

# Poblament, recursos i medi ambient en zones àrides: el North Gujarat Archaeological Project (NoGAP)

Francesc C. Conesa,<sup>\*,\*\*</sup> Juan José García-Granero,<sup>\*,\*\*</sup> Marco Madella,<sup>\*,\*\*,\*\*\*,\*\*\*\*</sup>  
Andrea L. Balbo,<sup>\*\*\*\*</sup> Charusmita S. Gadekar,<sup>\*\*\*\*\*</sup> Carla Lancelotti,<sup>\*,\*\*</sup>  
S. V. Rajesh<sup>\*\*\*\*\*</sup> i P. Ajithprasad<sup>\*\*\*\*\*</sup>

## Introducció

La civilització de la vall de l'Indus (abreujada com a CVI), també coneguda com a civilització de Harappa (a partir del nom d'un dels seus jaciments principals, al Pakistan), s'estengué des del nord-est de l'actual Afganistan fins al Pakistan i el nord-est de l'Índia entre el 3300 i el 1300 aC (Kenoyer, 1991; Possehl, 2002a; Wright, 2010) (fig. 1). Malgrat ser un àmbit de recerca equiparable als estudis sobre Mesopotàmia i l'Antic Egipte en altres centres europeus, l'arqueologia d'Àsia del Sud és força desconeguda dins l'àmbit acadèmic català i estatal. Aquesta manca de tradició es deu possiblement a la forta petjada anglosaxona en aquesta regió, ja que el descobriment de la CVI es remunta a l'època colonial anglesa (un

dels pioners fou Sir Mortimer Wheeler, que consolidà molts dels seus mètodes d'excavació en jaciments d'aquesta regió). De forma similar al que succeí amb els estudis al Pròxim Orient i Egipte, durant anys la recerca arqueològica se centrà en l'excavació i l'estudi dels grans centres urbans per tal de respondre preguntes relacionades amb l'urbanisme, l'estructura social i l'auge i la desintegració de la CVI entesa com a imperi (Wheeler, 1953; Fairservis, 1961; Singh, 1971; Possehl, 1979, 1994). Actualment, i en paral·lel a la continuïtat dels estudis als centres urbans, també es reconeix la rellevància de les zones rurals o les zones perifèriques en el desenvolupament de la CVI. Estudis recents en diverses regions de l'actual Pakistan i el nord-oest de l'Índia han posat de manifest trajectòries socioeconòmiques independents

---

\* Grup de recerca CaSEs (Complexity and Socio-Ecological Dynamics).

\*\* Departament d'Humanitats, Universitat Pompeu Fabra.

\*\*\* Departament d'Arqueologia i Antropologia, Institució Milà i Fontanals, Consell Superior d'Investigacions Científiques.

\*\*\*\* Institució Catalana d'Investigació i Estudis Avançats.

\*\*\*\*\* Climate Change and Security, Centre for Earth System Research and Sustainability, University of Hamburg.

\*\*\*\*\* Department of Archaeology and Ancient History, The Maharaja Sayajirao University of Baroda.

\*\*\*\*\* Department of Archaeology, University of Kerala.

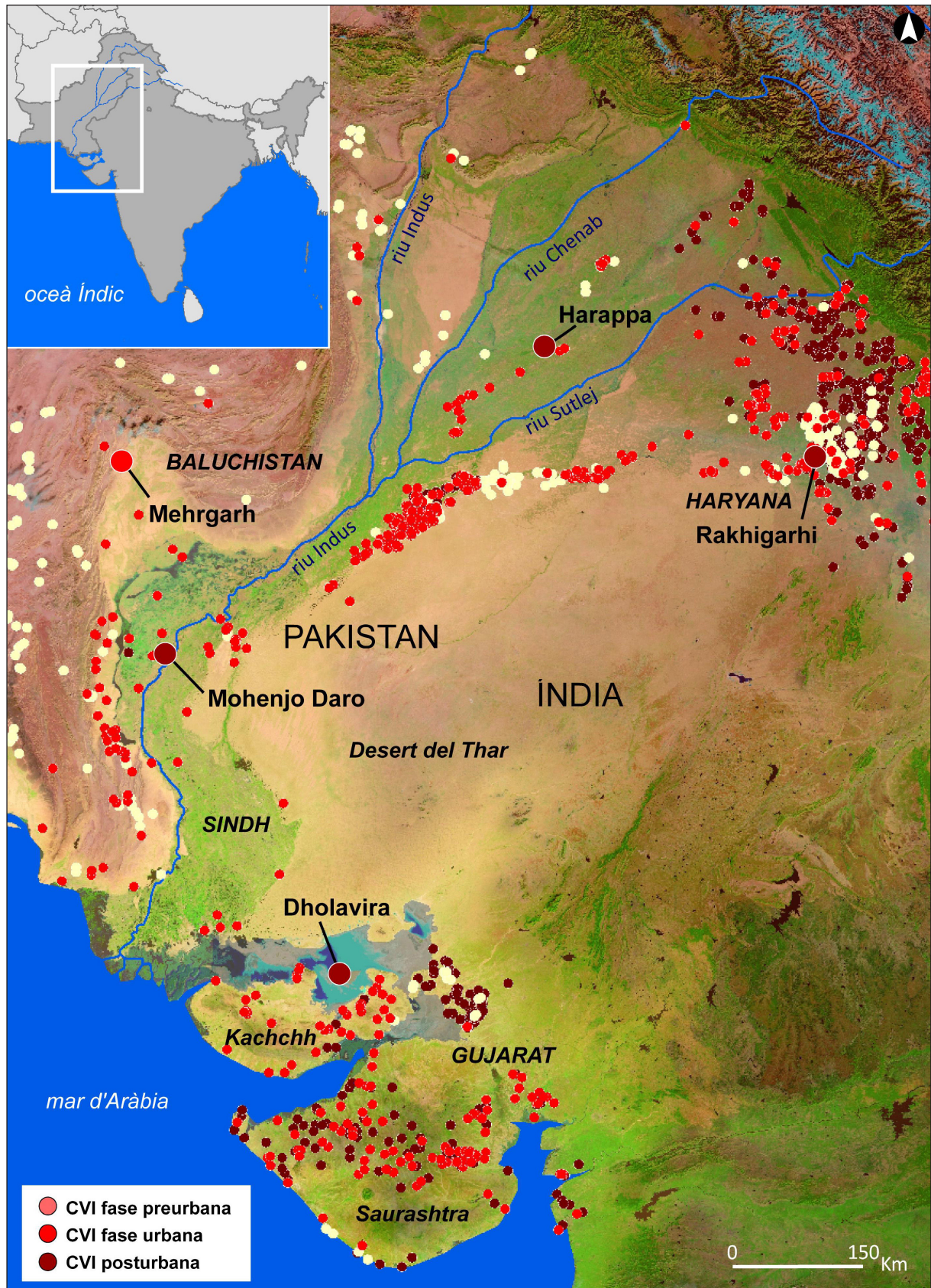


Figura 1. Extensió de la civilització de la Vall de l'Indus (CVI) amb els jaciments més significatius. Composició d'imatge MODIS (15 novembre 2012) i SRTM v.4 (cgjar.org)

i han subratllat la importància d'estudiar les dinàmiques de les comunitats locals per tal d'entendre, eventualment, la seva interacció en el món de la vall de l'Indus (Ajithprasad, 2002, 2004, 2011; Fuller i Madella, 2002; Petrie i Thomas, 2012; Chase, 2014a; Chase *et al.*, 2014b; Petrie *et al.* 2017).

### **La importància del Gujarat del Nord**

El Gujarat del Nord ha estat considerat tradicionalment una zona perifèrica de la CVI, colonitzada per mitjà de ciutadelles i petits centres costaners que explotarien les matèries primeres de la regió mitjançant contactes amb les poblacions locals de l'interior (Herman, 1996). Aquest discurs amaga, òbviament, una realitat molt més complexa i remarca la necessitat d'entendre els diversos actors i factors que intervingueren en les dinàmiques socioecològiques a escala local i regional durant l'holocè inicial i mitjà.

El Gujarat del Nord és una regió semiàrida a l'extrem nord-oest de l'Índia. Al nord entra en contacte amb el desert del Thar, mentre que al sud-est rep el clima subhúmit del bloc continental indi. Aquesta dualitat configura un extens ecotò (entès com un territori marginal situat entre dos ecosistemes diferents) altament sensible als canvis mediambientals. Al llarg de l'holocè, diversos grups humans ocuparen aquest territori, i hi dugueren a terme tres tipus de models d'explotació de recursos amb diversos graus de resiliència i capacitat d'adaptació en diversos nínxols ecològics: la caça i la recol·lecció, la ramaderia seminòmada (amb un cert grau d'explotació agrícola) i l'agricultura-ramaderia sedentària (als centres urbans de la CVI).

L'àrea d'estudi, amb una economia basada actualment en l'explotació de parcel·les agrícoles i l'activitat pastoral, ha mantingut estratègies tradicionals d'aprofitament de recursos adaptades a la dualitat marcada per l'estació seca (durant l'hivern) i la humida (a l'estiu). Malgrat la introducció i la intensificació de l'agricultura mecanitzada i el procés d'urbanització produït per l'augment de la població, el Gujarat del Nord

ofereix unes característiques òptimes per a l'estudi dels patrons d'assentament i les estratègies de subsistència en sistemes àrids a partir de la integració de dades mediambientals, arqueològiques i etnogràfiques, en una perspectiva a multiescala i multitemporal.

### **El projecte NoGAP**

La recerca que presentem a continuació s'emmarca dins el *North Gujarat Archaeological Project* (abreujat com a NoGAP), un acord de col·laboració entre el grup de recerca CaSEs (*Complexity and Socio-Ecological Dynamics*), del Departament d'Arqueologia i Antropologia de la Institució Milà i Fontanals del Consell Superior d'Investigacions Científiques (IMF-CSIC) i del Departament d'Humanitats de la Universitat Pompeu Fabra, i el Departament d'Arqueologia i Història Antiga de la Maharaja Sayajirao University of Baroda (MSUB, Índia).

Entre els anys 2007 i 2013 es dugueren a terme set campanyes de camp, que inclogueren les tasques següents:

1) Prospeccions geoarqueològiques i arqueobotàniques d'àmbit regional per tal de crear col·leccions de referència i reconstruir les dinàmiques geomorfològiques, hidrològiques i climàtiques del paisatge amb el suport de la teledetecció a multiescala i l'ús de sistemes d'informació geogràfica (SIG).

2) L'excavació de tres jaciments arqueològics per tal de datar i contextualitzar dipòsits antròpics propis d'ocupacions de caçadors-recol·lectors (Vaharvo Timbo, excavat el 2011), ocupacions de comunitats agrícoles-ramaderes (Datrana IV, excavat el 2010) i jaciments que poden presentar ocupacions mixtes (Lo-teshwar, excavat el 2009).

3) La recollida sistemàtica de restes bioarqueològiques (granes, carbons, restes òssies, fitòlits i midons) que puguin demostrar tant trajectòries de domesticació com interaccions entre les comunitats humanes i el seu medi.

4) L'estudi de seqüències sedimentològiques i micromorfològiques per a l'anàlisi dels processos edàfics i tafonòmics que han intervingut en la formació dels jaciments.

5) L'estudi etnoarqueològic de signatures antropològiques provinents d'activitats pastorals i agrícoles en comunitats contemporànies per a una millor interpretació del registre arqueològic.

### **Perspectives de la recerca**

L'estudi de les estratègies d'assentament i subsistència que planteja el projecte NoGAP s'emmarca en la teoria dels sistemes socioecològics (abreujat SESs, a partir de les seves sigles en anglès), un marc teòric i pràctic provinent de l'ecologia que postula que els processos humans (culturals) i ecològics (naturals) no són independents, sinó que estan altament interrelacionats (van der Leeuw i Aschan-Leygonie, 2000; Redman, 2005; Haberl *et al.*, 2006; Cumming, 2011; Cote i Nightingale, 2012). Un SES és un sistema complex caracteritzat per diferents graus de resiliència, definida com la capacitat del sistema d'ajustar-se a perturbacions (Folke, 2006; Janssen *et al.*, 2007; Widlok *et al.*, 2012). L'estudi dels SESs s'ha d'enfocar des d'una perspectiva multiescala, ja que les interaccions entre les societats i el medi es dona en múltiples escales temporals i espacials (Barton *et al.*, 2010; Anderies i Hegmon, 2011). La recerca arqueològica inspirada en la teoria dels SESs s'ha enfocat principalment en l'estudi d'estratègies sostenibles d'explotació dels recursos (Ellis i Wang, 1997; Glaser, 2007; Smith, 2009; Campbell i Butler, 2010; Spielmann *et al.*, 2011; Marchant i Lane, 2014) i les respostes de les societats humanes a la variabilitat climàtica (Costanza *et al.*, 2007).

Dins el marc dels SESs, les tècniques provinents de la geoarqueologia, l'arqueobotànica i l'etnoarqueologia ofereixen una perspectiva d'anàlisi a llarg termini que integra dades paleoclimàtiques, geomorfològiques i arqueològiques en tres escales: l'escala regional (unitats geomorfològiques definides per característiques del paisatge, p. ex. conques fluvials), l'escala local (unitats del paisatge com relictos fòssils connectats a activitats humanes, p. ex. l'entorn immediat d'un assentament) i l'escala intrajaciment (excavació o sondeig amb estratigrafia arqueològica).

## **Context geogràfic i arqueològic**

### **La vall de l'Indus**

La vall de l'Indus és un dels primers escenaris on es produïren la domesticació de plantes i animals i la consolidació de comunitats agrícoles-ramaderes urbanes (fig. 1). Aquest procés es documenta entre el 7000 i el 6000 aC a les zones altes del Balutxistan i al Sindh (Pakistan) (Madella i Fuller, 2006; Costantini, 2008). Al jaciment de Mehrgarh, situat en un creuament de les rutes de l'Indus cap a la plana iraniana, s'han documentat proves d'activitats agrícoles i pastorals de fa més de nou mil anys, però no és fins al cinquè/quart mil·lenni aC que es consoliden les comunitats d'assentaments tipus Mehrgarh i es produeix una primera expansió d'aquestes comunitats cap a les planes del riu Indus, on es desenvolupen diverses tradicions que configuren les produccions ceràmiques característiques de la fase preurbana de la CVI (3300-2600 aC) (Kenoyer, 1997; Possehl, 2000, 2002b).

La fase urbana de la CVI es desenvolupa durant la segona meitat del tercer mil·lenni aC (2600-1900 aC). Els centres situats en punts estratègics de rutes de pas es transformen en autèntiques ciutats amb un urbanisme regular i monumental (en són exemples Mohenjo Daro, Harappa, Rakhigarhi i Dholavira, entre altres). Hi destaquen la construcció en maons i pedra i la separació de l'espai urbà en diverses unitats, que configuren una societat especialitzada des del punt de vista productiu (Kenoyer, 1991; Possehl, 1997; Kenoyer *et al.*, 2013). L'existència de muralles i d'àrees de representació o ciutadelles reflecteix una estructura de poder consolidada, si bé es dubta actualment de la naturalesa d'aquesta, ja que mai s'ha provat que la CVI estigués basada en un estat centralitzat, sinó que més aviat emergí com un conjunt de centres urbans i comercials dedicats a l'explotació i el control de nínxols ecològics (McIntosh, 2008). Aquesta fase representa l'expansió territorial màxima de la CVI. La xarxa d'assentaments urbans establerts a les zones marginals de la vall fluvial, com Haryana, el Kachchh o el Gujarat continental, no ha estat interpretada com un domini polític, sinó com una estratègia de

selecció i explotació de matèries primeres i productes manufacturats. Aquest sistema es basava, per força, en la coexistència i l'establiment de relacions simbiòtiques entre les diverses comunitats regionals i els centres urbans (Sonawane, 2004), en què el Gujarat del Nord formaria una zona privilegiada amb diversos recursos: zones de pasturatge, recursos marins i jaciments de coure, àgata i calcedònia (Harris, 2013; Law, 2013; Chase *et al.*, 2014b).

Cap a finals del segon mil·lenni aC, les rutes comercials que havien mantingut els centres urbans perifèrics s'abandonen i els grans centres urbans entren en declivi. Aquesta fase posturbana (1900-1300 aC) representa la regionalització de l'anterior món urbà, caracteritzada per un augment de les activitats pastorals en petits assentaments estacionals. Les teories sobre cataclismes (tant naturals com antròpics) que han intentat explicar la caiguda del món urbà de la CVI són avui en dia rebutjades (Madella i Fuller, 2006) i les hipòtesis actuals busquen un consens basat en el canvi de les estratègies de subsistència que mantenien la connectivitat de la CVI (Fuller i Madella, 2000; Petrie *et al.* 2017).

## El Gujarat del Nord

### Regim monsonic i relictos fòssils

L'actual estat del Gujarat està format per l'illa de Kachchh, la península de Saurashtra i la zona continental, dividida pel riu Mahi en el Gujarat del Nord i del Sud. El Gujarat del Nord és una regió semiàrida (rep uns 400-600 mm de precipitació anual) situada entre el desert del Thar i la zona subhúmida que connecta amb la regió de Saurashtra. Les precipitacions varien considerablement intraanualment i interanualment, cosa que afecta la disponibilitat de recursos i, conseqüentment, les poblacions que en depenen. La majoria de les precipitacions es concentren durant el monso del sud-oest, que es produeix cada estiu (entre juny i setembre), tot i que les sequeres perllongades són un fenomen comú. Creuen la regió els rius West Banas, Saraswati i Rupen, que neixen a les muntanyes Aravalli i desemboquen a la Little

Rann, una extensa depressió de maresmes salines que configura la zona costanera de l'àrea d'estudi (fig. 2). Aquests rius són totalment dependents del règim monsonic i, per tant, són cursos efímers. Els sòls són majoritàriament eluvions aportats per sedimentació eòlica i al·luvions provinents de les muntanyes Aravalli acumulats per deposició fluvial (Chamyal *et al.*, 2003; Bhattacharyya *et al.*, 2013). A l'extrem septentrional, el medi es torna molt més àrid i es fon progressivament amb les dunes actuals del desert del Thar.

El paisatge actual està caracteritzat per una suau ondulació marcada per extensos camps de dunes fòssils, depressions inundables entre duna i duna que retenen humitat més enllà del monso i relictos d'antics rius (fig. 3). L'origen d'aquesta geomorfologia eòlica es remunta a la màxima expansió del desert del Thar durant l'últim màxim glacial, al plistocè final. Amb l'inici de l'holocè i la consolidació de la fase húmida *Younger Drias* es produeix una restauració generalitzada del règim monsonic, que comporta el retrocés gradual del desert del Thar ara fa set mil anys (Srivastava *et al.*, 2001). Aquest augment de les precipitacions originà la vegetació necessària per frenar i estabilitzar les dunes anteriorment actives (en moviment constant per l'acció del vent). Tot i que no hi ha un registre paleoecològic exhaustiu de l'àrea d'estudi, la investigació en curs dins el projecte NoGAP suggereix que algunes zones interdu-nals estaven permanentment inundades fins a l'holocè mitjà (Balbo *et al.*, en preparació). Fa uns tres mil anys, el monso s'estabilitzà amb una potència menor que la documentada a l'holocè inicial i mitjà i genera unes condicions climàtiques semiàrides similars a les actuals (Madella i Fuller, 2006).

Tradicionalment, l'agricultura al Gujarat del Nord es desenvolupa durant la campanya d'estiu (*kharif*) aprofitant les pluges del monso (Reddy, 1997). La introducció de tècniques modernes d'irrigació en els anys 1960 ha permès cultivar durant la campanya d'hivern (*rabi*), però alhora ha causat una forta degradació mediambiental i una sobreexplotació dels recursos hídrics (Kavalanekar *et al.*, 1992; Gupta i Deshpande, 2004).

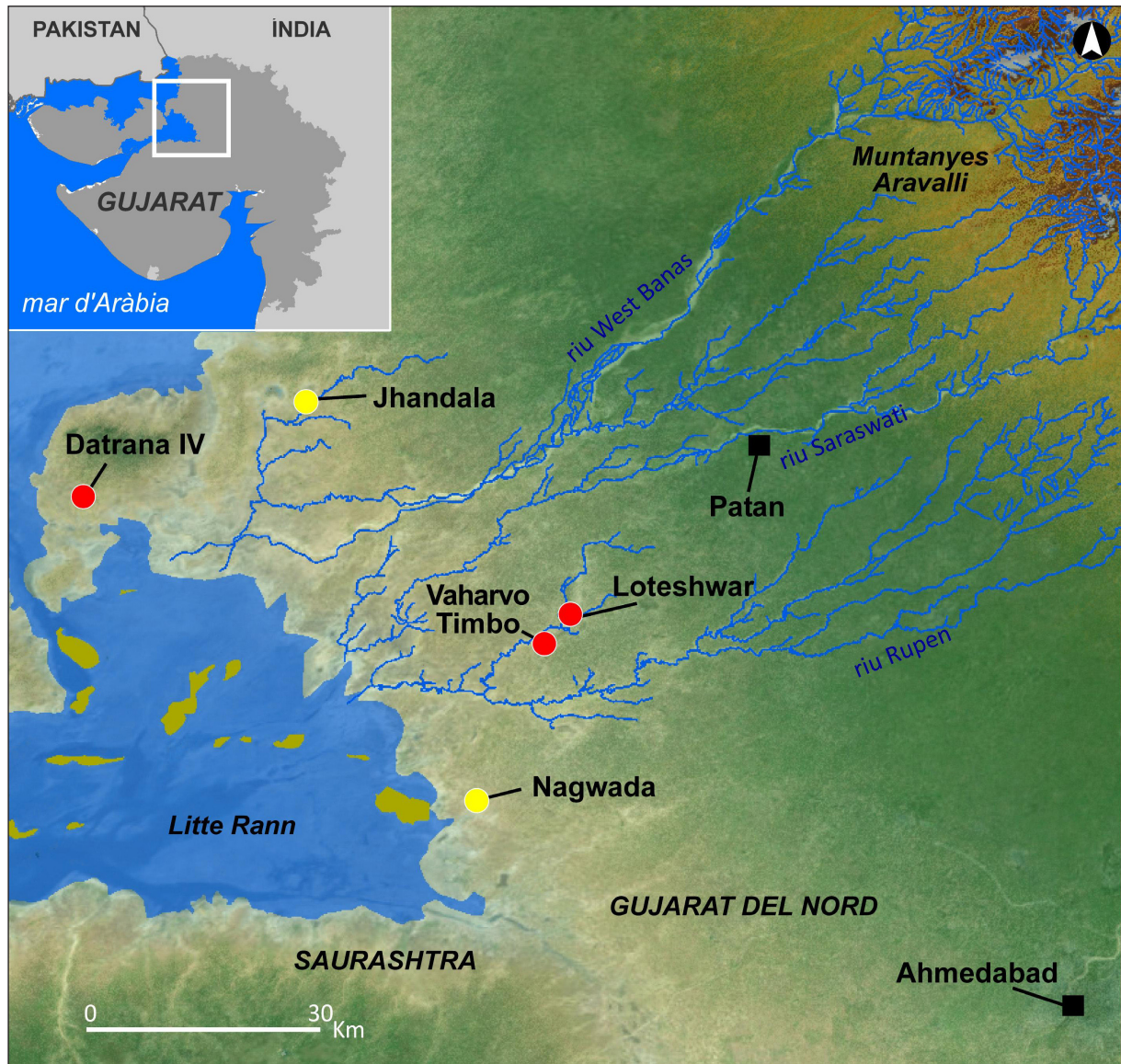


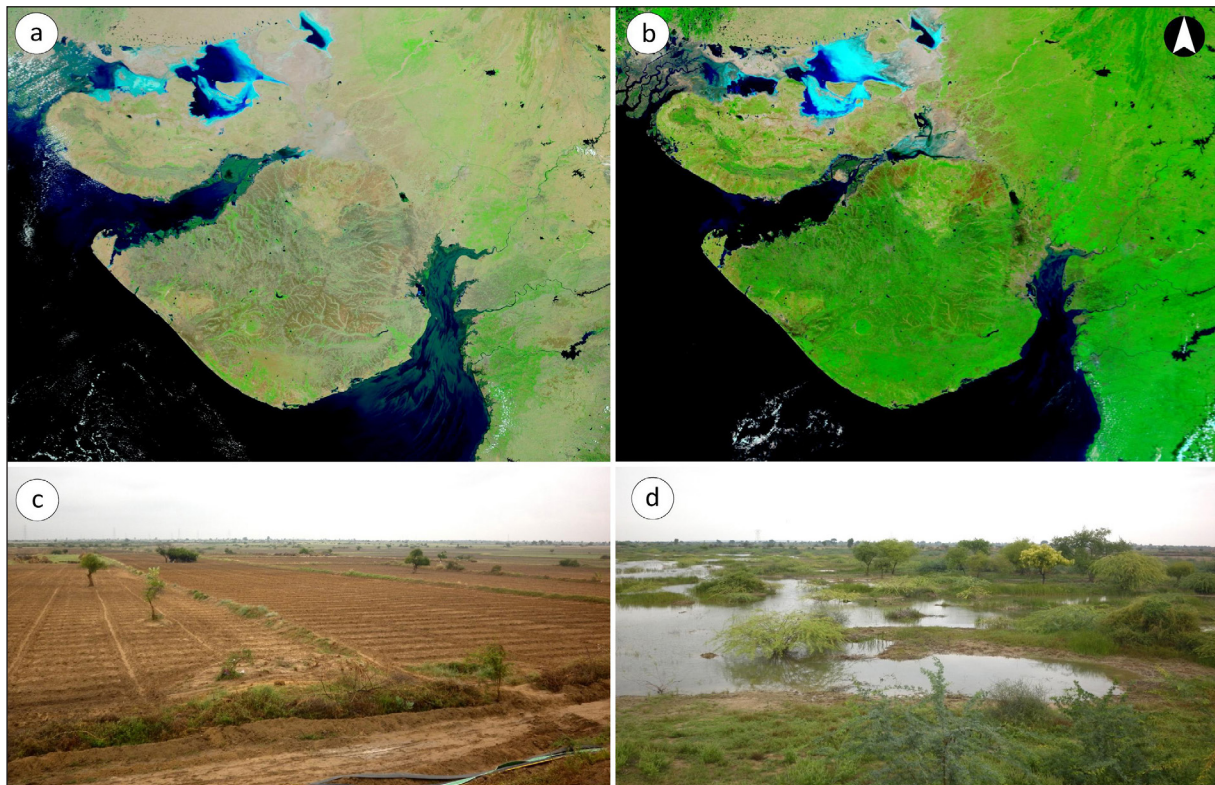
Figura 2. Localització del Gujarat del Nord i situació dels tres jaciments excavats (en vermell) i dels poblats de l'estudi etnoarqueològic (en groc) del projecte NoGAP

### Registre arqueològic

El registre arqueològic del Gujarat del Nord s'ha de contextualitzar amb el marc arqueològic del nord-oest de l'Índia i particularment amb les influències de la CVI. Durant l'holocè inicial i mitjà, el Gujarat del Nord va ésser ocupat per grups de caçadors-recol·lectors (CR) i agricultors-ramaders (AR). La majoria d'assentaments manquen d'estructures permanents i corresponen a una dispersió de materials lítics, ossis i ceràmics a la superfície de dunes fòssils.

Tradicionalment, la major part dels treballs arqueològics s'han basat en criteris de presència o absència de cronotipologies materials per identificar l'ocupació d'un assentament i el seu context cultural. Les cronotipologies més comunes es poden agrupar en tres grans blocs:

1) Les ocupacions de CR, corresponents a la definició tradicional del mesolític a l'Àsia del Sud, es caracteritzen per la presència d'indústria microlítica i l'absència de ceràmica. La presència de petits molins de mà indica que la



**Figura 3.** Vegetació i recursos hídrics al Gujarat: (a) imatge MODIS poc abans del monsó (9 maig 2012), (b) imatge MODIS durant el postmonsó (9 octubre 2012), (c) conreus en depressions interdunals, (d) inundació de la interduna just després del monsó

mòlta ja s'utilitzava en el processament d'aliments (Ajithprasad, 2004). El començament de l'ocupació de CR durant l'holocè està datat a principis del vuitè mil·lenni aC al jaciment de Datrana IV (Ajithprasad *et al.*, en preparació). D'altra banda, el final de l'ocupació de CR al Gujarat del Nord és un punt de controvèrsia: mentre que alguns autors defenen que continuà fins a finals del tercer mil·lenni aC (Misra, 1973; Sonawane, 2000), d'altres qüestionen la integritat estratigràfica dels jaciments d'on provenen aquestes datacions (Patel, 2009). Les datacions de radiocarboni de contextos inequívocament CR més recents daten de principis del cinquè mil·lenni aC al jaciment de Loteshwar (Ajithprasad, 2002, 2004; Patel, 2009).

2) Ceràmica de caràcter regional, definida com l'expressió d'un substrat autòcton que marca l'aparició i l'estabilització al territori de comunitats AR d'origen local, corresponent a la definició tradicional del calcolític de l'Àsia

del Sud. Al Gujarat del Nord predominen unes tipologies ceràmiques associades a la tradició Anarta (el nom tradicional d'aquesta regió). Els nivells més antics de la tradició Anarta localitzats al jaciment de Loteshwar (quart mil·lenni aC) mostren la manifestació més antiga de societats de tipus agrícola i pastoral en aquesta regió (Ajithprasad, 2004; Patel, 2009). També es documenta la presència de ceràmica preprabhas, el caràcter de la qual no ha quedat encara aclarit, al jaciment de Datrana (Ajithprasad, 2011; Rajesh *et al.*, 2013a; Rajesh *et al.*, 2013b; Rajesh i Krishnan, 2014), datat a finals del quart mil·lenni aC (García-Granero *et al.*, 2015).

3) Ceràmica de tipus regional, però que mostra influències de les tipologies que provenen de la vall de l'Indus durant la seva fase urbana (ceràmica Sorath Harappan) i posturbana (ceràmica Late Sorath Harappan) (Sonawane, 2002; Davis, 2015).

## Mètodes

Dins el projecte NoGAP hem desenvolupat una aproximació interdisciplinària, que integra dades ambientals, arqueològiques i etnogràfiques en una perspectiva multiescala (taula 1). A continuació descrivim els diferents mètodes aplicats a l'estudi de les relacions socials, la disponibilitat i l'explotació dels recursos i les dinàmiques del paisatge del Gujarat del Nord durant l'holocè.

### Geoarqueologia i anàlisi del paisatge

El Gujarat del Nord ha estat intensament explorat en els darrers anys per diversos equips, fet que ha generat una extensa carta arqueològica de localitzacions amb material en superfície (Bhan, 1994; Madella *et al.*, 2010, 2012a; Ajithprasad, 2011; Rajesh i Krishnan, 2014). Malauradament, la informació de la carta ar-

queològica estava esbiaixada a causa de la cobertura parcial però no completa del territori; les diverses percepcions personals de l'investigador, amb una manca de protocol per identificar jaciments, i les limitacions tecnològiques de les prospeccions anteriors (amb geolocalitzacions esbiaixades per manca de GPS d'alta resolució). D'altra banda, existeix una descompensació considerable entre la gran quantitat de localitzacions on s'han trobat dispersions de material arqueològic i els pocs jaciments que s'han excavat, i la diferència és encara més gran per a la disponibilitat de datacions absolutes (Patel, 2009). A aquestes limitacions cal afegir el dèficit en l'accés a dades públiques d'informació geogràfica i topogràfica, una informació restringida per motius polítics a causa de la proximitat de l'àrea d'estudi amb la frontera amb el Pakistan.

Per tal de superar aquestes limitacions, es combinà l'anàlisi d'imatges de satèl·lit amb una sèrie de prospeccions geoarqueològiques i bo-

Taula 1. Esquema dels mètodes i de l'aproximació multiescala del projecte NoGAP

	Escala regional (p.e. conques fluvials)		Escala local (entorn del jaciment)		Escala intrajaciment	
	Evidència	Objectiu	Evidència	Objectiu	Evidència	Objectiu
<b>Teledetecció</b>	imatges de satèl·lit i fotografia aèria	identificar característiques fisiogràfiques	imatges de satèl·lit i fotografia aèria teledetecció geofísica	identificar característiques fisiogràfiques identificar estructures soterrades	teledetecció geofísica	identificar estructures soterrades
<b>Arqueologia</b>	prospecció	enregistrar els conjunts arqueològics i estudiar els patrons d'assentament	prospecció d'artefactes/ecofactes	recuperar artefactes/ecofactes i estimar la seva distribució i tafonomia	excavació	entendre la seqüència estratigràfica i recuperar les macrorestes
	estudi de jaciments clau	entendre la seqüència arqueològica regional			tamisat de sediments	recuperar les microrestes
<b>Botànica i Arqueobotànica</b>	col·leccions de referència de plantes modernes	crear un marc de referència per identificar les restes arqueobotàniques	prospecció de la vegetació	explorar la distribució actual de recursos	flotació de sediments mostres de sediment a l'engròs	recuperar restes macrobotàniques extraure restes microbotàniques
	<b>Geologia i Geoarqueologia</b>	transsectes de sediment	avaluar la senyal multiespectral dels sediments superficials	mostreig de sediment	avaluar la senyal multiespectral dels sediments superficials	bolcs per micromorfologia i columnes de sediment
nuclis/columnes de sediment		definir grans fases de canvis mediambientals causats per variacions climàtiques	nuclis/columnes de sediment	identificar paleosòls		
<b>Datacions</b>	dinàmiques del paisatge i els contextos arqueològics					
<b>Geoposició</b>	base de dades per a una anàlisi SIG					



tàniques amb l'objectiu de 1) detectar possibles processos tafonòmics que afecten la interpretació arqueològica; 2) caracteritzar la geomorfologia regional, amb una atenció especial als recursos hídrics i edàfics; 3) corregir coordenades esbiaixades i detectar nous assentaments per enfortir l'anàlisi espacial dels patrons d'assentament en relació amb els recursos disponibles, i 4) entendre les relacions entre el règim de precipitació i el registre isotòpic.

### Observació terrestre

L'observació terrestre és especialment útil en àrees remotes o de difícil accés, o que manquen d'informació cartogràfica detallada. En els darrers anys, l'aplicació de la teledetecció en arqueologia mitjançant l'anàlisi d'imatges de satèl·lit s'ha consolidat com a eina essencial per a la detecció remota d'estructures arqueològiques i característiques antròpiques del paisatge (Wilkinson *et al.*, 2006; Wiseman i El-Baz, 2007; Parcak, 2009; Lasaponara i Masini, 2011; Comer i Harrower, 2013). L'auge en l'ús d'imatges de satèl·lit es deu, sobretot, a una millora constant dels instruments i els sensors que capturen les imatges (amb una resolució espacial que avui en dia arriba als 50 cm) i a un augment de les facilitats per obtenir imatges per a ús científic a través de les principals agències espacials.

El projecte NoGAP utilitzà imatges de satèl·lit amb una perspectiva socioecològica, en què es posen en relació els ecosistemes actuals (no oblidem que les primeres imatges per a ús civil apareixen a partir dels anys setanta) amb els diversos relictos fòssils i processos tafonòmics i geomorfològics que han intervingut en la formació del paisatge arqueològic (Challis i Howard, 2006; Rajani i Rajawat, 2011; Altaweel i Watanabe, 2012).

Les imatges utilitzades pertanyen a quatre tipologies diferents: 1) imatges històriques CORONA, provinents de la desclassificació dels arxius obtinguts amb els primers programes espia de reconeixement aeri dels EUA durant les dècades dels seixanta i setanta; 2) imatges multispectrals de mitjana i alta resolució (programa LANDSAT i imatges ASTER, IKONOS

i RapidEye); 3) imatges capturades amb radars d'obertura sintètica (SAR, per les seves sigles en anglès), com ara els productes ENVISAT i TerraSAR-X, i 4) models digitals d'elevació del terreny (SRTM, ASTER DEM i CARTOSAT). L'ús integrat d'aquestes dades ha permès explorar les dinàmiques del paisatge del Gujarat del Nord en una perspectiva multiescala (amb escales d'anàlisi a 90, 30, 15, 4 i 2 metres de resolució) i multitemporal.

### Prospeccions geoarqueològiques

La carta arqueològica es revisà amb una sèrie de prospeccions sistemàtiques amb GPS per tal de corregir coordenades errònies i localitzar de nou aquells assentaments parcialment destruïts per activitats antròpiques recents. En paral·lel, la necessitat de validar sobre el terreny la detecció de dunes fòssils mitjançant l'observació terrestre va permetre documentar l'existència o l'absència de proves arqueològiques en superfície de dunes no explorades anteriorment i ampliar, així, la carta arqueològica. A causa de la manca de cartografia detallada, les prospeccions s'integraren amb cartografia històrica (mapes topogràfics militars dels EUA i la URSS de la dècada dels cinquanta) i imatges de satèl·lit en una plataforma de connexió remota amb Google Earth Pro.

A escala local, d'altra banda, es realitzà una prospecció detallada de superfície basada en el mostreig per transecte en quatre dunes fòssils amb indicis de diferents ocupacions (CR, AR i ocupacions mixtes). Es dissenyà una secció transversal de la duna i es realitzà un mostreig sistemàtic en quadrícules per recollir i quantificar qualsevol prova arqueològica en superfície (sobretot ceràmica, ossos i indústria lítica). Per a cada quadrícula també es recollí una mostra de sediment superficial per a la seva caracterització fisicoquímica a partir de l'anàlisi granulomètrica (distribució de partícules per dimensions), la quantificació de matèria orgànica, carbons i carbonats (pèrdua al foc) i l'anàlisi geoquímica (espectrometria d'emissió atòmica) per tal d'identificar possibles signatures geogèniques i marcadors antròpics a la superfície de dunes fòssils.

### Prospeccions botàniques

Des de la perspectiva arqueobotànica, es realitzaren prospeccions en àmplies zones del Gujarat seguint les línies d'isohietes del monsó per mostrejar plantes modernes amb l'objectiu de crear una col·lecció de referència per 1) identificar espècies vegetals presents en el registre arqueològic (especialment la fusta i fitòlits de plantes llenyoses) i 2) entendre, mitjançant l'anàlisi d'isòtops, les relacions entre el règim de precipitació i el registre isotòpic tant en mostres d'arbres i arbustos actuals com en restes antracològiques. Aquest mostreig també serví per afegir a la col·lecció de referència làmines fines de fusta, mostres de carbons i làmines de fitòlits per a una millor interpretació del registre arqueològic. Per assolir aquests objectius, es dugueren a terme dos transsectes regionals de 3.000 km (des del sud de la península de Saurashtra fins al desert del Thar) el desembre del 2010 (post-monsó) i l'abril del 2013 (premonsó).

### Sondejos i registres paleoecològics

El reconeixement del territori mitjançant l'observació terrestre posà de manifest zones d'alt interès paleoecològic. Es realitzà un sondeig vertical en un perfil obert d'una duna fòssil al peu de les muntanyes Aravalli per comparar-lo amb les dunes excavades. Es realitzaren també quatre sondejos en depressions interdunals per avaluar el potencial de les columnes de sediment interdunal com a registre paleoclimàtic. La definició cronològica de fases fluviolacustres (èpoques humides de finals del plistocè i inicis de l'holocè) i fases d'inundació estacional (èpoques àrides de l'holocè mitjà) s'han avaluat en relació amb els models climàtics existents a escala regional i global (Liu *et al.*, 2003; Anderson *et al.*, 2010) i amb els canvis en els patrons d'assentament i les estratègies de subsistència.

### Integració SIG i creació de mapes temàtics

La carta arqueològica actualitzada, així com totes les dades geogràfiques, s'han uniformitzat en coordenades UTM i s'han integrat en

plataformes SIG. L'entorn SIG ha permès la creació d'escenaris socioecològics a partir de la cronologia relativa per a cada assentament, la geomorfologia regional i la disponibilitat de recursos.

### Excavacions i estratègies de mostreig intrajaciment

El primer jaciment excavat pel projecte NoGAP, l'any 2009, fou la duna fòssil de Loteshwar (coordenades 23 36 1.8N, 71 50 11.8E), situada al marge dret del riu Khari. El temple medieval de Loteshwar, situat en una duna pròxima rodejada per reserves d'aigua que aprofiten les depressions interdunals, testifica una pervivència d'assentament en duna que ha perdurat fins als nostres dies. Aquest indret ja fou excavat anteriorment per investigadors de la MS University of Baroda l'any 1990 (Manjhi *et al.*, 2000), quan es diferencià una primera ocupació de CR (7168-4703 aC) i una ocupació posterior d'AR de tipus Anarta (3681-2243 aC), amb una subsistència basada en l'explotació del zebú (*Bos taurus ssp. indicus*) (Patel, 2009). Aquests dos nivells diferenciats de CR i AR foren el motiu pel qual s'escollí aquest jaciment com a paradigma de duna reocupada per diferents poblacions.

L'any 2010 s'excavà la duna de Datrana IV (coordenades 23 46 41.7N, 71 07 26.2E), situada en una extensió de dunes fòssils molt pròximes a la zona de maresmes de la Little Rann. Aquesta duna fou sondejada per la MS University of Baroda a principis dels anys 1990 (Bisht *et al.*, 2000; Manjhi *et al.*, 2000), quan també s'identificaren ocupacions de CR i AR (amb ceràmica preprabhas).

El NoGAP centrà la tercera i última excavació, l'any 2011, a la duna de Vaharvo Timbo (coordenades 23 33 17.05E, 71 48 12.01N), ja que les prospeccions dutes a terme durant la campanya del 2010 havien documentat un alt contingut de micròlits i molins en superfície, amb absència de ceràmica, i interessava documentar una duna que a priori indicava tenir exclusivament nivells d'ocupació propis de comunitats CR.

### *Excavació en profunditat*

Els tres jaciments excavats mostraven una dispersió de materials en superfície sense cap estructura visible. El procés d'excavació es realitzà mitjançant l'obertura d'una cala de 4 x 4 metres a la part més alta de la duna, on es documenta la densitat màxima de materials. La cala fou posteriorment dividida en quatre sectors de 2 x 2 metres, que formarien la quadrícula de referència per a la documentació i el mostreig. L'excavació es dugué a terme en nivells artificials de 10 cm, tot respectant les unitats estratigràfiques identificades.

Els artefactes i els ecofactes diagnòstics (ceràmica, indústria lítica i fauna) foren documentats *in situ* amb estació total i recuperats per a la seva quantificació i posterior anàlisi. Tot el sediment extret de la cala fou garbellat en sec (malla de 0,5 cm) per recuperar macro-materials.

Durant el procés d'excavació s'aplicaren tècniques de documentació digital als sectors excavats de les dunes i al seu entorn immediat. L'extensió total de la duna fòssil es va georeferenciar amb estació total seguint una malla de punts cada 5/10 metres (segons l'elevació de la duna) per aconseguir un model d'elevació de qualitat per a l'anàlisi espacial posterior de la dispersió de materials en superfície. A escala intrajaciment, cada nivell d'excavació fou documentat amb ortofotos aèries. Els materials de cada nivell (artefactes, ecofactes, mostres i cotes de profunditat) es van vectoritzar en ortomosaics corregits, georeferenciats i integrats en entorns SIG. A més a més, a Vaharvo Timbo, el caràcter d'urgència per documentar una inhumació infantil i el seu aixovar ceràmic propicià l'ús de tècniques fotogramètriques per tal d'obtenir un model vectoritzat i un model fotogramètric en 3D de tot el conjunt funerari.

### *Mostreig arqueobotànic*

Les mostres arqueobotàniques es recolliren sistemàticament per a cada nivell i cada quadrícula als tres jaciments excavats i van incloure 1) la flotació de sediments per a l'anàlisi de

restes macrobotàniques (un mínim de 20 litres per a cada nivell); 2) el mostreig de sediment per a l'anàlisi de restes microbotàniques i el pH del sòl, i 3) la recollida de fragments ceràmics i eines de mòlta per al mostreig, l'extracció i l'anàlisi de restes microbotàniques.

### *Mostreig geoarqueològic*

Per tal de contextualitzar els nivells arqueològics amb les fases de formació, estabilització eòlica i processos postdeposicionals de les dunes, es realitzaren mostrejors verticals als perfils oberts de cada cala un cop finalitzada l'excavació. Cada mostreig va incloure la recollida de blocs per a la preparació de làmines primes, l'extracció de mostres per a la datació mitjançant luminescència òpticament estimulada (OSL) i la recollida de mostres cada 5 cm per a la seva anàlisi fisicoquímica.

### *Estudi etnoarqueològic*

La preservació de pràctiques constructives i agrícoles tradicionals a les zones rurals del Gujarat del Nord propicià un estudi etnoarqueològic als poblats tradicionals de Jhandala (coordenades 23 54 58.16N, 71 27 10.84E) i Nawgada (coordenades 23 19 30.71N, 71 42 32.51E). L'estudi inclogué entrevistes orals i el mostreig sistemàtic del paviment d'hàbitats en ús i del pati obert, on es realitzen tasques de processament agrícola i que presenta sòls d'estabulació. Les mostres del paviment recollides a Jhandala s'estudiaren mitjançant anàlisis químiques i de fitòlits per identificar marcadors antròpics en espais domèstics i correlacionar la informació de les entrevistes. Els resultats foren interpolats per a la identificació dels marcadors provinents de diverses activitats (p. ex., l'ús de combustible, l'emmagatzematge i la preparació i el consum del menjar), fet que permet tenir una referència per a possibles mostrejors en contextos arqueològics, fins i tot en aquells casos en què s'han perdut possibles proves físiques (p. ex., murs d'un habitatge). D'altra banda, a Jhandala es realitzà un estudi micromorfològic de les tàpies i els paviments

en espais domèstics per analitzar les tècniques constructives i de reparació.

Finament, a escala regional, s'analitzà la mobilitat de la comunitat Raiki/Rabari, un dels últims exemples de poblacions pastorals seminòmades que avui dia encara realitzen migracions estacionals determinades per l'estacionalitat del monsó, per entendre les dinàmiques de poblacions nòmades en regions semiàrides i crear models de comportament per a poblacions nòmades i seminòmades durant l'holocè.

### Simulació de sistemes socioecològics

Les proves arqueològiques i paleoclimàtiques del Gujarat del Nord serviren de base per a la creació de models basats en agents (ABM, per les sigles en anglès) en el marc del projecte SimulPast (Caro *et al.*, 2013; Madella *et al.*, 2014). Les tendències climàtiques es modelaren a partir de registres històrics de precipitacions (1871-2011) calibrats amb els models existents per al monsó asiàtic durant els últims deu mil anys. Les simulacions tingueren com a objectiu explorar les dependències entre les dinàmiques demogràfiques de poblacions CR i AR i el seu grau d'adaptació i resiliència en relació amb la climatologia durant l'holocè.

## Resultats i discussió

### Observació terrestre i dinàmiques del paisatge

Tradicionalment, el paisatge cultural del Gujarat del Nord ha estat descrit com un paisatge fòssil i ben preservat. La majoria d'estudis, però, han prestat poca atenció a les dinàmiques actuals del paisatge i al seu impacte en la preservació del registre arqueològic. Les prospeccions geoarqueològiques i botàniques, amb el suport de la teledetecció, van permetre identificar no només relictos fòssils, sinó també processos tafonòmics i geomorfològics actius avui dia, juntament amb els diversos factors socioeconòmics actuals que condicionen un paisatge cultural ben viu, evolutiu i continu.

### Unitats i relictos geomorfològics

La plana al·luvial del Gujarat del Nord s'estén des de les maresmes de la Little Rann fins a les muntanyes Aravalli. La conca de Khambat, una depressió tectònica que creua longitudinalment l'àrea d'estudi (Maurya *et al.*, 1995; Prasad *et al.*, 1998; Raj, 2012), és el factor principal que divideix la plana al·luvial en dues unitats geomorfològiques principals: la franja costanera i la franja de l'interior.

A la franja costanera es localitzen les dunes més ben preservades. Les dunes s'identifiquen fàcilment en imatges històriques (CORONA, en pancromàtic blanc i negre) i multiespectrals (ASTER, LANDSAT) a causa del contrast en la reflectància espectral produïda entre el sòl eòlic i l'al·luvial. La combinació de bandes en infraroig (fals color) permet detectar la vegetació i els cultius en el sòl fèrtil de la interduna (molt més ric en matèria orgànica i humitat respecte a la superfície de la duna) (fig. 4a). L'acumulació d'argiles i llims al sòl interdunal durant la inundació anual amb les pluges del monsó ha generat un vertisòl fèrtil, anomenat localment *black cotton soil*, que afavoreix el cultiu estacional del mill (*bajra*, *Pennisetum glaucum*), el sorgo (*jowar*, *Sorghum bicolor*) i altres cultius de secà collits durant el període postmonsònic (Conesa, 2011; Balbo *et al.*, 2013a).

La franja de l'interior s'estén sobre la conca de Khambat, reomplerta per sediments argilosos del terciari i quaternari previs a la deposició eòlica de finals del plistocè (Srivastava *et al.*, 2001; Juyal *et al.*, 2003). Aquests nivells porosos i permeables són responsables de la riquesa dels aqüífers en aquesta zona. Els sòls argilosos i l'explotació dels aqüífers han permès el desenvolupament de l'agricultura intensiva, responsable de la forta erosió de les dunes fòssils en aquesta franja i, en conseqüència, de la possible obliteració del registre arqueològic en superfície. La integració d'imatges històriques CORONA (prèvies a l'impacte agrícola i industrial), multiespectrals i de models d'elevació va permetre identificar superfícies de dunes fòssils amb registre arqueològic en superfície o bé parcialment obliterated sota l'horitzó de sòls més recents (Balbo *et al.*, 2013a; Conesa *et al.*, 2015).

A la zona interior, les conques fluvials dels rius West Banas, Saraswati i Rupen es caracteritzen per lleres estretes i rectilínies amb àrees de captació a l'alçada de les falles que delimiten la conca de Khambat. A la zona costanera, i a mesura que s'apropen a la desembocadura a la Little Rann, aquests es converteixen en rius anastomosats. Les fotografies CORONA, en comparació amb la cartografia topogràfica històrica, ha permès identificar els paleocanals i paleomeandres principals i delimitar zones potencialment inundables i inestables, com ara la xarxa anastomosada de la part baixa del riu West Banas. En aquesta àrea, la manca de registre arqueològic a la carta arqueològica s'explica pels notables canvis migratoris del riu, tot documentat en una forta sedimentació al·luvial que ha obliterat els nivells arqueològics superficials. (Balbo *et al.* 2013; Conesa, 2011).

### *Xarxa hidrològica*

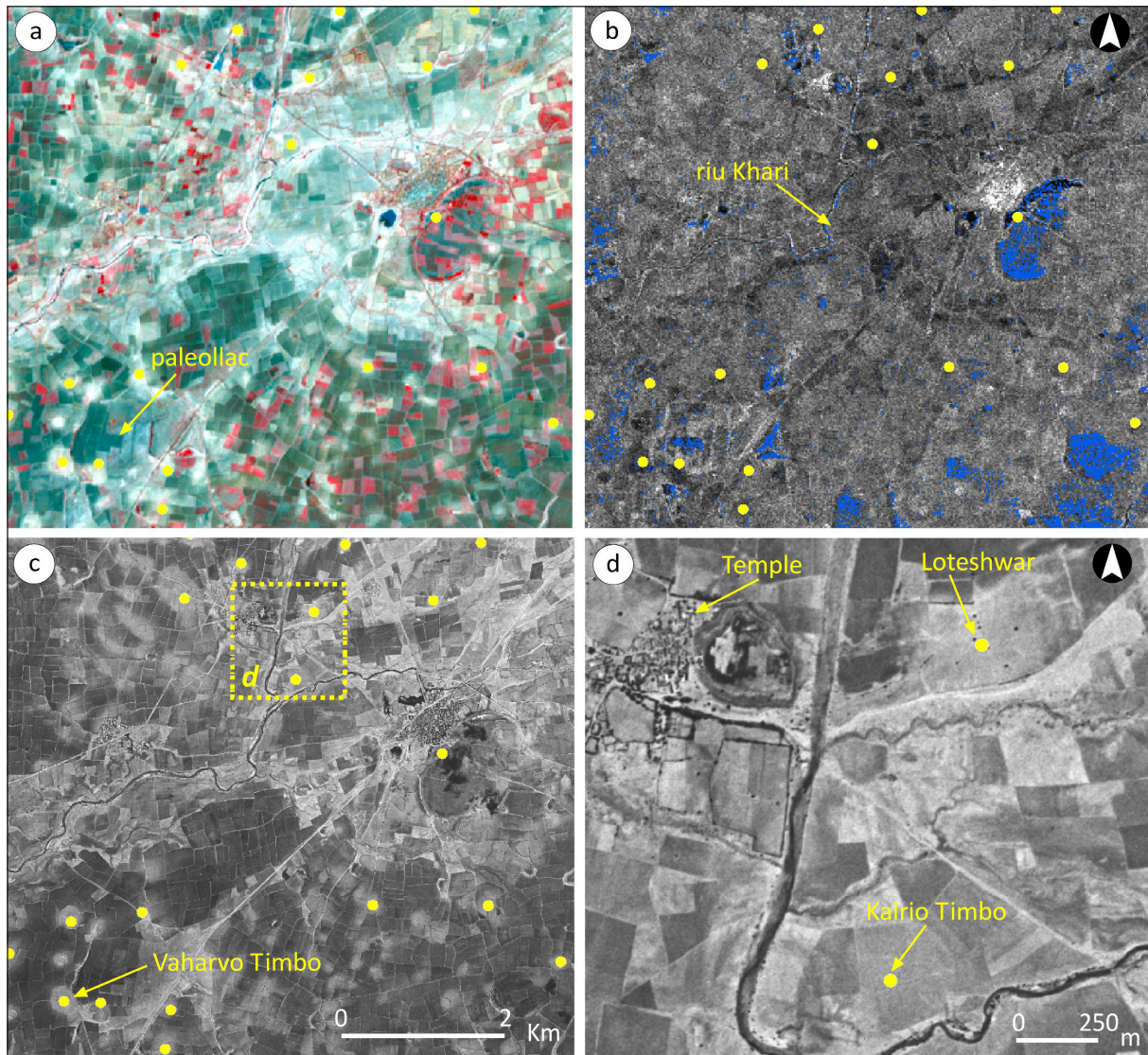
La plena observació dels fenòmens hidrològics, no obstant això, s'ha aconseguit amb l'aplicació dels sistemes de radar d'obertura sintètica (Holcomb i Shingiray, 2007; Kussul *et al.*, 2011; Soergel *et al.*, 2012). Aquests sensors, a diferència de la resta de sensors fotogramètrics o multispectrals, permeten capturar imatges en qualsevol condició climàtica, tant de dia com de nit, i poden penetrar capes de núvol. A més a més, l'exploració d'imatges multitemporals ENVISAT (2005-2009) ha permès relacionar els registres de precipitació amb les inundacions produïdes pel monsó (fig. 4b). Els mapes de canvi entre l'estació del monsó i els mesos postmonsònics, d'octubre a gener, mostren que moltes interdunes i paleocanals mantenen aigua al llarg de l'any. De fet, els sondejos han posat de manifest l'existència de paleollacs en moltes d'aquestes depressions inundables durant l'holocè mitjà (Balbo *et al.*, en preparació). Les imatges de radar han documentat també la capil·laritat dels sòls argilosos de la zona interior, una ràpida absorció freàtica de l'aigua del monsó i un increment de la humitat del sòl en època postmonsònica, especialment a les depressions pròximes a les conques fluvials (Conesa *et al.*, 2015).

### *Registres pluviomètrics*

Els resultats dels mostrejos de plantes modernes indicaren una forta correlació entre les mesures isotòpiques de la vegetació moderna i el gradient pluviomètric de l'àrea d'estudi (des dels 200 mm fins als 500 mm de precipitació anual). La comparació d'aquesta col·lecció de referència isotòpica amb mostres antracològiques de Loteshwar suggerí que les condicions pluviomètriques durant l'holocè mitjà eren lleugerament més humides que a l'actualitat, tal com suggereixen els models climàtics per les fluctuacions del règim monsònic durant l'holocè (Lancelotti *et al.*, 2013).

### *Impacte antròpic*

El Gujarat és avui dia un dels motors econòmics principals de l'Índia. En els darrers anys s'ha consolidat el creixement econòmic de la regió, fomentat per l'agricultura mecanitzada i el transport de mercaderies, cosa que ha fet augmentar la construcció de canals d'irrigació i infraestructures de transport (Dholakia, 2007; Dixit, 2009). Durant el període postcolonial s'inicià la transformació del paisatge actual i el canvi en l'explotació dels recursos hídrics per al conreu: a les reserves d'aigua interdunal s'afegiren els pous d'extracció, automatitzats poc després amb l'ús de bombes hidràuliques. L'ús de bombes hidràuliques motoritzades a partir de la dècada dels anys seixanta va augmentar amb la Revolució Verda, que significà el canvi dels conreus tradicionals cultivats a l'estiu aprofitant les pluges monsòniques per conreus comercials, com ara el blat i el cotó, que requereixen una gran quantitat d'aigua i es cultiven durant l'època seca (i requereixen, per tant, una explotació intensiva dels recursos hídrics freàtics). La Revolució Verda comportà no només una sobreexplotació alarmant dels nivells freàtics, sinó també una salinització progressiva dels sòls (Prakash, 2008). Per posar-hi remei, entre la dècada de 1990-2000 es posà en marxa l'anomenada Revolució Blava, l'exemple més notori de la qual és la construcció del canal de



**Figura 4. Aplicacions de l'observació terrestre a la conca del riu Khari, afluent del Rupen:**  
**(a)** imatge ASTER (1 novembre 2004) en fals color, que mostra la zona interdunal de Vaharvo Timbo identificada com a paleollac, amb assentaments al voltant (en groc) localitzats sobre dunes fòssils;  
**(b)** en blau, zones inundables durant el monsó, identificades amb imatges multitemporals de radar ENVISAT SAR; **(c)** ortofoto CORONA (2 maig 1972), i **(d)** detall CORONA de les dunes de Loteshwar i Kalrio Timbo, amb paleocanals associats al riu Khari

Narmada, que creua horitzontalment l'àrea d'estudi i nodreix de subcanals tota la zona costanera (Ranade *et al.*, 2004). Tot i així, els problemes de salinització no han disminuït i han generat disputes per l'ús de l'aigua del canal (Bradley i Phadtare, 1989; Mehta, 2007). Alhora, els canals d'irrigació han permès l'avenç de l'agricultura intensiva i la sobreexplotació dels camps.

Les noves infraestructures i pràctiques industrials, així com altres activitats (com ara l'expansió urbana, l'anivellament de camps o l'extracció massiva de sorra), han malmès dunes amb potencial registre arqueològic, fins al punt que el paisatge fòssil de la zona costanera, caracteritzat per la bona preservació de dunes fòssils i interdunes, està en risc de desaparèixer (Conesa *et al.*, 2015).

### **Carta arqueològica i patrons d'assentament**

La carta arqueològica es revisà i s'elaborà una cartografia temàtica per comprendre millor els patrons d'assentament. La carta arqueològica actual consta de dues-centes dues dunes fòssils amb material arqueològic en superfície. D'aquestes, se'n visitaren vuitanta-set per comprovar el seu estat actual i corregir la seva situació i se n'hi afegiren setanta-set de noves. La detecció de dunes fòssils a la franja interior, mai explorada anteriorment, permeté identificar divuit jaciments nous. El registre arqueològic en superfície és força heterogeni i sovint presenta diverses tipologies ceràmiques (Anarta i CVI preurbà, urbà i posturbà), indústria lítica i restes de fauna. Les dunes que a priori presenten un sol registre tipocronològic són: vint-i-nou dunes aceràmiques microlítiques, sis dunes amb material Anarta i trenta-vuit dunes amb material de la fase posturbana de la CVI. Totes les altres presenten una dispersió de diversos materials que, a causa de l'ús perllongat de certes tradicions (p. ex., la indústria lítica o la ceràmica Anarta), fa difícil determinar la seva atribució cronològica correcta sense una excavació.

La majoria d'assentaments es localitzen en dunes pròximes a depressions que retenen aigua durant mesos després de les inundacions del monsó. La major densitat d'assentaments es localitza als corredors naturals identificats a l'àrea d'estudi: la costa de la Little Rann (corredor horitzontal) i les conques fluvials (corredors verticals). La Little Rann és encara avui en dia una reserva per a la fauna salvatge (Ishnava *et al.*, 2011) i la presència d'otòlits, fauna i micròlits en jaciments de tipus CR testimonien la pràctica de la caça i la pesca. Tal i com succeeix avui en dia, els llacs estacionals presents en interdunes o lleres de paleocanals haurien actuat com a illes ecològiques per a la fauna local i, eventualment, haurien suportat el cultiu de plantes després de la inundació (fig. 4c i d). De fet, molts poblats actuals s'han bastit sobre dunes fòssils de la zona costanera aprofitant les zones interdunals per a l'agricultura o bé convertint-les en reserves d'aigua per abastir

els serveis ecològics del municipi (Mehta, 2001; Sutcliffe *et al.*, 2011).

La tradició Anarta es manté vigent durant la fase urbana de la CVI i es caracteritza per assentaments de curta durada amb economies dedicades a l'explotació pastoral seminòmada en zones obertes i en contacte amb els centres urbans (Ajithprasad, 2004; Sonawane, 2004). El caràcter ramader d'aquestes comunitats es veuria intensificat per les rutes de transhumància entre les regions del Kachchh i Saurashtra que creuaven el corredor natural del Gujarat del Nord (Ajithprasad, 2004; Bhan, 2011), tot aprofitant els recursos estacionals produïts pel monsó. Durant l'última fase de la CVI, al Gujarat del Nord es documenta un trencament de les rutes que proveïen objectes manufacturats de la vall de l'Indus i una proliferació de petits assentaments de caràcter rural.

L'ocupació dels corredors naturals de l'àrea d'estudi també es demostrà amb les rutes actuals de les poblacions ramaderes seminòmades. En particular, la mobilitat és un aspecte clau per als Raika/Rabari (el grup ramader més important de l'Índia) a l'hora d'assegurar l'accés als recursos, tant per a les poblacions humanes com per als ramats (Salpeteur *et al.*, 2015, Salpeteur *et al.*, en premsa).

### **Excavacions i registres paleobotànics**

#### **Loteshwar**

La seqüència estratigràfica de Loteshwar aportà unitats similars a les excavacions anteriors (Manjhi *et al.*, 2000): un dipòsit CR a la cota -1,20 m de profunditat i, per sobre, un dipòsit AR a la cota -0,60 m. Els nivells CR estan tallats per tres sitges AR de fins a 1,70 m de profunditat, dues de les quals presenten un nivell de revestiment blanquinós a la base identificat com un nivell de gramínies per aïllar el contingut de les sitges (Balbo *et al.*, 2014). Els artefactes recuperats dels nivells AP inclouen un gran nombre de fragments ceràmics (majoritàriament del tipus Anarta), alguns dels quals presenten traces d'ús posterior (com ara discs perforats), objectes metàl·lics, denes, braçalets i nombrosa indústria lítica (taula 2). El dipòsit

**Taula 2. Artefactes recuperats a les excavacions de Loteshwar, Datrana IV i Vaharvo Timbo**

	Loteshwar	Datrana IV	Vaharvo Timbo
<b>Ceràmica</b>	ca 13.000 fragments de ceràmica Anarta, 2 fragments de ceràmica Harappan	ca 2.500 fragments de ceràmica Pre-Prabhas, 52 fragments de ceràmica Early Harappan	93 fragments petits (models o no diagnòstics), 2 pots de ceràmica Early Harppan Sindh
<b>Indústria lítica</b>	làmines i eines geomètriques i no geomètriques de sílex i calcedònia	làmines i eines geomètriques i no geomètriques de sílex i calcedònia; làmines i nuclis de sílex amb cresta; làmines de sílex de Rohri (Pakistan)	làmines i eines geomètriques de sílex i calcedònia
<b>Eines de mòlta</b>	petits fragments de bases i mans de molí	petits fragments de bases i mans de molí	petits fragments de bases i mans de molí
<b>Denes</b>	diverses denes d'esteatita, amazonita, terrissa, cornalina i lapislàtzuli	diverses denes i denes inacabades, principalment de cornalina	—
<b>Metall</b>	3 objectes de coure, incloent-hi un braçalet	2 punxes de coure	—
<b>Terracota</b>	diversos objectes, incloent-hi boletes i una figureta humana	diversos objectes	—
<b>Conquilla</b>	denes de <i>Dentallium</i> sp. i peces de braçalet de <i>Turbinella pyrum</i>	pees de braçalet de <i>Turbinella pyrum</i>	denes de <i>Dentallium</i> sp.
<b>Os</b>	fragments d'os tallat	—	fragments d'os tallat

CR està compost principalment per eines de mòlta i indústria lítica similar als nivells AR superiors (Madella *et al.*, 2011; Gadekar *et al.*, 2014). La majoria de les granes es trobaren als nivells Anarta i inclouen sèsam domèstic, diverses espècies de mills petits, una llavor d'una lleguminosa tropical, alguns fragments de blat/ordi, ciperàcies i males herbes relacionades amb el cultiu del mill. Els fitòlits, abundants tant a les mostres de sediment com a les eines de mòlta, provenen principalment de poàcies panicoides (subfamília que inclou els mills petits). Els midons, escassos a les mostres de sediment però abundants a les eines de mòlta, provenen principalment de poàcies panicoides i, a les mostres Anarta, també de lleguminoses. Els resultats de l'estudi arqueobotànic suggereixen que els habitants de Loteshwar combinaven la ramaderia seminòmada de bovins (Patel, 2009) amb el cultiu de plantes altament adaptades a un medi semiàrid, com ara els mills petits i el sèsam, la qual cosa acabà resultant en la seva domesticació (García-Granero *et al.*, 2016).

### Datrana IV

La seqüència estratigràfica de Datrana IV mostra una ocupació AR amb una potència estratigràfica d'1,2 m de profunditat, caracteritzada

per diversos conjunts de material (Madella *et al.*, 2012a). Els artefactes recuperats inclouen ceràmica preprabhas i de la fase preurbana de la CVI, objectes de coure, denes, collarets i una quantitat inusual d'indústria lítica (taula 2). La indústria lítica presenta més de deu mil peces, entre les quals predominen les làmines i els nuclis amb cresta (úniques al registre arqueològic del Gujarat del Nord). La presència de làmines de sílex de Rohri (Pakistan) i d'un nombre important de perforadors representa una altra novetat respecte al conjunt lític de Loteshwar (Gadekar *et al.*, 2013). Pel que fa a l'anàlisi arqueobotànica, es trobaren poques granes, que inclouen una poàcia silvestre, ciperàcies, raquis d'ordi i males herbes. Els fitòlits eren virtualment absents, tant a les mostres de sediment com a les eines de mòlta. Els midons, escassos a les mostres de sediment però abundants a algunes eines de mòlta, provenen principalment de poàcies panicoides. Els resultats de l'estudi lític i l'anàlisi arqueobotànica indiquen que els habitants de Datrana IV es dedicaven principalment a la producció d'eines lítiques i consumien plantes cultivades localment (mills), però que no les produïen, cosa que suggereix una interacció amb altres comunitats del Gujarat del Nord per obtenir menjar (García-Granero *et al.*, 2015).



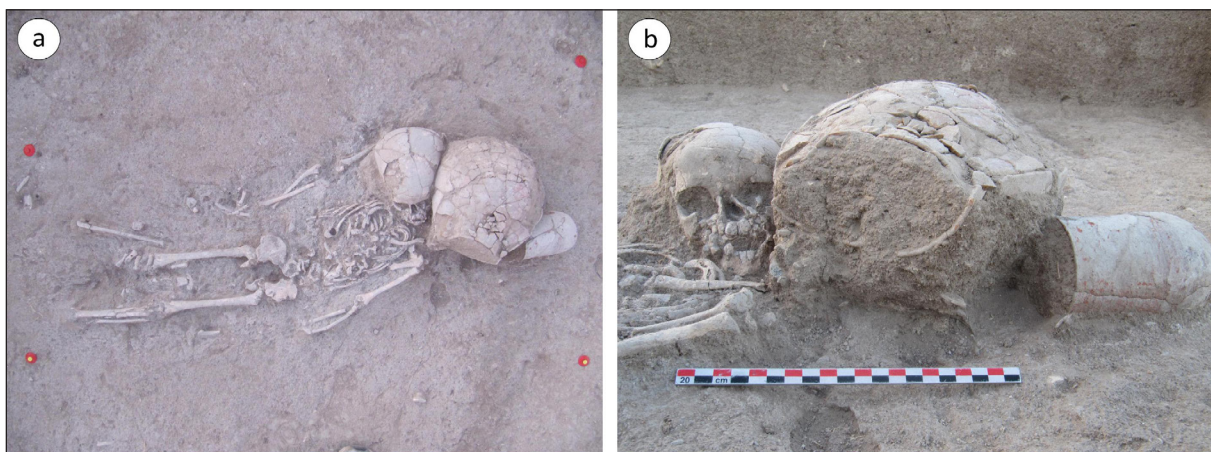
### Vaharvo Timbo

A Vaharvo Timbo es van excavar dues cales. A la cala 1 es documentà una ocupació uniforme CR (cota -0,50 m) amb tres sitges de dimensions i forma diferents que baixaven fins a la cota -1,35 m. Els materials d'aquesta cala inclouen fragments de fauna treballada, indústria lítica, ceràmica sense determinar (probablement intrusions modernes) i denes de conquilles (taula 2). A la cala 2 es trobà, molt a prop de la superfície (cota -0,18 m), una fossa d'inhumació amb aixovar associat a la fase preurbana de la CVI, juntament amb una llar associada a la inhumació (Madella *et al.*, 2012b). Un cop l'esquelet va ser documentat amb tècniques fotogramètriques (Mateos i Remolins, en preparació), es procedí a l'extracció en bloc de tot el conjunt per a la seva anàlisi posterior a la MS University of Baroda (fig. 5). L'estudi antropològic determinà que la inhumació correspon a un infant d'uns set anys d'edat de sexe indeterminat (Mushrif-Tripathy *et al.*, 2014). Es trobaren poques granes, que inclouen sèsam silvestre i diverses espècies de poàcies silvestres. El registre fitolític és relativament pobre, tant a les mostres de sediment com a les eines de mòlta, però es documenta la presència de gramínies, ciperàcies i palmes, tot indicant l'explotació de diversos nínxols ecològics com a part d'una economia d'ampli espectre (García-Granero *et al.*, 2016).

### Marcadors antròpics

#### Signatures en dunes fòssils

El mostreig fisicoquímic en transectes de superfície permeté distingir diversos graus d'ocupació a la superfície de dunes fòssils. Les signatures geoquímiques del contingut de calci i fòsfor s'interpretaren com a signatures geogèniques i antròpiques, respectivament. El contingut de calci i carbonats, juntament amb un baix contingut de fòsfor, predomina en dunes amb una ocupació antròpica de poc impacte (com aquelles definides per poblacions CR) i es correspon als nivells de carbonats similars en dunes actives del desert del Thar (Khadkikar *et al.*, 2000; Dhir *et al.*, 2010). Les dunes amb una o diverses fases d'ocupació AR, en canvi, presenten un contingut més baix de carbonats i un alt contingut de fòsfor amb un sediment molt més fi, interpretat com els residus d'una forta activitat antròpica de tipus pastoral (Conesa *et al.*, en premsa). El mostreig de transectes de superfície complementa i millora la interpretació del registre material recollit en superfície. A més, la seva aplicació en algunes dunes fòssils pot millorar la planificació d'excavacions futures, ja que la interpolació espacial de les mostres permet identificar l'extensió de la superfície de la duna original (sobretot quan la inspecció visual o per satèl·lit no és suficient) i permet acotar les àrees susceptibles de preservar una potència arqueològica més significativa.



**Figura 5.** Inhumació infantil de Vaharvo Timbo, poc abans de la seva documentació amb tècniques fotogramètriques i de l'extracció en bloc del conjunt funerari

### *Activitats domèstiques a Jhandala*

L'estudi micromorfològic de les tàpies i els paviments a Jhandala permeté determinar els marcadors microscòpics de les tècniques constructives tradicionals (capes successives de fang, aigua i fems d'herbívors), cosa que va possibilitar la seva identificació al registre arqueològic (Yannitto, 2011).

L'aplicació de mètodes geoestadístics per interpolar el resultat del mostreig del paviment de la casa de Jhandala demostrà la importància d'aquests estudis per identificar sòls i nivells arqueològics amb espais d'ús diferents (Lancelotti i Madella, 2012; Rondelli *et al.*, 2014; Lancelotti *et al.*, 2016). La distribució de fofats, per exemple, reflecteix una diferència clara entre l'interior (activitats de processament d'aliments) i l'exterior porticat de la casa, amb una proporció més elevada de fofats a causa de l'establució d'animals en aquest espai. La concentració de residus de proteïnes identifica l'àrea interior destinada a l'emmagatzematge,

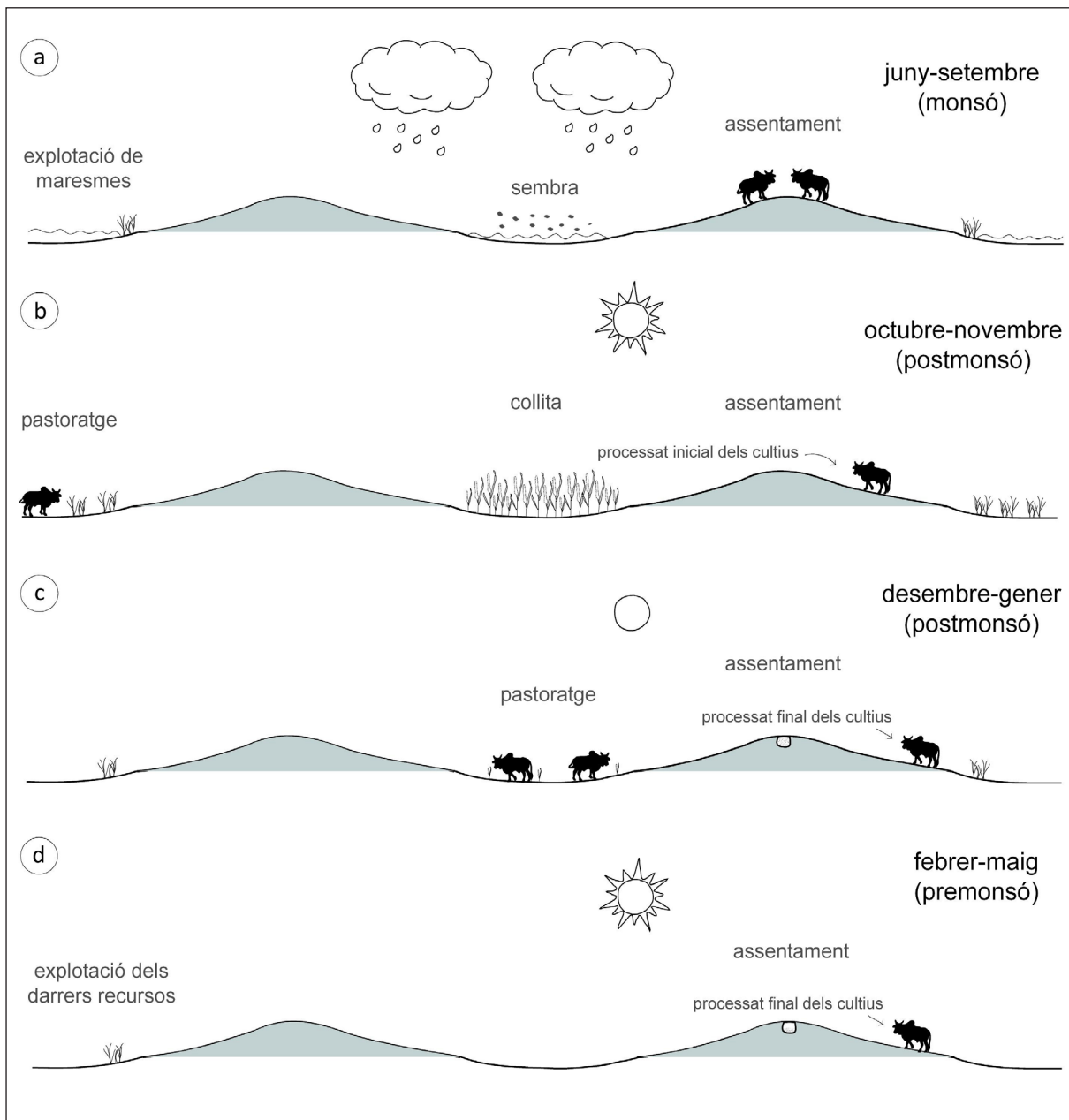
mentre que els àcids grassos es relacionen amb els espais de preparació de productes làctics. Els mapes de distribució dels elements propis de fems (Al, Ba, Ca, Fe, Mn, Mo, Ni i Pb) i cendra de fusta (Ca, K, Mg, Al, P) mostren dues àrees de fogars diverses: mentre que el combustible de fem es va fer servir al fogar del pòrtic, a les llars interiors predominava el combustible de fusta. Tots els resultats es van comparar i validar amb les entrevistes orals als membres de la granja (fig. 6).

### *Interaccions entre les poblacions humanes i el medi*

Els resultats dels models basats en agents demostren que la mitjana i la variància anuals de precipitacions són els paràmetres principals que afecten la disponibilitat de recursos. Les simulacions mostren una forta estacionalitat, coherent amb la resiliència de les poblacions CR al nord-est de l'Índia, amb



**Figura 6.** Exemples de l'estudi etnoarqueològic: (a) aplicació de revestiment en paviments d'ús domèstic, (b) unitat familiar estudiada al poblat de Jhandala i (c) ramader seminòmada Rabari, en migració cap al Kachchh



**Figura 7. Explotació dels recursos en el sistema duna-interduna per poblacions AR (adaptat de García-Granero et al., en premsa, figura 6)**

independència de l'escala geogràfica que s'utilitzi en el model. Per tant, almenys a mitjà termini (durant l'holocè inicial i mitjà), els canvis en les tendències del règim monsonic no són suficients per explicar la desaparició de poblacions CR al Gujarat del Nord (Balbo *et al.*, 2013b). L'aparició de noves estratègies d'explotació del territori (AR) tampoc explica la suplementació d'estratègies CR, ja que una estratègia basada purament en l'agricultura i

la ramaderia domèstica no cobreix les necessitats de subsistència mínimes a causa de l'alta variabilitat interanual en el règim monsonic. Els resultats de les simulacions apunten que l'estratègia econòmica més viable és la combinació de pràctiques diferents, tal com podria ser la combinació d'activitats CR i AR, la possible mobilitat estacional o l'adquisició de productes provinents d'altres nínxols ecològics (Lancelotti *et al.*, en premsa)

La prova arqueològica suggereix que els grups CR que habitaren el Gujarat del Nord durant l'holocè inicial-mitjà explotaren una gran varietat de plantes silvestres que creixien en diversos nínxols ecològics, dels quals ressalten les zones pantanoses o inundables (fig. 7). Combinada amb dades zooarqueològiques, la prova arqueobotànica de Vaharvo Timbo i els nivells CR de Loteshwhar demostren que aquests grups tenien una economia d'ampli espectre (Zeder, 2012). L'afebliment progressiu del monsó fa uns set mil anys forçà les poblacions humanes a adoptar la ramaderia seminòmada i el cultiu de plantes, cosa que donà com a resultat la domesticació de diverses espècies de mills petits, lleguminoses i sèsam, sense deixar de banda la recol·lecció de plantes silvestres. La producció agrícola es duia a terme probablement de forma comunal i involucrava la majoria del grup AR. La prova de Datrana IV suggereix l'existència d'especialització econòmica a escala local (Gujarat del Nord). Segons aquesta hipòtesi, dues comunitats ocuparien el mateix nínxol ecològic però diferents nínxols econòmics i durien a terme activitats complementàries: la producció d'aliments (poblacions AR Anarta) i l'artesanía especialitzada (p. ex., la talla lítica a Datrana IV).

L'estudi de la manera en què les poblacions humanes afrontaren la manca i la impredictibilitat dels recursos en el passat és fonamental per entendre les estratègies de llarga durada emprades per adaptar-se a condicions climàtiques i mediambientals adverses. Els cultius adaptats al règim monsonic, com ara els mills i les lleguminoses tropicals, han estat l'aliment bàsic al Gujarat del Nord durant els darrers cinc mil anys. La producció agrícola moderna, però, es basa en cultius destinats a una economia de mercat, que requereixen una gran quantitat d'aigua provinent, en major part, de la sobreexplotació dels recursos freàtics, que és la causant principal d'una ràpida degradació del medi. A més a més, la construcció recent de grans canals d'irrigació està canviant les dinàmiques hidrològiques locals (amb conseqüències a mitjà i llarg termini encara desconegudes) i destruint el patrimoni arqueològic. Els costos mediambientals de l'agricultura

moderna contrasten amb el baix impacte ecològic de les estratègies de subsistència tradicionals que perviuen avui en dia, tant pel que fa a l'agricultura (Singh, 2010) com pel que fa a la ramaderia (Salpeteur *et al.*, en premsa). Tenint en compte aquestes consideracions, tornar al conreu tradicional i a pràctiques ancestrals de gestió de recursos hídrics sembla la millor alternativa per mirar de pal·liar la degradació ecològica en aquesta i en altres regions semiàrides del món. En aquesta direcció, algunes iniciatives recents advoquen per la integració de tècniques de microirrigació (com el regatge gota a gota) amb la restitució de la irrigació postmonsònica d'abast local basada en la restauració i el manteniment de zones interdunals i reserves d'aigua (Shah, 2014; Chinnasamy *et al.*, 2015).

## Conclusions

L'apreciació completa de la distribució de restes arqueològiques a escala regional depèn de la nostra capacitat de correlacionar les condicions ambientals i els processos geomorfològics ocorreguts durant l'holocè amb les característiques fisiogràfiques del paisatge actual. Els resultats del projecte NoGAP, presentats de forma resumida en aquest article, demostren la manera en què la integració de diverses disciplines i escales d'anàlisi permet avaluar de forma més acurada les estratègies sostenibles d'ús del sòl per poder millorar els models de gestió ambiental i de preservació arqueològica. Tanmateix, l'estudi dels processos de llarga durada pot ajudar a assolir l'equilibri mediambiental i patrimonial del Gujarat a mitjà i llarg termini. L'aplicació d'aquesta visió, característica dels estudis de sistemes socioecològics, és particularment important a les zones àrides i semiàrides, afectades actualment per l'amenaça de la desertització i l'escalfament global.

## Agraïments

El projecte NoGAP ha comptat amb el finançament del Programa Excava (2009) de l'Agèn-

cia de Gestió d'Ajuts Universitaris i de Recerca de la Generalitat de Catalunya; del *Programa de Ayudas para Proyectos Arqueológicos en el Exterior* (2009-2012) del Ministeri d'Educació, Cultura i Esport; del Programa Estatal d'I+D+i (2011-2013) del Ministeri d'Economia i Competitivitat, i del Programa CONSOLIDER INGENIO 2010 (2010-2017) del Ministeri d'Economia i Competitivitat. El projecte ha estat beneficiari de les llicències següents per a ús científic d'imatges d'observació terrestre: ESA EOPI 12931, 13095 i 28764; DLR Science System HYD2578, i NASA-USGS LPDAAC Educational User. Estem profundament agraïts a tots els membres que han integrat el projecte NoGAP durant les diferents campanyes: J. Caro, R. Dumka, G. Fiorentino, C. French, N. García, G. Kothyari, J.L. Mateos, P. Morthekai, V. Mushrif-Tripathy, D. Rodríguez, B. Rondelli, J. Ruiz, M. Salpeteur, P. Sukumaran, A. Tripathi i V. Yannito. Agraïm també el suport rebut per part dels col·legues del Department of Archaeology and Ancient History, The Maharaja Sayajirao University of Baroda i de l'Institute of Seismological Research, Gandhinagar, i de l'equip del portal Recerca en Acció per la divulgació científica del projecte durant la campanya del 2011 (<http://www.recercaenaccio.cat/aventures-cientifiques/expedicio-al-gujarat-india/>). Agraïm a N. Devanthéry i O. Monserrat, del Centre Tecnològic de Telecomunicacions de Catalunya, la seva col·laboració en l'estudi d'imatges de radar SAR; a A. Lobo, de l'Institut de Ciències de la Terra Jaume Almera, la seva col·laboració en l'estudi del mostreig de superfície en transectes, i a P. Povea i M. Gual, del Departament d'Estratigrafia, Paleontologia i Geociències Marines de la Facultat de Geologia de la Universitat de Barcelona, el seu suport en l'anàlisi de mostres fisicoquímiques. Durant el desenvolupament d'aquesta recerca, FCC i JJGG van gaudir d'ajuts JAE Predoc del Consell Superior d'Investigacions Científiques i del Fons Social Europeu, i ALB va gaudir d'un Ajut Juan de la Cierva del Ministeri d'Economia i Competitivitat. CaSEs (<http://cases.upf.edu>) és un grup de recerca emergent reconegut per la Generalitat de Catalunya (SGR-e 1417).

## Bibliografia

- AJITHPRASAD, P. (2011). "Chalcolithic Cultural Patterns and the Early harappan Interaction in Gujarat", *Cultural Relations between the Indus and the Iranian Plateau during the Third Millenium BCE*. Harvard Oriental Series, [Cambridge], p. 11-42.
- AJITHPRASAD, P. (2004). "Holocene Adaptations of the mesolithic and Chalcolithic Settlements in North Gujarat", *Monsoon and Civilizations*. Roli Books, [New Delhi], p. 115-132.
- AJITHPRASAD, P. (2002). "The Pre-Harappan cultures of Gujarat", *Indian archaeology in retrospect*. Manohar, [New Delhi], p. 129-158.
- ALTAWHEEL, M.; WATANABE, C. E. (2012). "Assessing the resilience of irrigation agriculture: applying a social-ecological model for understanding the mitigation of salinization", *Journal of Archaeological Science*, 39, 4, p. 1160-1171.
- ANDERIES, J. M.; HEGMON, M. (2011). "Robustness and resilience across scales: Migration and resource degradation in the prehistoric U.S. Southwest", *Ecology and Society*, 16, 2, p. 1-24.
- ANDERSON, D. M.; BAULCOMB, C. K.; DUUVIER, A. K.; GUPTA, A. K. (2010). "Indian summer monsoon during the last two millennia", *Journal of Quaternary Science*, 25, p. 911-917.
- BALBO, A. L.; RONDELLI, B.; CECÍLIA CONESA, F.; LANCELOTTI, C.; MADELLA, M.; AJITHPRASAD, P.; CONESA, F. C. (2013a). "Contributions of geoarchaeology and remote sensing to the study of Holocene hunter-gatherer and agro-pastoral groups in arid margins: The case of North Gujarat (Northwest India)", *Quaternary International*, 308-309, p. 53-65.
- BALBO, A. L.; REYES-GARCÍA, V.; MONTAÑOLA, C.; MADELLA, M.; RUBIO, X. (2013b). "Agent-based simulation of Holocene monsoon precipitation patterns and hunter-

- gatherer population dynamics in semi-arid environments”, *Journal of Archaeological Method and Theory*. [Barcelona (Spain)], 21, p. 426-446.
- BALBO, A. L.; CABANES, D.; GARCÍA-GRANERO, J. J.; BONET, A.; AJITHPRASAD, P.; TERRADAS, X. (2014). “A microarchaeological approach for the study of pits”, *Environmental Archaeology*, p. 1-16.
- BARTON, C. M.; ULLAH, I.; MITASOVA, H. (2010). “Computational modeling and neolithic socioecological dynamics: a case study from southwest Asia”, *American Antiquity*, 75, 2, p. 364-386.
- BHAN, K. K. (2011). “Pastoralism in Late Harappan Gujarat, Western India: an ethnoarchaeological approach”, *Linguistics, Archaeology and the Human Past*. Research Institute For Humanity And Nature, [Kyoto], p. 1-27.
- BHAN, K. K. (1994). “Cultural Development of the Prehistoric Period in North Gujarat with Reference to Western India”, *South Asian Studies*, 10, p. 71-90.
- BHATTACHARYYA, T.; PAL, D. K.; MANDAL, C.; CHANDRAN, P.; RAY, S. K.; SARKAR, D.; VELMOURUGANE, K.; SRIVASTAVA, A.; SIDHU, G. S.; SINGH, R. S.; SAHOO, A. K.; DUTTA, D.; NAIR, K. M.; SRIVASTAVA, R.; TIWARY, P.; NAGAR, A. P.; NIMKHEDKAR, S. S. (2013). “Soils of India : historical perspective , classification and recent advances”, *Current Science*, 104, 10, p. 1308-1323.
- BISHT, R. S.; DORJE, C.; BANERJI, A. EDS (2000). “*Indian Archaeology 1993-04: a review*”. Archaeological Survey of India, [New Delhi].
- BRADLEY, E.; PHADTARE, P. N. (1989). “Paleohydrology affecting recharge to overexploited semiconfined aquifers in the mehsana area, Gujarat state, India”, *Journal of Hydrology*, 108, p. 309-322.
- CAMPBELL, S. K.; BUTLER, V. L. (2010). “Archaeological Evidence for Resilience of Pacific Northwest Salmon Populations and the Socioecological System over the last ~ 7 , 500 years”, *Ecology And Society*, 15, 1, p. 1-20.
- CARO, J.; ZURRO, D.; RONDELLI, B.; BALBO, A.; RUBIO-CAMPILLO, X.; BARCELÓ, J. A.; BRIZ I GODINO, I.; FORT, J.; MADELLA, M. (2013). “Simulpast: Un laboratorio virtual para el análisis de las dinámicas históricas”, *Archeologia e Calcolatori*, 24, p. 265-281.
- CHALLIS, K.; HOWARD, A. (2006). “A Review of trends within Archaeological Remote sensing in Alluvial Environments”, *Archaeological Prospection*, 13, August, p. 231-240.
- CHAMYAL, L. S.; MAURYA, D. M.; RAJ, R. (2003). “Fluvial systems of the drylands of western India: a synthesis of Late Quaternary environmental and tectonic changes”, *Quaternary International*, 104, 1, p. 69-86.
- CHASE, B. (2014). “On the Pastoral Economies of Harappan Gujarat: Faunal Analyses at Shikarpur in Context”, *Heritage: Journal of Multidisciplinary Studies in Archaeology*, 2, p. 1-22.
- CHASE, B.; AJITHPRASAD, P.; RAJESH, S. V. V, PATEL, A.; SHARMA, B. (2014a). “Materializing Harappan identities: Unity and diversity in the borderlands of the Indus Civilization”, *Journal of Anthropological Archaeology*, 35, p. 63-78.
- CHASE, B.; MEIGGS, D.; AJITHPRASAD, P.; SLATER, P. A. (2014b). “Pastoral land-use of the Indus Civilization in Gujarat : faunal analyses and biogenic isotopes at Bagasra”, *Journal of Archaeological Science*, 50, p. 1-15.
- CHINNASAMY, P.; MISRA, G.; SHAH, T.; MAHESHWARI, B.; PRATHAPAR, S. (2015). “Evaluating the effectiveness of water infrastructures for increasing groundwater recharge and agricultural production – A case study of Gujarat, India”, *Agricultural Water Management*, 158, p. 179-188.
- COMER, D. C.; HARROWER, M. J. EDS (2013). “*Mapping Archaeological Landscapes from Space*”, *Mapping Archaeological Landscapes from Space*. Springer, [New York].

- CONESA, F. C. (2011). "Els assentaments prehistòrics a la regió semiàrida del Gujarat del Nord (Índia): una aproximació geoarqueològica i geomorfològica". Tesi de Màster. Universitat de Barcelona.
- CONESA, F. C.; LOBO, A.; ALCAINA, J.; BALBO, A. L.; MADELLA, M.; AJITHPRASAD, P. (2016). "Multi-proxy survey of surface archaeological scatters in drylands: the case of North Gujarat, India", *Quaternary International*, 436: p. 57-75.
- CONESA, F. C.; MADELLA, M.; GALIATSATOS, N.; BALBO, A. L.; RAJESH S.V.; AJITHPRASAD, P. (2015). "CORONA photographs in monsoonal semi-arid environments: addressing archaeological surveys and historic landscape dynamics over North Gujarat, India", *Archaeological Prospection*, 22, p. 75-90.
- COSTANTINI, L. (2008). "The First Farmers in Western Pakistan: The Evidence of the Neolithic Agro-pastoral Settlement of Mehrgarh", *Pragdhara*, , p. 166-178.
- COSTANZA, R.; GRAUMLICH, L.; STEFFEN, W.; CRUMLEY, C.; DEARING, J.; HIBBARD, K.; LEEMANS, R.; REDMAN, C.; SCHIMEL, D. (2007). "Sustainability or Collapse : What Can We Learn from Integrating the History of Humans and the Rest of Nature?", *Ambio*, 36, 7, p. 522-527.
- COTE, M.; NIGHTINGALE, A. J. (2012). "Resilience thinking meets social theory: Situating social change in socio-ecological systems (SES) research", *Progress in Human Geography*, 36, 4, p. 475-489.
- CUMMING, G. S. (2011). "*Spatial Resilience in Social-Ecological Systems*". Springer, [New Delhi].
- DAVIS, M. A. (2015). "How Harappan is a Harappan Site?", *Heritage: Journal of Multidisciplinary Studies in Archaeology*, 3, p. 300-329.
- DHIR, R. P.; SINGHVI, A. K.; ANDREWS, J. E.; KAR, A.; SAREEN, B. K.; TANDON, S. K.; KAILATH, A.; THOMAS, J. V. (2010). "Multiple episodes of aggradation and calcrete formation in Late Quaternary aeolian sands, Central Thar Desert, Rajasthan, India", *Journal of Asian Earth Sciences*, 37, 1, p. 10-16.
- DHOLAKIA, R. H. (2007). "Sources of Economic Growth and Acceleration in Gujarat", *Economic and Political Weekly*, 42, 9, p. 770-778.
- DIXIT, A. K. (2009). "Agriculture in a High Growth State: Case of Gujarat (1960 to 2006)", *Economic and Political Weekly*, 69, 50, p. 64-71.
- ELLIS, E. C.; WANG, S. M. (1997). "Sustainable traditional agriculture in the Tai Lake region of China", *Agriculture, Ecosystems and Environment*, p. 177-193.
- FAIRSERVIS, W. A. (1961). "*The Harappan Civilization- New Evidence and More Theory*". American Museum Novitates.
- FOLKE, C. (2006). "Resilience: The emergence of a perspective for social-ecological systems analyses", *Global Environmental Change*, 16, 3, p. 253-267.
- FULLER, D. Q.; MADELLA, M. (2002). "Issues in Harappan Archaeology: Retrospect and Prospect", *Protohistory: Archaeology of the Harappa Civilization*. Manohar, [Delhi], p. 317-390.
- FULLER, D. Q.; MADELLA, M. (2000). "Issues in harappan Archaeobotany: Retrospect and Prospect", *Protohistory. Arhaeology of the Harappan Civilization*. Manohar, [New Delhi], p. 317-390.
- GADEKAR, C.; AJITHPRASAD, P.; MADELLA, M. (2013). "Crested Ridge Technique and Lithic Assemblage from Datrana, Gujarat", *Journal of Multidisciplinary Studies in Archaeology*, 1, p. 16-28.
- GADEKAR, C.; AJITHPRASAD, P.; MADELLA, M.; BALBO, A.; RAJESH, S. V.; RONDELLI, B.; GARCIA-GRANERO, J. J.; RODRIGUEZ ANTON, D.; YANNITTO, V. (2014). "Continuation of a Tradition over Five Thousand Years: Lithic Assemblage from Loteswar, North Gujarat, Western India", *Heritage: Journal of Multidisciplinary Studies in Archaeology*, 2, p. 283-304.

- GARCÍA-GRANERO, J. J.; GADEKAR, C.; ESTEBAN, I.; LANCELOTTI, C.; MADELLA, M.; AJITHPRASAD, P. (2015). "What is on the craftsmen's menu? Plant consumption at Datrana, a 5000-year-old lithic blade workshop in North Gujarat, India", *Archaeological and Anthropological Sciences*, p. 1-13.
- GARCÍA-GRANERO, J. J.; LANCELOTTI, C.; MADELLA, M.; AJITHPRASAD, P. (2016). "Millets and herders: the origins of plant cultivation in semi-arid North Gujarat (India)", *Current Anthropology*, 57 (2): p. 159-173.
- GLASER, B. (2007). "Prehistorically modified soils of central Amazonia: a model for sustainable agriculture in the twenty-first century", *Philosophical Transactions of the Royal Society B-Biological Sciences*, 362, 1478, p. 187-196.
- GUPTA, S. K.; DESHPANDE, R. D. (2004). "Water for India in 2050: First-order assessment of available options", *Current Science*, 86, 9, p. 1216-1224.
- HABERL, H.; WINIWARTER, V.; ANDERSSON, K.; AYRES, R. U.; BOONE, C.; CASTILLO, A.; CUNFER, G.; FISCHER-KOWALSKI, M.; FREUDENBURG, W. R.; FURMAN, E.; KAUFMANN, R.; KRAUSMANN, F.; LANGTHALER, E.; LOTZE-CAMPEN, H.; MIRTL, M.; REDMAN, C. L.; REENBERG, A.; WARDELL, A.; WARR, B.; ZECHMEISTER, H. (2006). "From LTER to LTSER: Conceptualizing the socioeconomic dimension of long-term socioecological research", *Ecology and Society*, 11, 2, p. 1-34.
- HARRIS, S. (2013). "Small-scale Interactions across the North Gujarat Plain", *Connections and Complexity: New Approaches to the Archaeology of South Asia*. Left Coast Press, [New York], p. 401-420.
- HERMAN, C. F. (1996). "'Harappan' Gujarat: the Archaeology-Chronology Connection", *Paléorient*, 22, 2, p. 77-112.
- HOLCOMB, D. W.; SHINGIRAY, I. (2007). "Imaging Radar in Archaeological Investigations: An Image Processing perspective", *Remote Sensing in Archaeology*. Springer, [New York], p. 11-46.
- ISHNAVA, K.; RAMARAO, V.; MOHAN, J. S. S.; KOTHARI, I. L. (2011). "Ecologically important and life supporting plants of little Rann of Kachchh, Gujarat", *Journal of Ecology and the Natural Environment*, 3, February, p. 33-38.
- JANSSEN, M. A.; ANDERIES, J. M.; OSTROM, E. (2007). "Robustness of social-ecological systems to spatial and temporal variability", *Society & Natural Resources*, 20, 4, p. 307-322.
- JUYAL, N.; KAR, A.; RAJAGURU, S. N. N.; SINGHVI, A. K. (2003). "Luminescence chronology of aeolian deposition during the Late Quaternary on the southern margin of Thar Desert, India", *Quaternary International*, 104, 1, p. 87-98.
- KAVALANEKAR, N. B.; SHARMA, S. C.; RUSHTON, K. R. (1992). "Over-exploitation of an alluvial aquifer in Gujarat, India", *Hydrological Sciences Journal*, 37, 4, p. 329-346.
- KENOYER, J. M. (1997). "Early City-States in South Asia: Comparing the Harappan Phase and the Early Historic Period", *The Archaeology of City-States: Cross Cultural Approaches*. Smithsonian Institution press, [Washington], p. 51-70.
- KENOYER, J. M. (1991). "The Indus Valley Tradition of Pakistan and western India", *Journal of World Prehistory*, 5, 4, p. 331-385.
- KENOYER, J. M.; PRICE, T. D.; BURTON, J. H. (2013). "A new approach to tracking connections between the Indus Valley and Mesopotamia: initial results of strontium isotope analyses from Harappa and Ur", *Journal of Archaeological Science*, 40, 5, p. 2286-2297.
- KHADKIKAR, A. S.; CHAMYAL, L. S.; RAMESH, R. (2000). "The character and genesis of calcrete in Late Quaternary alluvial deposits, Gujarat, western India, and its bearing on the interpretation of ancient climates", *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 162, 3-4, p. 239-261.



- KUSSUL, N.; SHELESTOV, A.; SKAKUN, S. (2011). "Flood Monitoring from SAR Data", *Use of Satellite and In-Situ Data to Improve Sustainability*. NATO, [New York], p. 19-29.
- LANCELOTTI, C. (2013). "Holocene Monsoon Dynamics and Human Occupation in Gujarat: Stable Isotopes Analyses on Plant Remains", *Journal of Multidisciplinary Studies in Archaeology*, 1, p. 288-300.
- LANCELOTTI, C.; MADELLA, M. (2012). "The 'invisible' product: developing markers for identifying dung in archaeological contexts", *Journal of Archaeological Science*, 39, 4, p. 953-963.
- LANCELOTTI, L.; RUIZ-PEREZ, J.; GARCÍA-GRANERO, J. J. (2016). "Investigating fuel and replaces through a combination of phytoliths and multi-element analysis. An ethnographic experiment", *Vegetation History and Archaeobotany*, 26(1): 75-83.
- LANCELOTTI, L.; RUBIO-CAMPILLO, X.; SALPETEUR, M.; BALBO, A. L.; MADELLA, M. "Sustainability of incipient agro-pastoralism in semi-arid ecotones", *Plos ONE*, en prensa [b].
- LASAPONARA, R.; MASINI, N. (2011). "Satellite remote sensing in archaeology: Past, present and future perspectives", *Journal of Archaeological Science*, 38, 9, p. 1995-2002.
- LAW, R. (2013). "The Important Stone and Metal Resources of Gujarat during the Harappan Period".
- LIU, Z.; OTTO-BLIESNER, B.; KUTZBACH, J.; LI, L. & SHIELDS, C.; LI L.; SHIELDS, S. (2003). "Coupled climate simulation of the evolution of global monsoons in the Holocene", *Journal of Climate*, 16, p. 2472-2490.
- MADELLA, M.; AJITHPRASAD, P.; BALBO, A. L.; LANCELOTTI, L.; RONDELLI, B.; CONESA, F. C.; FIORENTINO, G.; RAJESH, S. V.; GADEKAR, G. S.; GARCÍA, N.; YANNITTO, V.; RODRÍGUEZ, D.; MATEOS, J. L.; RUÍZ, J.; GARCÍA-GRANERO, J. J. (2012a). "La campaña de excavación 2010 del proyecto NoGAP: metodología interdisciplinar para el estudio de contextos socio-ecológicos en el Holoceno", *Informes y trabajos 5. Excavaciones en el exterior 2010*. Ministerio de Cultura, p. 110-117.
- MADELLA, M. (2012b). "La campaña de excavación 2011 del North Gujarat Archaeological Project (NoGAP): metodología interdisciplinar para el estudio de contextos socio-ecológicos en el Holoceno", *Informes y trabajos. Excavaciones en el exterior 2011*. Ministerio de Educación, Cultura y Deporte, p. 261-272.
- MADELLA, M. (2010). "Social and environmental transitions in arid zones: the North Gujarat Archaeological Project – NoGAP", *Antiquity Gallery*, p. 1-5.
- MADELLA, M.; BALBO, A. L.; RONDELLI, B.; RODRÍGUEZ, B.; YANNITTO, V.; AJITHPRASAD, P.; GADEKAR, G. S.; RAJESH, S. V.; GARCIA-GRANERO, J. J. LANCELOTTI, C.; FRENCH, C. (2011). "Proyecto arqueológico Norte del Gujarat", *Informes y trabajos 5. Excavaciones en el exterior 2009*. Ministerio de Cultura, p. 114-119.
- MADELLA, M.; FULLER, D. Q. (2006). "Palaeoecology and the Harappan Civilisation of South Asia: a reconsideration", *Quaternary Science Reviews*, 25, 11-12, p. 1283-1301.
- MADELLA, M.; RONDELLI, B.; LANCELOTTI, C.; BALBO, A.; ZURRO, D.; CAMPILLO, X. R.; STRIDE, S. (2014). "Introduction to Simulating the Past", *Journal of Archaeological Method and Theory*, p. 1-3.
- MANJHI, H.; DORJE, C.; BANJERJI, A. EDS (2000). "Indian Archaeology 1994-95: a review". Archaeological Survey of India, [New Delhi].
- MARCHANT, R.; LANE, P. (2014). "Past perspectives for the future: Foundations for sustainable development in East Africa", *Journal of Archaeological Science*, 51, p. 12-21.
- MATEOS, J. L.; REMOLINS, G. "Más allá del dibujo: ortomosaicos y ortorectificación como herramientas de gestión in situ de datos arqueológicos. El caso de estudio de Vaharvo

- Timbo”, *Actes de les VI Jornades de Joves en Investigació Arqueològica (JIA 2013, Barcelona)*, en premsa.
- MAURYA, D. M.; CHAMYAL, L. S.; MERH, S. S. (1995). “Tectonic evolution of the Central Gujarat plain, western India”, *Current Science*, 69, 7, p. 610-613.
- MCINTOSH, J. (2008). “*The Ancient Indus Valley. New Perspectives*”. [Santa Barbara].
- MEHTA, L. (2007). “Whose scarcity? Whose property? The case of water in western India”, *Land Use Policy*, 24, 4, p. 654-663.
- MEHTA, L. (2001). “The Manufacture of Popular Perceptions of Scarcity: Dams and Water-Related Narratives in Gujarat, India”, *World Development*, 29, 12, p. 2025-2041.
- MISRA, V. N. (1973). “A Late Mesolithic Settlement in North-West India”, *World Archaeology*, 5, 1, p. 92-110.
- MUSHRIF-TRIPATHY, V.; AJITHPRASAD, P.; MADELLA, M.; MATEOS, J. L.; RAJESH, S. V.; RONDELLI, B.; CARO SAIZ, J.; LANCELOTTI, C.; GADEKAR, C. S.; GARCIA-GRANERO, J. J. (2014). “Osteological Study of a Human Skeleton Excavated from Vaharvo Timbo, District Patan, Gujarat”, *Man and Environment*, , p. 46-51.
- PARCAK, S. H. (2009). “*Satellite Remote Sensing for Archaeology*”. Routledge, [New York].
- PATEL, A. K. (2009). “Occupational Histories, Settlements, and Subsistence in Western India: What Bones and Genes can tell us about the Origins and Spread of Pastoralism”, *Anthropozoologica*, 44, 1, p. 173-188.
- PETRIE, C. A. (2017). “Rethinking climate, environment and settlement in ancient northwest India: insights from the Land, Water and Settlement project”, *Ancient India*.
- PETRIE, C. A.; THOMAS, K. D. (2012). “The topographic and environmental context of the earliest village sites in western South Asia”, *Antiquity*, 86, p. 1055-1067.
- POSSEHL, G. L. (2002a). “Indus-Mesopotamian Trade: The Record in the Indus”, *Iranica Antiqua*, XXXVII, p. 325-342.
- POSSEHL, G. L. (2002b). “The Early Harappan”, *Recent Studies in Indian Archaeology*, p. 112-128.
- POSSEHL, G. L. (2000). “Harappan beginnings”, *the breakout: The Origins of Civilization*. Peabody Museum of Archaeology and Ethnology, [Cambridge].
- POSSEHL, G. L. (1997). “The Transformation of the Indus Civilization”, *Journal of World Prehistory*, 11, 4, p. 425-472.
- POSSEHL, G. L. (1994). “The Indus Civilization”, *Man and Environment*, 19, 1-2, p. 103-113.
- POSSEHL, G. L. ED. (1979). “*Ancient Cities of the Indus*”. Colina Academic Press, [New York].
- PRAKASH, A. (2008). “Political Economy of Groundwater Governance in Gujarat: A Micro-level Analysis”, *Governance of Water: Institutional Alternatives and Political Economy*. SAGE, [New Delhi], p. 215-236.
- PRASAD, S.; GUPTA, S. K.; PANDARINATH, K. (1998). “Geomorphology, tectonism and sedimentation in the Nal region, western India”, *Geomorphology*, 25, 3-4, p. 207-223.
- RAJ, R. (2012). “Active tectonics of NE Gujarat (India) by morphometric and morphostructural studies of Vatrak River basin”, *Journal of Asian Earth Sciences*, 50, p. 66-78.
- RAJANI, M. B.; A.S. RAJAWAT (2011). “Potential of satellite based sensors for studying distribution of archaeological sites along palaeo channels: Harappan sites a case study”, *Journal of Archaeological Science*, 38, 9, p. 2010-2016.
- RAJESH, S. V.; KRISHNAN, K.; AJITHPRASAD, P.; MADELLA, M. (2013a). “Pre-Prabhas Assemblage from Gujarat, Western India”, *Journal of Multidisciplinary Studies in Archaeology*, 1, Figure 1, p. 181-209.
- RAJESH, S. V.; KRISHNAN, K.; AJITHPRASAD, P.; SONAWANE, V. H. (2013b). “Evaluating the Anarta Tradition in the Light of Ma-

- terial Culture from Loteswar and Other Sites in Gujarat”, *Man and Environment*, 38, 2, p. 10-45.
- RAJESH, S. V.; KRISHNAN, K. (2014). “Chalcolithic Cultures of Gujarat (c. 3950-900 BCE): An appraisal”, *Pracyabodha. Indian Archaeology and Tradition*. Corporation, B. R. Publishing, [New Delhi], p. 194-205.
- RANADE, R.; KUMAR, M. D.; MANAGEMENT, C.; PROJECTS, L. I. (2004). “Narmada Water for Groundwater Recharge in North Gujarat”, *Economic and Political Weekly*, July 31, p. 3510-3513.
- REDDY, S. N. (1997). “If the threshing floor could talk: Integration of agriculture and pastoralism during the Late Harappan in Gujarat, India”, *Journal of Anthropological Archaeology*, 16, 2, p. 162-187.
- REDMAN, C. L. (2005). “Resilience Theory in Archaeology”, *American Anthropologist*, 107, 1, p. 70-77.
- RONDELLI, B.; LANCELOTTI, C.; MADELLA, M.; PECCI, A.; BALBO, A.; PEREZ, J. R.; INSERRA, F.; GADEKAR, C.; CAU, M. A.; AJITHPRASAD, P. (2014). “Anthropic activity markers and spatial variability: an ethnoarchaeological experiment in a domestic unit of Northern Gujarat (India)”, *Journal of Archaeological Science*, 41, p. 482-492.
- SALPETEUR, A. M.; PATEL, H.; BALBO, A. L.; MADELLA, M.; AJITHPRASAD, P. (2015). “When Knowledge Follows Blood Kin Groups and the Distribution of Traditional”, *Current Anthropology*, 56, 3.
- SALPETEUR, M.; MADELLA, M.; REYES-GARCÍA, V.; PATEL, H. R. “Adaptation, access to resources and mobility: from contemporary pastoral systems to ancient societies”, *Nomadic Peoples Journal*, en premsa.
- SHAH, T. (2014). “Towards a Managed Aquifer Recharge strategy for Gujarat, India: An economist’s dialogue with hydro-geologists”, *Journal of Hydrology*, 518, p. 94-107.
- SINGH, A. K. (2010). “Probable Agricultural Biodiversity Heritage Sites in India: VII . The Arid Western Region”, *Asian Agri-History*, 14, 4, p. 337-359.
- SINGH, G. (1971). “The Indus Valley Culture”, *Archaeology and Physical Anthropology in Oceania*, 2, p. 177-189.
- SMITH, B. D. (2009). “Resource Resilience, Human Niche Construction, and the Long-Term Sustainability of Pre-Columbian Subsistence Economies in the Mississippi River Valley Corridor”, *Journal of Ethnobiology*, 29, 2, p. 167-183.
- SOERTEL, U.; GENS, G.; CROSETTO, M. (2012). “Innovative applications of SAR interferometry from modern satellite sensors”, *Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 73, p. 1-2.
- SONAWANE, V. H. (2004). “Harappan Civilization in Western India with Special Reference to Gujarat”, *Journal of Interdisciplinary Studies in History and Archaeology*, 1, 2, p. 63-78.
- SONAWANE, V. H. (2002). “Post-Urban Harappan Cultures of Gujarat”, *Protohistory: Archaeology of the Harappa Civilization. Indian Archaeology in Retrospect*, [New Delhi], p. 159-172.
- SONAWANE, V. H. (2000). “Early Farming Communities of Gujarat, India”, *Indo-Pacific Prehistory Association Bulletin*, 19, 3, p. 137-146.
- SPIELMANN, K. A.; NELSON, M.; INGRAM, S.; PEEPLES, M. A. (2011). “Sustainable small-scale agriculture in semi-arid environments”, *Ecology and Society*, 16, 1.
- SRIVASTAVA, P.; JUYAL, N.; SINGHVI, A. K.; WASSON, R. J.; BATEMAN, M. D. (2001). “Luminescence chronology of river adjustment and incision of Quaternary sediments in the alluvial plain of the Sabarmati River, north Gujarat, India”, *Geomorphology*, 36, 3-4, p. 217-229.
- SUTCLIFFE, J.; SHAW, J.; BROWN, E. (2011). “Historical water resources in South Asia: the hydrological background”, *Hydrological Sciences Journal*, 56, 5, p. 37-41.

- VAN DER LEEUW, S. E.; ASCHAN-LEYGONIE, C. (2000). "A long-term perspective on resilience in socio-natural systems", *Workshop on system shocks - system resilience*, World Scie, p. 1-32.
- WHEELER, M. (1953). "*The Indus Civilization*". Cambridge University Press, [Cambridge].
- WIDLOK, T.; AUFGEBAUER, A.; BRADTMÖLLER, M.; DIKAU, R.; HOFFMANN, T.; KRETSCHMER, I.; PANAGIOTOPOULOS, K.; PASTOORS, A.; PETERS, R.; SCHÄBITZ, F.; SCHLUMMER, M.; SOLICH, M.; WAGNER, B.; WENIGER, G.-C.; ZIMMERMANN, A.; SCHAEBITZ, F. (2012). "Towards a theoretical framework for analyzing integrated socio-environmental systems", *Quaternary International*, 274, p. 259-272.
- WILKINSON, K. N.; BECK, A. R.; PHILIP, G. (2006). "Satellite Imagery as a Resource in the Prospection for Archaeological Sites in Central Syria", *Geoarchaeology*, 21, 7, p. 735-750.
- WISEMAN, J.; EL-BAZ, F. EDS (2007). "*Remote Sensing in Archaeology*". Springer, [New York].
- WRIGHT, R. (2010). "*The Ancient Indus. Urbanism, Economy, and Society*". Cambridge University Press, [New York].
- YANNITTO, V. (2011). "Micromorfología en contexto etnoarqueológico. Técnicas constructivas entre los agricultores de Jhandala (Gujarat, India)". Tesi de Màster. Universitat Autònoma de Barcelona.
- ZEDER, M. A. (2012). "The Broad Spectrum Revolution at 40: Resource diversity, intensification, and an alternative to optimal foraging explanations", *Journal of Anthropological Archaeology*, 31, 3, p. 241-264.