

Tecnologie informatiche e territorio

Information Technologies and territory

COLOSI F. (*), FRANCHI R. (**), GABRIELLI R. (*),
ORAZI R. (*), AMICO N. (*), ANGELINI A. (*)

RIASSUNTO - Il lavoro illustra, attraverso la descrizione di tre progetti specifici, le procedure di intervento multidisciplinare sul territorio portate avanti in questi ultimi anni dal gruppo di ricerca dell'Istituto per le Tecnologie Applicate ai Beni Culturali.

L'attività del gruppo si concentra sullo studio del bene culturale immerso nell'ambiente che lo contiene, tenendo conto dei molteplici aspetti che caratterizzano il territorio e che determinano i processi evolutivi delle popolazioni che su di esso vivono.

L'approccio multidisciplinare prevede la costruzione di sistemi informativi geografici che raccolgono e gestiscono in maniera integrata informazioni a diversa scala di carattere ambientale, storico e archeologico e la sperimentazione di tecnologie innovative per l'acquisizione di dati spaziali, come la fotogrammetria 3D ed il laser scanner, che portano all'elaborazione di modelli tridimensionali del terreno ed alla ricostruzione virtuale 3D dei beni monumentali.

I tre casi di studio sinteticamente illustrati nell'articolo riguardano due missioni internazionali, la prima in Perù, sul sito di Chan Chan, e la seconda in Giordania, nella Valle di Petra, e un progetto, in corso di definizione, per la riqualificazione turistica dell'area di Policoro.

PAROLE CHIAVE: Patrimonio Culturale, territorio, ricostruzioni 3D, GIS

ABSTRACT - The paper illustrates, through the description of three specific projects, the procedures for a multidisciplinary approach to the territory carried out, in recent years, by the research group of the Institute for Technologies Applied to Cultural Heritage.

The group's activity focuses on the study of the cultural heritage in its environment, taking into account the multiple aspects that characterize the territory and that determine the evolutive processes of the resident population.

The multidisciplinary approach includes the construction of Geographic Information Systems that collect and manage

integrated information at environmental, historical and archaeological scale and the experimentation of innovative technologies for the acquisition of spatial data, such as photogrammetry and laser scanner, which allow to realize three-dimensional models of terrain and virtual reconstruction of monumental heritage.

The three case studies briefly summarized in the article concern two international missions, the first in Peru, on Chan Chan archaeological site, the second in Jordan, in Petra Valley, and a project for the touristic qualification of the Policoro area.

KEY WORDS: Cultural Heritage, territory, 3D reconstruction, GIS

1. - L'ITABC E LO STUDIO MULTIDISCIPLINARE DEL TERRITORIO

Ormai da diversi anni il gruppo di ricerca del CNR-ITABC è impegnato nella sperimentazione di nuove metodologie per il rilevamento del territorio e per la ricostruzione del paesaggio storico, con la convinzione, ormai ampiamente condivisa, che lo studio dei Beni Culturali non possa prescindere dalla conoscenza dell'ambiente che li contiene, sia dal punto di vista fisico che da quello storico - culturale. Il territorio, è da un lato il contenitore materiale di tutte le testimonianze residue relative all'attività umana, dall'altro lato rappresenta, con le sue caratteristiche fisiche, il supporto sul quale ogni società ha organizzato i propri spazi ed ha intessuto le proprie relazioni, esprimendo, quindi a pieno, specifiche prerogative culturali. Ne consegue che il territorio non può essere analizzato da un unico

(*) CNR- Istituto per le Tecnologie Applicate ai Beni Culturali

(**) Università degli Studi di Urbino

punto di vista, ma deve essere studiato tenendo conto dei molteplici aspetti che lo caratterizzano e che determinano i processi evolutivi delle popolazioni che su di esso vivono.

Questo percorso di conoscenza implica la realizzazione di progetti multidisciplinari, all'interno dei quali gli esperti di vari settori scientifici e umanistici trovino un reale momento di confronto e di scambio delle informazioni. La multidisciplinarietà, in questo senso, non deve essere intesa come una mera giustapposizione di dati provenienti dalle diverse ricerche condotte su un determinato territorio, ma piuttosto come il cammino comune che i vari specialisti intraprendono lavorando a stretto contatto e confrontando costantemente le metodologie impiegate e i risultati prodotti.

Questa visione della ricerca integrata caratterizza l'ITABC fin dal momento della sua costituzione che ha previsto la compresenza all'interno dell'Istituto di archeologi, architetti, chimici, fisici, geologi, ingegneri e informatici, competenze indispensabili per lo studio del "Bene Culturale". L'elemento distintivo dell'ITABC risiede, in particolare, nell'aver stabilmente coniugato attività e metodologie di ricerca proprie delle c.d. 'scienze dure' con quelle proprie delle scienze umanistiche, con la costruzione e l'affinamento di un linguaggio comune nel campo della ricerca applicata ai Beni Culturali: le diverse competenze non convivono semplicemente nello stesso ambiente, ma concorrono alla definizione, l'implementazione e l'ottimizzazione di nuove metodologie di indagine sia per lo studio dei manufatti che per quello del territorio.

Nel campo della documentazione informatizzata del patrimonio, questa cultura ha permesso di studiare correttamente non tanto gli oggetti isolati quanto situazioni contestualizzate (siti archeologici, città storiche, paesaggio). In quest'ambito sono state sviluppate metodologie informatiche per lo più indirizzate verso l'implementazione di Sistemi Informativi Territoriali con particolare riguardo sia alla elaborazione di grandezze fisiche e geometriche riferibili al territorio che alla catalogazione dei dati rilevati.

La linea di ricerca di cui fa parte chi scrive si occupa della ricostruzione diacronica dell'ambiente storico mediante la gestione, l'integrazione e la correlazione di diversi *set* di dati (geologici, geofisici, telerilevati, archeologici e storici); della sperimentazione di nuove tecnologie per l'acquisizione speditiva dei dati spaziali (Stazioni Totali Elettroniche, DGPS, *Laser Scanner*, fotogrammetria 3D); della implementazione di sistemi GIS e di modelli tridimensionali del terreno.

Le ricerche degli ultimi anni sono state concentrate sulle tematiche relative al rilievo e in particolar modo sullo sviluppo di metodologie caratterizzate da una buona rapidità di acquisizione dei dati, considerando che spesso gli studiosi e soprattutto le Soprintendenze e gli Enti Locali si trovano a operare con esigue disponibilità finanziarie o in situazioni di estrema urgenza.

In questa sede sono riportati i risultati parziali di due progetti internazionali che hanno visto la partecipazione dell'Istituto e la messa in atto di procedure integrate per l'analisi, il rilievo e la ricostruzione del paesaggio e dei Beni Culturali in esso contenuti. Il primo progetto riguarda la realizzazione di un Parco Archeologico sul sito di Chan Chan, lungo la costa nord del Perù, il secondo riguarda lo studio e il ripristino dell'antica canalizzazione nabatea nella Valle di Petra con lo scopo di eliminare gli effetti devastanti dell'acqua piovana sulle tombe monumentali.

Infine si accennerà a un progetto in fase di elaborazione che riguarda il Parco Archeologico Naturalistico di Policoro e il territorio a esso circostante e che ha come obiettivo lo sviluppo turistico e la crescita socio-culturale della popolazione residente. Quest'ultimo progetto si caratterizza, come vedremo, per la sua forte multidisciplinarietà e, come tale, speriamo che possa rappresentare un caso di studio privilegiato per i molti specialisti intervenuti al *Workshop* oggetto di questa pubblicazione.

2. - INTERVENTO OPERATIVO PER LA CONSERVAZIONE E VALORIZZAZIONE DEL COMPLESSO ARCHEOLOGICO DI CHAN CHAN E DEL SUO TERRITORIO, PERÙ

La città di Chan Chan, sorta nel IX sec. d.C., è stata la capitale culturale, amministrativa e religiosa della cultura Chimù di cui rappresenta la massima espressione materiale.

La città occupa un'area molto vasta della valle del Moche, situata a circa 600 km a nord di Lima, ed è articolata in nove grandi palazzi o *ciudadelas*, 5 *huacas* o piramidi scalonate e ampie aree di architettura minore di tipo residenziale (fig. 1).

Chan Chan è il più grande insediamento dell'America Latina costruito in mattone crudo (adobe), e proprio questa sua particolare caratteristica, insieme alle dimensioni imponenti della città e alla ancora attuale leggibilità degli elementi che componevano il paesaggio storico, ha fatto sì che il sito fosse iscritto nella lista UNESCO del Patrimonio Mondiale (fig. 2).

Il piano di gestione del complesso, richiesto dall'UNESCO e redatto dall'Istituto Nacional de Cultura (INC), è stato approvato dal governo peruviano nell'anno 2000. Il *Plan Maestro de Conservación y Manejo del Complejo Arqueológico Chan Chan* (Plan Maestro) prevede una serie di progetti indirizzati all'indagine archeologica, alla documentazione e alla conservazione delle strutture architettoniche in terra partendo dal presupposto che il Complesso rappresenta una risorsa culturale estremamente importante per lo sviluppo socio economico dell'area.

La missione italiana dell'ITABC, che lavora con il finanziamento del Ministero degli Affari Esteri, si pone

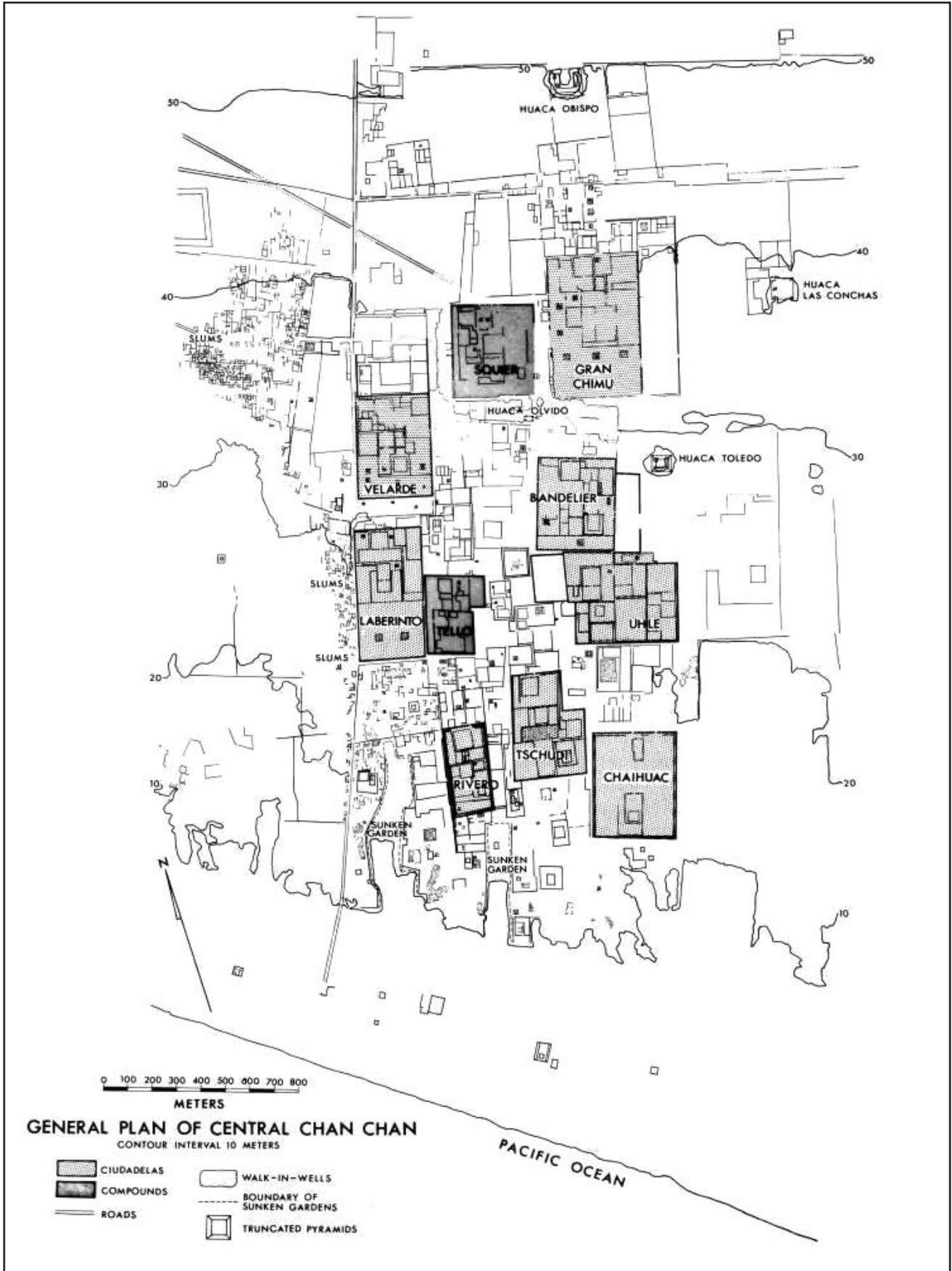


Fig. 1 - Chan Chan. Rilievo aereo fotogrammetrico dell'Università di Harvard (A.P. ANDREWS, Journal of Field Archaeology, 1, 1974).
 - Chan Chan. Aereofotogrammetric survey of (A.P. ANDREWS, Journal of Field Archaeology, 1, 1974).



Fig. 2 - Chan Chan. Strutture in adobe di Palacio Tschudi. In primo piano una *audiencias* (struttura a U).
- Chan Chan. Mud brick structures in Tschudi palace. An *audiencias* (U-shape structure) in foreground.

come obiettivo il sostegno del Plan Maestro attraverso lo sviluppo di una serie di azioni mirate a contrastare la crescita incontrollata della vicina città di Trujillo e di promuovere il miglioramento delle condizioni socio-economiche della popolazione locale anche attraverso lo sviluppo organico dei settori artigianale e turistico. L'intervento della missione prevede la progettazione del Parco Archeologico di Chan Chan, la realizzazione del Centro di Documentazione e Gestione del Parco e il restauro di Palacio Rivero. Lo studio viene condotto con immagini satellitari a diversi sensori, mediante rilevamento delle strutture con GPS e fotogrammetria terrestre e aerea, e con l'archiviazione dei dati in apposito GIS (figg. 3, 4).

L'integrazione dei dati di natura archeologica, geometrica e ambientale ha permesso di conoscere e di "misurare" il degrado territoriale, dovuto alla incontrollata urbanizzazione della zona, e il degrado materico, legato principalmente alla risalita dei sali marini per capillarità e alla presenza del fenomeno del Niño che con cadenza non prevedibile torna ad abbattersi con violenza lungo le coste peruviane (fig. 4). Questo fenomeno naturale, determinato dal riscaldamento temporaneo delle acque del Pacifico normalmente interessate dalla corrente fredda di Humboldt, era conosciuto e temuto già in epoca Chimù e la sua presenza è testimoniata dalle rappresentazioni figurate ceramiche e tessili. Le popolazioni Moche e Chimù, fortemente legate al mare, costruirono le loro credenze religiose e i loro riti sull'osservazione degli eventi naturali e impegnarono grandi risorse per contrastarli. Chan Chan, in effetti, è collocata su una terrazza leggermente rilevata indenne dalle inondazioni ed è protetta, a monte, da mura ciclopiche di sbarramento costruite lungo una linea ortogonale alle vallate dei fiumi.

Lo studio multidisciplinare del territorio basato sulla collaborazione di archeologi, geologi, ingegneri, infor-

matici, architetti è finalizzato alla messa a punto di nuove strategie che impediscano la progressiva scomparsa di un sito unico al mondo.

2.1. - ANTICA RETE IDROLOGICA DI PETRA. STUDIO E RESTAURO NELL'OTTICA DELLA CONSERVAZIONE DEI BENI ARCHEOLOGICI E ARCHITETTONICI

Il Parco Archeologico di Petra è inserito nel bordo sinistro della *Rift Valley*, nella Giordania centro meridionale. L'intera valle, di origine tettonica, insiste su formazioni rocciose quarzoarenitiche tardo cambriane di origine continentale. Il progetto è condotto in collaborazione con l'Università di Urbino e riceve il finanziamento del Ministero degli Affari Esteri.

La parte monumentale, di altissimo valore artistico e archeologico, è rappresentata da una serie di tombe e di templi le cui strutture architettoniche sono state realizzate scolpendo le pareti rocciose delle colline.

Studi condotti sia in laboratorio, con l'ausilio di camere climatiche, che *in situ* hanno evidenziato le principali cause di degrado dei monumenti, tra le quali detiene un peso notevole il dilavamento delle acque superficiali sulle facciate architettoniche. Questo fenomeno già ipotizzato dai costruttori Nabatei, fu affrontato con la realizzazione di una appropriata rete di canali e di vasche di raccolta costruiti nelle zone a monte delle opere monumentali. Questa complessa opera di ingegneria idraulica aveva inoltre il compito di assicurare una riserva di acqua alla città. Attualmente la rete di drenaggio non svolge più la sua funzione in quanto interrotta per eventi tellurici, interrimento e crolli.

L'obiettivo generale del lavoro svolto è stato quello di censire sul territorio la rete di canalizzazioni presenti nell'area archeologica di Petra e determinare quindi con precisione la funzionalità di ogni singolo elemento. Tale censimento è, infatti, fondamentale per la corretta progettazione di un possibile intervento conservativo dell'area monumentale che ripristini correttamente il sistema idraulico. Lo studio è stato preceduto da una dettagliata costruzione di un modello tridimensionale descrittivo della morfologia del territorio per una precisa visualizzazione altimetrica della rete di canalizzazioni e per la determinazione dello stato di degrado.

Anche in questo caso l'approccio al sito e ai monumenti è stato di carattere multidisciplinare e ha previsto la partecipazione di diverse figure professionali che hanno potuto individuare, lavorando in sinergia, la rete di canali ancora esistente. Quest'ultima, attraverso l'impiego di moderne strumentazioni topografiche (DGPS e Stazione Totale) e fotogrammetriche, è stata restituita in pianta e tridimensionalmente al fine di poterla gestire all'interno di un Sistema Informativo Territoriale che, permettendone la visione a diversi livelli di scala, ne favorisce l'analisi in vista di un effettivo ripristino.

Una delle tombe più danneggiate, la tomba palazzo, parzialmente crollata a causa dell'azione dell'acqua, è

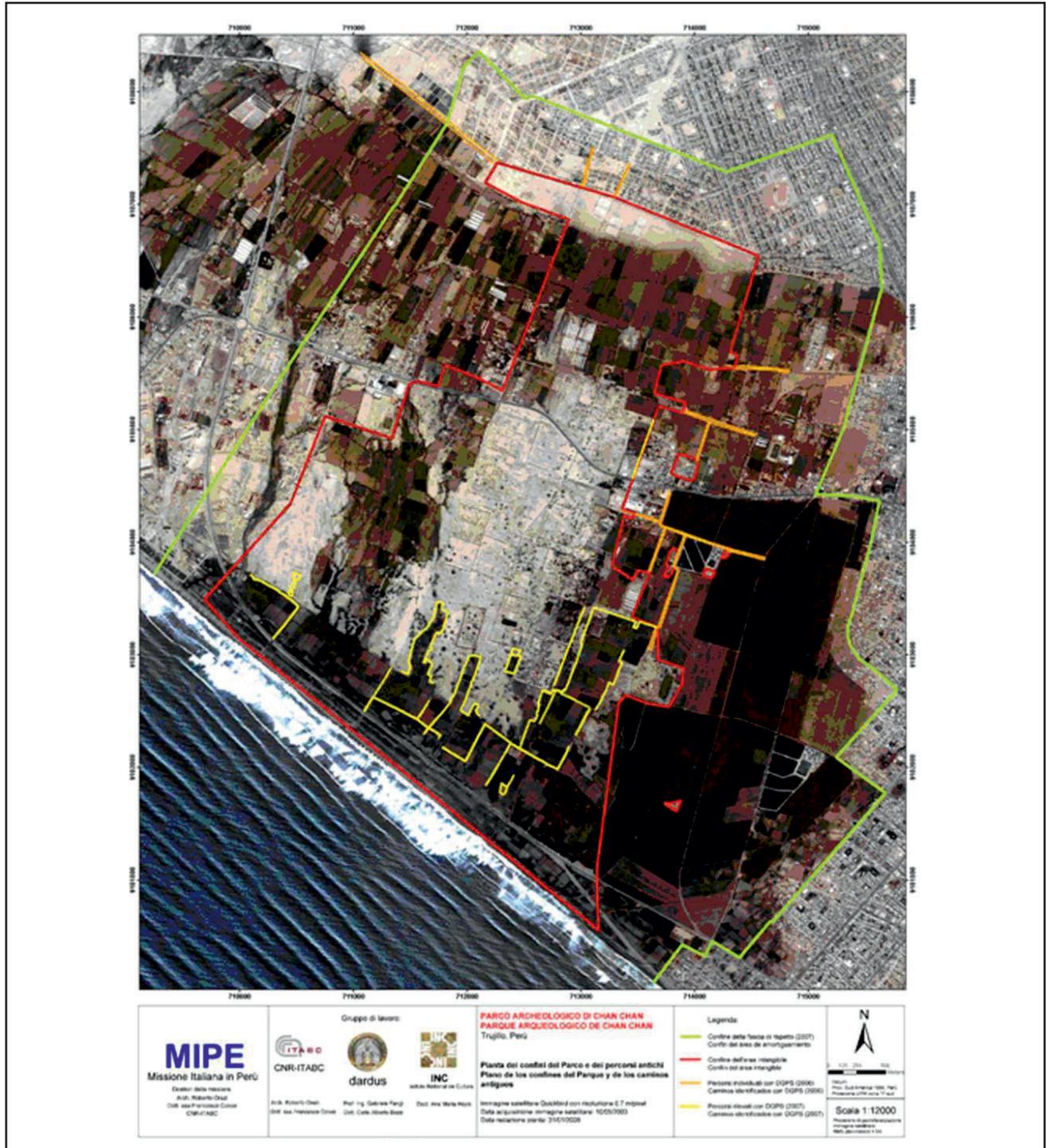


Fig. 3 - Chan Chan. Sull'immagine satellitare Quickbird sono stati posizionati alcuni elementi rilevati sul territorio come il perimetro dell'area intangibile (poligonale rossa), il perimetro dell'area di rispetto (in verde) e parte dei percorsi antichi (in giallo e arancio).
- Chan Chan. On the Quickbird satellite image were positioned some territorial elements such as the perimeter of the intangible area (red polygonal), the perimeter of the buffer zone (in green) and some ancient paths (in yellow and orange).

stata rilevata con un innovativo sistema di fotogrammetria aerea 3D che consiste di tre fotocamere posizionate su un sistema di barre in alluminio appositamente realizzato per le riprese dall'alto. Le barre sono agganciate ad pallone aerostatico frenato manovrato da terra con un sistema di funi. Le foto scattate simultanea-

mente dalle tre macchine fotografiche vengono elaborate con *software* dedicati (ZScan, ZMap della Menci Software) (fig. 5). Attraverso algoritmi complessi le foto inserite nel programma generano una nuvola di punti ad alta definizione e la *texture* ad essa associata.

Il risultato è una precisa ricostruzione tridimensio-



Fig. 4 - Inondazione provocata dal Niño lungo la costa peruviana.
- *Flooding caused by El Niño along the Peruvian coast.*



Fig. 5 - Modello numerico di un particolare della facciata architettonica della tomba palazzo generato e mosaicato dal gruppo di ricerca coordinato da Roberto Gabrielli (CNR-ITABC).
- *Numerical model of an architectonic detail of the Palace Tomb's façade, generated by the Roberto Gabrielli's research group.*

nale del monumento che può essere utilizzata come studio per la conservazione, analisi del degrado e dei dissesti (fig. 6), restauro, documentazione dell'esistente o come base per la generazione di modelli per la navigazione virtuale.

3. - POLICORO

Il Progetto del Parco Archeologico Naturalistico di Policoro è indirizzato alla valorizzazione dell'area archeologica dell'antica *Heraclea*, al recupero e alla valorizzazione della Riserva Naturale di Bosco Pantano e alla loro presentazione in ambito nazionale e internazionale come complesso unitario (fig. 7).

Il progetto di sistemazione del complesso archeologico e del Museo Archeologico Nazionale della Siritide

è strettamente legato all'ambiente naturale, in gran parte ancora integro (riserva naturale di Bosco Pantano), che costituiva il paesaggio circostante l'antica città Ionia, così come alle attività marinare, agricole e sportive che storicamente vengono rievocate dagli insediamenti della Magna Grecia (fig. 8).

Il progetto prevede dunque interventi su aspetti generali relativi alla nuova struttura archeologico-naturalistica (definizione dei confini dell'area, individuazione delle emergenze archeologiche e naturalistiche, recupero di strutture esistenti etc.), interventi di progettazione e innovazione riguardante gli aspetti archeologici (definizione degli itinerari di visita, sistemazione di accessi, percorsi, illuminazione, cartellonistica etc.) e, infine, interventi riguardanti gli aspetti naturalistici (progettazione e

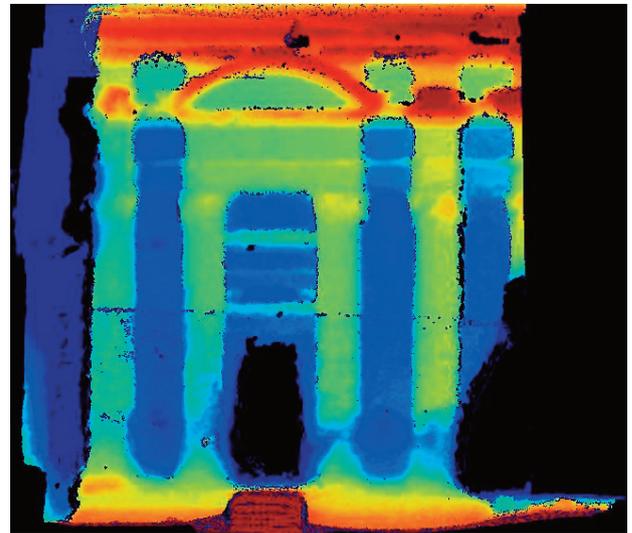


Fig. 6 - DEM di un particolare della facciata della tomba palazzo generato con fotogrammetria digitale 3D dal gruppo di ricerca coordinato da Roberto Gabrielli (CNR-ITABC).
- *DEM of an architectonic detail of the Palace Tomb's façade generated by means of digital photogrammetry (Roberto Gabrielli's research group).*

realizzazione di servizi generali, sistemazione del museo, realizzazione di strutture ricreative etc.).

Tale studio sarà portato avanti con l'impiego di immagini satellitari ad alta definizione per analizzare gli elementi antropici del territorio e con l'utilizzo di sensori diversi per individuare e classificare gli elementi naturalistici e le eventuali strutture sepolte.

Si useranno sistemi fotogrammetrici di rilevamento da terra e da bassa quota per realizzare modelli tridimensionali del territorio e delle emergenze architettoniche e archeologiche, e tecniche per ricostruzioni virtuali e navigazione in realtà virtuale.

Uno degli scopi del progetto sarà di creare un polo didattico di alta formazione scientifica (archeologia, geologia, telerilevamento e nuove metodologie applicate allo studio e alla salvaguardia del territorio) che consenta sia l'integrazione delle diverse culture europee

in un'area di grande interesse storico-archeologico-ambientale del nostro Paese, l'antica Magna Grecia, sia la possibilità di mettere in relazione efficacemente l'avvio di corsi di alta formazione e la possibilità di vivere in zone naturalistiche protette avvicinandosi ad attività sportive legate al territorio e al mare (*trekking*, vela e sport acquatici ecc.).

Il progetto è portato avanti dall'ITABC in collaborazione con l'ISPRA e per conto del Comune di Policoro e del Museo Archeologico Nazionale della Siritide.



Fig. 7 - Parco archeologico di Heraclea. Particolare della struttura urbana.
- Heraclea Archaeological Park. Detail of the urban structure.



Fig. 8 - Immagine aerea dell'area archeologica di Heraclea (Google).
- Aerial image of the archaeological area (Google).

BIBLIOGRAFIA

- CAMPANA DELGADO C. (2006) - *Chan Chan del Chimo. Estudio de la ciudad de adobe más grande de América antigua*. Orus, Lima.
- CECCARONI F. & MENCI L. (2002) - *Fotogrammetria digitale*. In: C. BIAGINI (Ed.), "Information technology ed automazione del progetto", Firenze, Firenze University Press, 115-138.
- COLOSI F., FANGI G., GABRIELLI R., ORAZI R. & PELOSO D. (2006) - *Operative action for the conservation of the Archaeological Complex of Chan Chan, Perú*. In: "From Space to Place. Proceedings of the Second International Conference of Remote Sensing in Archaeology", Roma, dicembre 4-7, BAR International Series 1568, 439-445.
- COLOSI F., LENTINI A. & ORAZI R. (2007) - *Il Parco Archeologico di Chan Chan: GIS di gestione e prime indagini archeometriche*. In: "Atti del XXIX Convegno Internazionale di Americanistica", Perugia, Maggio 2-7, 799-814.
- COLOSI F. & ORAZI R. (2003) - *Integrated Technologies for the Study, Documentation and Exploitation of the Archaeological Area of Chan Chan (Perù)*. In: *Proceedings of the 9th International Conference on the Study and Conservation of Earthen Architecture*. Terra, Yazd (Iran), November 29-December 2, 465-474.
- FANGI G., MALINVERNI E.S. & SCHIAVONI A. (2005) - *Integrated surveying techniques for the Archaeological Park of Chan Chan in Perú*. In: *Proceedings of 20th International Symposium CIPA*, Torino, September 26-October 1, 259-265.
- GABRIELLI R., ANGELINI A., FRANCHI R. & DRAP P. (2008) - *Antica rete idrologica di Petra. Studio e restauro nell'ottica della conservazione dei beni architettonici*. «Archeologia e Calcolatori», **19**, 323-341.
- GABRIELLI R., ANGELINI A., NUCCIOTTI M. & MENCI L. (2008) - *Nuovo Sistema di fotogrammetria digitale da pallone aerostatico: il caso di studio del castello di Shawbak*. In: *Atti della 12ª Conferenza Nazionale ASITA*, L'Aquila, 21-24 ottobre, 1167-1172.
- GABRIELLI R. (2001) - *Introduzione all'uso del GPS in archeologia*. In: S. CAMPANA & M. FORTE (Eds.), "Remote Sensing in Archaeology", Firenze, All'insegna del Giglio, 1-25.
- KOLATA A. (1990) - *The Urban Concept Of Chan Chan*, In: M. MOSELEY & A. CORDY COLLINS (Eds.), "The Northern Dynasties: Kingship and Statecraft in Chimu", Dumbarton Oaks Research Library and Collection, Washington, 107-145.
- MOSELEY M.E. & KENT D. 1982 (Eds.) - *Chan Chan, Andean Desert City*. University of New Mexico Press, Albuquerque.