores multiespectrales (Landsat 4-5 TM, MSS), entre 1984 y 1999. El resultado proporcionaba diversas trazas de vías, wadis, canales o elementos no identificados que hemos ido analizando siguiendo un proceso diacrónico, eliminando aquellos que no existían con anterioridad a 1984, fecha en la que se ha dispuesto de información sobre esta zona, accesible en la red. (Fig. 6) Hemos constatado al mismo tiempo el grado de transformación del área rural en torno a la actual localidad de Bahnsa.

A nivel práctico cabe añadir que la aplicación del TTC sobre esta área ha constatado que los mejores resultados se han obtenido en la combinación de los componentes 2-3-4 (verdor, marchitez y humedad) y de los componentes 3-4-6 (marchitez, humedad y el componente 6, sin identificar)

Estas marcas detectadas, síntesis y eliminación de la redundancia inherente entre las diversas bandas de una misma imagen, fueron luego superpuestas sobre

las escenas de alta resolución tanto Corona, Quick-Bird y WV-2. En el último caso, también se aplicaron técnicas de PCA y TTC, con el fin de analizarlas con mayor detalle.

4. Resultados

4.1. Aproximación a gran escala: propuestas para una reconstrucción del paisaje en el valle medio del Nilo a lo largo del siglo XIX

Desde la perspectiva de una escala mayor en el estudio del paisaje y tras el análisis de las fuentes que nos permiten contextualizar los grandes proyectos aplicados en el valle medio del Nilo, hemos seguido un proceso regresivo a la hora de reconstruir los diferentes paisajes a lo largo del siglo XIX.

El valle medio entre 1873 y 1887

Nuestra fecha de partida es 1887, momento en el cual se publica el libro de Barois. Anteriormente, vimos la relación de cuencas de inundación en funcionamiento en ese año.

Habíamos hablado del gran dique longitudinal, *mohit*, que separa las cuencas de inundación de las

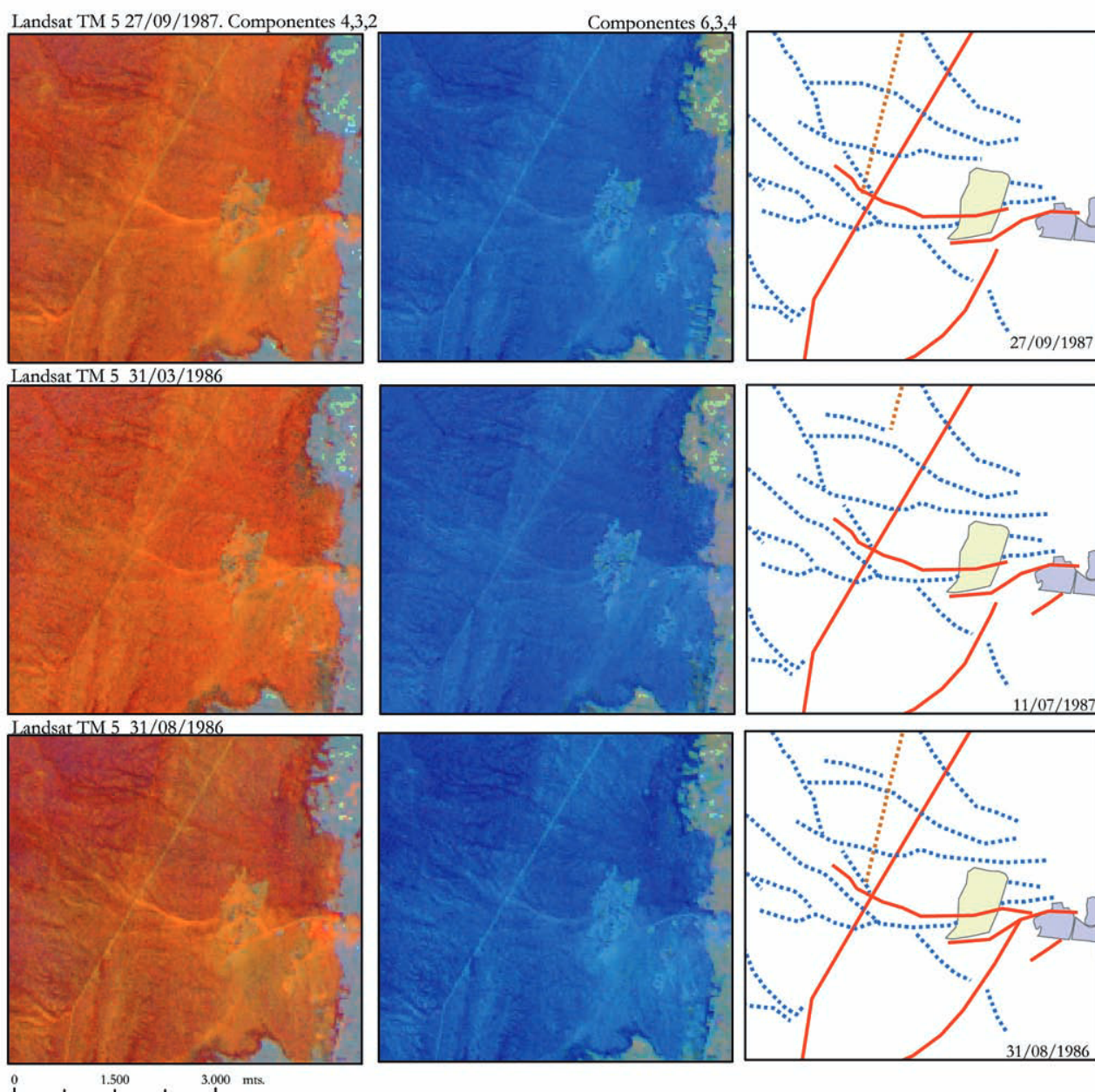


FIGURA 6. Aplicación de TTC a una serie de escenas entre 1987 y 1984.

tierras irrigadas. Este dique, que se puede identificar en una de las planchas de la publicación de Barois, es actualmente el canal de drenaje Al Muhit / Al Garbhi o, también, si usamos los planos egipcios elaborados bajo protectorado británico en 1908, el canal de Bardahnuí.

Esta división antrópica del valle medio señala, como habíamos dicho, dos paisajes completamente diferentes. Esta variación se haría más evidente durante las crecidas, ya que ambos entornos estaban gestionados por sistemas de irrigación y cultivos completamente diferentes. Durante la crecida, se inundaba la mitad occidental del valle, como así daban razón los textos de los viajeros del siglo XVIII, de manera que las poblaciones quedaban aisladas, tan sólo comunicadas por diques.

Los canales de inundación y drenaje en esta parte del valle crean un conjunto de formas radiales irregulares en torno, generalmente, a los espacios situados a menor cota, donde las aguas de la inundación tienden a acumularse, los *bathen* de Linant. El Bahr Yussef haría de eje del que parten o al que vierten todos ellos.

Sin embargo, una vez traspasado el dique *mohit*, el cambio es radical: el lado oriental presenta un entorno de regadío y campos cultivados organizado en forma de parcelas regulares, delimitadas por canales menores y acequias que siguen la orientación del Ibrahimiyya, del que son dependientes. Este último sistema, teniendo en cuenta los cambios producidos en esta parte del valle en el siglo XIX, se estructuraría coincidiendo con la construcción de este canal. (Fig. 7)

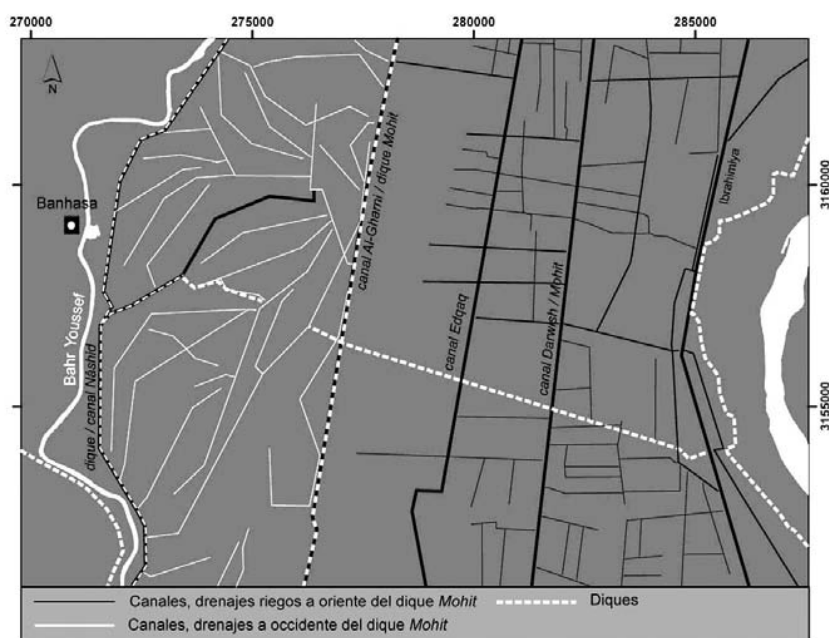


FIGURA 7. Morfología de los sistemas de irrigación perenne e inundación y drenajes a oriente y occidente, respectivamente, del gran dique *mohit*.

La primera reconstrucción, que hemos fechado en 1887, la hemos realizado a partir de una de las planchas de la publicación de Barois.⁹⁸ (Fig. 8) En ésta se aprecia claramente el gran dique *mohit*, que divide las tierras inundadas por el Bahr Youssef de las irrigadas por el Ibrahimiyya e impide que la inundación anegue estas últimas.

Además, Barois proporciona una lista de cuencas en funcionamiento en 1887 para las provincias de Minia y Beni Suef,⁹⁹ e indica, además, la superficie de inundación alimentada por el Bahr Youssef:

Cuenca	Área (ha)
Dehri-Mankatin	7.686
Burdanaoni	7.875
Garnonsi	12.337
Salagonssi	2.636
Sultani	13.396
Minieh	10.573
Nuera	13.711
Bahabahin	21.514
Kocheicha	33.600

En la reconstrucción de este sistema de cuencas, hemos encontrado dificultades, dado que estas extensiones, tabuladas por Barois, no coinciden con las que saldrían a partir de la cartografía que presenta el

mismo autor. Esto nos hizo suponer que tuvo acceso a datos diferentes y que, por tanto, las cuencas representadas en la cartografía corresponden realmente al momento de la publicación del libro en 1887, en el cual el sistema de irrigación perenne ya se había aplicado a prácticamente a la mitad del valle y el dique *mohit* ya había sido construido. Pero los datos publicados por Barois en el texto, por el contrario, habría que fecharlos en algún momento entre 1873 (año de la inauguración del Ibrahimiyya) y 1887.

Esta suposición se debe, por ejemplo, a que Barois habla de 7.686 ha de tierras inundadas en la cuenca Dehri-Mankatin. En primer lugar, en el texto los cálculos se hacen sobre una única cuenca mientras que en la cartografía rotula dos cuencas diferentes. Nosotros, al reconstruir ambas cuencas a partir de la plancha de Barois, vemos que aún sumando las áreas correspondientes, Dehri y Mankatin no superan las 5.000 ha. Nuestra primera explicación fue pensar que las tierras situadas al oeste del Bahr Youssef estaban incluidas en dicho cálculo. La existencia de un conjunto de diques en el margen izquierdo del Bahr, detectados en la cartografía y teledetección, nos podría llevar a esa suposición. Sin embargo, el propio autor nos indica que las cuencas de inundación situadas al oeste del Bahr no tenían una importancia destacable. Además, tanto Barois como Willcocks separan en las estadísticas las cuencas situadas al oeste y al este del canal de Joseph.

Esta discordancia se repite en otros casos, salvo para las cuencas de Membal (no da datos) y Salagonssi. Como el canal del Ibrahimiyya había sido construido casi veinte años antes de la publicación del texto de Barois, pensamos en elaborar una segunda propuesta

98. Barois 1887, Plancha III.

99. Barois 1887, 42.

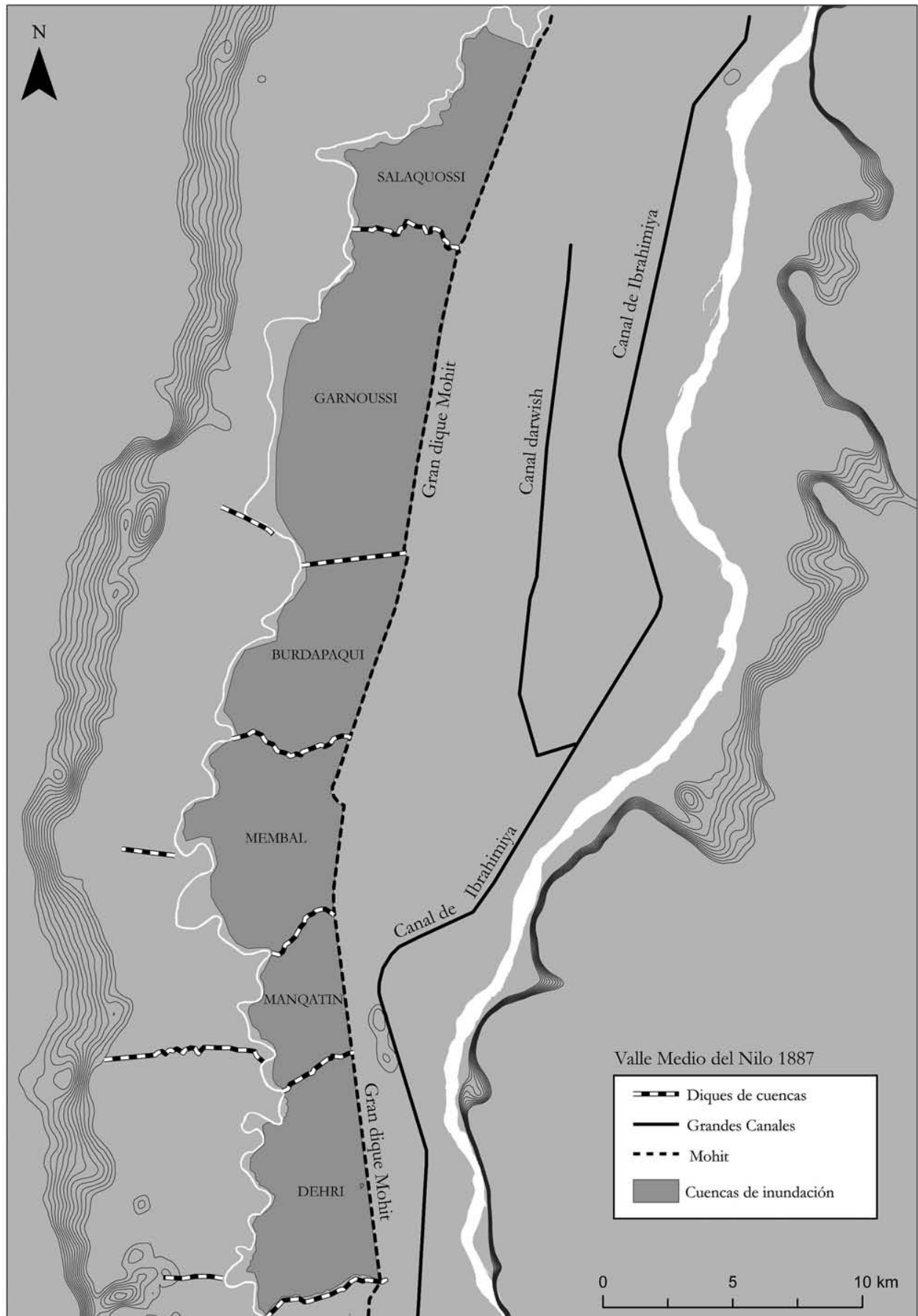


FIGURA 8. Reconstrucción del valle medio del Nilo (1887).

en la que el límite oriental de las cuencas fuera dicho canal. Sin embargo nuevamente existían claras diferencias entre los datos de Barois y los que nos proporcionaba esta reconstrucción. Solamente la cuenca Dehri-Mankatin quedaba ajustada con una diferencia de 181 ha.

Por tanto, descartando esta solución, se planteó otra propuesta (Fig. 9) en la cual el límite entre la irrigación perenne y la inundación reflejado en los datos de Barois estuviera situado entre el dique *mohit* y el Ibrahimiyya. Este límite correspondería al Darwish, un canal longitudinal al Nilo, derivado del canal Ibrahimiyya. Su cabecera está a la altura de Matai y asciende hasta alcanzar el dique de Garnus. Esta propuesta nos parece la más acertada, dado que la cuantificación de las áreas inundadas por las cuencas proporcionada por Barois se ajusta más a esta disposición. Las diferencias con nuestra propuesta están entre las 13 ha (Bardanhoui) y las 757 ha (Garnansoui). Un dato que nos pareció definitivo en esta elección fue que un plano topográfico de 1908 da a esta derivación dos nombres: canal Darwish, y *Mohit Wastani drain*. La utilización del término *mohit* nos informa que esta derivación fue utilizada en su momento como dique longitudinal de separación entre ambos sistemas de gestión hidráulica para impedir que el agua de la inundación pudiera llegar hasta las tierras sujetas a irrigación perenne. Sin embargo, hay una cuenca, la de Salagonssi, cuyas dimensiones en esta propuesta no coinciden con los cálculos de Barois (la diferencia es de, aproximadamente, 2.000 ha). Pensamos que probablemente la parte más al norte del dique *mohit* ya estaba construida en el momento de la redacción del texto y, por tanto, las dimensiones de la cuenca en ese momento, fechado entre 1873 y 1887, se ajustaban a las que realmente tenía en el plano definitivo de 1887.

Estas discordancias entre los datos tabulados y el plano nos hacen pensar que o bien hubo un error en el cual Barois mezcló datos antiguos o bien tales datos reflejan un proceso de conversión gradual de reconversión y reducción de las cuencas de inundación. Los primeros corresponden a un momento posterior a la inauguración del canal de Ibrahimiyya, sin el gran dique *mohit*, en el que el dique-canal de drenaje *Wastani* sería el límite de contención entre los dos sistemas.

Otro tema a tener en cuenta son los nombres dados a las cuencas de inundación. En el caso de Burdanahoui, el nombre corresponde a una localidad que quedaría fuera de la cuenca propuesta en la cartografía de Barois. Es muy interesante, dado que el nombre conservaría el topónimo que ya se citaba en uno de los diques enumerados por la *Description*, lo cual nos permite fecharlos en un momento anterior a 1800.

Finalmente, ya hemos visto que Barois presenta como una única cuenca a la llamada Dehri-Mankatin. En ese momento concreto debía de estar prevista una división en dos de la cuenca, dado que en la plancha refleja tal división y Willcooks, en la relación vista de cuencas que habían de ser transformadas en irrigación perenne a partir de 1901, muestra a su vez tal división. Es decir, tanto el dique situado a la altura de Salamut, el segundo de la enumeración de Gomaà, Müller-Wollermann y Schenkel, como otro dique situado a la misma altura pero en el margen opuesto del Bahr Yussef se habrían construido con posterioridad a 1887.

El valle medio en 1854

La figura 10 muestra una reconstrucción del valle medio en 1854, año que coincide con la publicación de la *Carte Hydrographique de la Moyenne Égypte*, de Linant de Bellefonds. Esta fuente resulta interesante, entre otros datos, dado que algunos diques del margen izquierdo del Barh Yussef están rotulados como proyectos, lo cual nos permite datarlos como posteriores a 1854.

Un problema podría surgir al interpretar este plano, dado que es una reedición hecha en 1882. Sin embargo, esta reedición se hizo para incorporar únicamente el ferrocarril construido en aquel periodo en el Alto Egipto. Recordemos que en 1883 ya estaban en funcionamiento otras grandes infraestructuras hidráulicas, como el canal de Ibrahimiyya, inaugurado en 1873, o el gran dique *mohit*, y no están reflejados en el plano de Linant de Bellefonds.¹⁰⁰ Por tanto, suponemos que el plano de 1882 copió íntegramente el levantamiento de 1854 añadiendo simplemente el ferrocarril.

Observando el plano de Linant de Bellefonds, podemos decir que, efectivamente, sólo existe una cuenca de inundación en el área de Salamut, delimitada por los diques enumerados como 2 y 3 por Gomaà, Müller-Wollermann y Schenkel. Sin embargo, el primero, que separaría las cuencas de Mankatin y Dehri en el plano de Barois, ya hemos dicho que seguramente fue construido entre 1873 y 1886. Asimismo, también habíamos dicho que el otro dique del margen occidental del Bahr Yussef, no citado por Gomaà, Müller-Wollermann y Schenkel, se habría construido en ese periodo. De todos modos, en la observación que se puede hacer en imágenes actuales de ambos sorprende que aún presenten las irregularidades en el trazado provocadas por las rupturas y reparaciones del dique. Más aún si entendemos que la modernización del sistema estaba encaminada a dotarlos de reguladores que evitaran la necesidad de romper los diques en los momentos de exceso de caudal.

100. La publicación incluye esta nota "Revue et complétée en 1882 pour les chemins de fer", Linant de Bellefonds 1882. Además, el propio Linant, en sus memorias y en el apartado dedicado a la cartografía publicada, nos dice: "[...] mais, jusqu'à ce jour c'est encore la mienne que l'on connaît, celle sur laquelle toutes les autres, depuis 1848, ont été copiées." Linant de Bellefonds 1872, 495.

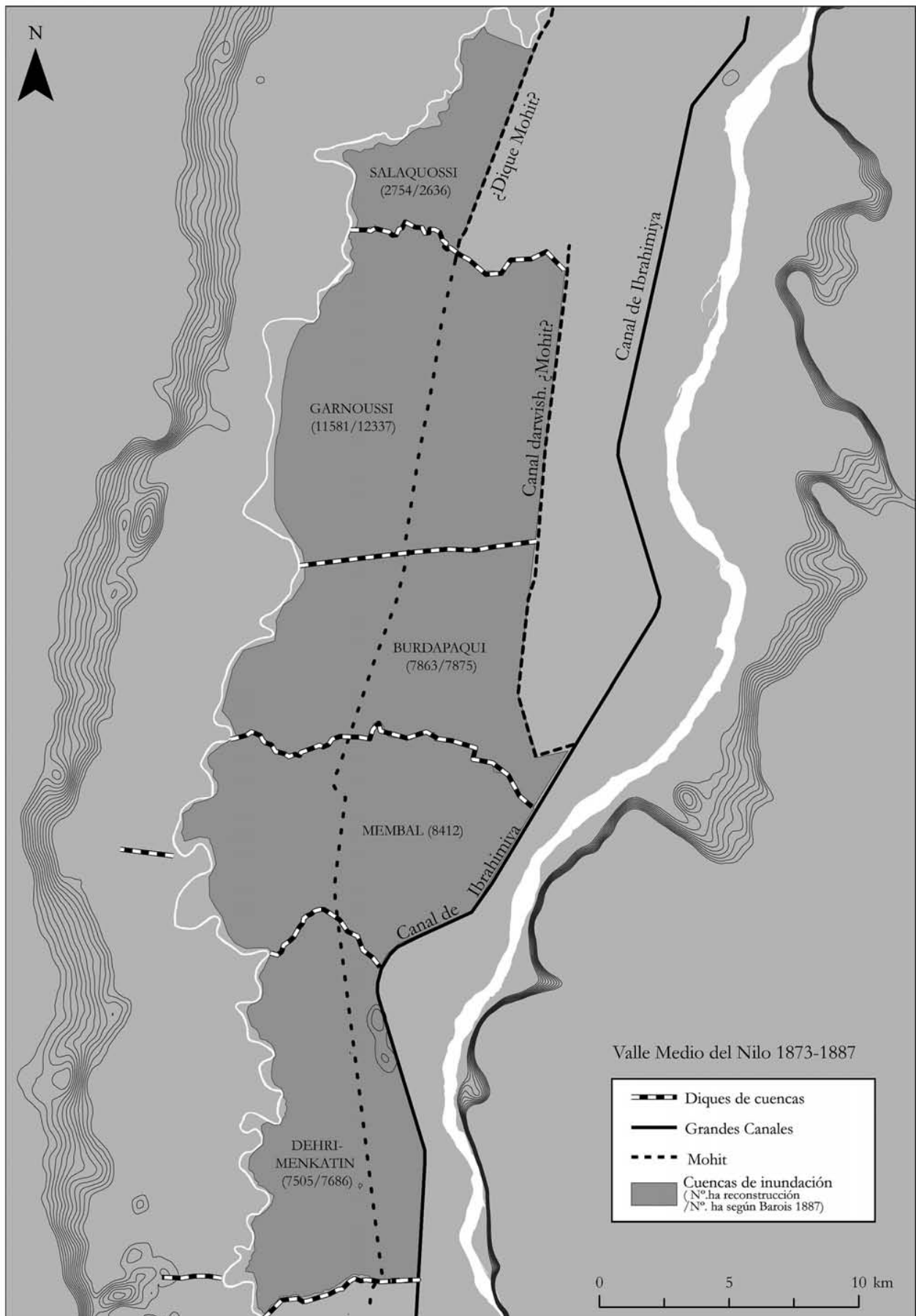


FIGURA 9. Reconstrucción del valle medio del Nilo (1873).

Por otro lado, las cuencas de Membal y Garnoussi se mantendrían siguiendo las delimitaciones de los diques de Gomaà, Müller-Wollermann y Schenkel. No ocurriría lo mismo con la cuenca de Bardanhoui, la cual, según Linant de Bellefonds, parece a su vez subdividida en tres por dos diques más.

Comparando el plano de Linant de Bellefonds con la plancha de la *Description*, vemos una diferencia singular. Linant de Bellefonds dibuja entrantes del Nilo que podríamos identificar con canales *nili* o *fyad bathen*, pero no dibuja casi canales en el interior. En cambio, la plancha de la *Description* muestra un terreno atravesado desde el Nilo hasta el Bahr Yussef por un número considerable de *fyad bathen*. Esta falta de información en Linant de Bellefonds sorprende por cuanto el Bahr Bathen mencionado y dibujado por los *savants* sí que es registrado por Linant de Bellefonds más al sur, desde Minia hasta Samalut, y nuevamente más al norte a partir de Fahnt. Este vacío podría deberse a que se realizaron grandes cambios en esta zona o bien al carácter estacional de los *fyad bathen*, en muchos casos secos hasta que se producía la inundación. Esto último habría ocultado su existencia a Linant de Bellefonds, quien sólo pudo registrar los canales entrantes desde el Nilo y el Bahr Yussef.

Creemos que las trazas que hemos detectado podrían formar parte de los canales de inundación y drenaje. Los diques formarían una secuencia de cuencas atravesadas por estos canales desde Samalut, favoreciendo la inundación y drenando nuevamente en el Bahr a la altura de Beni-Khalaf.

Otro tema a tener en cuenta son las supuestas reformas del lado occidental del Bahr realizadas entre 1899 y 1901. Como habíamos comentado, Barois no daba importancia a las cuencas existentes con anterioridad, pero Linant de Bellefonds define un sistema de cuencas, con diques dotados de reguladores en 1855. Es verdad que algunos aparecen con el rotulo *projecté* pero en general podemos decir que en el lado occidental del Bahr se gestionaba la inundación.

El valle medio en 1800

Más interesante resulta la reconstrucción del sistema de cuencas en 1800. A falta de una revisión de la documentación relativa al periodo mameluco hemos encontrado en la *Description de l'Égypte* elementos suficientes para proponer cuál era la organización hidráulica del valle medio. Desgraciadamente, la recomposición de los datos no se ha hecho directamente de la cartografía de la *Description*, imposible de utilizar como ya se dijo por los errores y equivocaciones en la ubicación y representación de diques y canales.¹⁰¹ Además, la enumeración de los diques en el texto no sigue una ordenación geográfica que permita una

identificación directa. Sin embargo, la combinación del plano de Linant de Bellefonds de 1855, con una mejor precisión, junto con la lista de diques enumerada por los autores de la *Description* nos ha ayudado en la tarea de reconstruir el paisaje en 1800.¹⁰² Es cierto que existen variaciones fonéticas en los topónimos empleados en una u otra fuente y, por tanto, la ubicación de alguno de los diques puede ser discutible, sin embargo no hemos encontrado en la cartografía de Linant de Bellefonds otros que pudieran ajustarse mejor. Podemos afirmar que la lista de grandes diques son los existentes en 1800 y que podrían haber estructurado el sistema de cuencas de inundación en el valle medio. La premisa de los *savants* es muy clara, un gran dique es aquel que atraviesa transversalmente el valle medio desde el Nilo hasta el Bahr Yussef. Linant de Bellefonds rotula, en el plano de 1854, diques que cumplen tal premisa pero que no fueron enumerados en la *Description*. Por tanto, incluiríamos estos diques dentro del programa de remodelaciones de Mehemet Bey en el valle medio entre 1820 y 1855.

Cotejando ambas fuentes, hemos encontrado las siguientes equivalencias de topónimos:

<i>Description de l'Égypte</i>	<i>Linant de Bellefonds</i>	<i>Actual</i>
Behabchyn	Babechine	Haud Bahbasin
Safanyeh	Saffannie	Safaniya
Safrachin	Safi Rachine	Saft Rachine
el-Noueyreh	¿Nonewere?	¿Haud an-Nuwaira? ¿Nuera?
Choubak	Chobak	¿?
Ehoueh	Elloué	¿Helwa?
Badahal, Chantour	Bedal, Chantour	Badah, Ash-Shantour
Samalout	Samalout	Samalut
Menbaâl	Minbal	Minbal
Bardanouâh	Bardanou	Bardanuha

A partir de las trazas detectadas y de los estudios previos de Gomaà, Müller-Wollermann y Schenkel, hemos seguido una ordenación de sur a norte para tratar de situar los once diques de la *Description*.

Hemos identificado, en primer lugar, el llamado dique de Samalut en la enumeración de los *savants*. (Fig. 11.1) Actualmente, existe un dique situado a la altura

101. Gomaà, Müller-Wollermann y Schenkel 1991.

102. Véase nota 19.

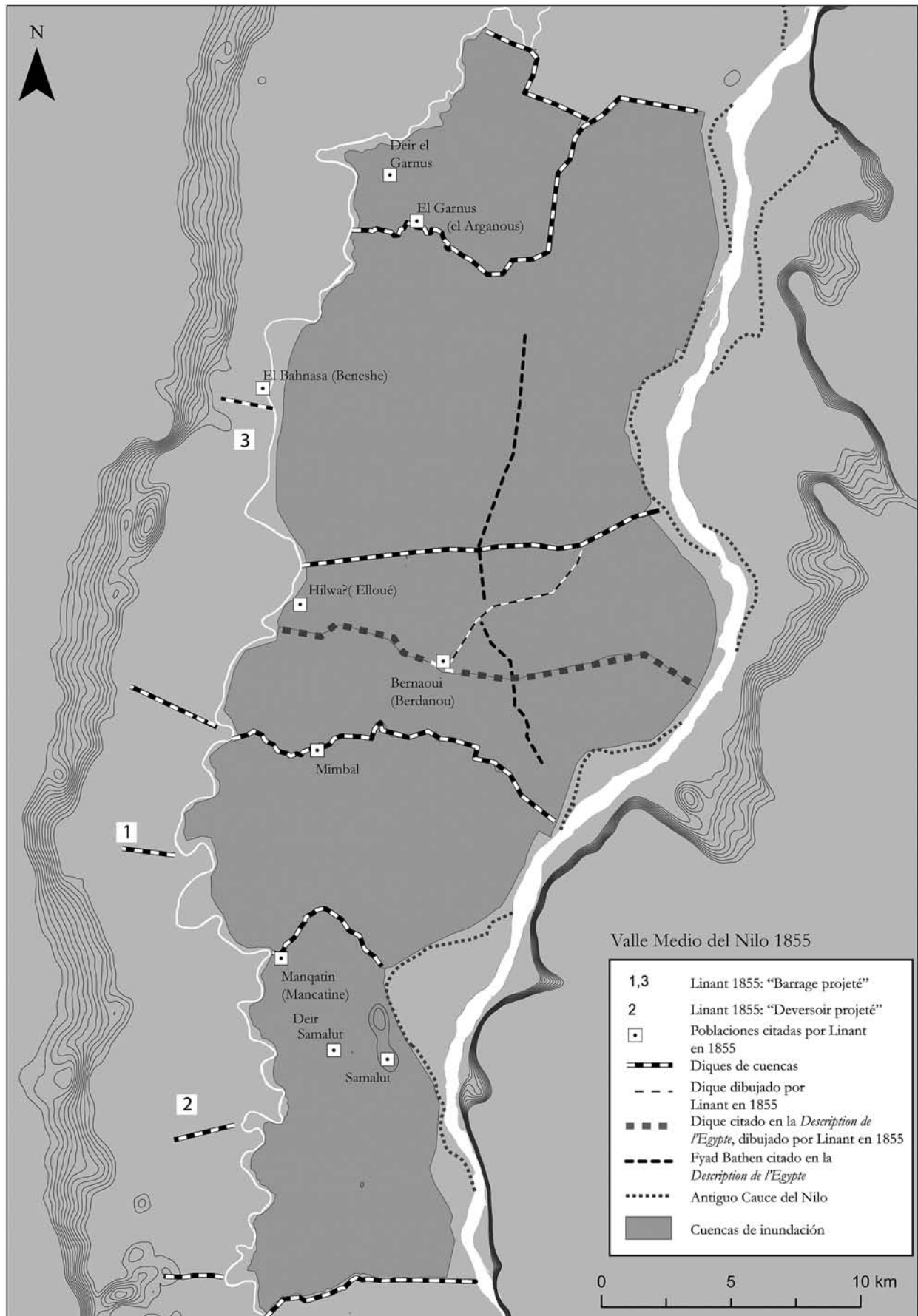


FIGURA 10. El valle medio del Nilo en 1855.

de Samalut, el dique 2 de Gomaà, Müller-Wollermann y Schenkel, claramente reconocible al oeste del canal de drenaje de *Muhit-Al-Garbi* y con continuidad en el margen izquierdo del Bahr Yussef. Este dique no es representado por Linant de Bellefonds. Recordemos también que Barois en 1887 hablaba en el texto de la cuenca unificada de Dehir-Manquetin y que en el plano que acompaña su publicación rotula por separado las cuencas de Dehir y Manquetin. Ya vimos que nuestra hipótesis era suponer que este dique se construye poco antes de 1887. Al sur de Manqatin y al oeste de Samalut se encuentra la vieja población de Dehir Samalut, que daría nombre a la cuenca situada más al sur tras la división en dos de la cuenca de Dehir-Manquetin. Un poco más al norte, representado por Linant de Bellefonds y a poca distancia de la población de Manqatin, encontramos otro dique que identificamos con el Samalut de la *Description*. Este dique sería el tercero de la enumeración de Gomaà, Müller-Wollermann y Schenkel.

Los diques segundo y tercero son los más fáciles de asignar ya que corresponden bien sea a cuencas de inundación en funcionamiento en la enumeración de Barois o a topónimos actualmente existentes: Bardanoah o Berdanou, según Linant de Bellefonds (actualmente Bardanuha), y Menbaâl, hoy en día la población de Minbâl. Son los diques 4 y 4a de Gomaà, Müller-Wollermann y Schenkel. En el plano, Linant de Bellefonds dibuja dos diques próximos a estas localidades. (Fig. 11.2, 11.3)

El cuarto dique de la *Description* es nombrado como de Ehoueh. (Fig. 11.4) Creemos que se corresponde con la población rotulada por Linant de Bellefonds como Elloue, que actualmente podrían ser las de Hilwa o Helwa. Linant ilustra también a poca distancia de esta localidad un gran dique transversal. Sería el dique 5 de Gomaà, Müller-Wollermann y Schenkel.

A continuación, las trazas detectadas se corresponden con dos diques situados entre el Garnus y Tambidi. Son los diques seis y siete de la enumeración de Gomaà, Müller-Wollermann y Schenkel para los que no hemos encontrado topónimos que nos permitan asignarlos a alguno de los enumerados en la *Description*. En cambio, en el plano de Linant de Bellefonds estos dos diques se dibujan claramente junto con un importante sistema de reguladores.

Safanyeh es otro dique nombrado por los *savants*. (Fig. 11.5) Linant de Bellefonds dibuja un dique cerca de una localidad etiquetada como Safanieh y que actualmente se corresponde con la población de Safaniya. Este dique, el octavo de Gomaà, Müller-Wollermann y Schenkel, conserva aún su trazado desde el Nilo hasta el Bahr Yussef.

Posteriormente, en los tres los diques que Linant de Bellefonds dibuja en el plano, pero no se corresponden con ninguno de los citados por la expedición francesa y, por tanto, son posteriores a 1800. El primero

conserva una parte importante de su trazado al sur de la población actual de Muzura, el segundo estaría situado a la altura de El Fashn y el tercero, que no hemos podido identificar, lo encontraríamos en Ifaqhs. Son los diques noveno, décimo y undécimo de Gomaà, Müller-Wollermann y Schenkel.

Siguiendo hacia el norte, los diques sexto, séptimo y octavo presentan problemas para poderlos identificar. Cuando Linant de Bellefonds hizo el levantamiento, seguramente tuvo serios problemas para seguir el trazado de los diques, ya que presentan trazados irregulares y, en algunos casos se entrecruzan. Aún así, hemos podido identificarlos en el plano de Linant de Bellefonds.

Así, el sexto dique citado por la *Description* tendría dos posibles nombres de referencia: Chantour y Badahal. En el plano de Linant de Bellefonds, el primer topónimo tiene la misma fonética y actualmente corresponde a una población llamada Ash Shantour. En el segundo topónimo tenemos una mayor variación, ya que Linant de Bellefonds lo rotula como Bedal y lo podemos identificar con la actual población de Badah. (Fig. 11.6) Es el dique 12 de Gomaà, Müller-Wollermann y Schenkel.

El séptimo dique, llamado Safrachine o Saft Rachine, conserva casi el mismo topónimo actualmente. (Fig. 11.7) Es el decimotercero dique de Gomaà, Müller-Wollermann y Schenkel.

Un poco más al norte, encontramos el octavo dique, Choubak, correspondiente a una población rotulada como Chobuk por Linant de Bellefonds. Gomaà, Müller-Wollermann y Schenkel no lo incluyen en su lista. (Fig. 11.8)

El noveno dique es el que pudiera provocar mayores problemas, debido a su variación fonética. (Fig. 11.9) La *Description* lo llama el Noueyreh, Linant de Bellefonds rotula una población con el nombre de Nonewere, situada entre las poblaciones de Dindil (actual Dandil), Bouche Cora (Bush), Ennasi el Medina (Ihanasya el Medina) y Beni Souef. La lista de cuencas de inundación en funcionamiento en 1887 que vimos anteriormente nombra una llamada Nuera, que se corresponde en la planta de Barois con la tercera comenzando por el norte. El seguimiento de este tercer dique de Noueyreh a través de la teledetección nos ha dado un dato que pudiera situar su antigüedad con anterioridad a 1800. Al sudoeste de Ihanasya el Medina, en el extremo occidental del dique, se sitúa el *tell* de Heracleópolis Magna. Es sugerente la idea que esta ciudad dispusiera de un gran dique de contención de aguas que sirviera a su vez como su principal sistema de comunicación pedestre durante las inundaciones. En la enumeración de Gomaà, Müller-Wollermann y Schenkel es el dique 14.

A continuación, encontramos el dique de Behabchyn o Babebchine. (Fig. 11.10) La confirmación de su ubicación procede del nombre que Barois da a la cuenca de inundación situada inmediatamente al sur

de la de Cocheicha: Bahahshin¹⁰³ o Bahahehin.¹⁰⁴ Actualmente se corresponde con el topónimo de Haud Bahbasin (dique 16 de Gomaà, Müller-Wollermann y Schenkel).

Por último, tenemos el dique de Cocheicha o de Oukchechy, el cual no presenta discusión alguna ya que es el citado por todas las fuentes y considerado como antiguo por éstas¹⁰⁵. (Fig. 11.11) Linant de Bellefonds lo sitúa en su cartografía y lo etiqueta como Cocheicha. Estaría situado, aproximadamente, a 6 km al sur de la localidad de Maidum,¹⁰⁶ iniciándose desde el Nilo entre las actuales localidades de Al Maslub y Bani Ghunaym, hasta alcanzar el desierto a la altura de Kom Abou Radi. Sería el dique 18 de Gomaà, Müller-Wollermann y Schenkel.

La *Description* no incluye en esta lista el dique 17 de Gomaà, Müller-Wollermann y Schenkel, que haría de separación entre el Fayum y el valle del Nilo. Sí que está incluido en la cartografía de *La Description*, la cual se refiere a él como “digue en pierre”.¹⁰⁷ Willcocks habla de este dique como “a very ancient bank” y nos indica que fue reforzado en 1835 con mampostería.¹⁰⁸ Sin embargo, el autor inglés parece confundirse, pues Linant de Bellefonds distingue entre el gran dique en piedra cercano a Lahoun y el dique de Cocheicha.

Observando nuestra propuesta, vemos como existe un vacío importante. Los científicos de la *Description* no mencionan en la lista el dique del Garnus. Sorprende que, cumpliendo el requisito de extenderse del Nilo al Bahr Yussef, el dique del Garnus (correspondiente a los diques 6 y 7 de la lista de Gomaà, Müller-Wollermann y Schenkel) no estuviera citado por la *Description* y sí esté representado en el plano de Linant de Bellefonds. Siguiendo el criterio de los *savants*, tendríamos que suponer que fueron construidos entre 1820 y 1855, al menos uno de ellos. Este razonamiento no coincidiría con la aportación de Wolfgang Schenkel, por la cual identificaba este dique a través de un texto de época romana. Dada la configuración de los diques 6 y 7, que se unen en un punto que coincide con la actual localidad de Tambidi, podríamos pensar en un error de apreciación por parte de los *savants*, quienes, recordemos, clasificaban como medianos aquellos diques que, teniendo su origen en el Nilo, conectaban con otro gran dique o con una población situada en un montículo. Por tanto, y teniendo en cuenta la hipótesis de Schenkel, pudieron

haber tomado como tres diques medianos el conjunto de los dos diques.

Pero, por otro lado, Butzer menciona que los diques construidos con anterioridad al siglo XIX habrían servido para convertir las llanuras aluviales en cuencas de inundación naturales, las cuales serían de una longitud mayor que la subdivisión de cuencas decimonónica.¹⁰⁹ Esta opinión de Butzer resulta de especial importancia, dada la gran superficie que ocuparían las dos cuencas continuas delimitadas por los diques de Elloue, Safaniya y Badahal, en el caso de ser acertada nuestra hipótesis. Por otro lado, suponiendo que realmente éstas fueran las cuencas en funcionamiento, los problemas derivados del mayor tiempo de espera en el llenado de las cuencas hacen suponer que el sistema fue modificado para compartimentarlas con otros diques.

En este sentido es interesante la apreciación de Barois, quien nos dice que siempre la última cuenca de una cadena es la que presenta mayor longitud y anchura.¹¹⁰ La razón era que, si se producía una crecida desmesurada no calculada o se cometían errores en las maniobras de vaciado, la solución era provocar rupturas sucesivas en la cadena de diques, aliviando de esta manera el excedente. La última cuenca soportaba el sobre exceso hídrico al ser mayor su superficie. Por otro lado, una cuenca de menor extensión permite que los diques sufran menos las tensiones y cargas del agua almacenada, y también permite solventar los fuertes desniveles, lo cual favorece de esta manera una fácil y económica distribución del agua. En esta lógica, las cuencas menores de Bardanoah, Membâal y Ehoueh junto con la mayor, delimitada por Safaniya y seguramente la de Chantour, formarían una cadena de cuencas alimentadas por el Bahr Yussef, el Nilo y los diversos *fyad bathen*.

Resulta interesante el carácter intermedio entre estas dos grandes cuencas, que separa el dique de Safaniya. Realizando cálculos aproximados, vemos que las distancias entre los diques de Elloue y Safaniya y de éste con el de Chantour están aproximadamente entre los 26-27 km y los 27-30 km, respectivamente. Estos datos podrían dar indicios de que estamos ante una estructuración racional del espacio anterior a la reorganización del siglo XIX. Este diseño previo tendría el dique Safaniya como un elemento importante en la definición de espacios, al ser casi equidistante entre los diques de Elloue y Chantour.

103. Barois 1887, Plancha III.

104. Barois 1887, 42.

105. Barois 1904, 267; Linant de Bellefonds 1873, 5 y 345.

106. “L'une des plus considérables, qui porte le nom d'Oukchechy, est située à environ deux myriamètres au nord de Beny-Soueyf: elle commence d'un côté vers le Nil, au sud des villages de Zâouy et de Masloub, passe au nord des villages de Qemen el-Arous et de Begyg, et va s'appuyer au désert, touchant presque les villages d'Ouboueyt et de Koum-Abourâdy.” Martin 1813, 198.

107. Jacotin 1826, 54, Plancha 19.

108. Willcocks y Craig 1904, 442.

109. Butzer 1976, 12.

110. Barois 1904, 60.

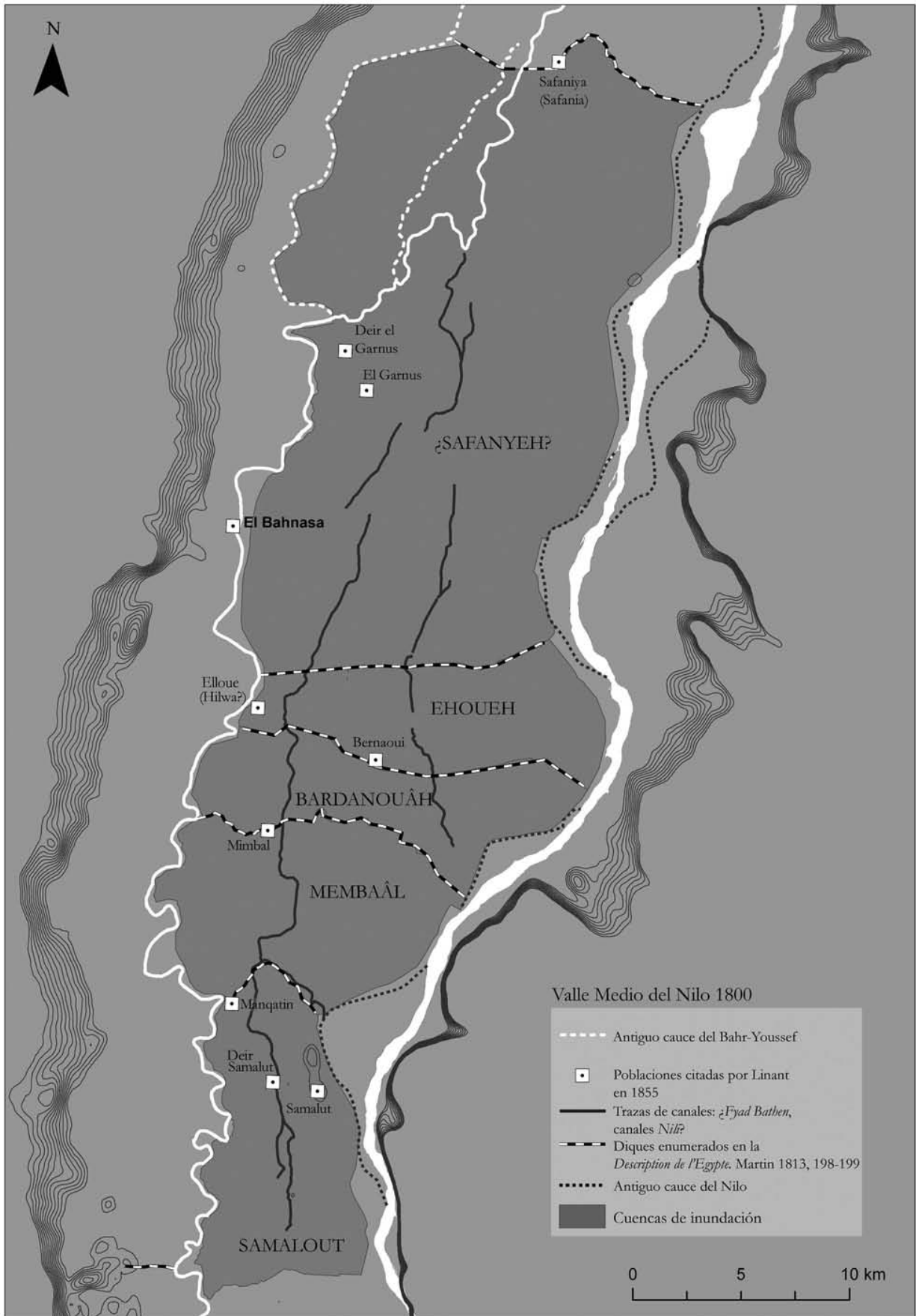


FIGURA 12. Reconstrucción del valle medio del Nilo (1800).

Tras este análisis, coincidimos con Schenkel en atribuir una antigüedad anterior a 1800 al dique de Safaniya (dique séptimo de nuestra numeración), al que identifica con el *Seper-merou* del papiro ramésida de Wilbour.¹¹¹

A partir de estos datos, hemos construido un último plano en el cual se refleja la organización por cuencas de inundación del valle medio del Nilo en 1800. (Fig. 12) De la disposición de dichas cuencas destaca por su tamaño una, que hemos llamado *Safanieh*, al ser este el dique más antiguo y al existir una tendencia a utilizar como nombre de una cuenca el propio del dique norte de cierre.

Sobre esta planta hemos incorporado las trazas de canales identificados mediante cartointerpretación y teledetección. Ya vimos anteriormente como una de ellas se adaptaba a uno de los *fyad bathen* de la *Description*, entendiendo que la otra traza lo sería también. El más occidental permitiría distribuir las aguas de la inundación en las cuencas de *Samalout*, *Membaâl*, *Bardanoah*, *Ehoueh* y *Safanieh*, y desbordaría, finalmente, en el Bahr Yussef; mientras que la segunda, descrita por los *savants*, permitiría la distribución directa de las aguas del Nilo en crecida en las cuencas de *Bardanoah*, *Ehoueh* y *Safanieh*, y descargaría sus aguas en este durante el descenso de las aguas.

Por último, sobre el plano hemos indicado el antiguo trazado del Bahr Yussef, el cual los *savants* confundieron creyendo que era el cauce real del canal.

4.2. Aproximación a menor escala al paisaje oxirrinquita: un estudio de teledetección

4.2.1. El área extraurbana situada al sur de Oxirrincó

Un meandro del Bahr Yussef, canales de inundación y humedales

El elemento geográfico que caracteriza esta primera aproximación se inicia a una distancia de unos 4,5 kilómetros al sur de Oxirrincó, entre las localidades de Dayr as-Sanquiriyyha y Hilwah, donde el Bahr Yussef forma un gran meandro. (Fig. 13 y 15) La composición de bandas con imágenes Landsat, el análisis NDVI y las imágenes Corona revelan que el lado occidental de dicho meandro se encuentra atravesado por una serie de canales, seguramente semejantes a los canales *nili* descritos por Linant. Actualmente, algunos están colmatados, al abandonarse la funcionalidad original de canalizar y distribuir la inundación en la zona durante la crecida. Otros han sido canalizados respondiendo al cambio producido en los años sesenta del siglo pasado con la construcción de la presa de Asuán.

Al este del meandro, la topografía señala una ligera elevación longitudinal correspondiente a un gran

banco de arena o duna, el cual varía entre los 300 metros y los 500 metros de anchura, siguiendo una dirección NE-SW. (Fig. 16.10) Estas dunas, según Butzer, son depósitos eólicos, restringidos a la franja occidental del valle, que se extienden longitudinalmente y de forma irregular a lo largo de 128 kilómetros entre Gebel Deshasha (Biba) y el monasterio de Deir al-Miharraq (Qusiya).¹¹² Butzer, en el mismo trabajo, analizó también la secuencia geológica del valle medio e identificó, entre otros, dos estratos de arena eólica depositados sobre los niveles grecorromanos.¹¹³ El superior, al que llamó *Upper Younger Dunes*, comenzaría a depositarse en el inicio del siglo XVIII de nuestra era por encima de niveles de aluvión datados entre los siglos XV y el XVII. El segundo, el *Lower Younger Dunes*, se formaría entre el 300 y el 1450 con una interrupción, datada entre el 800 y el 1200, provocada por la acumulación de aluviones, producto de los altos niveles de inundación que el Nilo alcanzó durante ese periodo.

Además, el dique lateral que acompaña al Bahr Yussef toma al norte del meandro una orientación E-W. (Fig. 16.7) Cuando el Bahr completa el meandro y recupera su orientación N-S, este dique ya no lo acompaña sino que se prolonga siguiendo la dirección W-E hasta que alcanza este conjunto de dunas longitudinal. De esta manera, este dique completaría el cierre de una cuenca de inundación. A esta misma altura, en la confluencia del Bahr Yussef con uno de los canales de inundación, se encuentra el regulador de El-Mihegra. (Fig. 16.8) Una vez retenidas las aguas de la inundación el tiempo suficiente, entonces la apertura del regulador drenaría el agua directamente en el Bahr Yussef. Es significativo que, a partir de este punto, no hay grandes diques de acompañamiento en el tramo que bordea las localidades de Sandafa el Fahr y Bah-nasa.

Este conjunto de datos nos permite pensar que existió una cuenca de inundación que relaciona el meandro del Bahr Yussef, los posibles canales *nili* y la citada elevación occidental, cubriendo una superficie de 15,9 km².

Esta cuenca de inundación no se corresponde con ninguna de las principales que nombran tanto Barois como Willcocks. Sin embargo, como ya se dijo, ambos autores hablan de forma general sobre el sistema de cuencas de inundación correspondientes al lado occidental del Bahr Yussef sin asignarles nombre alguno.

Un poco más a occidente, entre esta elevación longitudinal y las estribaciones de las montañas líbicas, encontramos una serie de depresiones, con cotas mínimas similares a las de esta cuenca de inundación. Estas depresiones, al analizar las imágenes Corona y Aster, así como la cartografía actual, revelan un área con una vegetación propia de humedales. (Fig. 14 y 16)

111. Schenkel 1994, 29.

112. Butzer 1959, 75-76.

113. Butzer 1959, 78-79.

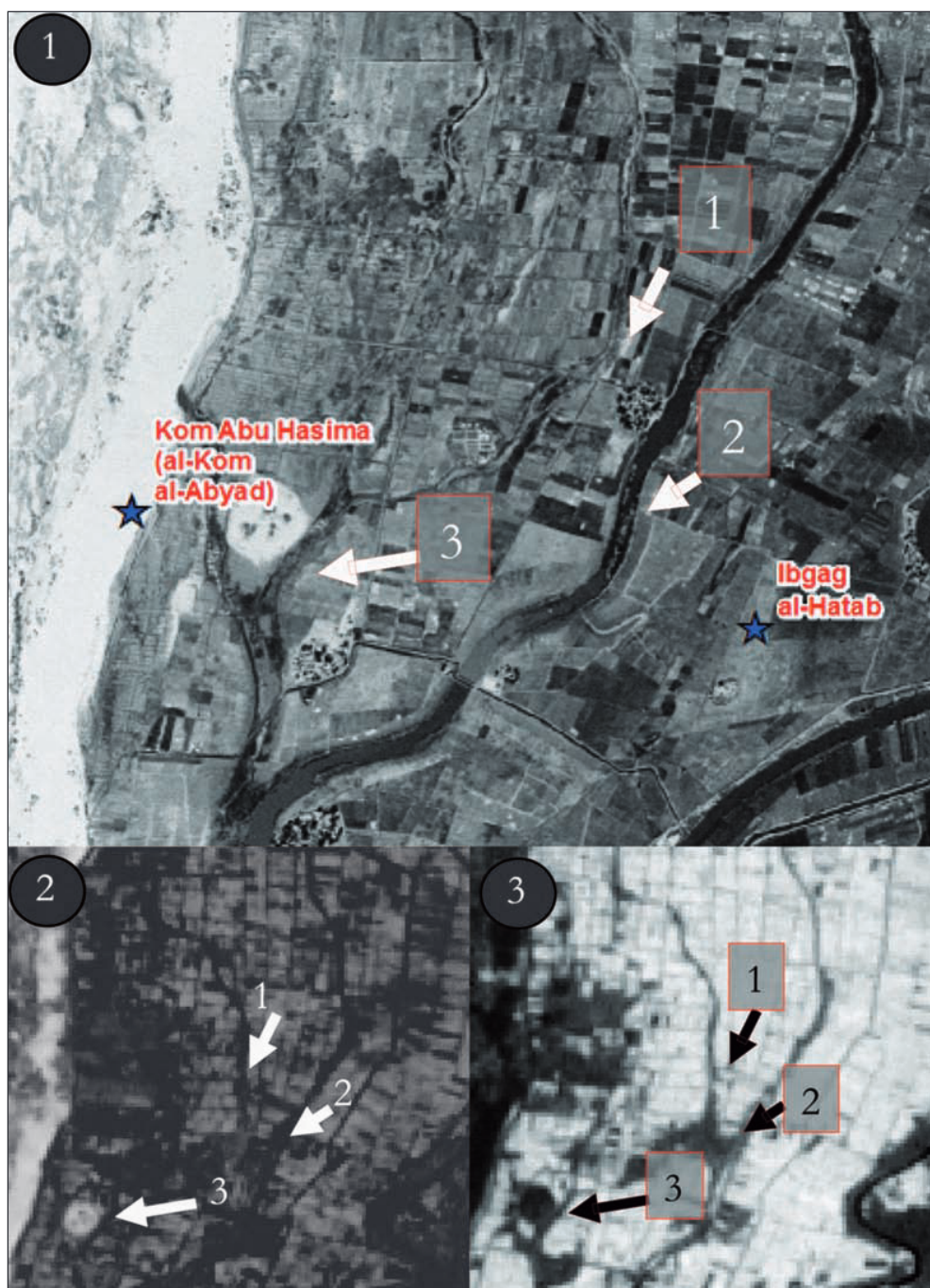


FIGURA 13. Detalle de la zona del meandro en el cual se indican con los números 1, 2, 3 zonas concretas de los posibles canales *nili* de inundación. 1) Escena Corona. 2) Composición bandas 432. 3) Índice NDVI.

Observando detenidamente el conjunto de imágenes, vemos cómo una serie de canales atraviesan transversalmente la elevación longitudinal dando origen a una red que abastecería de agua a la serie de depresiones. (Fig. 16.6) La forma de estos canales parece indicar que no son canales *nili*, sino que responden a canales excavados en profundidad. Por tanto, no podemos afirmar que se utilizara como área de inundación y que su funcionalidad se adaptaría más a la adecuación de estas tierras para el cultivo, como así se aprecia en las imágenes más recientes. La aportación de aguas con limos permitiría la dignificación de estos terrenos.

Más al norte, entre Bahnasa y la cuenca de inundación del meandro del Bahr Yussef, es posible apreciar en algunas imágenes Corona una traza longitudinal caracterizada por una coloración más blanquecina que la diferencia del entorno. (Fig. 16.5 y 17.6) Pensamos, por la anchura, que podría corresponderse con un posible paleocurso del Bahr Yussef. Además, la forma particular de las parcelas en esta área delimita el cauce que hubiera seguido dicho posible paleocanal. (Fig. 17.7) Hay que señalar, además, la anchura de ese paleocurso, muy similar al Bahr Yussef.

Situada más al oeste de este detalle, vemos como arranca al norte del mismo una traza en forma de

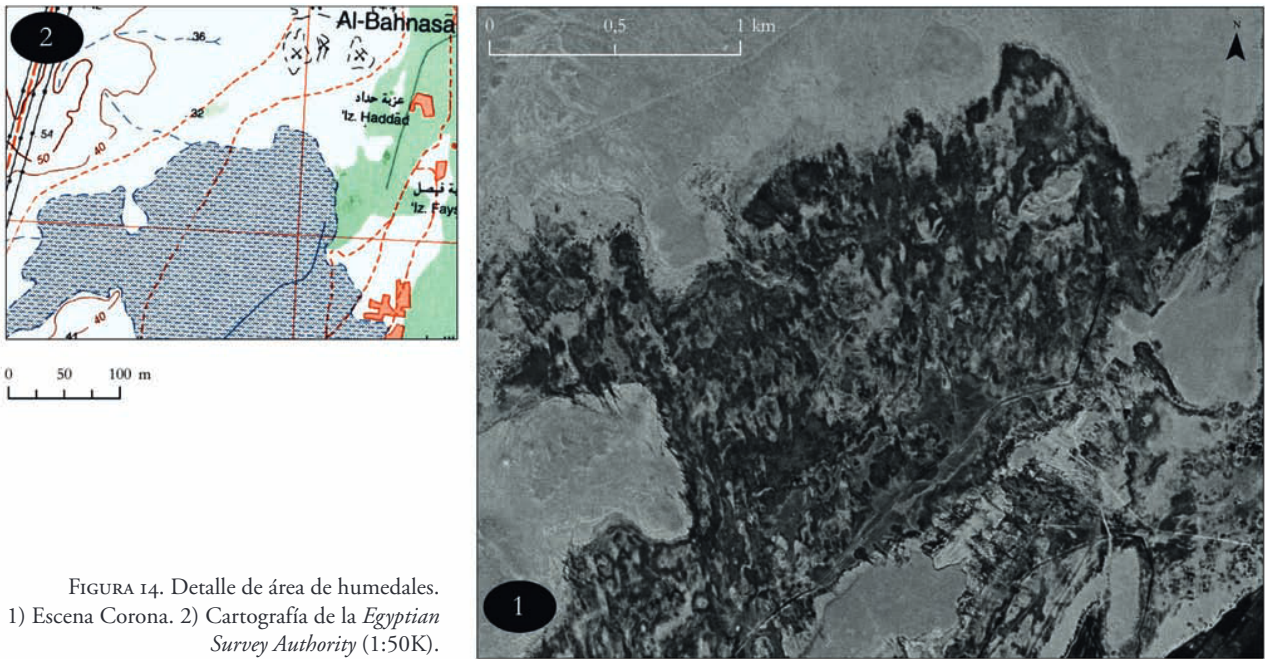


FIGURA 14. Detalle de área de humedales.
1) Escena Corona. 2) Cartografía de la *Egyptian Survey Authority* (1:50K).

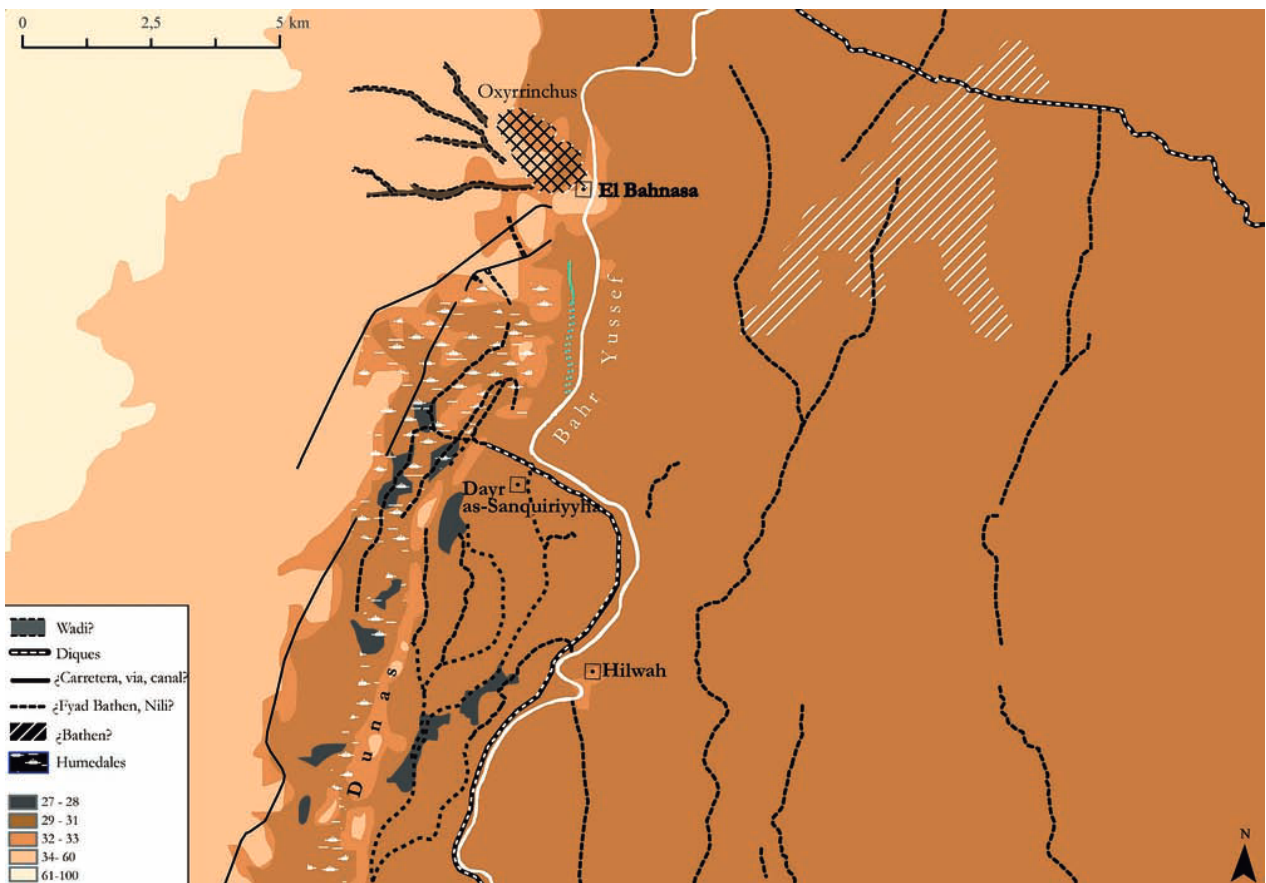


FIGURA 15. Área de estudio en torno al meandro del Bahr Yussef situado al sur de Oxirrincó.

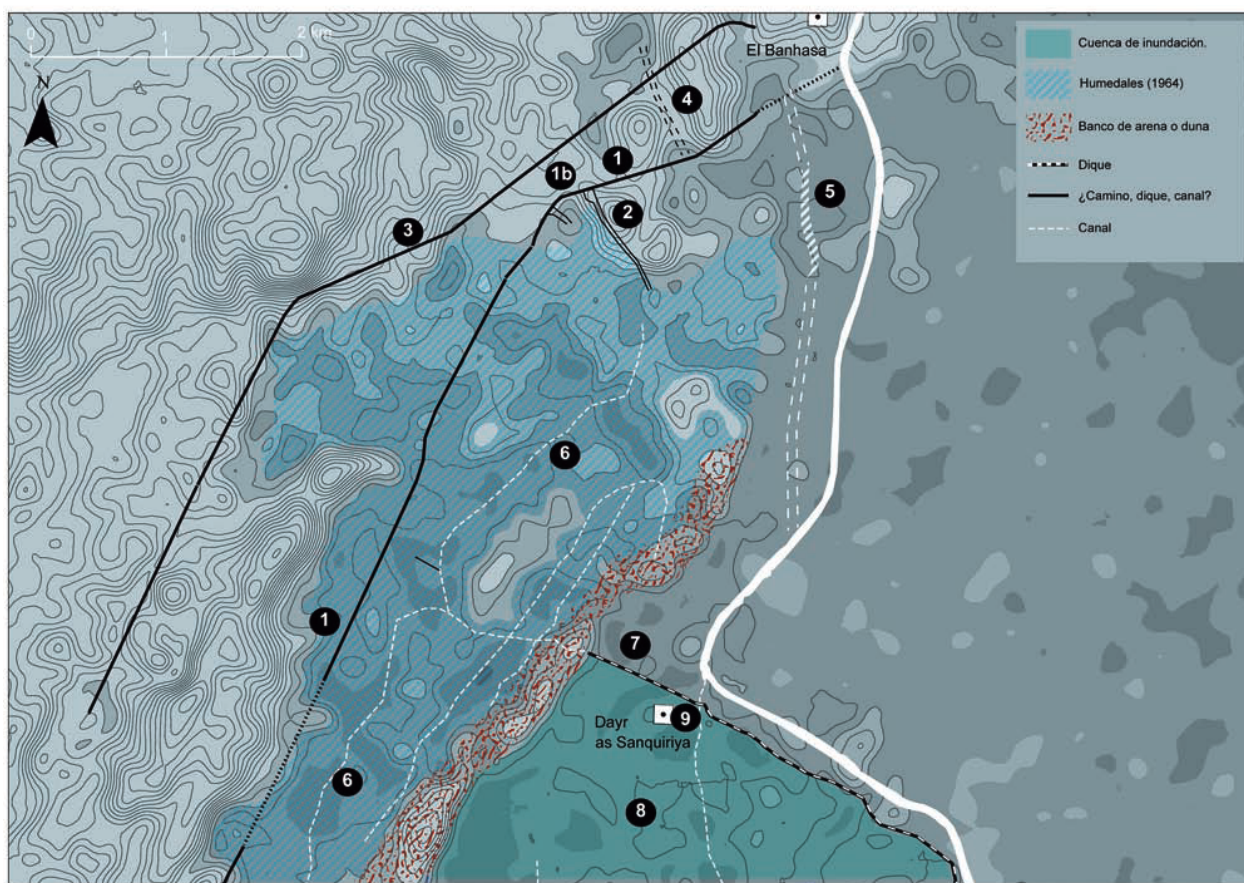


FIGURA 16. Detalle del área situada al sur de Oxirrinco.

incisión, que podría corresponder a un canal. (Fig. 16.4) Pero la imagen no es suficientemente nítida en esta zona y las escenas más modernas de Quickbird y WV2 no aportan más información, a causa de la profunda transformación sufrida en esa zona.

Este conjunto de humedales se planificó con la intención, quizás, de aliviar los excedentes de la inundación. De esta manera, suministrarían aportes a las zonas deprimidas limítrofes con el desierto. Además, la presencia de trazas del paleocanal, el regulador de El-Miheigra y la falta de grandes diques de acompañamiento en el espacio que abarca desde el dique de cierre de la cuenca del meandro hasta más al norte Bahnsa y Sandafa reforzaría la idea de que la reforma de esa cuenca estuvo destinada también a evitar la inundación.

No nos es posible datar cuando se construyó esta cuenca, dado que no disponemos de una información textual y cartográfica tan concreta ni de un estudio de campo. Podríamos pensar que ésta se incluiría en el conjunto de reformas realizadas en la segunda mitad del siglo XIX y encaminadas a mejorar el sistema de cuencas de inundación existente en el margen izquierdo del Bahr Yussef, en funcionamiento cuando Linant de Bellefonds publica el plano de 1855, salvo una presa que éste etiqueta como proyectada. Si tomamos como base el estudio de Butzer, que databa la formación del conjunto de dunas longitudinales a

partir de 1700, debemos pensar que la construcción de esta cuenca no fue anterior a esta fecha.

Otras marcas del paisaje

Como dijimos anteriormente, las trazas detectadas en las escenas Landsat fueron superpuestas sobre escenas de alta resolución Quickbird, Corona y WV2.

Inicialmente, hemos detectado una estructura cuya función no hemos podido identificar, pero que podría corresponderse con un posible dique, una conducción, canalización o vía. (Fig. 16.1 y 17.1) Ésta es longitudinal, con una orientación SW-NE. Pensamos que no estaba en uso cuando se tomó la escena Corona, ya que se ven una serie de rupturas o discontinuidades en alguno de sus trazos. Sin embargo, superpuestas a la topografía también podrían deberse a las irregularidades del terreno.

En la figura 17.4, podemos ver un detalle de una escena WV2 tomada en el año 2010. Se aprecian los restos de esta misma estructura, ahora muy deteriorada y desmontada, debido a la reciente construcción de una autopista, a poca distancia del lugar. Parece compuesta por un talud, sobre el que se encuentra una calzada de circulación delimitada por dos posibles muros. Su anchura en la Corona sería de aproximadamente 3 metros.

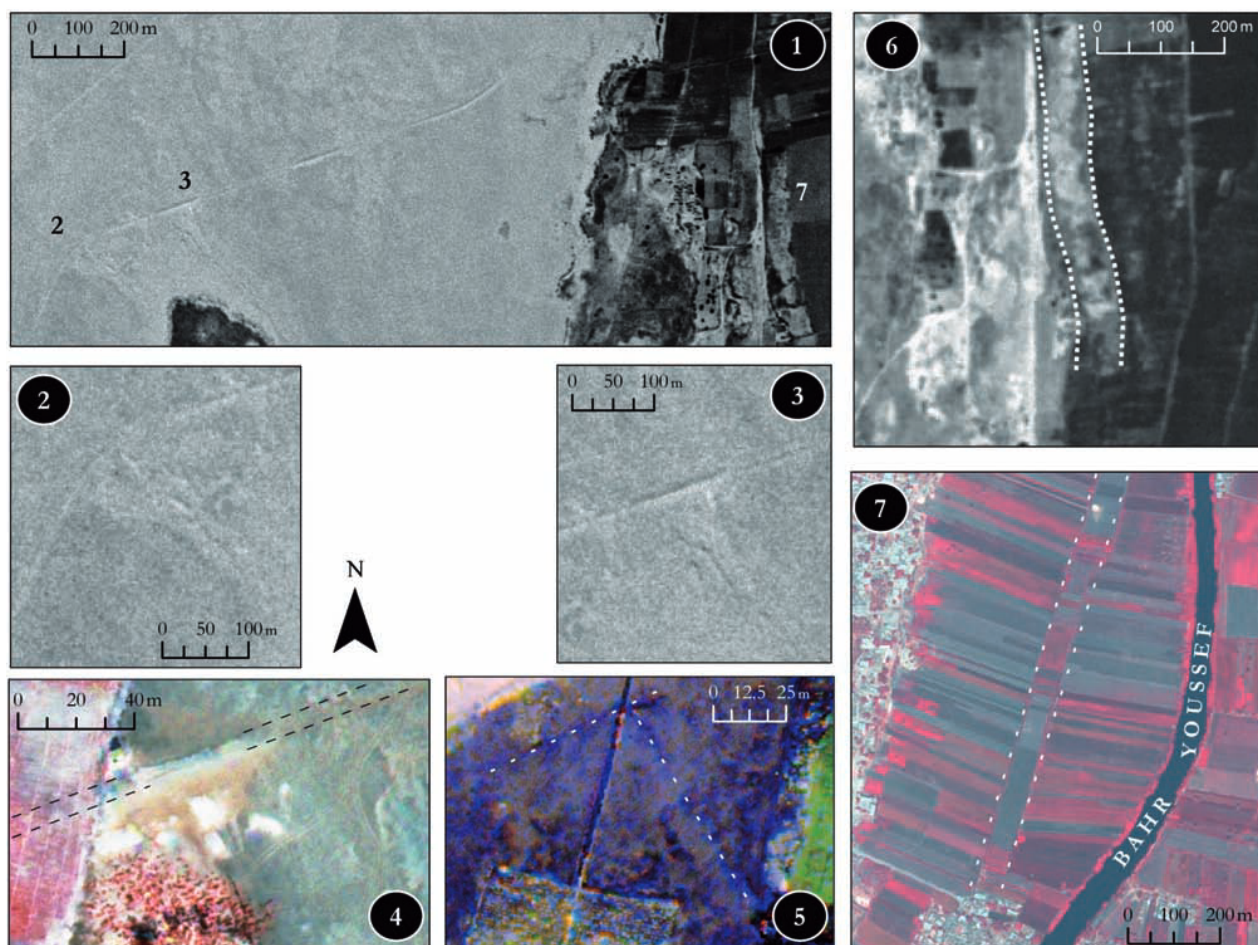


FIGURA 17. 1) Vista general, trazas en imagen Corona. 2) y 3) Detalles de traza longitudinal en imagen Corona. 4) Detalle de traza longitudinal en imagen Worldview 2. 5) Detalle de marcas con igual orientación en imagen TTC Worldview 2 Bandas 221. 6) Posible paleocanal del Bahr Yussef en imagen Corona. 7) Posible paleocanal fosilizado entre la parcelación de los campos en imagen Worldview 2.

También se aprecian dos alineaciones transversales a la mencionada estructura. (Fig. 16.2, 17.3 y 17.4) Cada una de ellas se compone a su vez de dos posibles muros con una anchura aproximada de 10 metros. Ambos tienen una orientación SE-NW y se ensanchan en forma de embudo al contactar con la estructura longitudinal.

El análisis TTC también revela muy veladamente un conjunto de formas lineales (Fig. 17.5) con una orientación parecida a la de esta estructura longitudinal. Esta orientación difiere con respecto a las parcelas de los campos de cultivos actuales.

Más al norte, encontramos otra traza de una posible carretera documentada en la cartografía de 1908, que comunica Bahnasa con otra carretera transversal que borea el valle del Nilo por su lado occidental y que está situada más al oeste. (Fig. 17.3)

4.2.2. El área situada al oeste de Oxirrinco

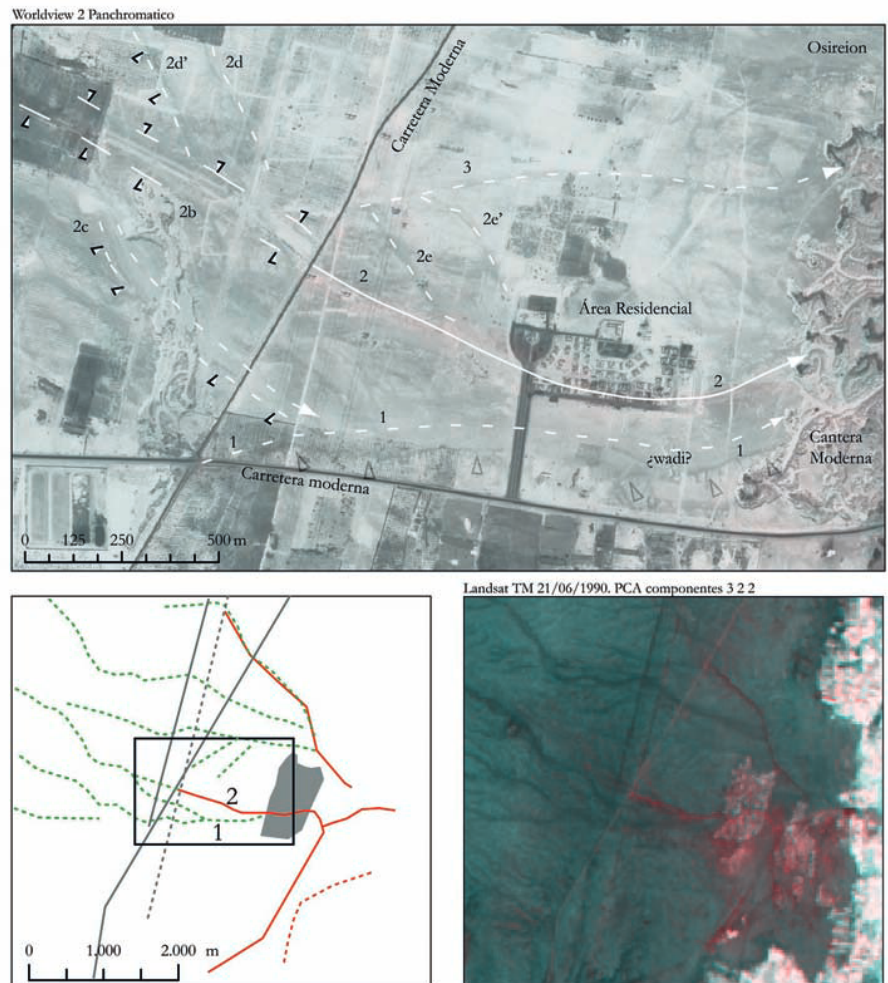
Asimismo, para la segunda área de estudio se han aplicado las técnicas de análisis TTC y PCA. Ambas han puesto en evidencia el sistema de wadis y la red

de caminos que confluyen sobre Oxirrinco. Los wadis destacan sobretodo por el componente 4 del análisis TTC, cuya tonalidad puede deberse a una mayor presencia de humedad.

La confluencia de los wadis en Oxirrinco podría ser un buen motivo para abrir estudios sobre una posible ocupación durante el periodo predinástico. Estos trabajos pasarían por el análisis geomorfológico y la prospección pedestre de esta zona, siguiendo como criterio los trabajos realizados en Nag-el-Qarmila en el Alto Egipto (Gatto *et al.* 2009). Estos autores opinan que la estructura de los wadis fue utilizada para las prácticas de irrigación durante dicho periodo. En esa época, la inundación del Nilo alcanzaría la altura de los wadis, que, tras la retirada de aguas, se utilizarían como albercas o reservas de agua para la práctica de la irrigación durante el resto del año.

En esta zona observamos primero dos marcas del paisaje. La primera se correspondería a un wadi en los análisis Landsat. (Fig. 18.1) Éste seguiría una trayectoria E-W y continuaría más allá de la cantera moderna hasta llegar a las inmediaciones de Bahnasa. La segunda (Fig. 18.2) corresponde a un camino que

FIGURA 18. Detalle de las trazas detectadas a oriente del yacimiento de Oxirrinco.



comunicaba en los años ochenta del pasado siglo la cantera con una carretera transversal que bordea esta parte del valle, y que fue abandonada con la construcción de una nueva carretera procedente de Bahansa. Pensamos que este antiguo camino aprovecharía en origen un wadi que continua una vez pasada la carretera transversal, ya que aún pueden verse sus trazas, enmascaradas por un campo de cultivo. (Fig. 18.2b) Apreciamos también dos señales longitudinales con una orientación de 60° con respecto al wadi procedentes de los campos de cultivo situados un poco más al norte. (Fig. 18.2d y 2d') Otras marcas longitudinales pueden verse un poco más al este. (Fig. 18.2e y 2e') Las cuatro están articuladas por una quinta, perpendicular y con una orientación SW-NE que se dirige hacia el yacimiento de Oxirrinco.

Un poco más al norte encontramos otro posible wadi orientado hacia el yacimiento. (Fig. 19) Los análisis TTC de las imágenes Landsat muestran que, desde la carretera transversal, fue utilizado como camino manteniendo en la actualidad dicho uso. El mismo TTC, aplicado esta vez a la imagen WV2, muestra en la combinación de las bandas 4/3/2 la amplitud del wadi observable por tonalidades más claras y que parece dividirse en dos trayectorias, una que se diri-

ge en línea recta hacia la zona norte del yacimiento y una segunda que realiza un brusco giro en bayoneta tomando una orientación NW-SE en dirección a Bahansa. (Fig. 19.1a y 1b) Este análisis queda confirmado cotejando los datos visualizados mediante TTC con las imágenes Corona. (Fig. 20)

Por último, estos wadis confluyen hacia el yacimiento de Oxirrinco. Observamos cierta relación entre la orientación de los wadis al alcanzar el límite urbano de Oxirrinco y ciertas afloraciones longitudinales cuya coloración es más oscura que la predominante del terreno. (Fig. 21) Estas afloraciones, generalmente alineadas en dirección SW-NE y que parecen moduladas, están situadas al NW del área arqueológica de Oxirrinco, y no siguen la orientación de las ínsulas urbanas que se insinúan en las diversas imágenes analizadas.

4.2.3. El contexto urbano: algunas trazas a destacar

La combinación de bandas 832 y la aplicación de las funciones TTC y PCA sobre la imagen multispectral WorldView en el área arqueológica de Oxirrinco nos ha proporcionado dos evidencias destacables, entre otras, localizadas en otros puntos del yacimiento.

La primera se ha localizado en las inmediaciones del teatro. (Fig. 22) Ésta se caracteriza por una traza cuadrangular, orientada hacia el norte. La combinación de las bandas 832 manifiesta una mayor tonalidad en el color rojo, indicador de una mayor salud en la vegetación y, por tanto, de la presencia de una zona con altos contenidos en humedad. La aplicación de análisis TTC repite en el componente humedad una diferencia que moldea nuevamente dicha forma cuadrangular.

La segunda evidencia corresponde a una alineación con una anchura y longitud aproximada de 16 y 258 metros respectivamente. (Fig. 23) Ésta revelaría la posible existencia de una canalización que se introduciría en la zona urbana. Su orientación sería igual a la de la trama urbana de la ciudad grecorromana. La tonalidad de la combinación 832 de la imagen así como la componente 3 del PCA indican que podría existir una fosa o canal, colmatado, que contendría una mayor cantidad de humus que su entorno inmediato y favorecería de esta manera el crecimiento de la vegetación.

Para la interpretación de las dos marcas analizadas remitimos al lector al artículo de Eva Subías de esta misma publicación.

6. Conclusiones

El análisis regresivo de las fuentes y la cartografía nos ha permitido restituir qué diques estaban en funcionamiento durante la presencia del cuerpo expedicionario francés en 1799. Nuestro estudio también nos ha clarificado como se encauzaba y distribuía la inundación mediante los *fyad bathen* o los *nili*, antes de que fueran canalizados o añadidos a tramos de otros nuevos, como se hizo durante la construcción del Ibrahimiyya. Hemos visto como estos todavía pueden encontrarse en los planos cartográficos y en las imágenes de satélite, a pesar de los años transcurridos desde la construcción de la presa de Asuán.

Viendo la magnitud de las transformaciones producidas a lo largo del siglo XIX (irrigación perenne, partición de cuencas existentes, cambio en el sistema de inundación, canales de irrigación y drenaje), podríamos aventurar que la reconstrucción realizada de las cuencas de inundación en 1800 sería una aproximación al sistema existente en el periodo grecorromano. Estas cuencas serían alimentadas durante la inunda-

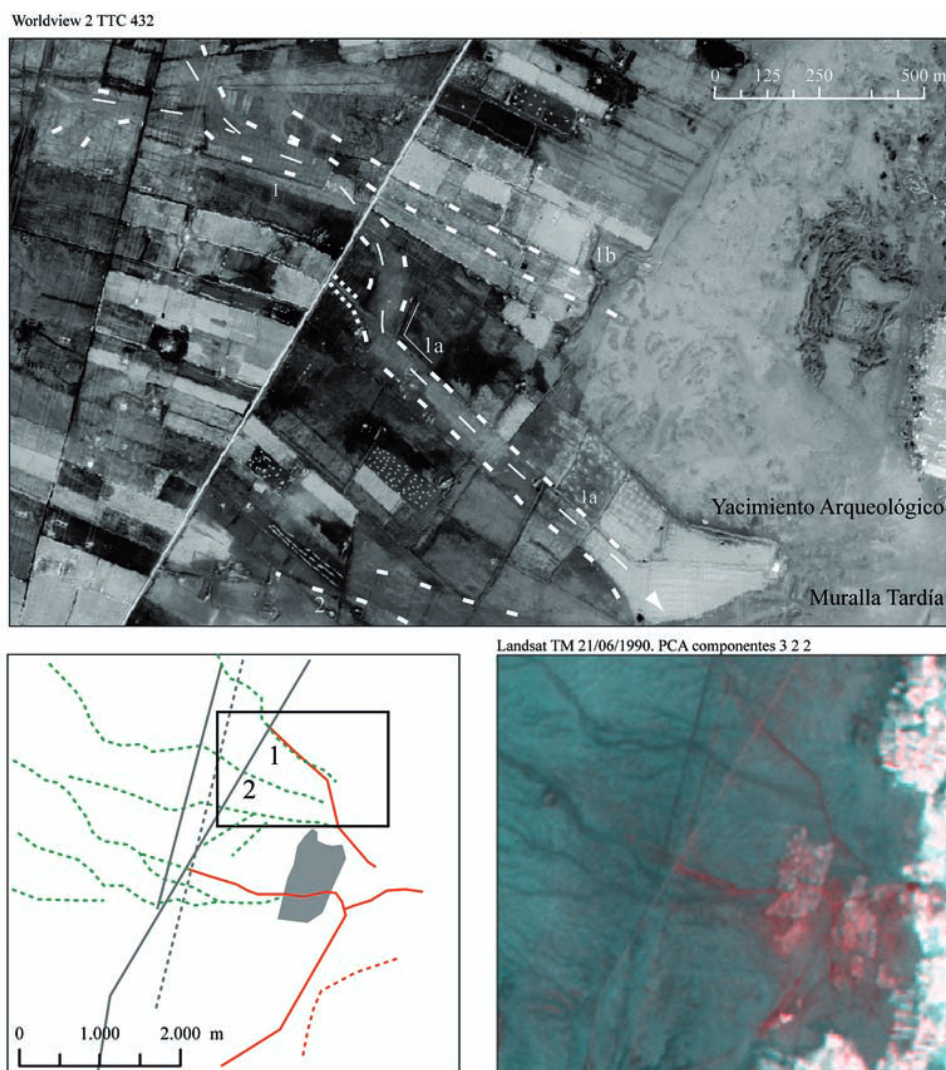
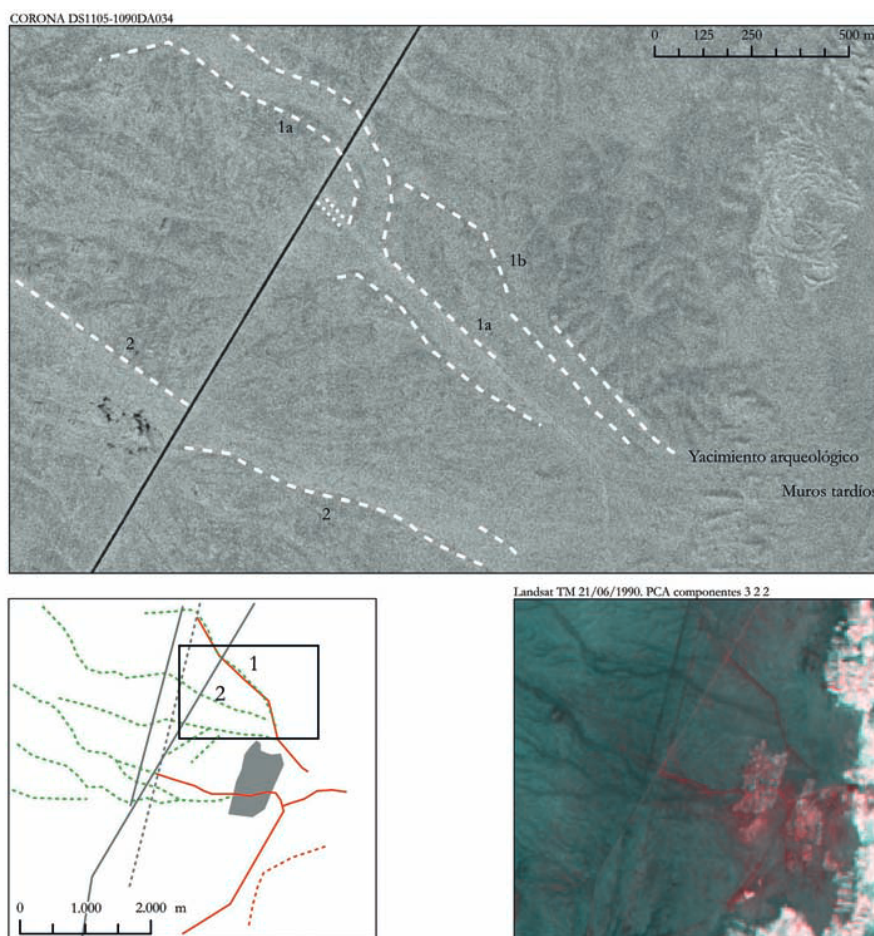


FIGURA 19. Detalle de las trazas detectadas a oriente del yacimiento de Oxirrinco.

FIGURA 20. Detalle de las trazas detectadas a oriente del yacimiento de Oxirrínco.



ción por la red de trazas de Bahr Bathen o bajos fondos que hemos detectado. Queda por determinar si estos canales o ríos interiores son de origen natural o antrópico, aunque Jomard en su momento afirmó que no había localizado restos de infraestructuras hidráulicas.¹¹⁴

Sin embargo, hemos de considerar también la posibilidad de encontrarnos con un contexto similar al que han identificado Lutley y Bunbury más al norte.¹¹⁵ Según el estudio realizado por este equipo, en realidad, estos canales serían resultado de la migración del Nilo en toda la amplitud del valle. Unas variaciones que han sido calculadas para el área de Menfis y que alcanzarían los 9 km cada mil años. Estos paleocanales o cauces abandonados, al producirse la inundación estacional, recuperarían su caudal y alimentarían de forma natural las cuencas de inundación construidas. En el área que nos ocupa debiéramos añadir la variabilidad en el cauce del Bahr Youssef

En beneficio de esta última posibilidad recordemos que las dos planicies inclinadas desde el Bahr Youssef y

el Nilo formarían cubetas o bajo fondos, los *bathen* descritos por Linant de Bellefonds. Esta disposición favorecería la tendencia migratoria de ambos cursos y la formación de estos cauces abandonados o paleocanales. Futuras aproximaciones geomorfológicas permitirán resolver estas cuestiones y establecer cronologías que nos permitan un mayor detalle en la reconstrucción de este paisaje.

Pero no olvidemos que entre ambos momentos nos encontramos con la invasión musulmana y el gobierno mameluco. Un periodo demasiado amplio para no pensar en cambios y modificaciones del sistema precedente. Hemos de entender que, si las fuentes de los siglos XVIII y XIX nos hablan del deterioro y abandono en las infraestructuras, es que éstas como mínimo se mantuvieron hasta ese momento.

La restitución del sistema de cuencas en el año 1800 nos permite definir dos grandes cuencas de gran tamaño continuas entre sí y separadas por el dique de Safaniya, identificado por Schenkel como el *Seper-merou* del papiro ramésida de Wilbour. Estamos posiblemen-

114. "Il est donc manifeste qu'il n'y a jamais eu là de canal ni de lac creusé par les anciens, ni aucun travail de cette espèce; il ne s'y voit d'autre ouvrage que celui même qu'opèrent les eaux de l'inondation: au reste, on ne connoit, dans tout ce cours d'eaux, aucune trace d'écluses, ou autres constructions pareilles." Jomard 1809, 105, nota 1.

115. Lutley y Bunbury 2008.

Worldview 2 Bands NIR2, 3,1

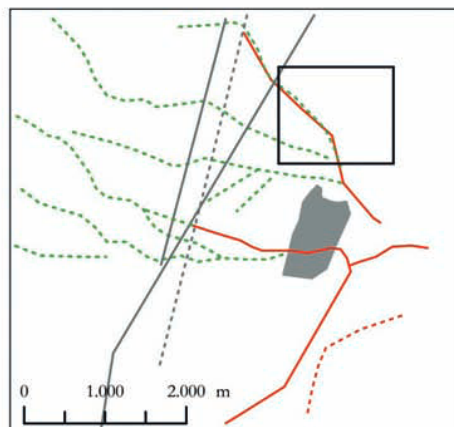
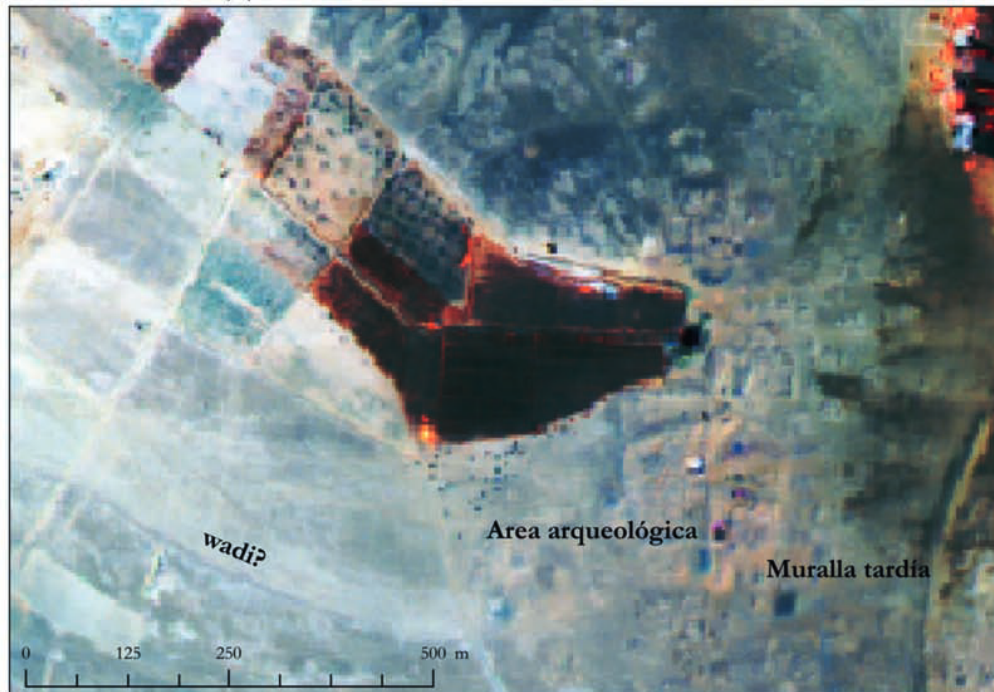


FIGURA 21. Detalle de las trazas detectadas a oriente del área arqueológica del suburbio occidental de Oxirrinco.

te ante un sistema de cuencas de grandes dimensiones, quizás nuevamente compartimentadas por diques menores. Ambas cuencas estarían delimitadas por los diques de cierre situados al norte y al sur (Ehoueh y Chantour), construidos a distancias casi equidistantes con el dique de Safaniya.

Nuestro análisis, efectuado desde una escala mayor, nos ha permitido determinar que la continuidad e intensidad en los estudios arqueomorfológicos dedicados a restablecer los sistemas parcelarios anteriores a la llegada de la expedición francesa han de centrarse

principalmente en el lado occidental del valle medio, a partir, sobretudo, del dique *mohit*, elevado tras la construcción del canal de Ibrahimiyya. Esto no excluye el lado oriental, pero es evidente que las principales modificaciones y alteraciones se efectuaron allí y, por tanto, la introducción de la caña de azúcar y el algodón, cultivos que acompañaron a la introducción de la irrigación perenne, alteraron seguramente los sistemas de parcelación preexistentes.

Por otro lado, la aproximación mediante teledetección en torno a Oxirrinco nos ha permitido recons-

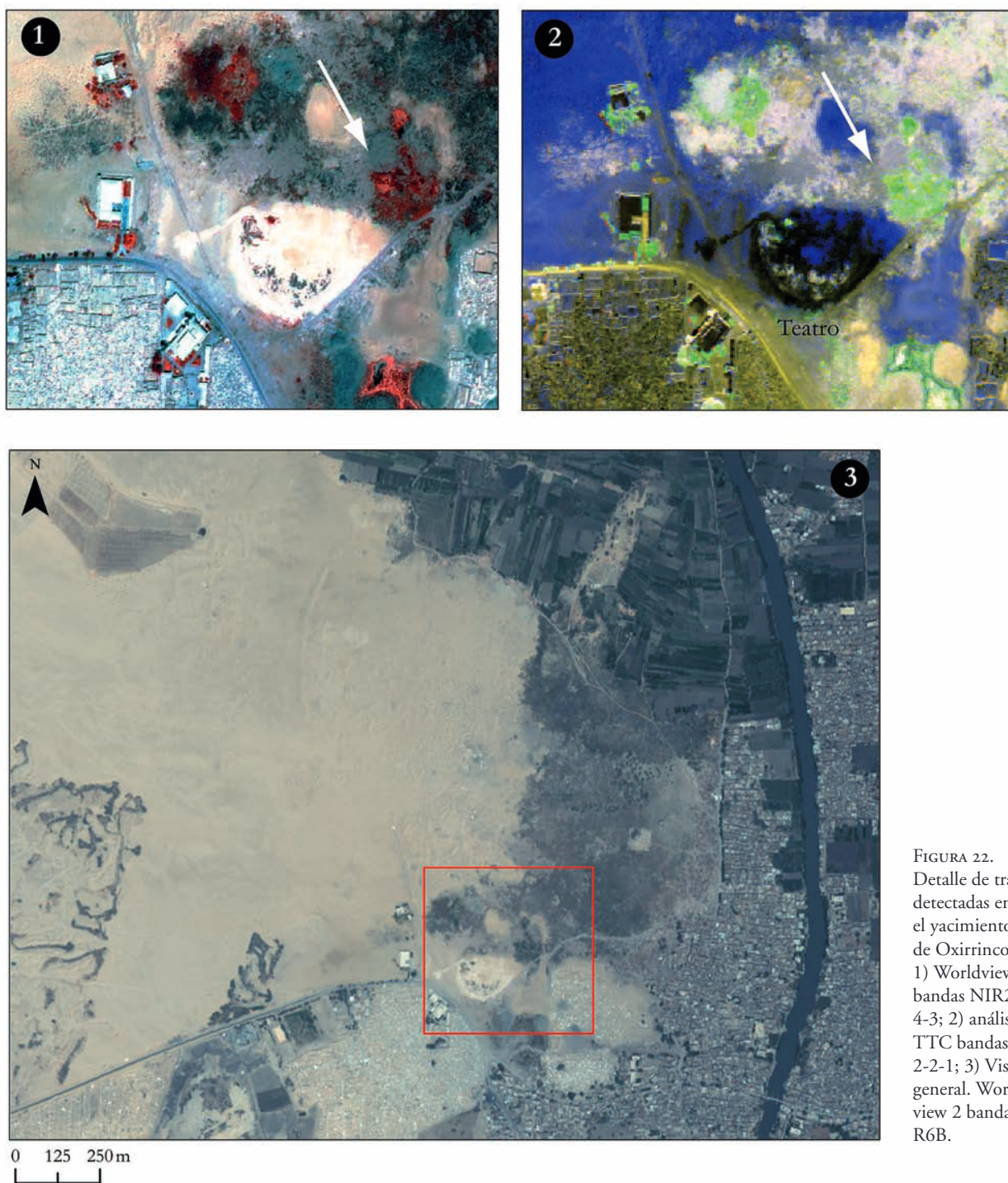


FIGURA 22. Detalle de trazas detectadas en el yacimiento de Oxirrinco. 1) Worldview 2 bandas NIR2-4-3; 2) análisis TTC bandas 2-2-1; 3) Vista general. Worldview 2 bandas R6B.

truir el sistema de wadis sobre el que se estructuró la población grecorromana y hemos evidenciado la presencia de un posible paleocanal desplazado al oeste del Bahr Yussef.

Las trazas de canales *nili* situados en el margen oriental del Bahr, así como puntos de baja cota y los diques de cierre, nos muestran como al sur de Bahnasa se construyó, seguramente a mediados del siglo XIX, una cuenca de inundación que dignificó una zona afectada por las arenas y dunas de origen eólico acumuladas desde el siglo XVIII.

Por último, los análisis TTC y PCA nos han aportado información sobre elementos y estructuras de uso hidráulico en el área arqueológica de Oxirrinco.

La teledetección no deja de ser una técnica por la cual se toma distancia aprovechando la amplitud en la cobertura espacial de los sensores utilizados. Pero esa misma distancia no puede ser el único método escogido. Este estudio, realizado a varias escalas de trabajo, no estará completo hasta no haber revisado sobre el terreno las trazas localizadas, acompañadas de prospecciones pedestres en el territorio. Estas acciones han

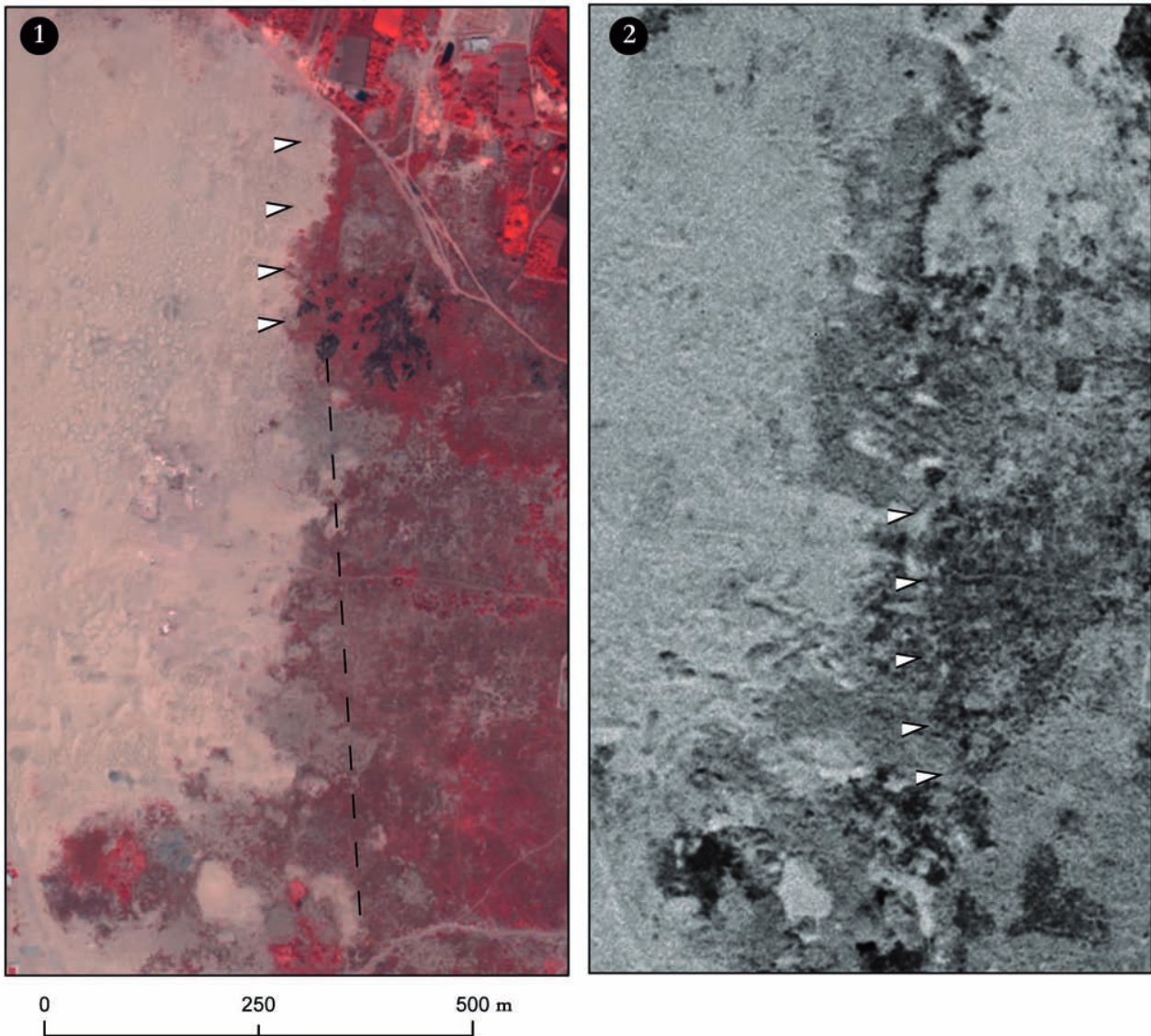


FIGURA 23. Detalle de trazas detectadas en el yacimiento de Oxirrinco. 1) Worldview 2 Bandas NIR2-4-3; 2) Corona DS1105-1090DA035 (09-11-1968).

de ir complementadas con aproximaciones geomorfológicas y paleoambientales que completen la visión del paisaje oxirrinquita.

Bibliografía

Fuentes del siglo XVIII al XX

BAROIS, J. 1887: *Irrigation in Egypt*, Washington.

– 1904: *Les irrigations en Égypte*, París.

D'ANVILLE, B. B. 1776: *Mémoires sur L'Égypte ancienne et moderne suivis d'une description du Golfe Arabique ou de la mer Rouge*, París.

DE MAILLET, B. 1740: *Description de l'Égypte*, La Haya.

GIRARD, M. P. S. 1813: "Observations sur la vallée d'Égypte et sur l'exhaussement séculaire du sol qui

la recouvre", en: *Description de l'Égypte ou Recueil des observations et des recherches qui ont été faites en Égypte pendant l'expédition de l'armée française*, vol. 9: *Histoire Naturelle*, París, 343-404.

– 1823: "Mémoire sur l'Agriculture, l'industrie et le commerce de l'Égypte", en: *Description de l'Égypte ou Recueil des observations et des recherches qui ont été faites en Égypte pendant l'expédition de l'armée française*, vol. 6: *L'État Moderne*, París, 491-700.

JACOTIN, P. 1826: "Carte topographique de l'Égypte et de plusieurs parties limitrophes", en: *Description de l'Égypte ou Recueil des observations et des recherches qui ont été faites en Égypte pendant l'expédition de l'armée française*, vol. 6: *Atlas Géographique*, París.

JOMARD, E. 1809: "Mémoires sur le Lac Moeris comparé au Lac de Fayoum", en: *Description de l'Égypte*

- ou Recueil des observations et des recherches qui ont été faites en Égypte pendant l'expédition de l'armée française*, vol. 2: *Antiquités Mémoires I*, París, 84-114.
- 1818: “Description des Antiquités de la Heptanomie”, en: *Description de l'Égypte ou Recueil des observations et des recherches qui ont été faites en Égypte pendant l'expédition de l'armée française*, vol. 2: *Antiquités Descriptions II*, París, 219-294.
- LE PÈRE, J. M. 1809: “Mémoire sur la communication des Indes à la Méditerranée par la Mar Rouge et l'Isthme de Soueys”, en: *Description de l'Égypte ou Recueil des observations et des recherches qui ont été faites en Égypte pendant l'expédition de l'armée française*, vol. 5: *État moderne I*, París, 21-186.
- LINANT DE BELLEFONDS, L. M. A. 1872: *Mémoires sur les principaux travaux d'utilité publique exécutés en Égypte depuis la plus haute antiquité jusqu'à nos jours: accompagné d'un atlas renfermant neuf planches grand in-folio imprimées en couleur*, París.
- 1882: “Carte hydrographique de la Moyenne Égypte, Gravée au dépôt de la Guerre en 1854 d'après les travaux de M. Linant de Bellefonds. Revue et complétée en 1882 pour les chemins de Fer. Échelle 1/250000”, París.
- MARTIN, P. 1813: “Description hydrographique des provinces de Beny-Soueyf et du Fayoum”, en: *Description de l'Égypte ou Recueil des observations et des recherches qui ont été faites en Égypte pendant l'expédition de l'armée française*, vol. 6: *État Moderne II*, 194-228.
- 1822: en *Description de l'Égypte ou Recueil des observations et des recherches qui ont été faites en Égypte pendant l'expédition de l'armée française*, vol. 7: *État Moderne I*, p. 14, plancha 6.
- NORDEN, L. F. 1755: *Voyage d'Égypte et de Nubie*, Copenhague.
- POCKOCKE, R. 1772: *Voyages de Richard Pockocke. En Orient, dans l'Égypte, l'Arabie, la Palestine, la Grèce, la Trace, etc.*, vol. IV, París.
- SAVARY, M. 1787: *Letters on Egypt*, Londres.
- WILLCOCKS, W.; I. CRAIG 1913: *Egyptian irrigation*, Nueva York.
- Referencias**
- ALTAWHEEL, M. 2005: «The Use of ASTER Satellite Imagery in Archaeological Contexts», *Archaeol. Prospect.*, 12, 151-166.
- BUNBURY, J. M.; A. GRAHAM; M. A. HUNTER 2008: «Stratigraphic Landscape Analysis: Charting the Holocene movements of the Nile through Ancient Egyptian time», *Geoarchaeology*, 23, 351-73.
- BUNBURY, J. M.; A. GRAHAM; K. D. STRUTT 2009: «Kom el-Farahy: a New Kingdom island in an evolving Edfu floodplain», *British Museum Studies in Ancient Egypt and Sudan*, 14, 1-23.
- BUTZER, K. 1976: *Early hydraulic Civilization in Egypt*, Chicago.
- 1959: «Some Recent Geological Deposits in the Egyptian Nile Valley», *The Geographical Journal*, vol. 125, 1, 75-79.
- CASANA, J.; J. COTHREN 2008: «Stereo analysis, DEM extraction and orthorectification of CORONA satellite imagery: archaeological applications from the Near East», *Antiquity* 82-317, 732-749.
- CICONE, R.; M. METZLER 1984: «Comparison of Landsat MSS, Nimbus-7 CZCS, and NOAA-7 AVHRR features for land use analysis», *Remote sensing of environment*, vol. 14, 257-265.
- CRIST, E. P.; R. C. CICONE 1984a: «Application of the tasseled cap concept to simulated. Thematic Mapper data», *Photogrammetric Engineering of Remote Sensing*, vol. 50, 343-352.
- 1984b: «A physically-base transformation of Thematic Mapper data the TM tasseled cap», *IEEE transactions on geoscience and remote sensing*, vol. GE22, 256-263.
- DASHORA, A.; B. LOHANI; J. MALIK 2007: «A repository of earth resource information CORONA satellite programme», *Current Science*, vol. 92, n. 7, 10 de abril de 2007, 926-932.
- EHLERS, M. 2008: «Multi-image Fusion in Remote Sensing: Spatial Enhancement vs. Spectral Characteristics Preservation», en: BEVIS, G.; R. BOYLE; B. PARVIN; D. KORACIN: *ISVC '08 Proceedings of the 4th International Symposium on Advances in Visual Computing*, parte II, 75-84.
- GALIATSATOS, N.; D. N. DONOGHUE; G. PHILIP 2008: «High resolution elevation data derived from stereoscopic CORONA imagery with minimal ground control: an approach using IKONOS and SRTM data», *Photogrammetric engineering and remote sensing* 74 (9), 1093-1106.
- GATTO, M. C.; M. DE DAPPER; M. EYCKERMAN; R. GERISCH; C. JORIS, HNEWTON; S. HENDRICKX 2009: «Landscape reconstruction of the Predynastic site at Nag-el-Qarmila (Upper Egypt)», *Sahara Journal*, 20, 63-69.
- GOMAA, F.; R. MÜLLER-WOLLERMANN; W. SCHENKEL 1991: *Mittelägypten zwischen Samalut und dem Gabal Abu Sir. Beiträge zur historischen Topographie des pharaonischen Zeit*, Wiesbaden.
- GOOSSENS, R.; A. DE WULF; J. BOURGEOIS; W. T. GHEYLE 2006: *Satellite imagery and archaeology: the example of CORONA in the Altai Mountain*, *Journal of Archaeological Science*, 33, 745-755.
- HASSAN, F. A. 1998: «Climatic Change, Nile floods and civilization», *Nature and Resources*, 342, 34-40.
- HILLIER, J. K.; J. M. BUNBURY; A. GRAHAM (2007): *Monuments on a migrating Nile*, *Journal of Archaeological Science* 34, 1011-1015.
- HORNE, J. 2003: «A Tasseled Cap Transformation for IKONOS Images», en: *Proceedings of the ASPRS: 2003 Annual Conference and Technology Exhibition*, Anchorage.

- KAUTH, R. J.; G. S. THOMAS 1976: «The Thasseled Cap. A graphic description of the spectral-temporal development of agricultural crops as seen by Landsat», en: *Proc. Symp on machine Processing of Remotely Sensed Data*, Purdue, 41-51.
- LASAPONARA, R.; N. MASINI 2007: «Improving Satellite Quickbird-Based Identification Of Landscape Archaeological Features Through Principal Component Analysis And Tasseled Cap», en: GEORGOPOULOS, A. (ed): *AntiCIPAting the Future of the Cultural Past, Proceedings of the Transformation in XXI CIPA Symposium (Athens, Greece 1 October - 6 October 2007)*, Atenas.
- LEE, J.; S. HAN; S. LEE; J. PARK 2008: «Correcting DEM extracted from Aster Stereo Images by combining cartographic Dem», *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, vol. XXXVII, parte B1, Pekín, 829-834.
- LEVEAU, P. 2000: «Le paysage aux époques historiques. Un document archéologique», *Annales HSS*, 3, 555-582.
- LUTLEY, K.; J. M. BUNBURY 2008: «The Nile on the move», *Egyptian Archaeology*, 2008, 3-5.
- MASINI, N.; R. LASAPONARA 2007: «Investigating the spectral capability of QuickBird data to detect archaeological remains buried under vegetated and not vegetated areas», *Journal of Cultural Heritage* 8, 53-60.
- MEROLA, P.; A. ALLEGRINI; D. GUGLIETTA; S. SAMPIERI 2006: *Using Vegetation Indices to study archaeological areas*, Bar International Series, vol. 1568, 303-310.
- MÜLLER-WOLLERMANN, R. 1993: «Ein deich in Oxyrinquites», *Zeitschrift für Papyrologie und Epigraphik* 96, 123-124.
- MUMFORD, G.; S. PARCAK 2002: «Satellite image analysis and archaeological fieldwork in El-Markha Plain (South Sinai)», *Antiquity*, 766, 953-4.
- PALET, J. M. 1997: *Estudi territorial del Pla de Barcelona: estructuració i evolució del territori entre l'època iberoromana i l'altmedieval (segles II-I aC – X-XI dC)*, Barcelona.
- PARCAK, S. 2007: «Satellite remote sensing methods for monitoring archaeological tells in the middle east», *Journal of Field Archaeology*, 32, 65-81.
- PARCAK, S. 2009: *Satellite Remote Sensing for Archaeology*, Nueva York.
- ROWLANDS, A.; A. SARRIS 2007: «Detection of exposed and subsurface archaeological remains using multi-sensor remote sensing», *Journal of Archaeological Science*, 34, 795-803.
- SCHENKEL, W. 1994: «Les systèmes d'irrigation dans l'Égypte ancienne et leur genèse», *Archéo-Nil*, mayo-junio, 27-35.
- STANLEY, J. D.; T. F. JORSTAD 2006: «Short Contribution: Buried Canopic channel identified near Egypt's Nile Delta coast with Radar (SRTM) Imagery», *Geoarchaeology: An International Journal*, vol. 21, n. 5, 503-514.
- STAFFORD, J. D.; D. LEIGH; D. ASCH 1992: «Prehistoric settlement and landscape change on alluvial fans in the Upper Mississippi River valley», *Geoarchaeology* 7 (4), 287-314.