

Teledetección y geofísica para la Arqueología Andina

Nicola MASINI

Director de Investigación del CNR-ISPC, Potenza

E-mail: nicola.masini@cnr.it



TELEDETECCIÓN: DEFINICIÓN

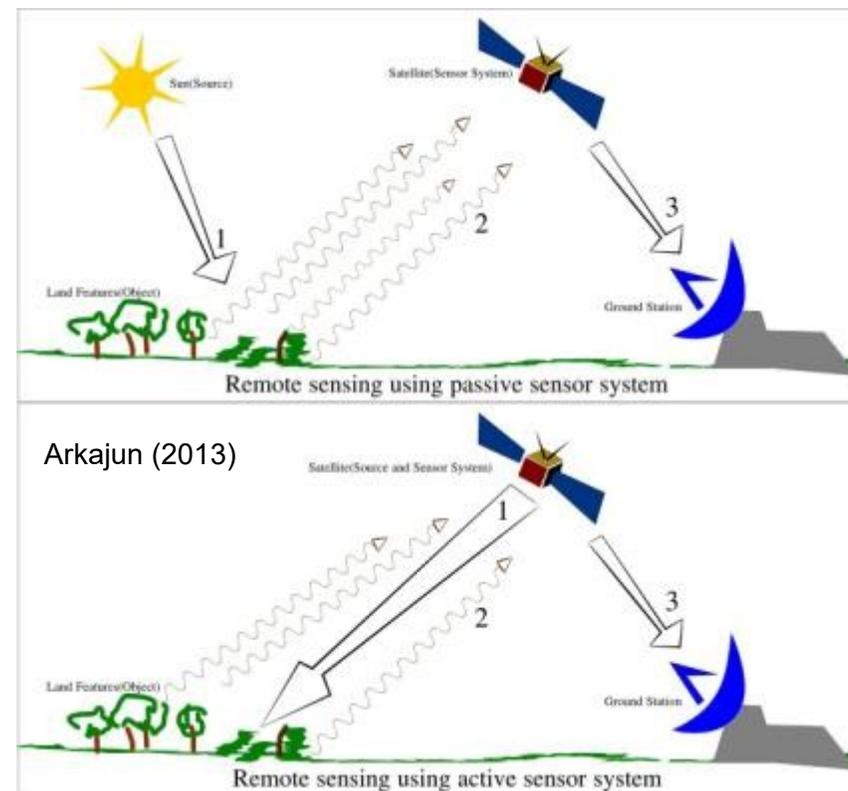
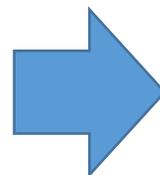


Definición: Tecnología de adquisición de información de la superficie terrestre sin entrar en contacto material con ella, mediante sensores localizados en plataformas (aerea y/o satélital), para proporcionar información sobre los sistemas físicos, químicos y biológicos del planeta

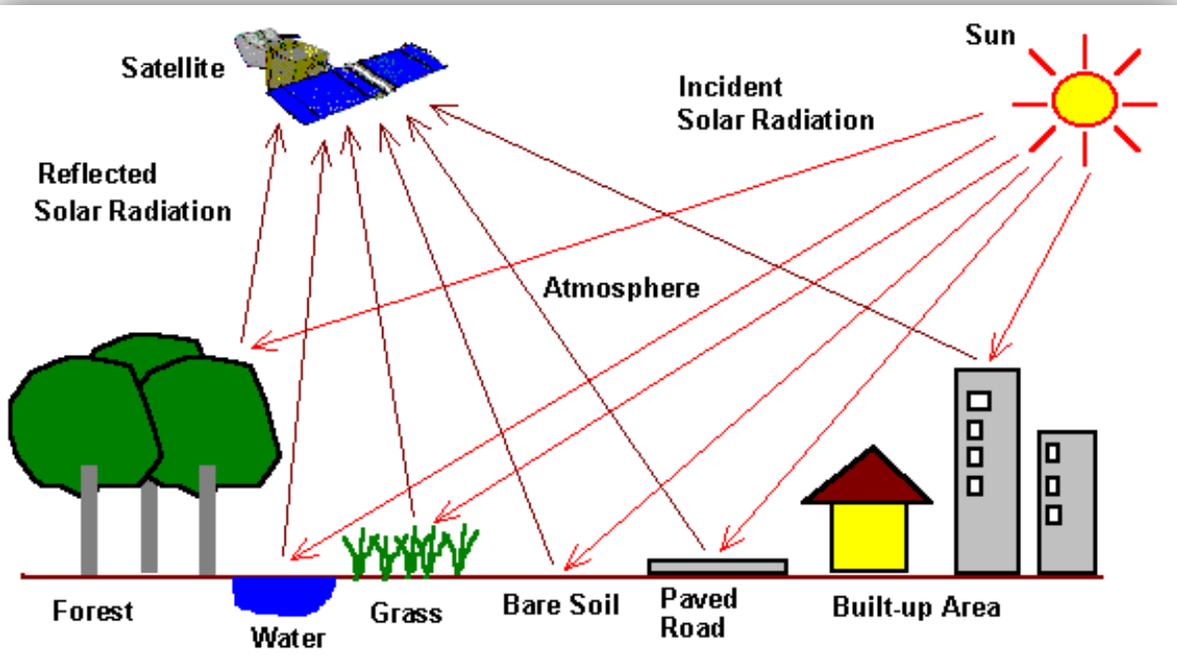
Interacción sensor-superficie terrestre: flujo de radiación que parte de los objetos y se dirige hacia el sensor.

Flujo de radiación : de tres tipos:

- 1) Radiación solar reflejada por los objetos (luz visible e infrarrojo cercano);
- 2) Radiación terrestre emitida por los objetos (infrarrojo térmico);
- 3) Radiación emitida por el sensor y reflejada por los objetos (radar, SAR, LiDAR).



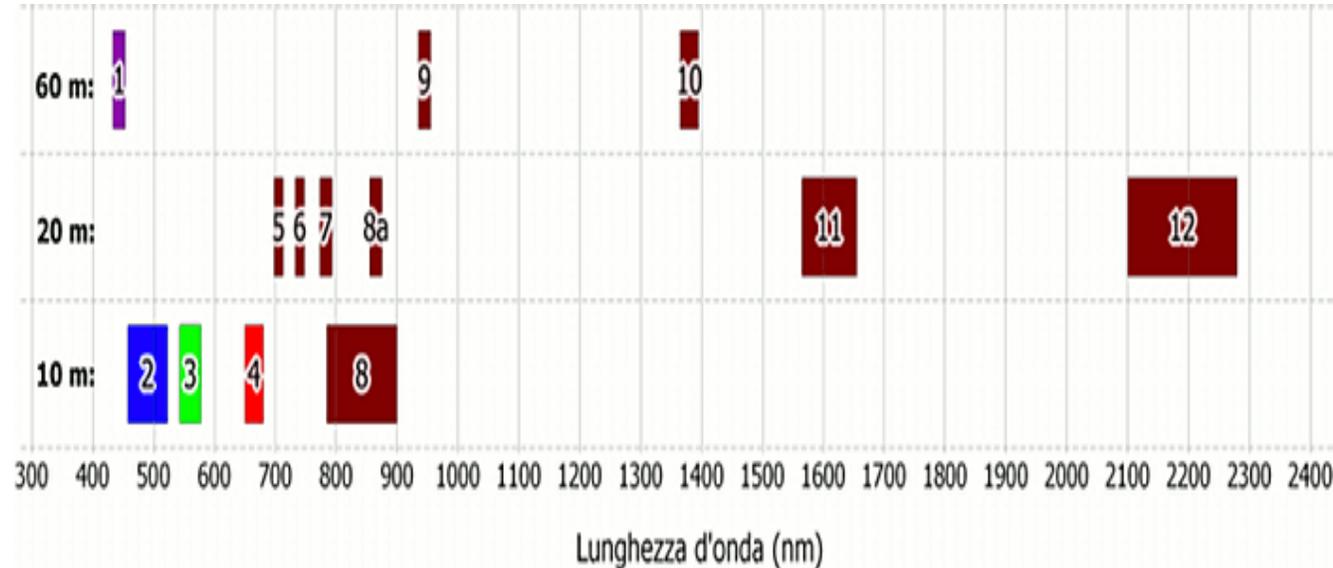
TELEDETECCIÓN PASIVA



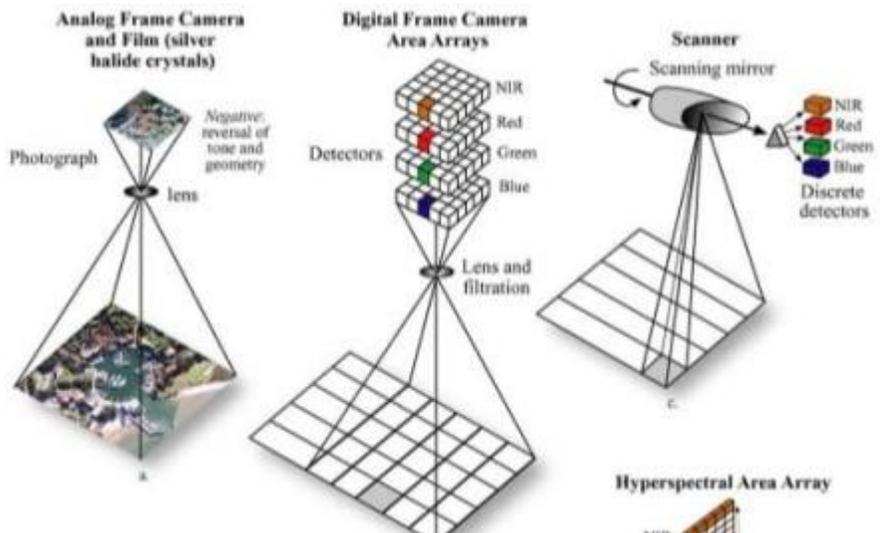
Para una comprensión clara de la teledetección pasiva, en el esquema, puede ver cómo el sol emite luz.

- 1) Primero, la luz **pasa** a través de la **atmósfera**.
- 2) Luego, se **refleja** (en espectro del visible) o es **emitido** (en infrarrojo térmico) fuera de la Tierra a un sensor de satélite en órbita alrededor de la Tierra

12 spectral bands of Sentinel 2
(GSD=10, 20, 60 m)



Jensen, 2007.



¿QUÉ PODEMOS OBSERVAR DESDE EL ESPACIO?



Paisaje que revela patrones y huellas del pasado.

Croacia: carreteras que siguen las antiguas divisiones territoriales romanas

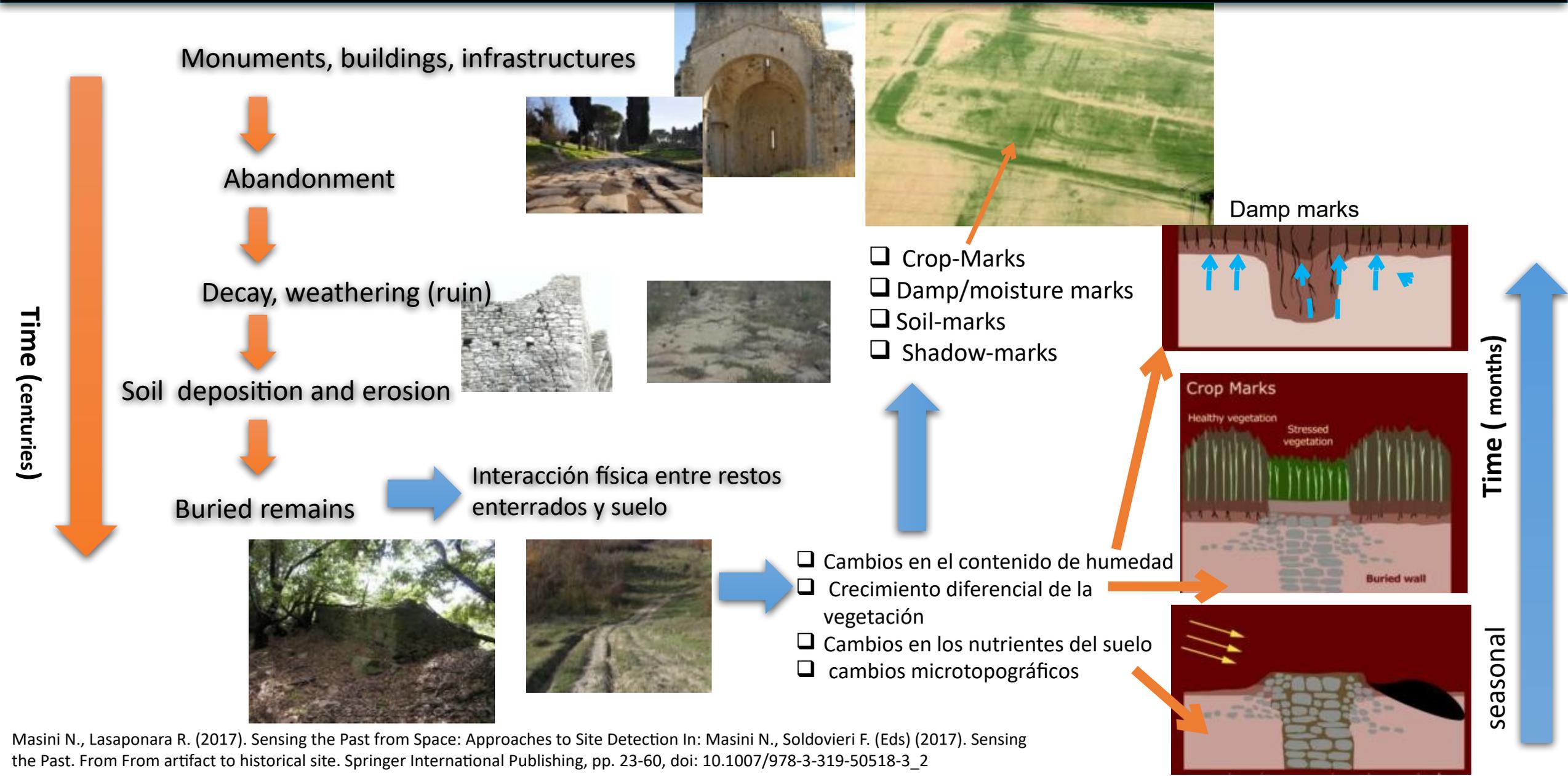


Paisaje urbano que revela evidencias de antiguas reliquias culturales
Kaifeng (China): murallas de la ciudad de la dinastía Ming



Paisajes que revelan marcas de restos antiguos enterrados
Lucera (Italia): marcas de vegetacion que representan asentamientos neolíticos enterrados

INDICADORES PROXY COMO RESULTADOS DEL PROCESO DE DEGRADACIÓN DEL PATRIMONIO CULTURAL EN EL SUBSUELO



HOW ENHANCE REMOTELY SENSED DATA FOR ARCHAEOLOGY?

DATA ENHANCEMENT es un conjunto de técnicas que se utilizan para mejorar la apariencia de las imágenes con el único fin de facilitar la interpretación visual.

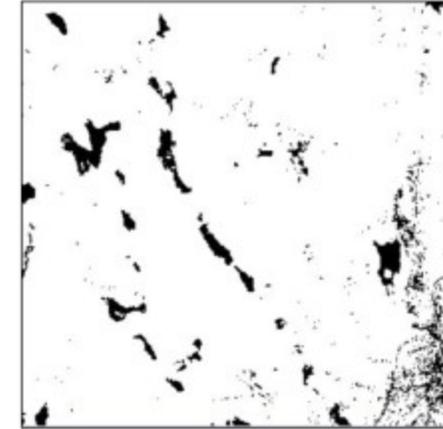
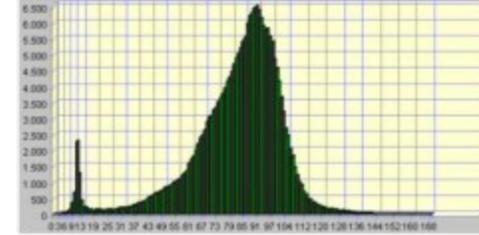
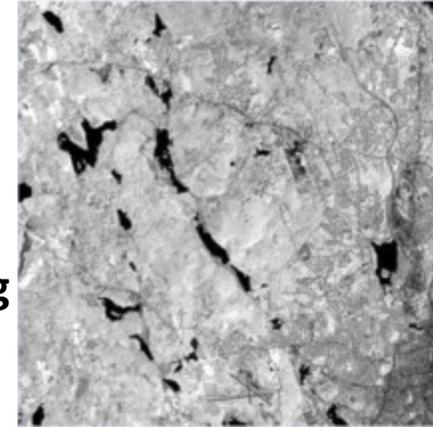
Estas técnicas se pueden dividir en dos grupos :

I_los que no cambian los valores de los píxeles en la imagen original

- Pseudocolor visualization
- False color composition
- GHB-HIS transformation
- Thresholding and **density slicing**

II_los que cambian los valores ... y luego el significado basado en la radiación.

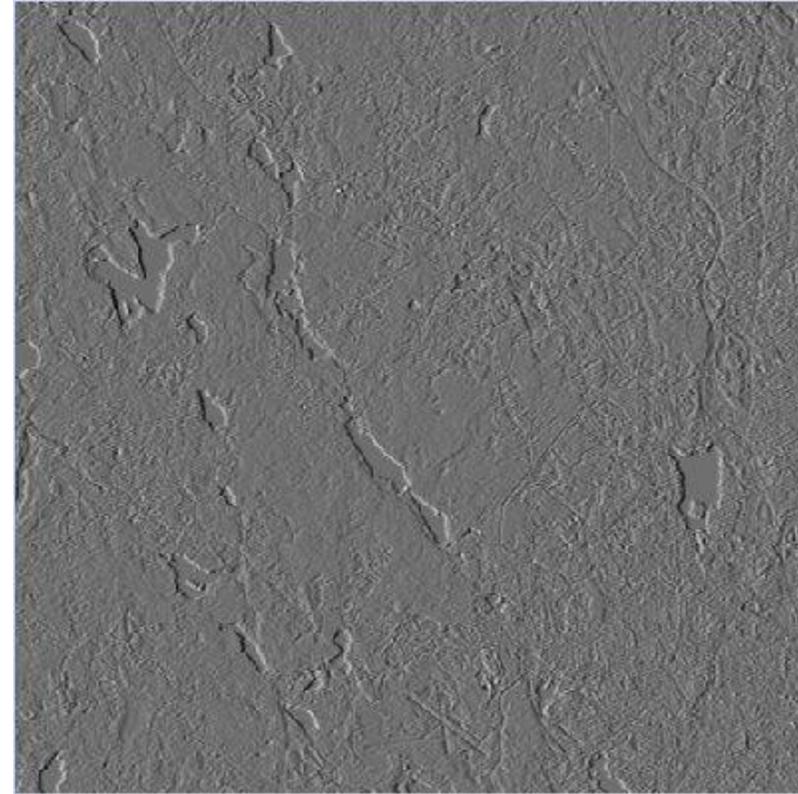
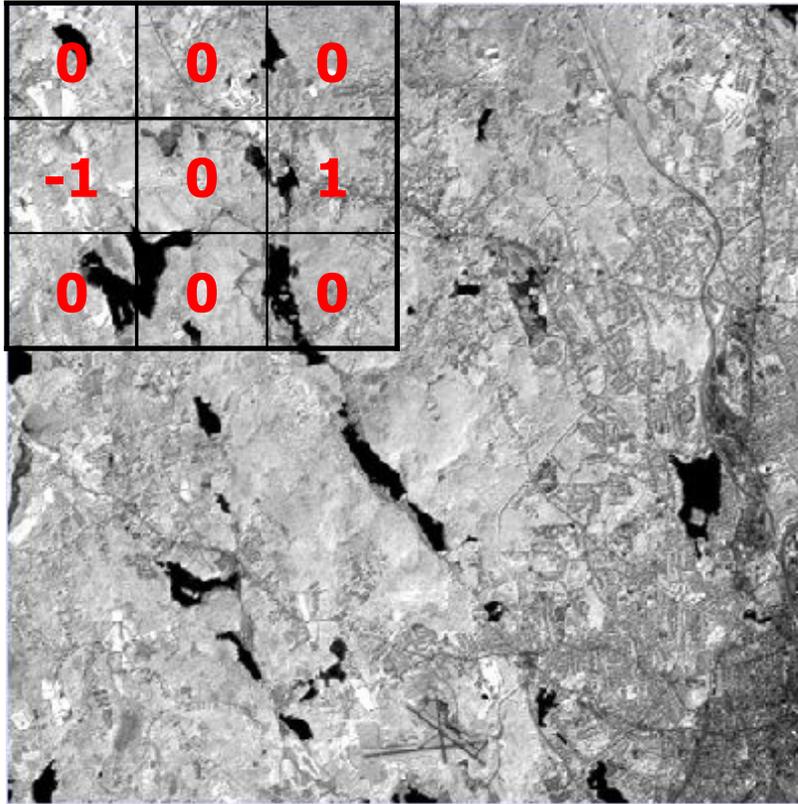
- Stretch
- Filtering / Convolution
- PCA
- Spectral indices
- Image fusions

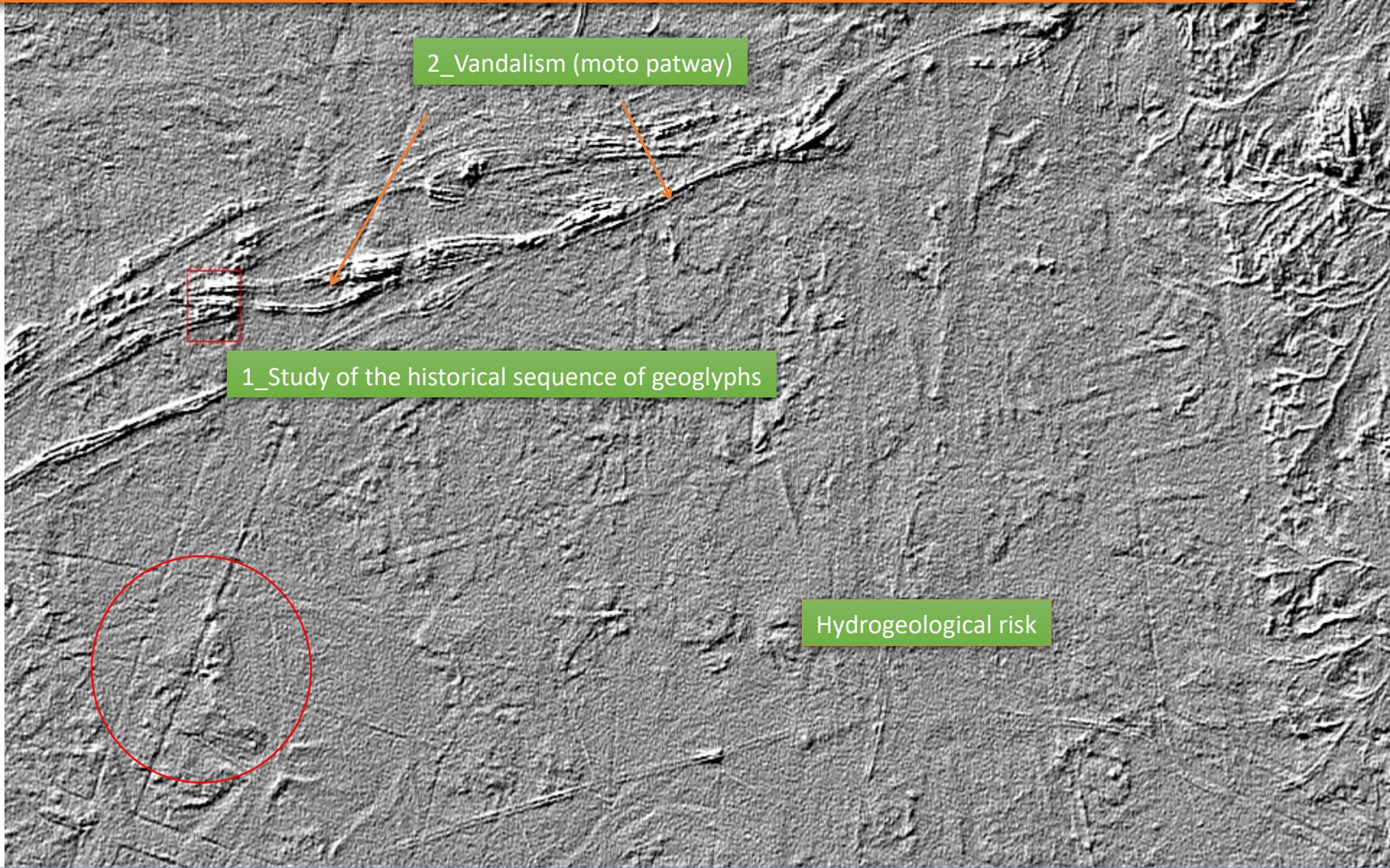


density slicing

FILTERING TO HIGHLIGHT GRADIENTS

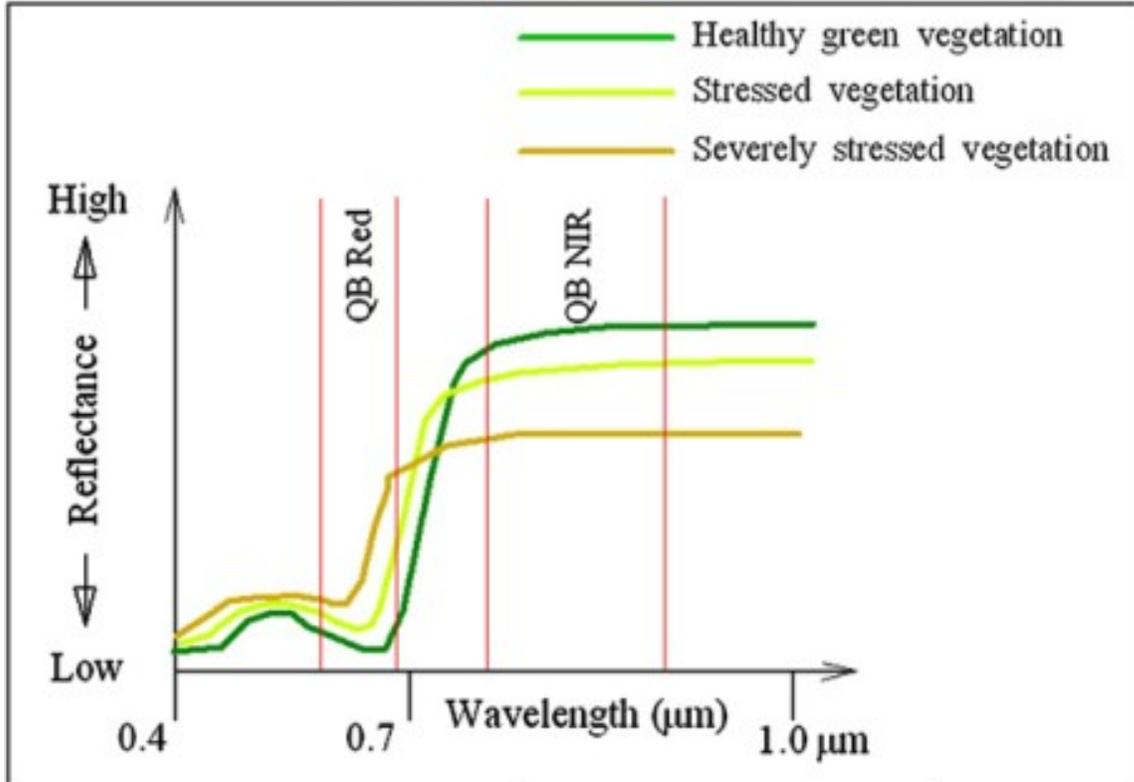
Filtrado para resaltar degradados





ARCHAEOLOGICAL INDICATORS : CROP-MARKS

Crop Marks



QuickBird (QB) band widths

blue = 0.45 - 0.52 μm

green = 0.52 - 0.60 μm

red = 0.63 - 0.69 μm

NIR = 0.76 - 0.90 μm

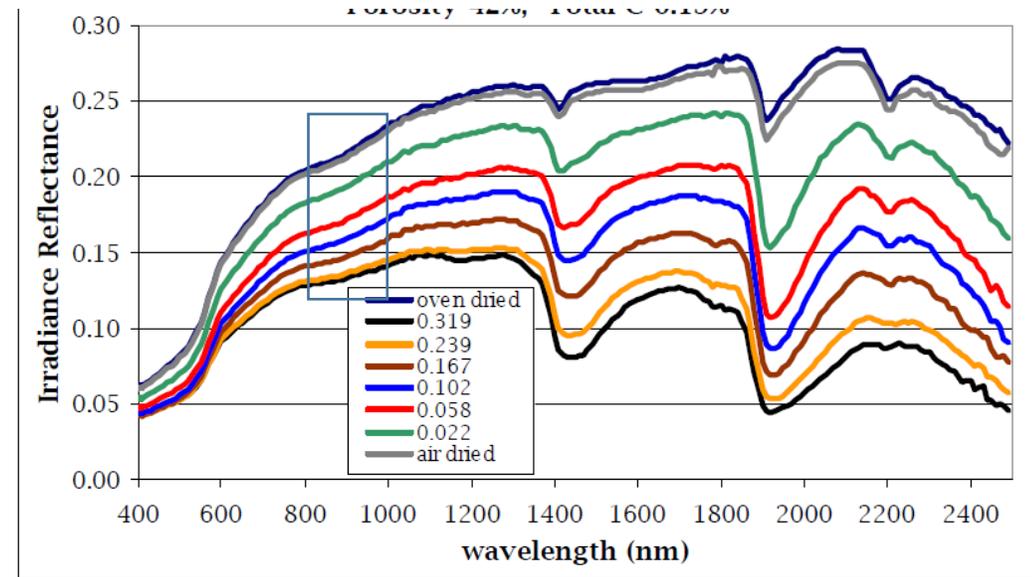


- Differences in the plant growth (crop-marks)

FINDING AND OBSERVING PROXY INDICATORS



Las marcas de humedad, visibles en el suelo desnudo, se deben a las variaciones de la capacidad de drenaje del suelo en presencia de zanjas y muros enterrados.



Reflectancia espectral del suelo con diferentes niveles de agua.

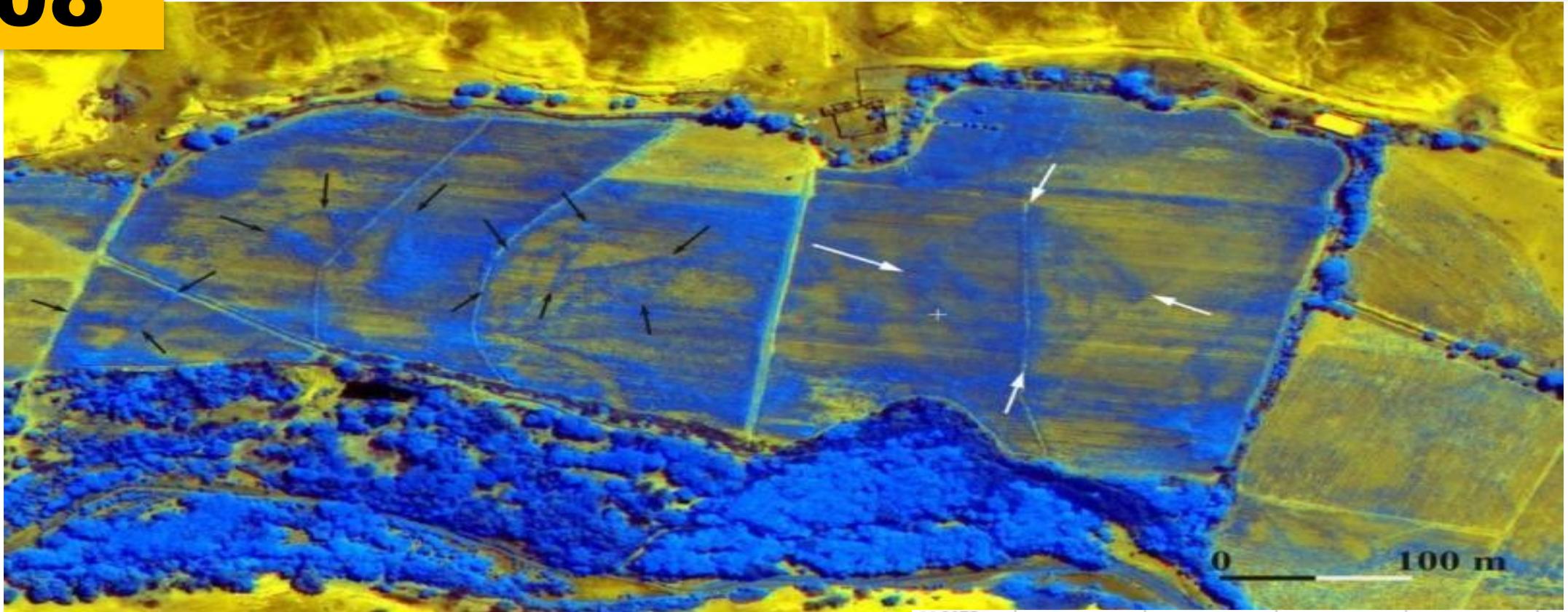
SPECTRAL INDICES TO ENHANCE ARCHAEOLOGICAL FEATURES

Difference Vegetation Index (DVI)	$NIR - Red$	Gitelson & Merzlyak 1997
Green Difference Vegetation Index (GDVI)	$NIR - Green$	Rouse et al. 1974
Green Normalized Difference Vegetation Index (GNDVI)	$\frac{(NIR - Green)}{(NIR + Green)}$	Rouse et al. 1974
Green Ratio Vegetation Index (GRVI)	$\frac{NIR}{Green}$	Agapiou et al. 2012
Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)	$\frac{(NIR - Red)}{(NIR + Red)}$	Huete 2002
Optimized Soil Adjusted Vegetation Index (OSAVI)	$\frac{1.5 \times (NIR - Red)}{NIR + Red + 0.16}$	BENNET ET AL. 2012
Simple Ratio Nir/Red	$\frac{NIR}{Red}$	Bennet et al. 2012
Simple Ratio Red/Green	$\frac{Red}{Green}$	Bennet et al. 2012
Nonlinear Vegetation Index (NLI)	$\frac{NIR^2 - Red}{NIR^2 + Red}$	Moriarty et al. 2018

ÍNDICES espectrales PARA MEJORAR la visibilidad de marcas 'arqueológicas'

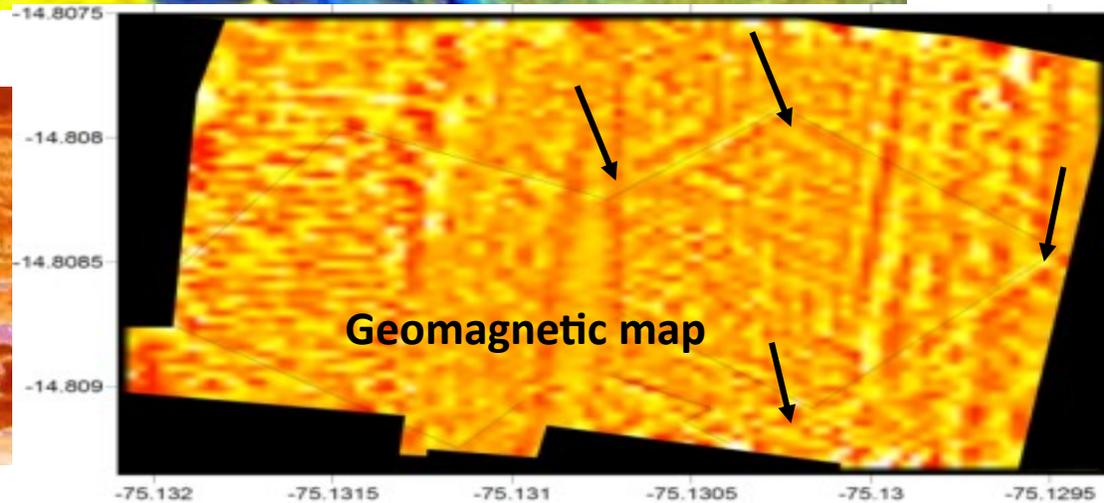
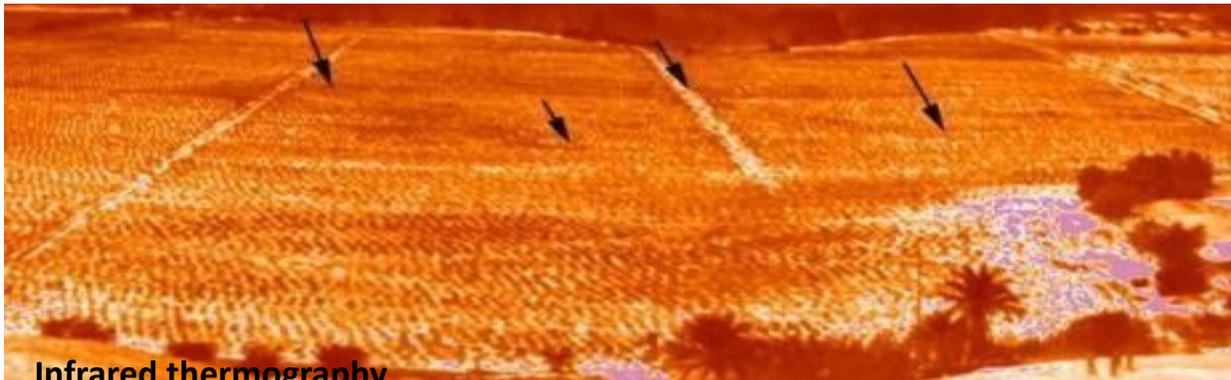
2008

Rio Nasca : Discovery a large buried settlement in the Nasca riverbed



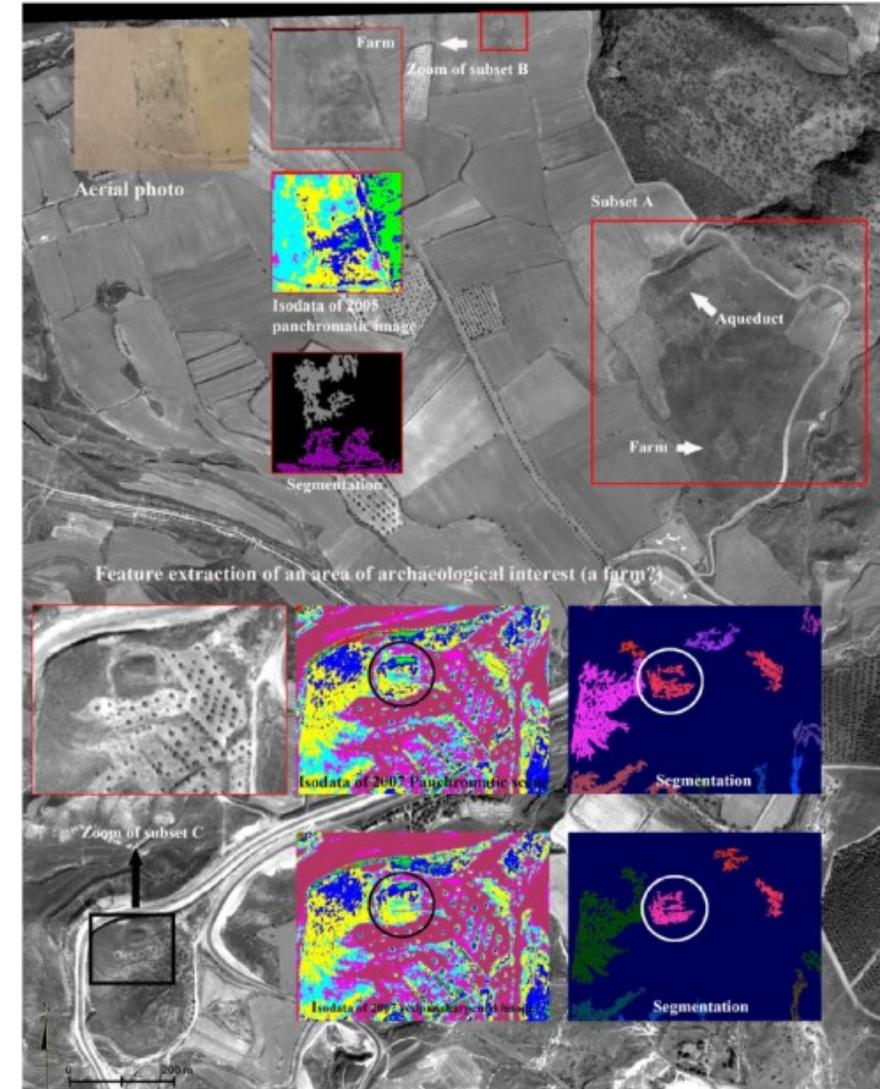
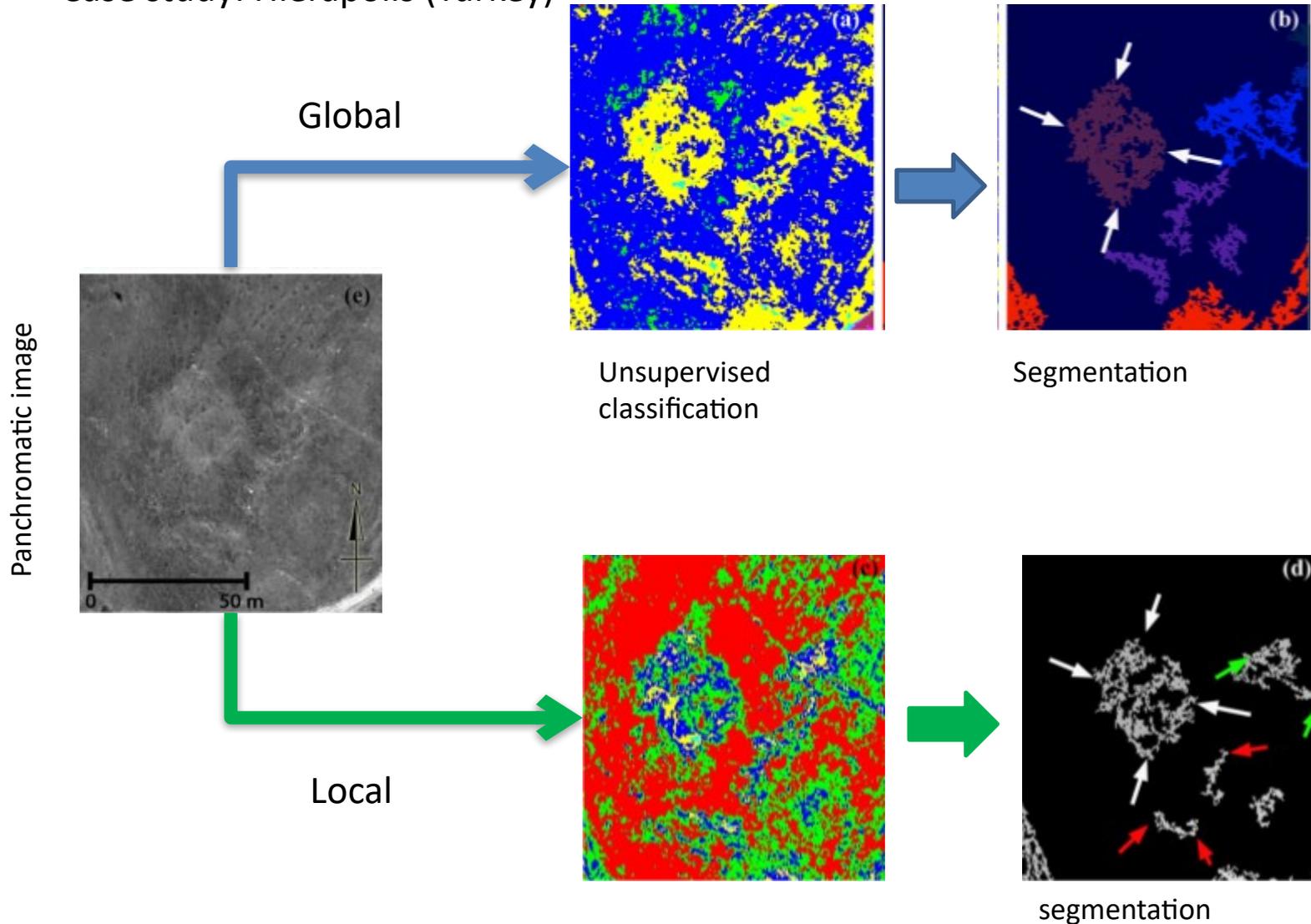
Masini et al, 2008

Satellite remote sensing



MACHINE LEARNING BASED APPROACH FOR THE AUTOMATIC EXTRACTION OF ARCHAEOLOGICAL FEATURES

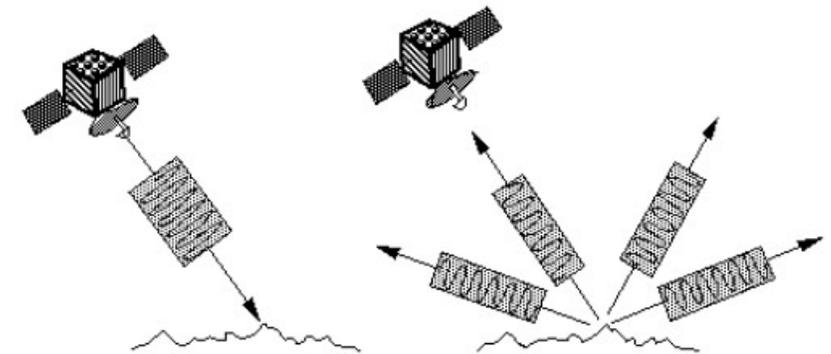
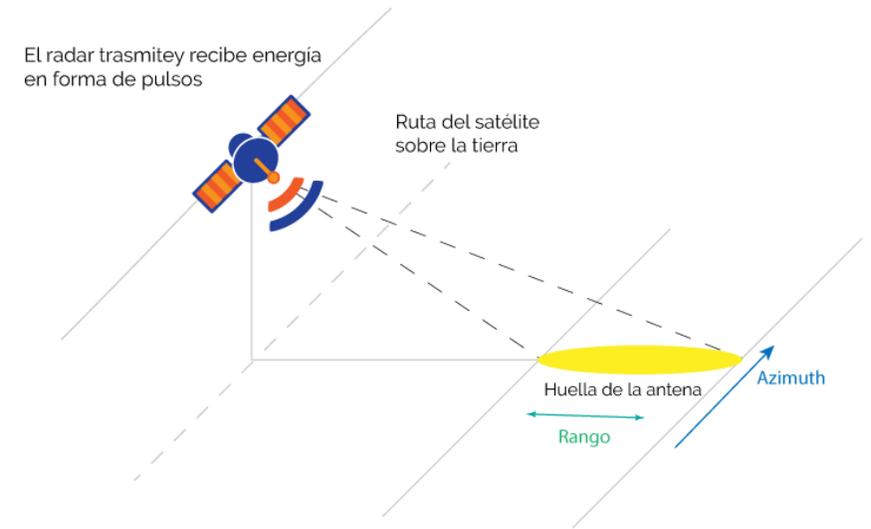
Case study: Hierapolis (Turkey)



TELEDETECCIÓN ACTIVA: EL RADAR

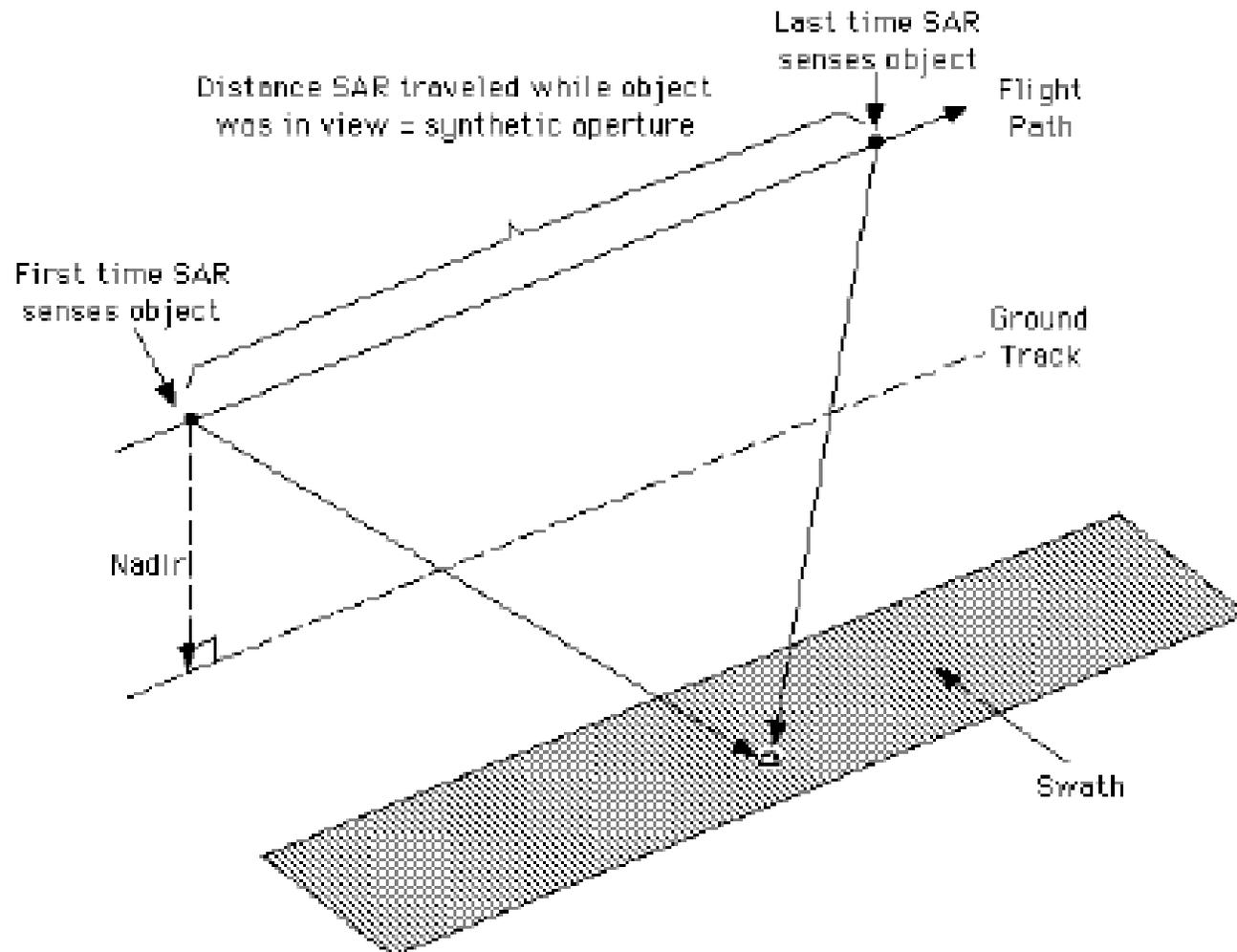
- ❖ El radar de imágenes es un sistema de iluminación activo que utiliza sus propias ondas de radio para **recibir información** de un objeto, **al emitir** su propia energía.
- ❖ El objetivo al recibir la energía emitida por el sensor, la absorbe, transmite o refleja en todas direcciones
- ❖ Dependiendo de las propiedades y geometría del objetivo, una parte de la energía es reflejada de vuelta hasta el radar.
- ❖ El **tiempo** que tarda en regresar la energía hasta el radar **es proporcional** a la distancia del objetivo desde la antena.

Una antena, montada en una plataforma, transmite una señal de radar en una dirección lateral hacia la superficie de la Tierra. La señal reflejada, conocida como **eco**, se dispersa desde la superficie y se recibe una fracción de segundo más tarde en la misma antena (radar monoestático).



Synthetic Aperture Radar (SAR) - Principio

Synthetic Aperture Radar - Principio



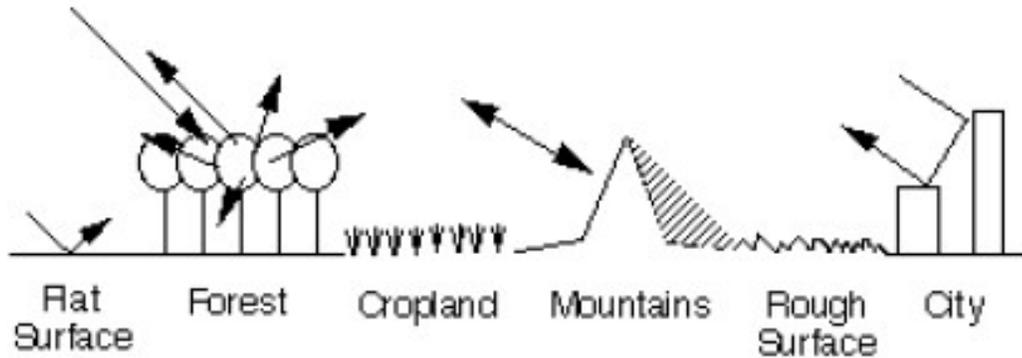
- ❑ El **SAR** es un radar particular (SAR = **Radar de apertura sintética**) que aprovecha el **efecto Doppler** de los ecos (ondas de retorno) de radar generados por el movimiento de avance de la nave espacial para sintetizar una gran antena.
- ❑ Esto **permite una alta resolución** (azimut) en la imagen resultante a pesar de una antena físicamente pequeña.
- ❑ A medida que el radar se mueve, se transmite un pulso en cada posición. Los ecos de retorno pasan por el receptor y se registran en un almacén de eco.

Para sistemas de radar coherentes como el radar de apertura sintética (SAR), se registra la amplitud y la fase del eco recibido, que se utilizan durante el proceso de enfoque para construir la imagen.

Mecanismos de dispersión (Scattering)

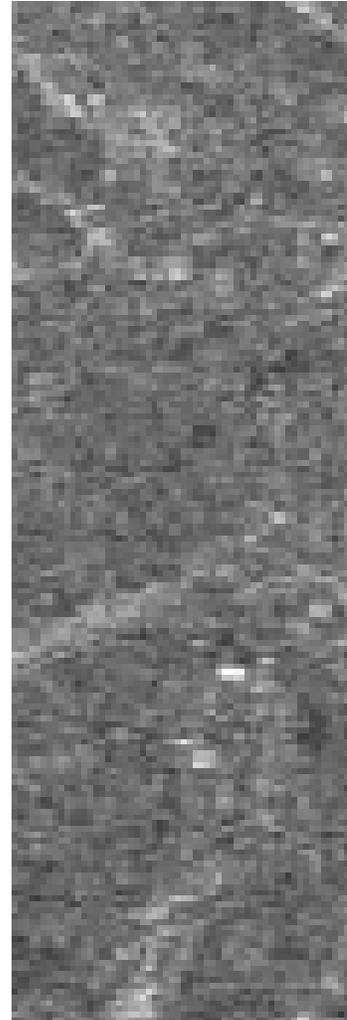
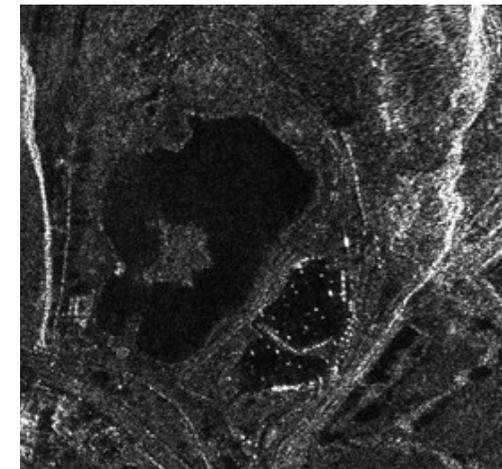
Las imágenes de SAR representan una estimación de la retrodispersión (backscattering) del radar para un área determinada en el suelo.

- ❑ Las áreas **más oscuras** de la imagen representan una **retrodispersión baja**, mientras que las áreas **más brillantes** representan una **alta retrodispersión**.
- ❑ Las características (features) **brillantes** significan que una **gran fracción de la energía del radar se reflejó** de regreso al radar, mientras que las **características oscuras** implican que se reflejó muy poca energía.



La **retrodispersión** para un área target (objetivo), en una longitud de onda particular, **variará** para una **variedad de condiciones, como**

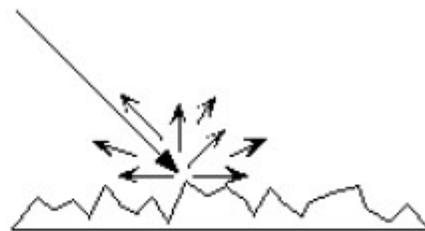
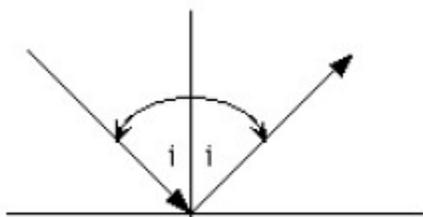
- ❑ el **tamaño físico de los dispersores** en el área target,
 - ❑ las **propiedades eléctricas** del target y el **contenido de humedad**: los objetos más húmedos aparecen brillantes y los objetivos más secos aparecen oscuros.
- ❖ La excepción a esto es un cuerpo de agua suave, que actuará como una superficie plana y reflejará los pulsos entrantes lejos del sensor. Estos cuerpos aparecerán oscuros.



Dispersión de superficie y volumen

Cuanto **más alta** o más **brillante** sea la retrodispersión en la imagen, **más rugosa** será la **superficie** que se está fotografiando.

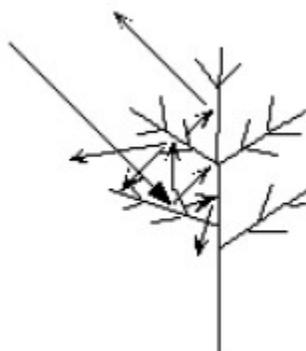
Las **superficies planas** que **reflejan poca o ninguna energía** de radio o microondas hacia el radar **siempre aparecerán oscuras** en las imágenes de radar.



Surface Scattering

Vegetation is usually **moderately rough** on the scale of most radar wavelengths and appears as **grey** or **light grey** in a radar image

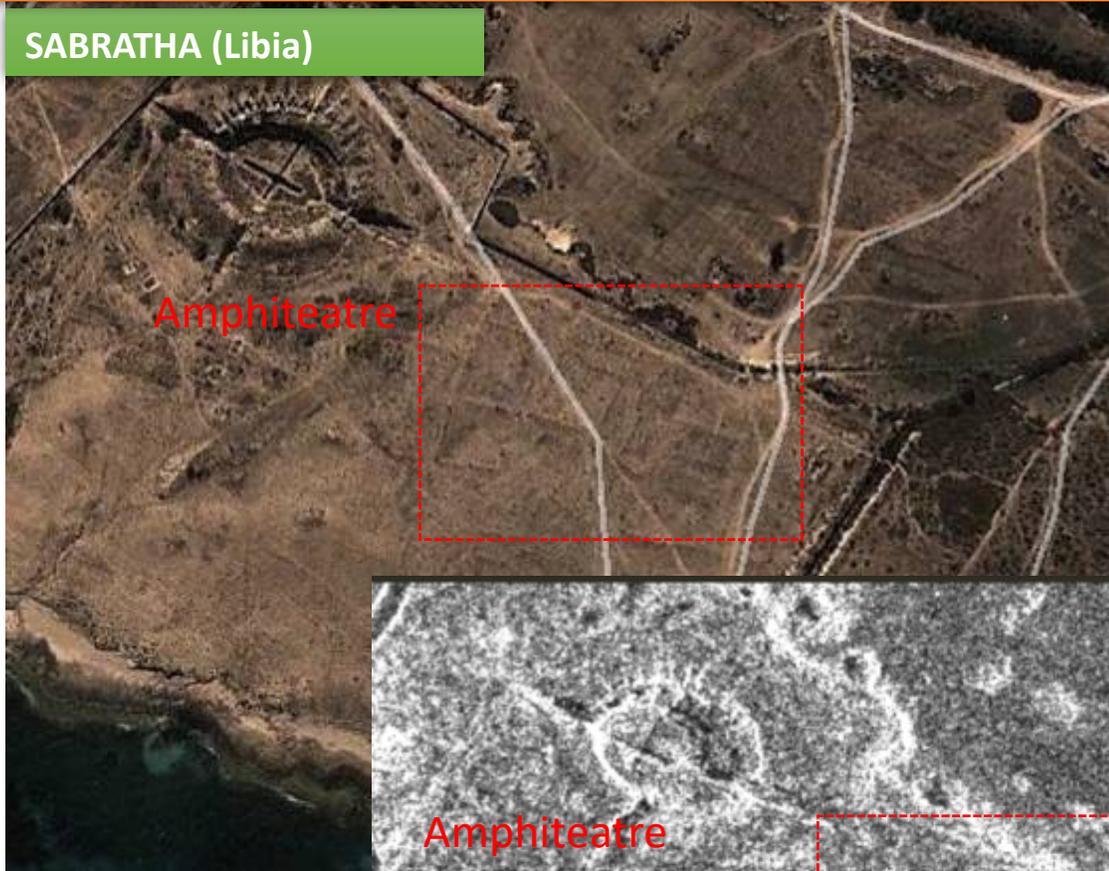
La vegetación suele ser **moderately rough** (moderadamente 'rugosa) en la escala de la mayoría de las longitudes de onda del radar y aparece como gris o gris claro en una imagen de radar.



Volume Scattering

SAR archaeological applications: potential to be exploited

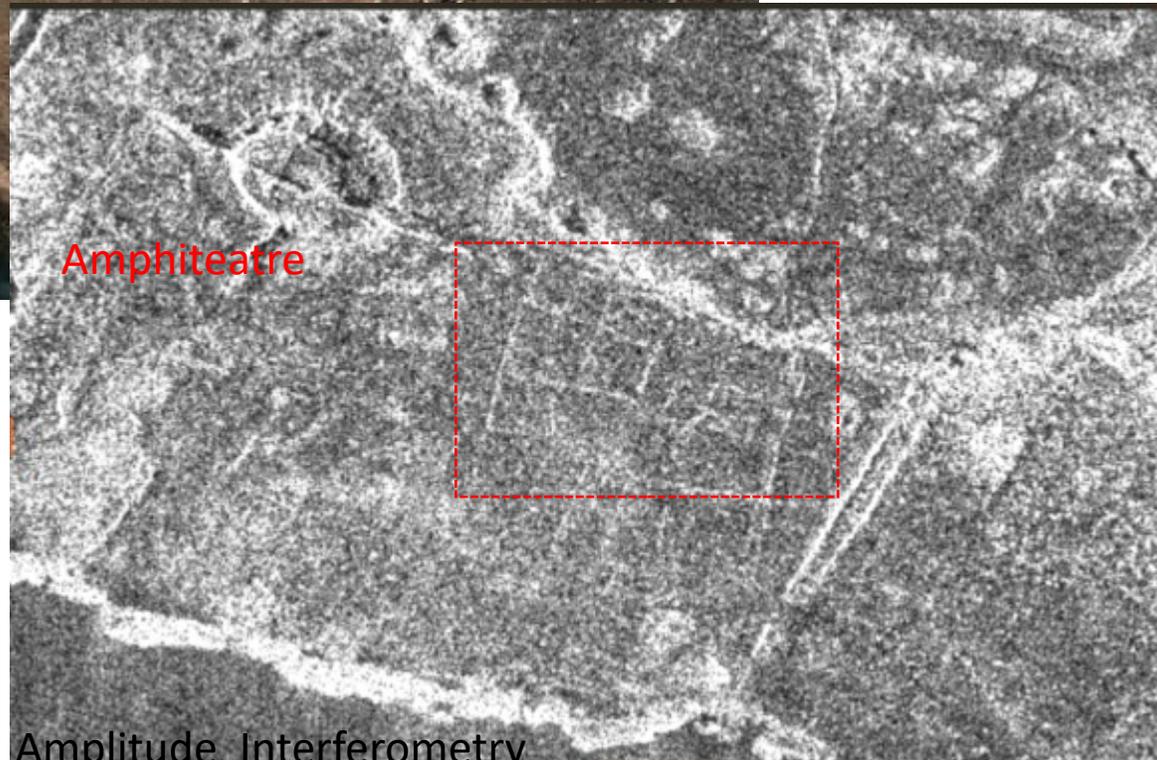
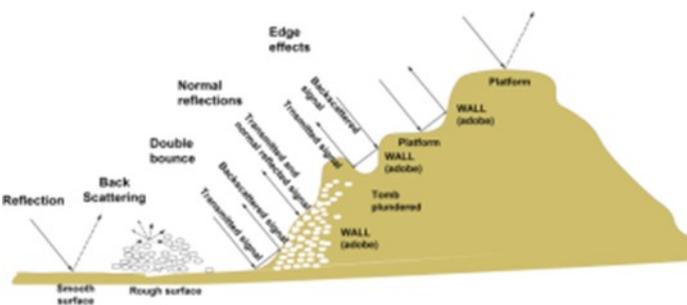
SABRATHA (Libia)



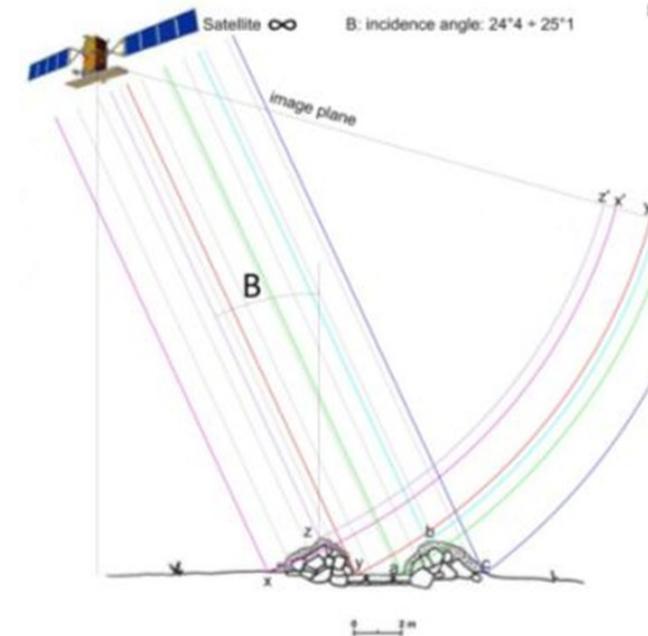
Sabratha, en la costa de Libia, fue fundada en el siglo VII a. C. por los fenicios. La ciudad fue reconstruida durante la época romana cuando alcanzó su mayor prosperidad durante los siglos II y III d.C.



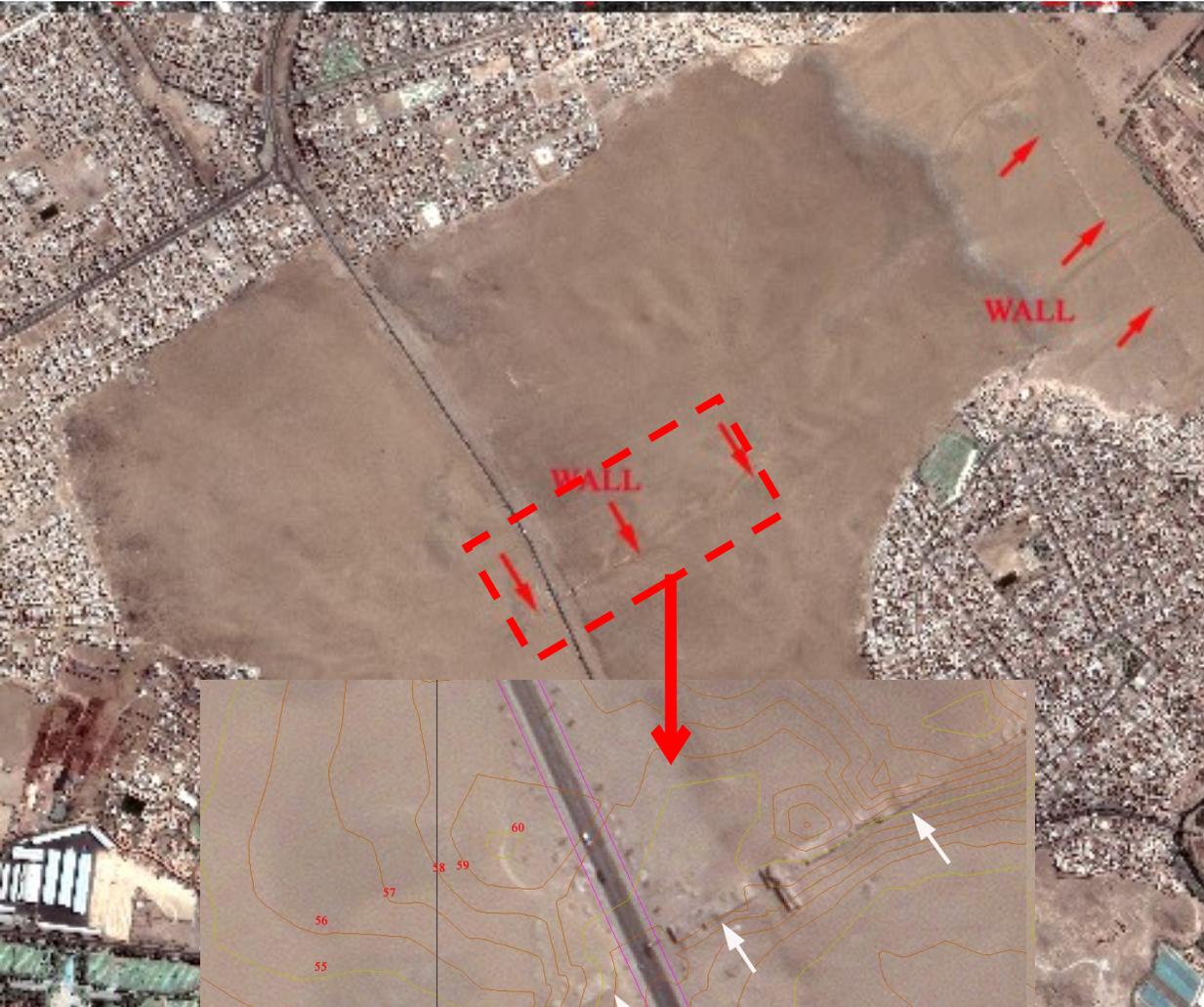
Google Earth



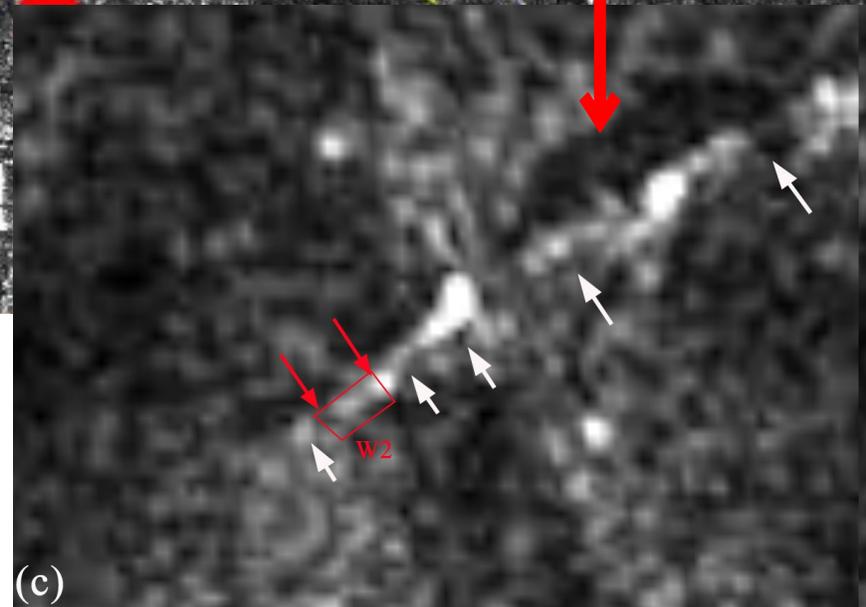
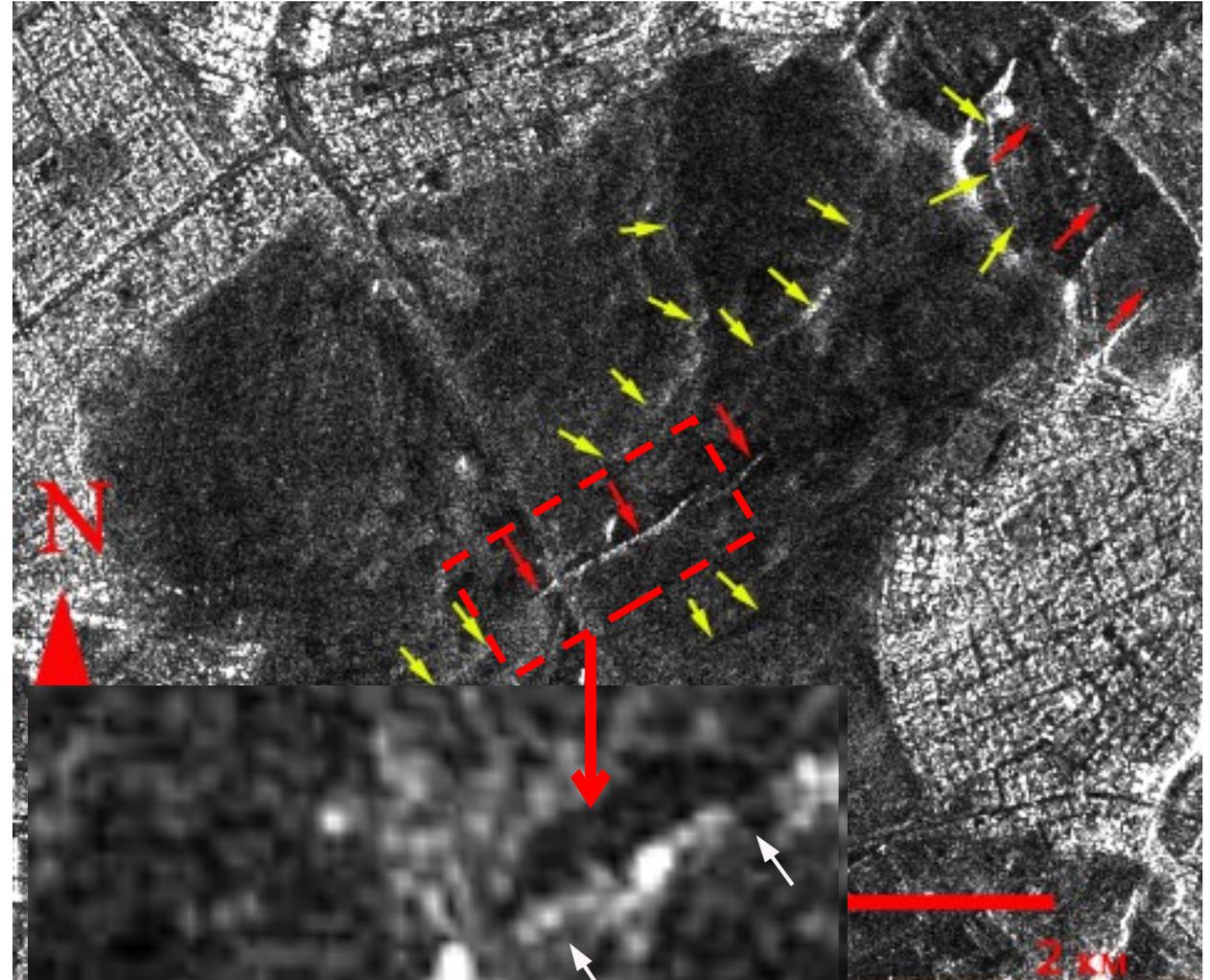
Amplitude Interferometry



PACHACAMAC



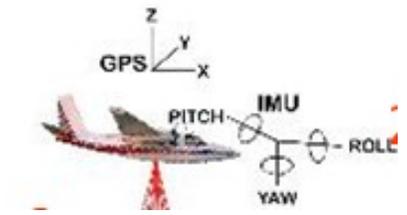
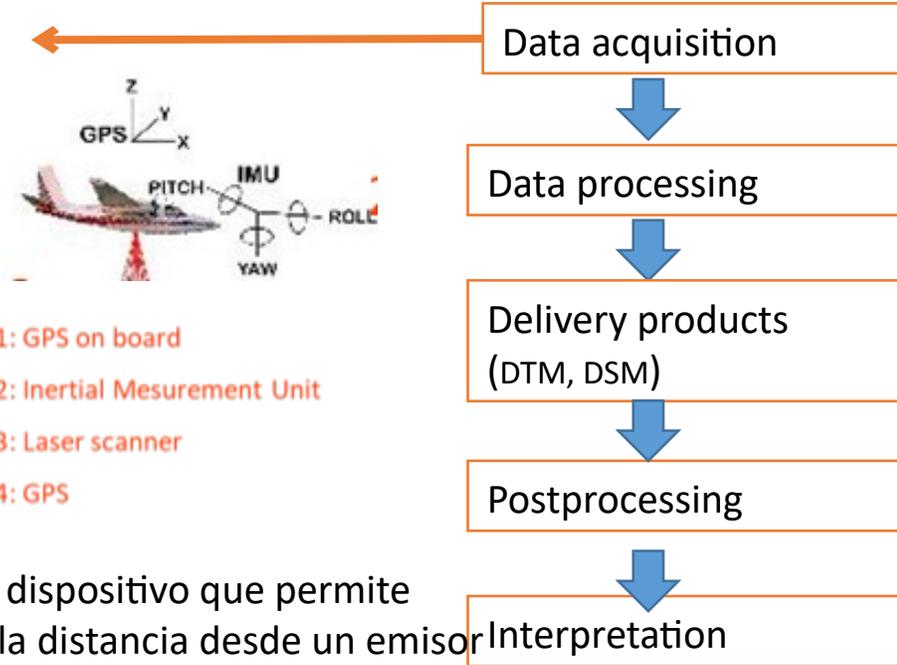
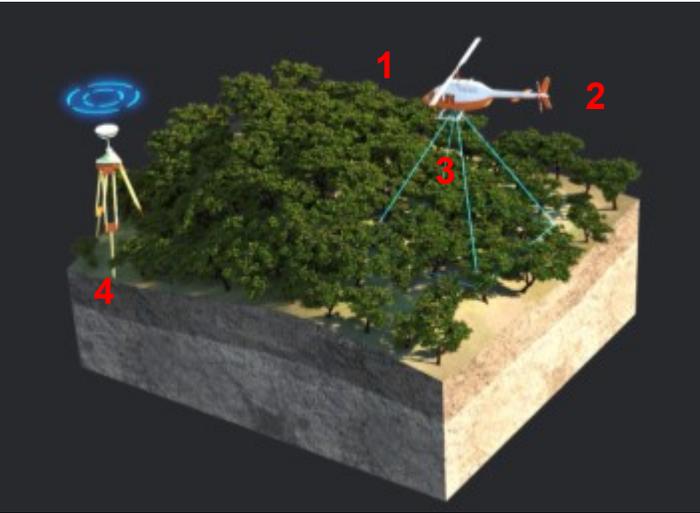
(a)



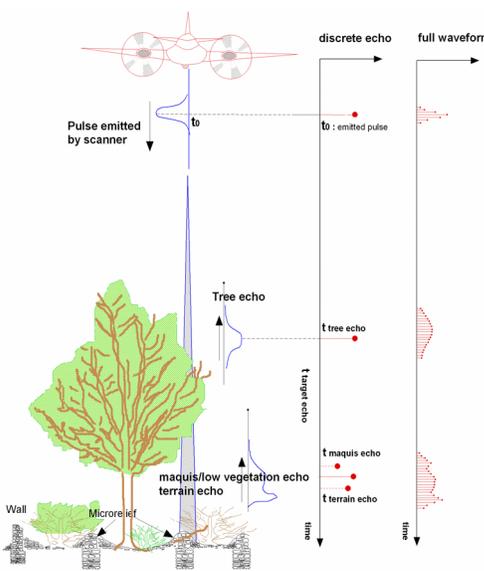
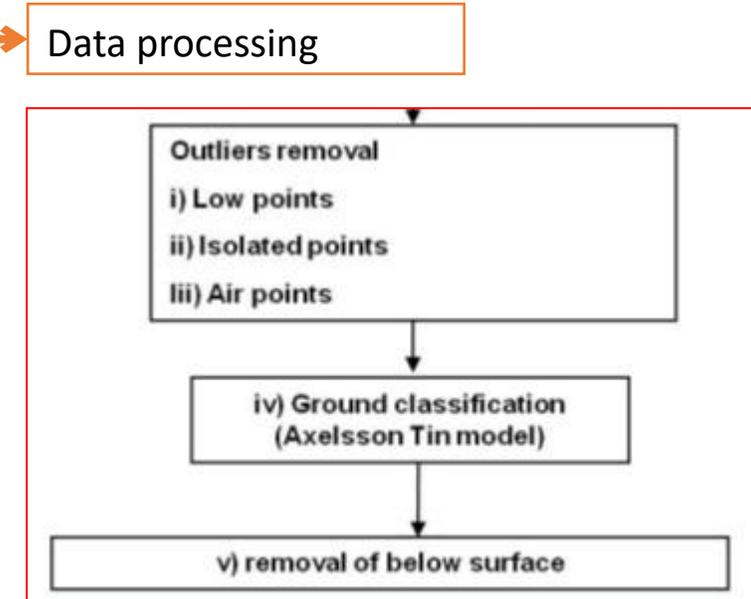
(c)



LiDAR : desde la adquisición de datos hasta el procesamiento

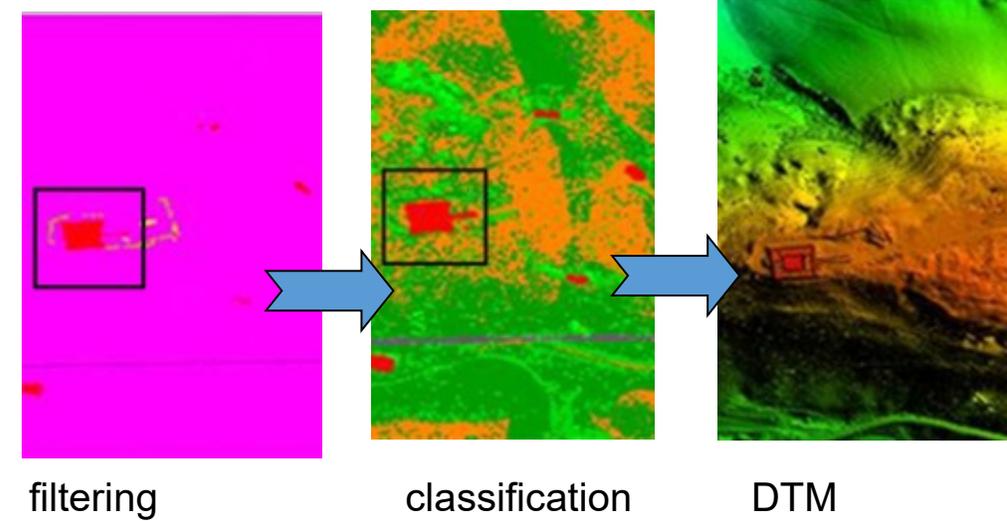


- 1: GPS on board
- 2: Inertial Measurement Unit
- 3: Laser scanner
- 4: GPS



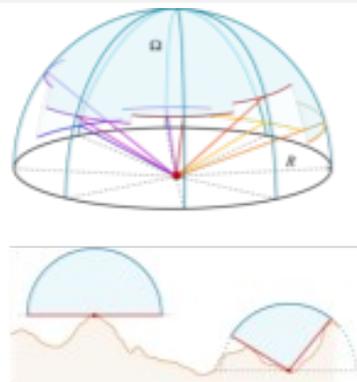
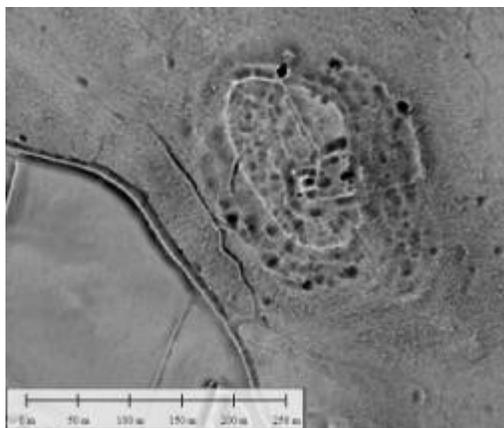
LiDAR es un dispositivo que permite determinar la distancia desde un emisor láser a un objeto o superficie utilizando un haz láser pulsado. La distancia al objeto se determina midiendo el tiempo de retraso entre la emisión del pulso y su detección a través de la señal reflejada. El LiDAR permite obtener **modelos digitales precisos** para la identificación y caracterización de la microtopografía, y **penetrar en la vegetación**.

- Ground
- Low Vegetation
- Medium Vegetation
- High Vegetation
- Building
- Low points
- Line
- Air points

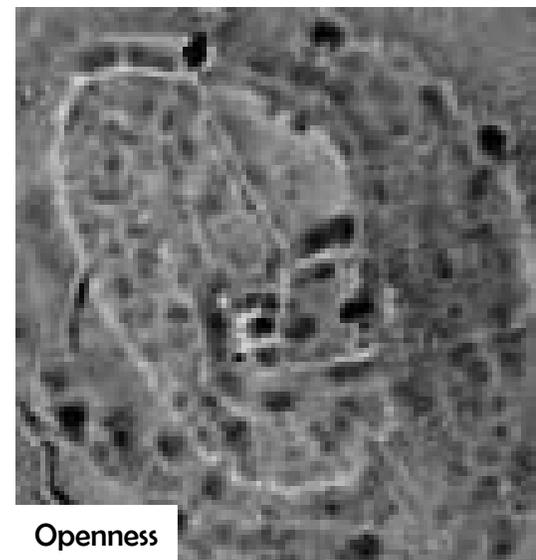


POST PROCESSING: Hill shading, Sky View Factor, Local relief Model, Openness

Openness

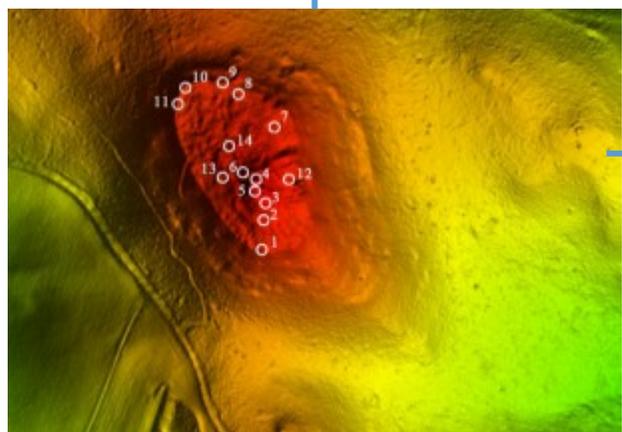
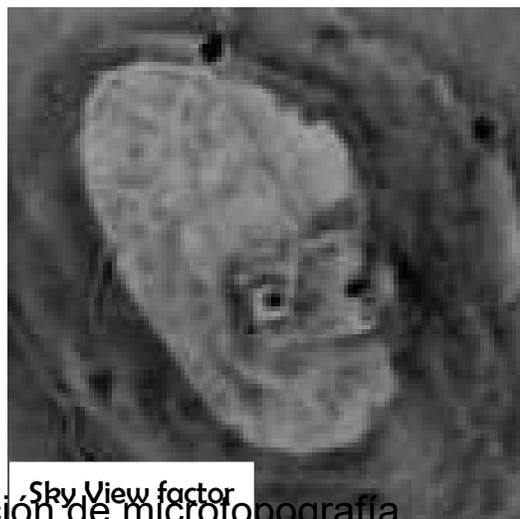
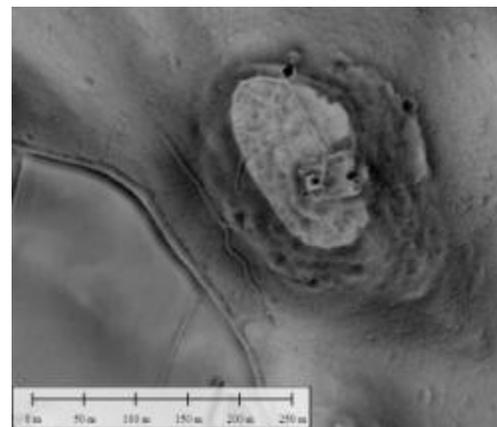


- Sky View Factor (SVF) quantifies the portion of the sky visible from a certain point' within a certain radius
- SVF considers a homogeneous illumination from all directions above
- elevation angle is determined into multiple directions and to the given distance



Sky View factor

Zakšek et al. 2011

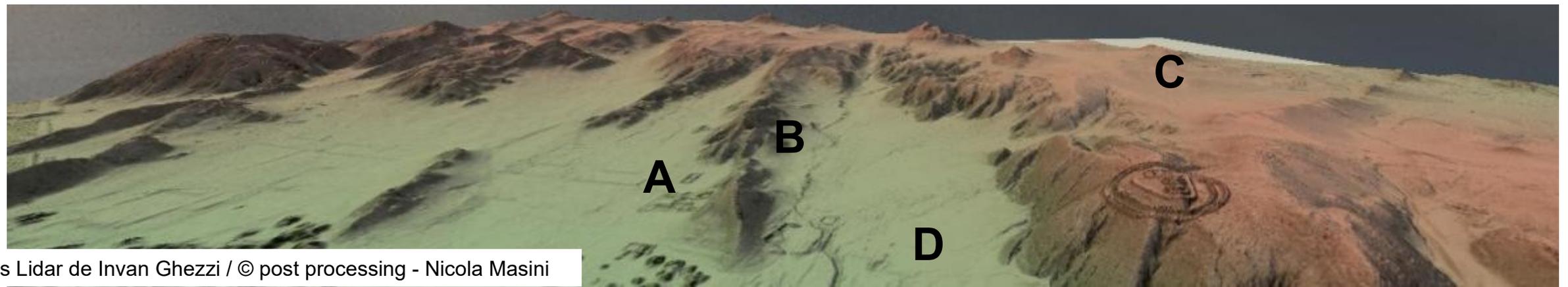
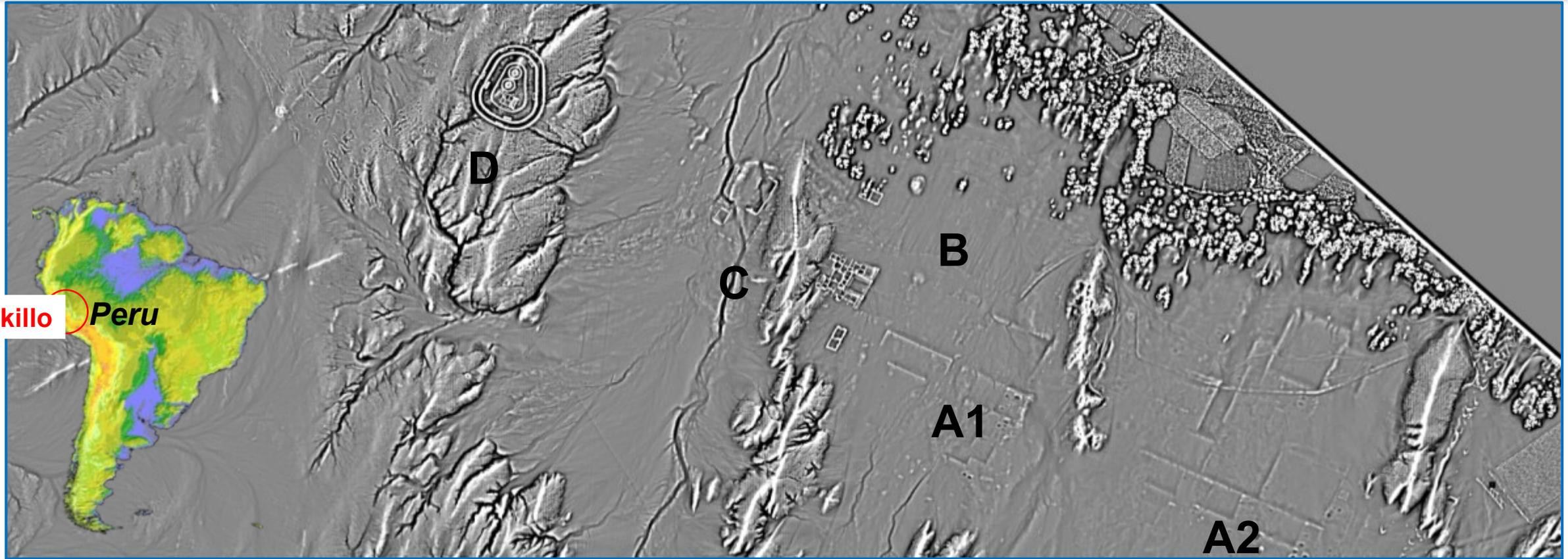


SimpleLocal relief Model

Hesse 2010

Para aplicaciones arqueológicas en asentamientos montañosos afectados por procesos de erosión, la interpretación de microtopografía, excursiones a pequeña escala en la elevación de la superficie terrestre en escalas de milímetro a centímetro, es crucial. Para este propósito, se pueden usar varias técnicas de visualización (VT) para mejorar el DTM, facilitando la interpretación arqueológica y geomorfológica

LiDAR data processing of Chankillo

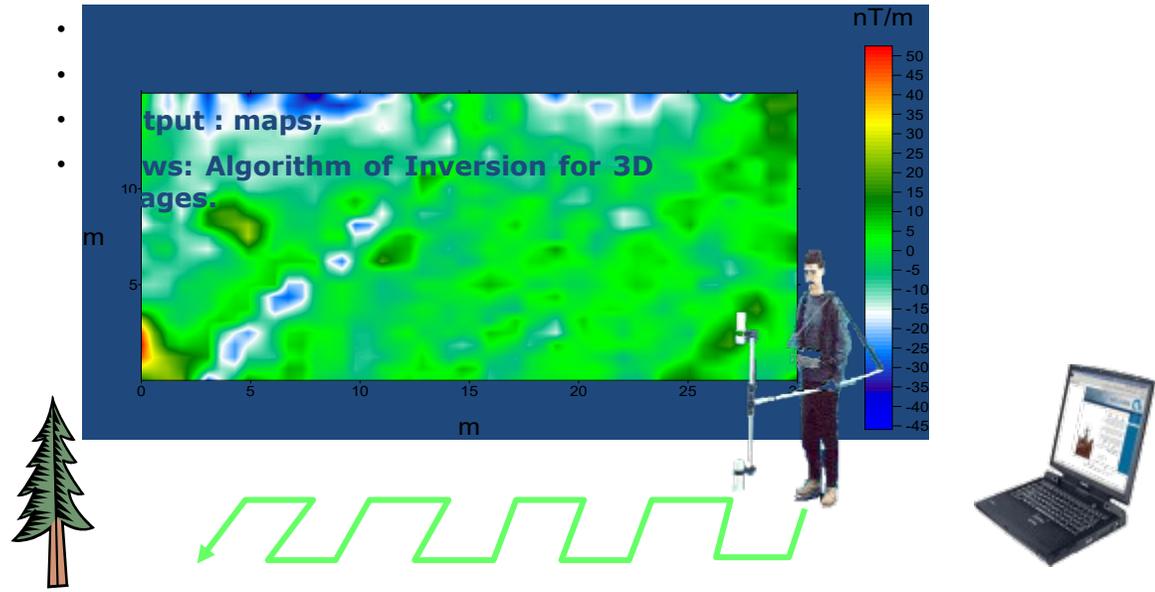


METODO MAGNETICO

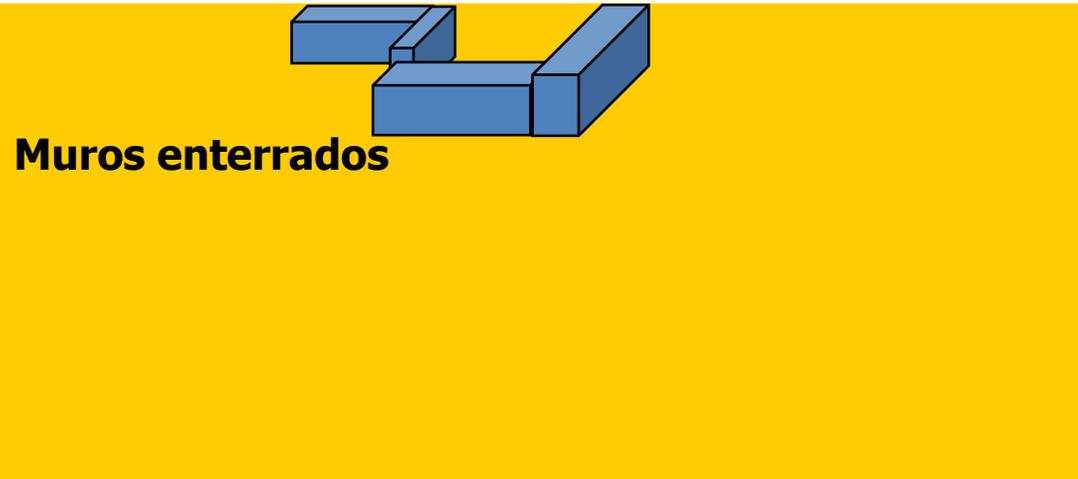
Principio fisico y metodo :

aprovechando las propiedades magnéticas de la materia, con un sensor se miden las variaciones espaciales del campo magnético terrestre debidas a la presencia en el terreno de cuerpos dotados

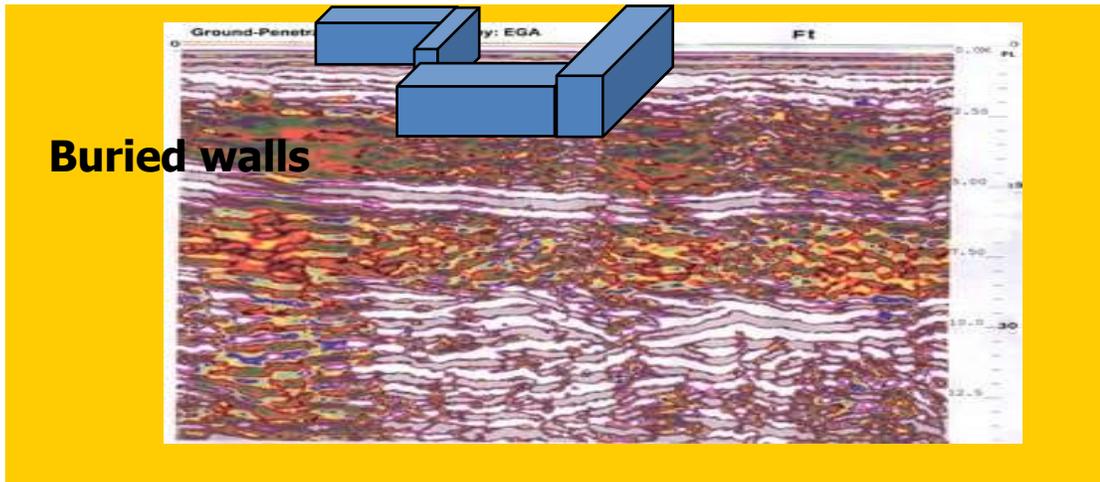
- de susceptibilidad magnética
- o de una magnetización propia.



El magnetómetro se usa generalmente con una configuración gradiométrica, que incluye dos sensores dispuestos en los vértices de un estribo vertical, a una distancia de aproximadamente 0,8 m entre sí.



GEORADAR (GPR)

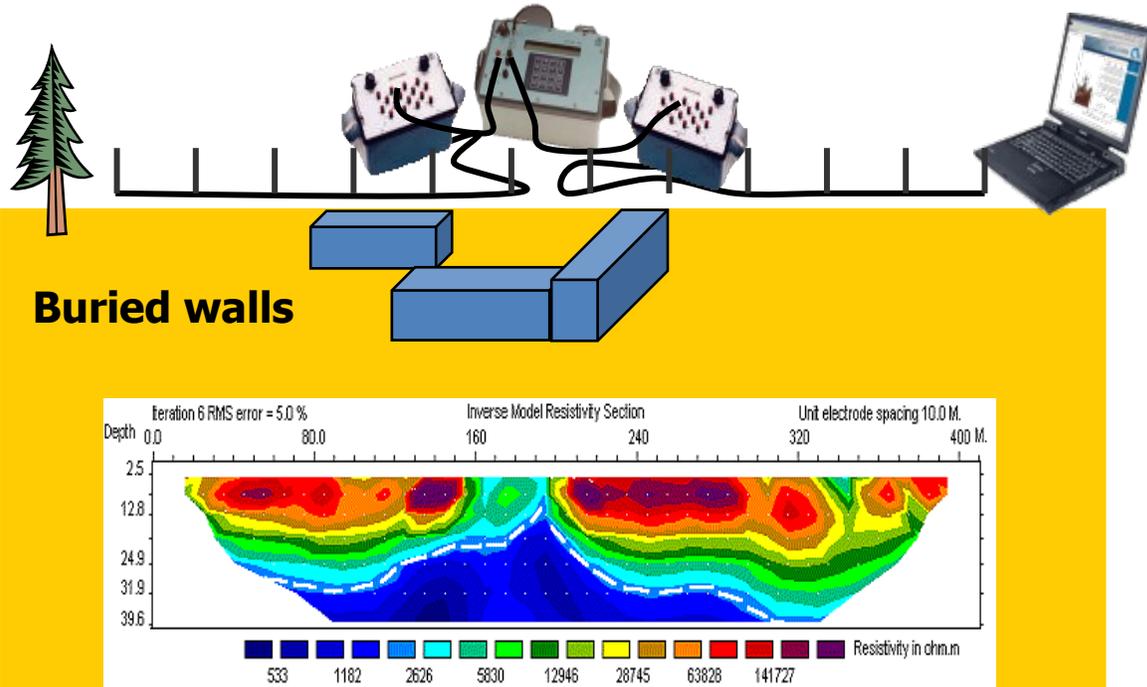


Metodo : basado en la emisión y propagación de ondas electromagnéticas en un medio, con la posterior recepción de las reflexiones que se producen en sus discontinuidades.

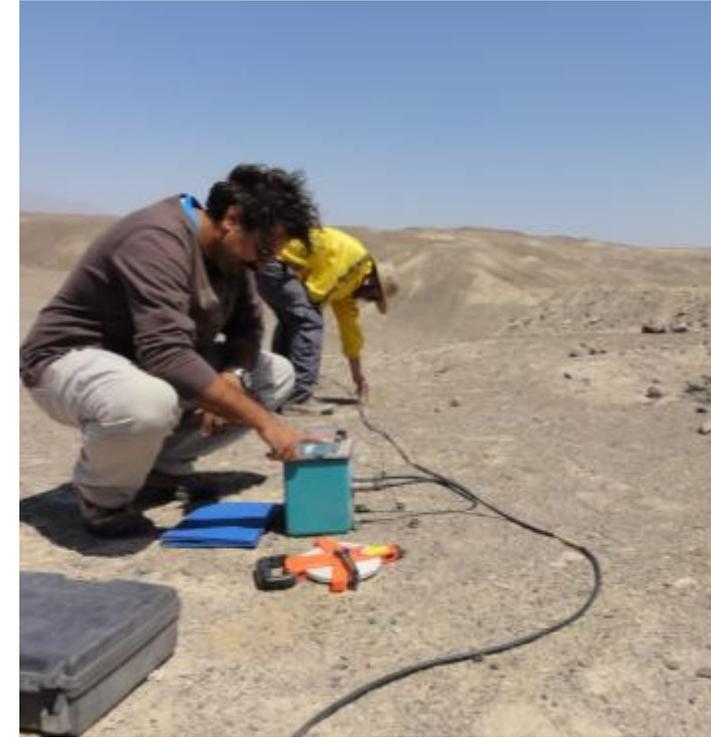
Tecnica : mediante una antena transmisora se envía al subsuelo una señal e.m. impulsiva en frecuencia (entre 100 MHz y 2 GHz) que, antes de volver a emerger a la superficie, donde es captada por una antena receptora, cumple un cierto trayecto esencialmente dependiente de las propiedades dieléctricas de los materiales que encuentra. .

GPR exploits the reflections occurring in the subsoil due to the impedance electromagnetic contrasts occurring in the subsoil. Thanks to the possibilities to use antennas with different operating frequencies, the method permits an adequate resolution and depth of investigation for the most common archaeological applications

TOMOGRAFÍA DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA (ERT)



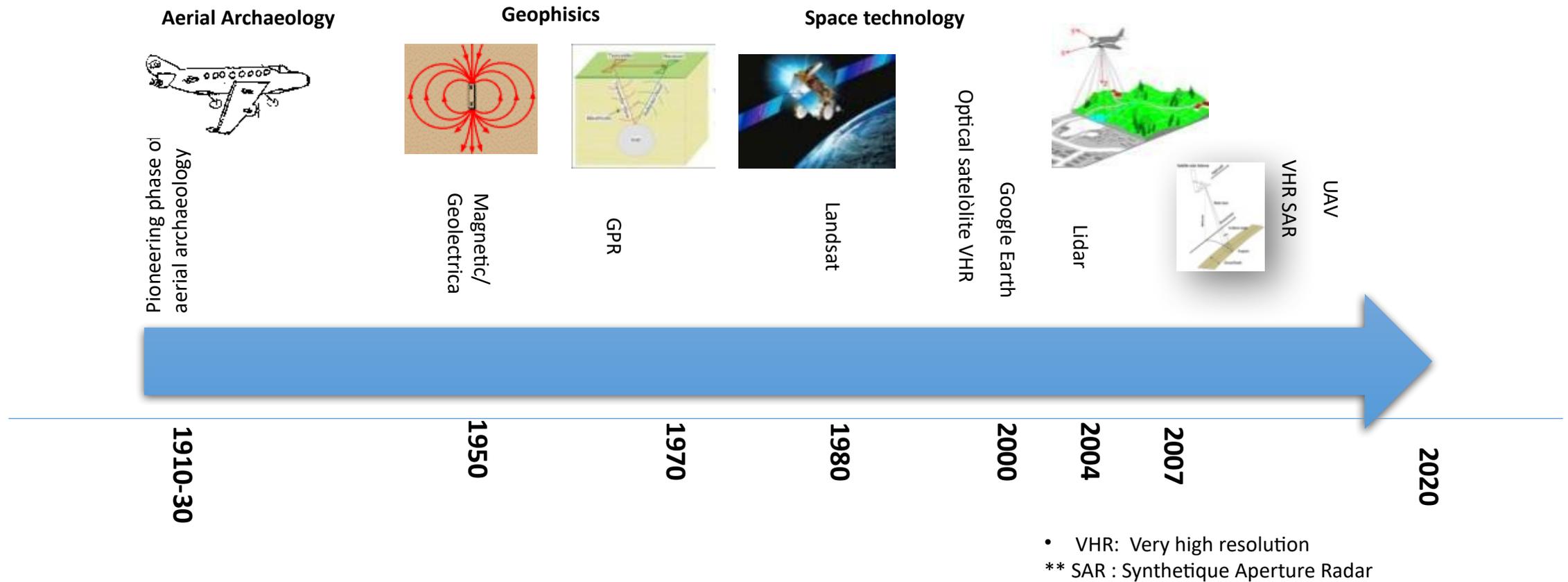
El método "elétrico" cuadripolar consiste en introducir una corriente eléctrica continua en la superficie del terreno a través de dos electrodos de "corriente". A partir del valor de la corriente inyectada y del voltaje medido se obtiene la "resistividad aparente" del subsuelo.



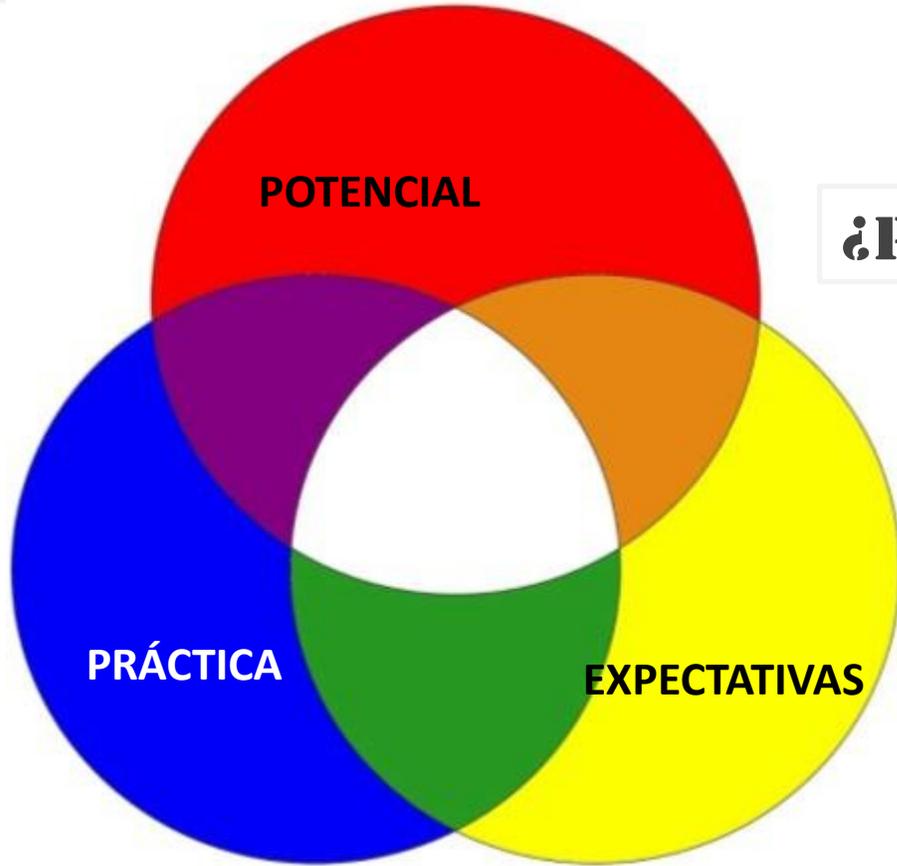
Cada tipo de material presenta un rango de resistividad "real" más o menos característico. Las **cavidades vacías** (llenas de aire) presentan una **resistividad** aparente que **tiende al infinito**: los terrenos **saturados** son altamente conductores y por tanto presentan **baja resistividad** etc..

En **tomografía eléctrica** se mide la resistividad en numerosos puntos de un perfil y se interpolan e interpretan los datos para hacer corte de resistividad del terreno. Si las condiciones son adecuadas es una herramienta muy potente para llevar a cabo correlaciones entre resistividad y tipo de material en terrenos ocultos

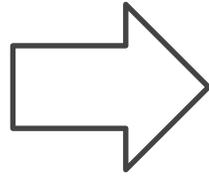
HISTORY OF REMOTE SENSING IN ARCHAEOLOGY



TELEDETECCION Y GEOFISICA PARA EL PATRIMONIO CULTURAL: EXPECTATIVAS Y RESULTADOS



¿POR QUÉ?

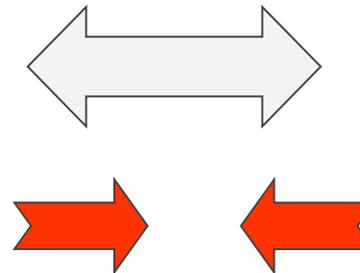
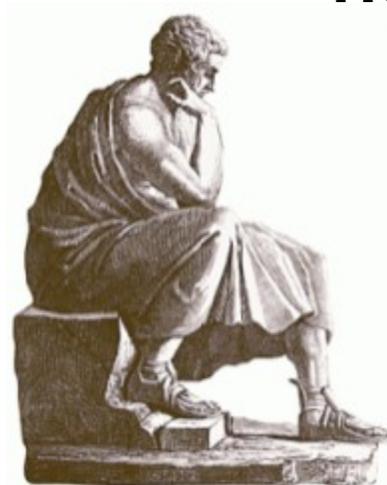


FALTA DE DIÁLOGO ENTRE CIENTÍFICOS Y USUARIOS FINALES (Arqueólogos, Conservadores, Arquitectos)

PROBLEMAS DE INTERPRETACIÓN: la teledetección proporciona solo datos INDIRECTOS

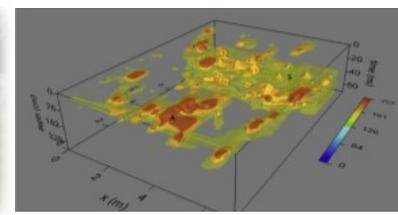
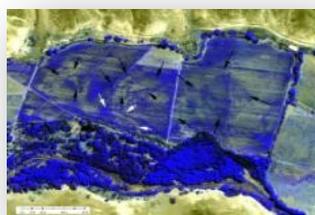
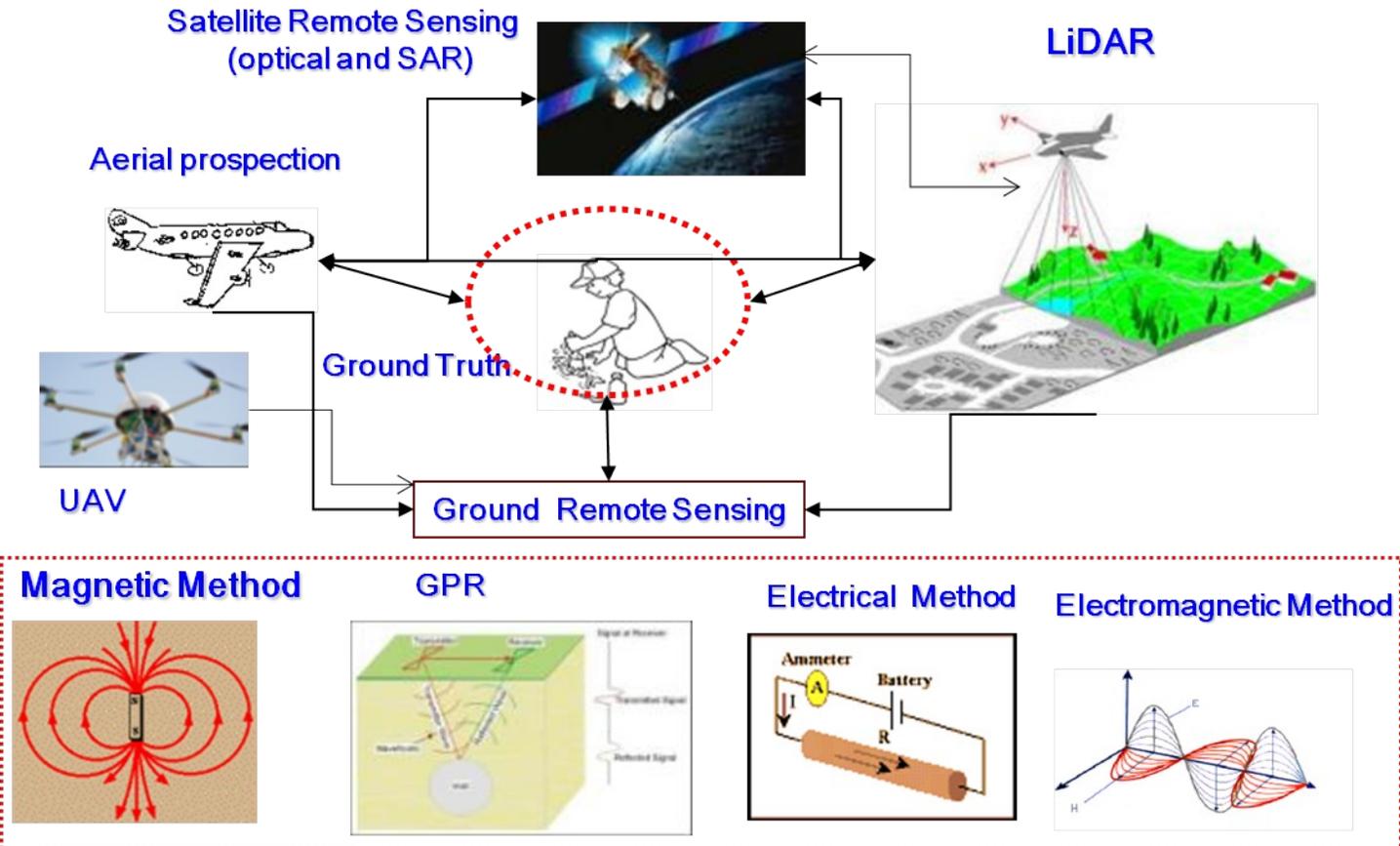
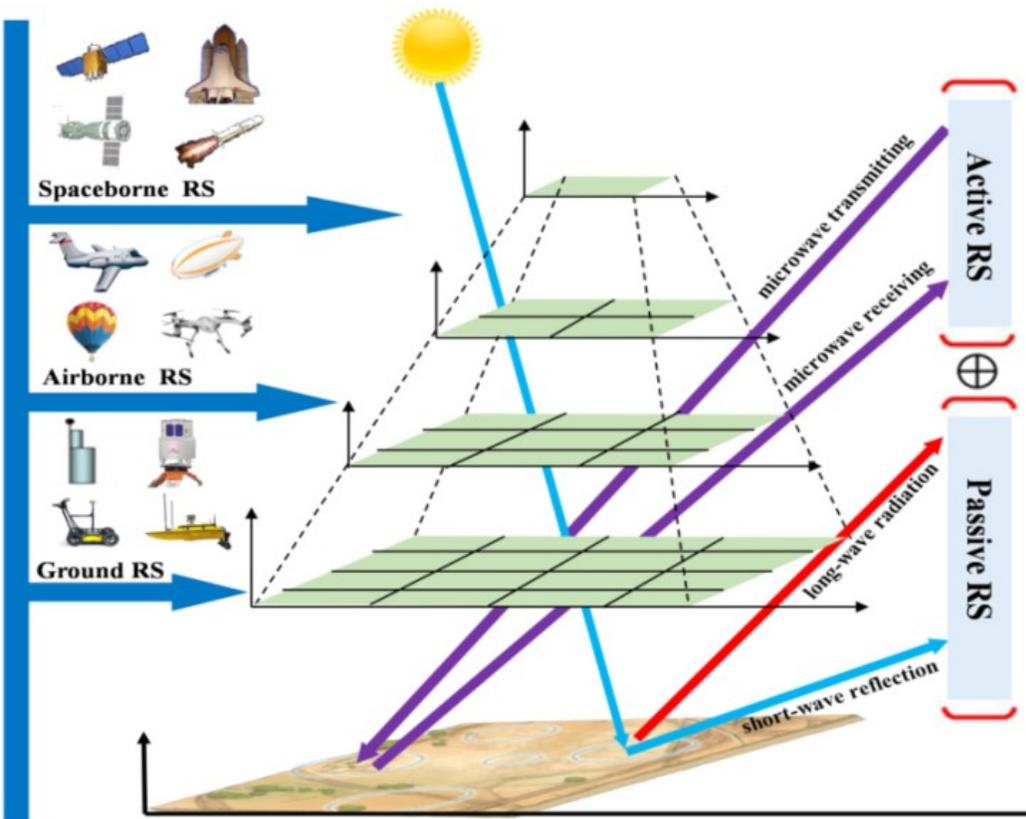
DECISIONES NO COMPARTIDAS: errores en la elección de tecnologías y metodologías que se utilizarán para una aplicación determinada

HOW TO BRIDGE THE GAP?



La TELEDETECCION (así como cualquier tecnología) es el MEDIO no es el FIN !!

Enfoque multiescala y multisensor para la teledetección



Missione ITACA del CNR (2008-2020)



ITACA MISSION (2008-2020)



Pachacamac 2013



Pachacamac 2013



Nazca-puquios 2013



Machu Picchu 2017



Tiwanaku 2009



Tiwanaku 2014



Pachacamac 2014



Ancash 2011

22 Investigation campaigns

(n.9) Cahuachi/Nazca/Paredones [2007-2013, 2016-17], n.3 Pachacamac (2012-14), n.2 Machu Picchu [2017, 2019], n.2 Ventarron [2010-11], n.2 Tiwanaku [2009, 2014], n.1 Cusco (2018), n.1 Titicaca Lake (2011), Ancash (2011), Chankillo [2020]

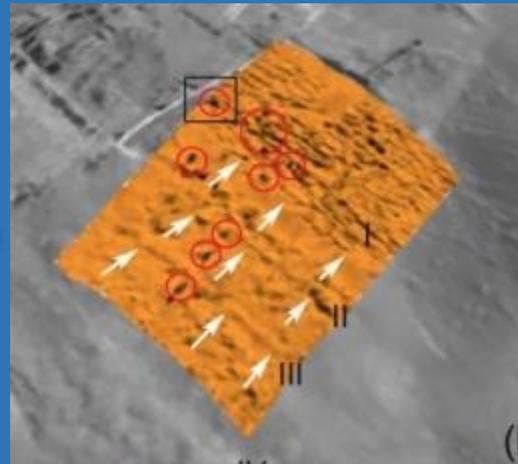
Cahuachi 2008



- 12** años
- 22** misiones
- 12** sitios
- 22** investigadores involucrados

FROM SPACE TO PLACE

2008 - Discovery of tombs and Ritual offering (Cahuachi-Nasca, 2008)



Satellite remote sensing

geomagnetometry



georadar

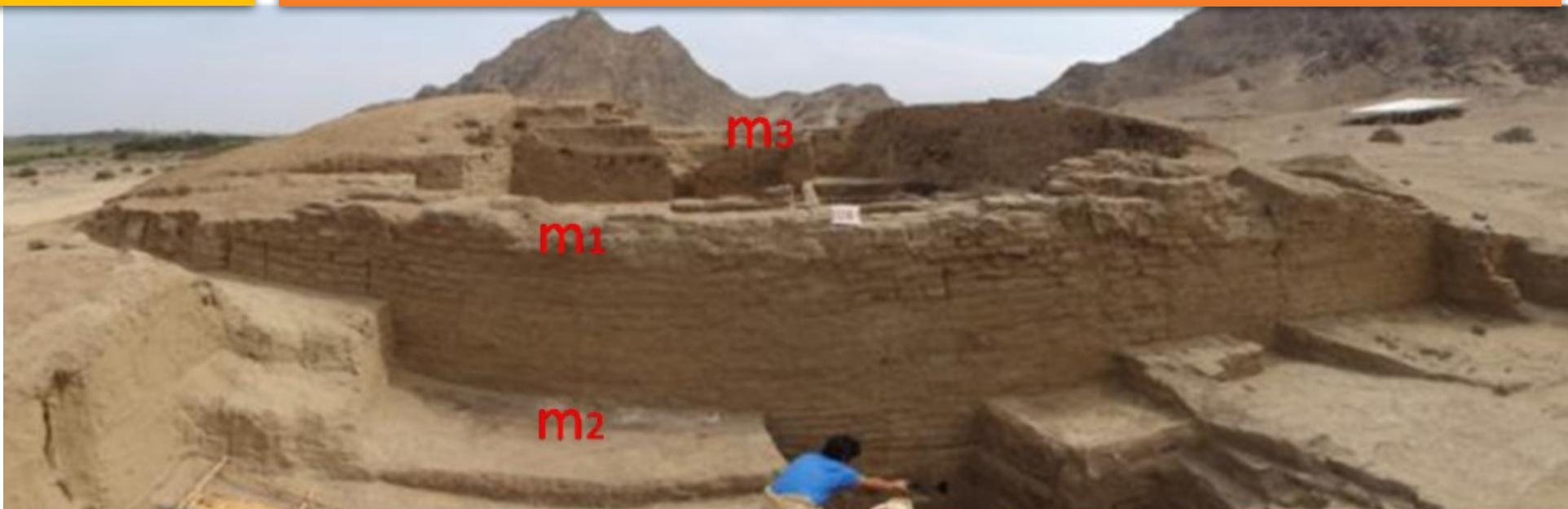


Excavations



2010

From space to place: discovery of a Moche Temple in Ventarron

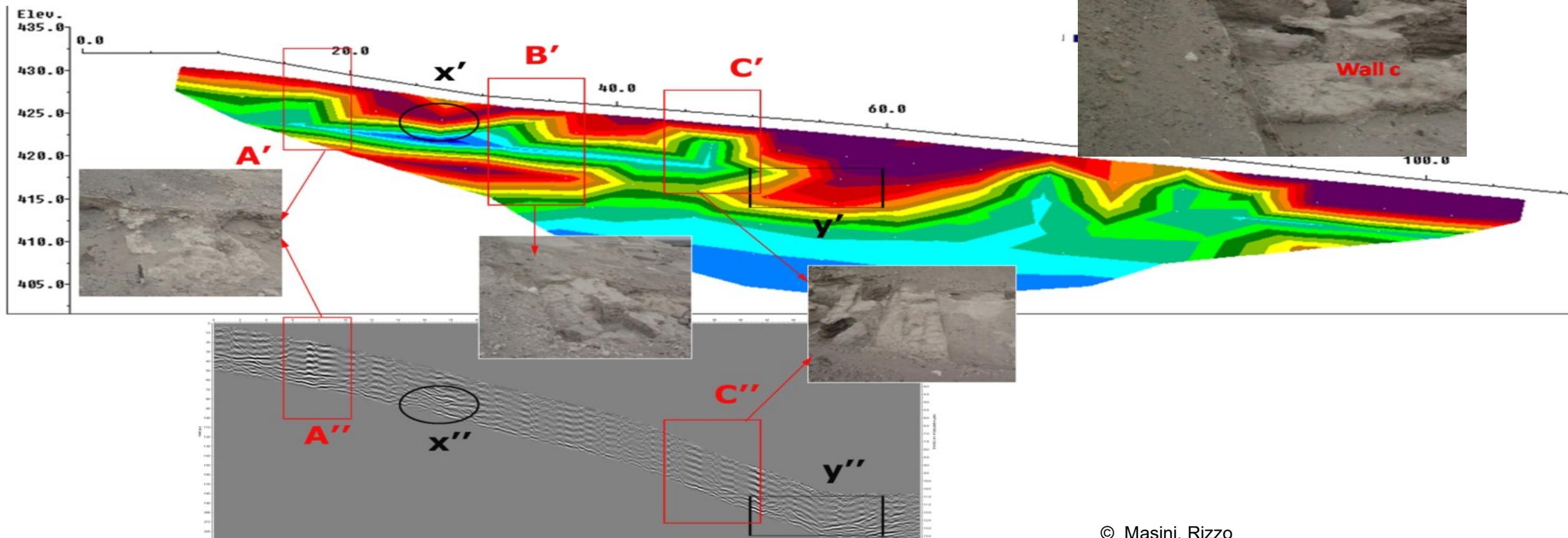


Struttura troncopiramidale a gradoni in terra cruda



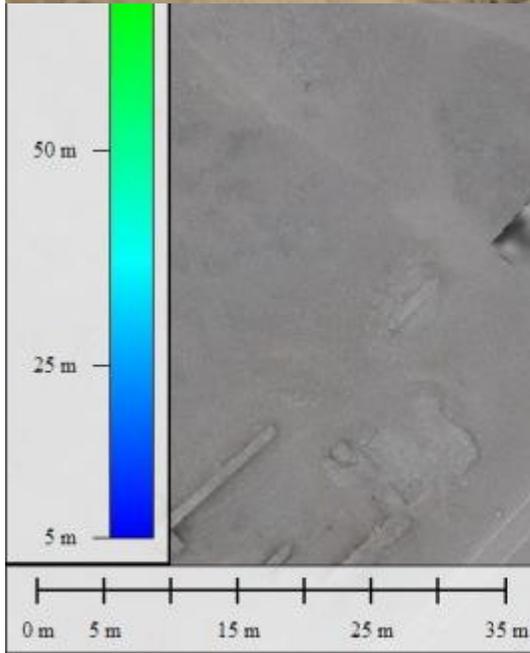
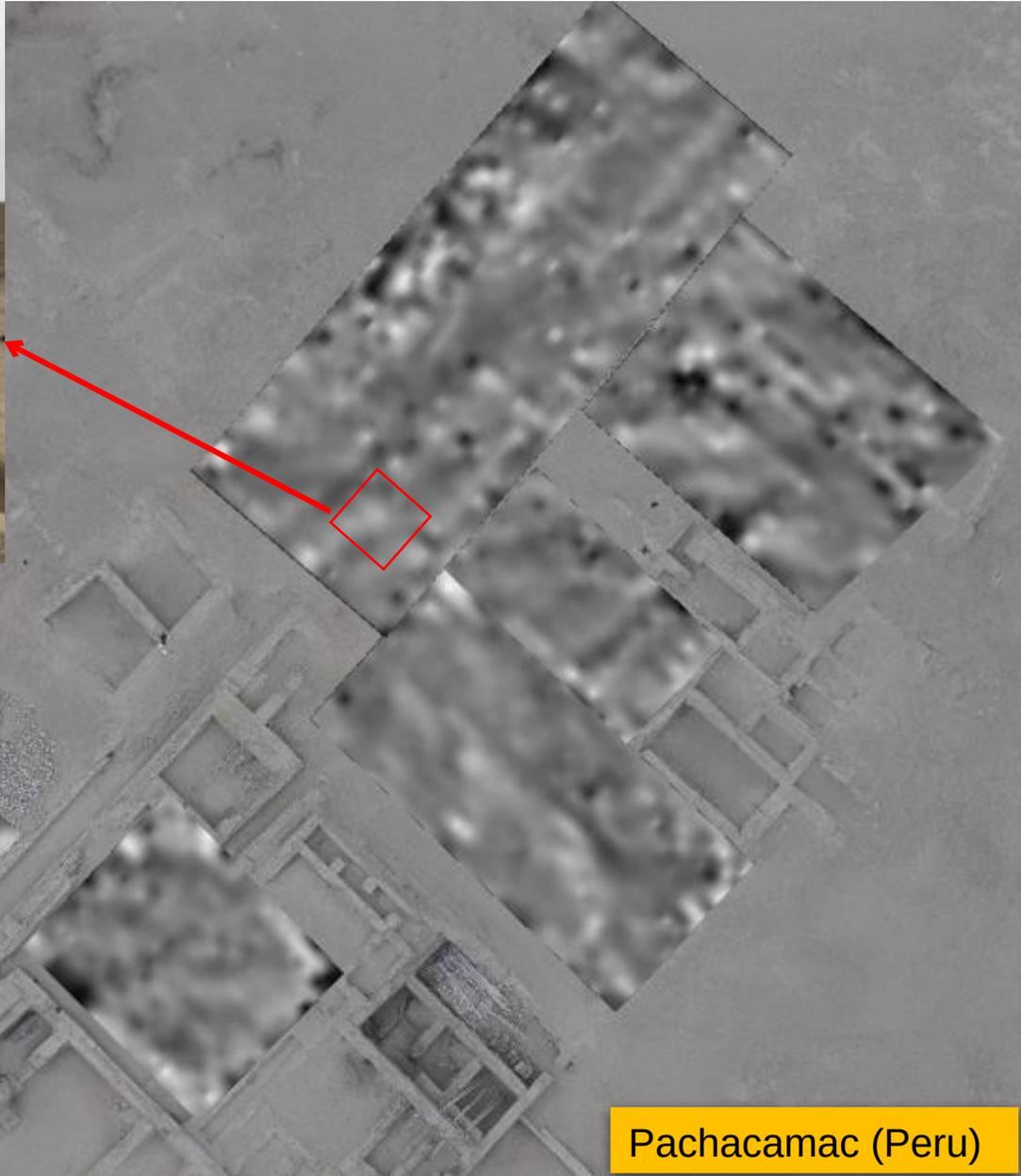
DISCOVERY OF A PYRAMID: SOUTH TEMPLE IN CAHUACHI

(SEPTEMBER 2011)



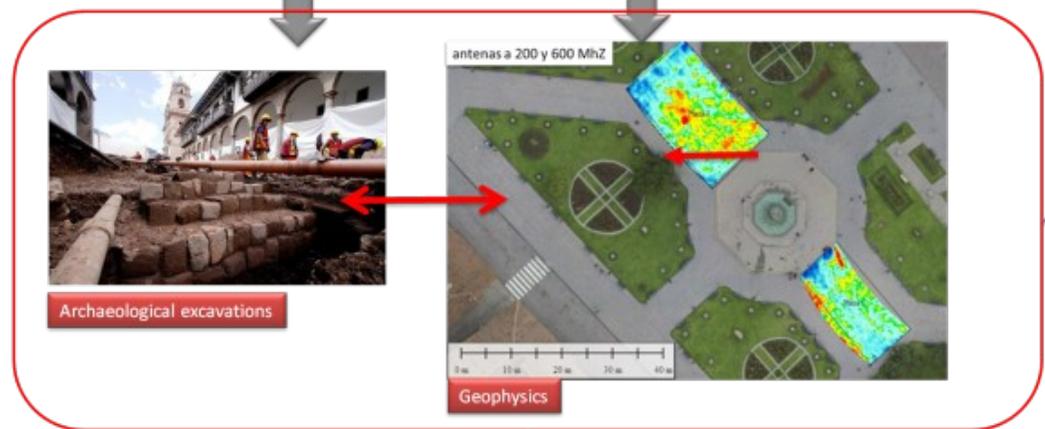
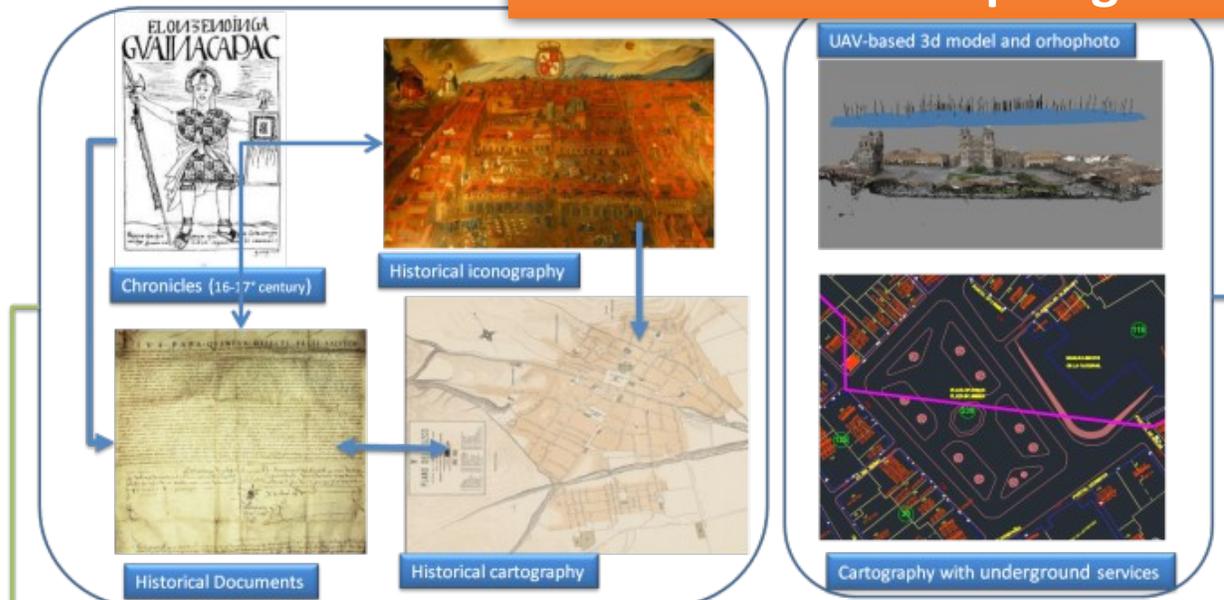
2015

Pachacamac: Palzacio Taurichumpi



Pachacamac (Peru)

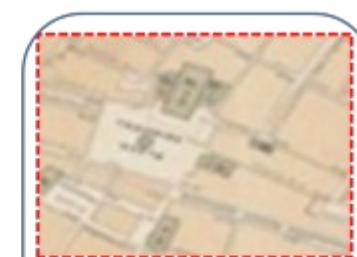
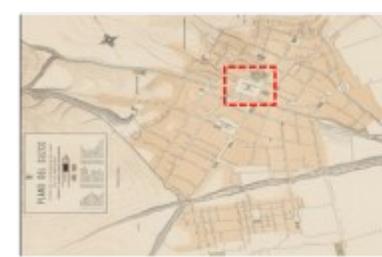
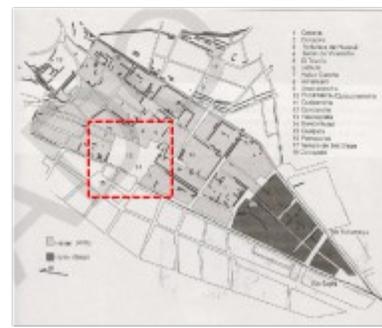
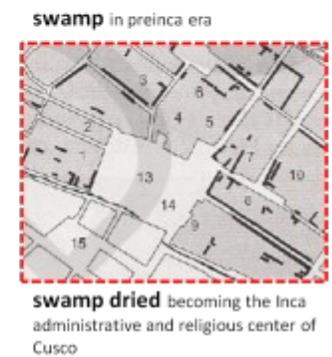
Hacia una arqueogeofísica urbana: el caso del Cusco



INTERPRETATION

(b)

PREINCA
~1400
INCA
1532
COLONIAL
1821
REPUBLICAN



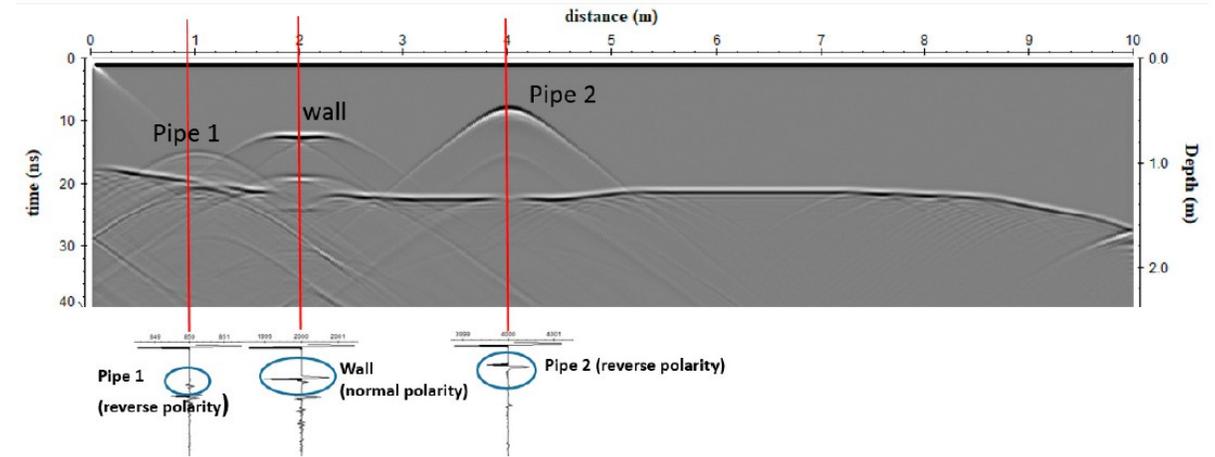
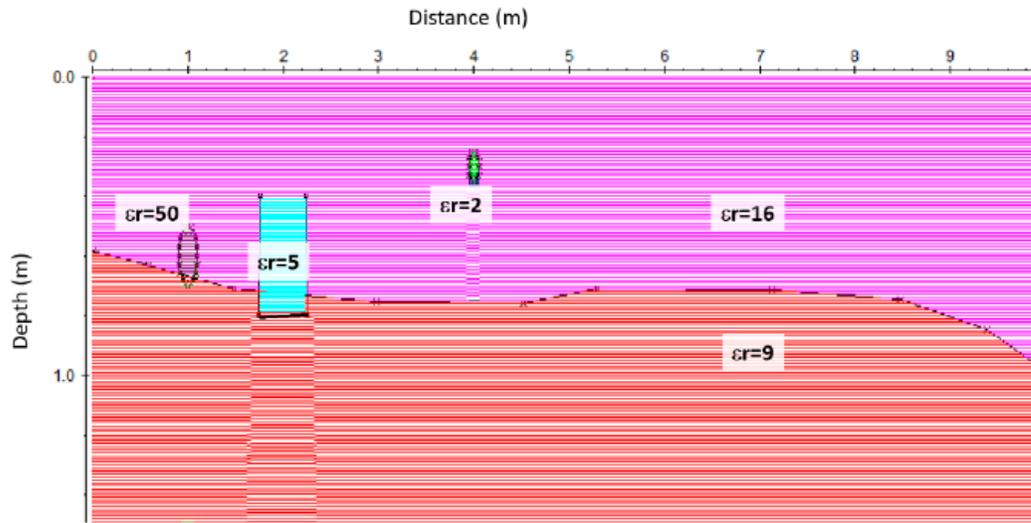
Square (Plaza de Armas)



Square (morphological changes)

El enfoque metodológico se basó en la integración de un conjunto de datos heterogéneos que incluyen información proporcionada de fuentes históricas, mapas urbanos con servicios subterráneos, encuestas basadas en UAV y resultados de análisis basados en GPR.

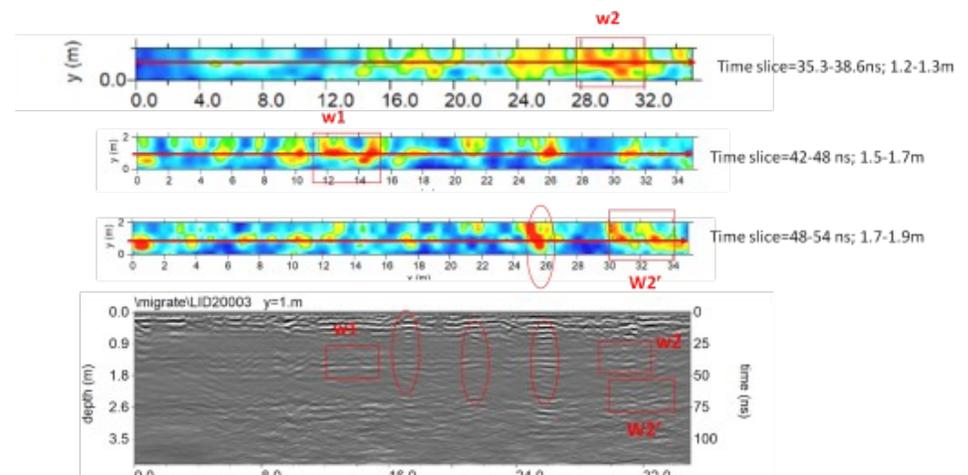
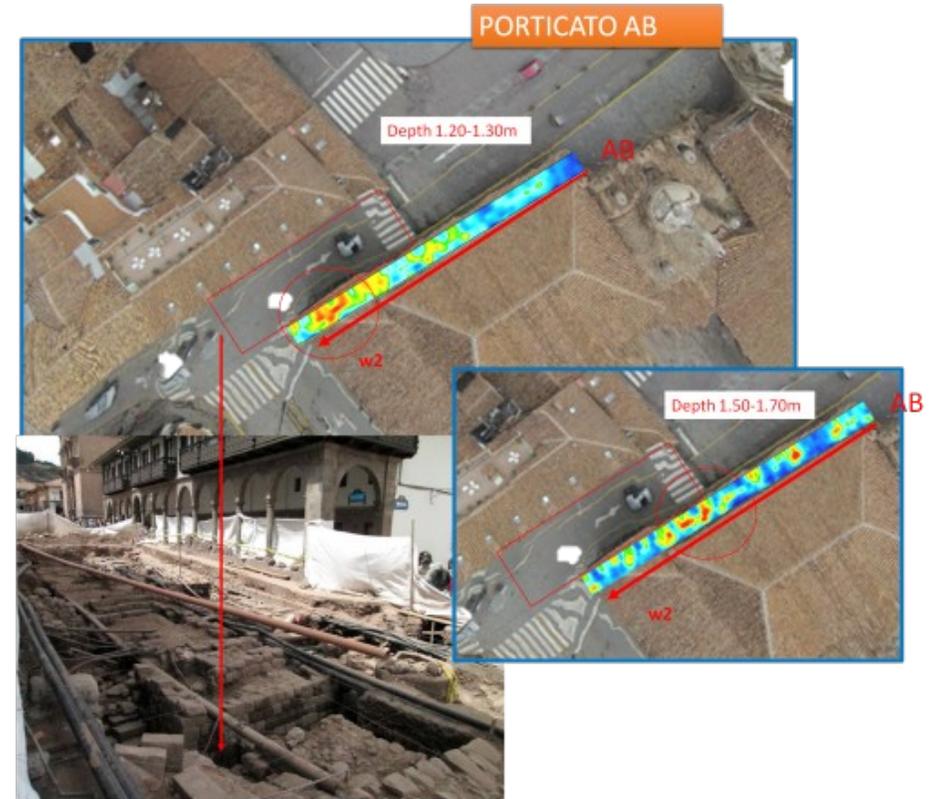
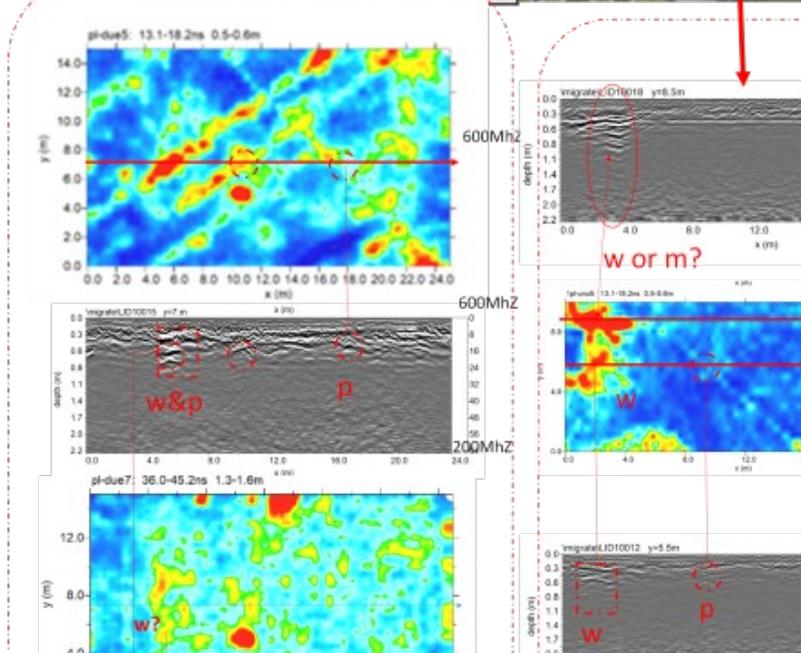
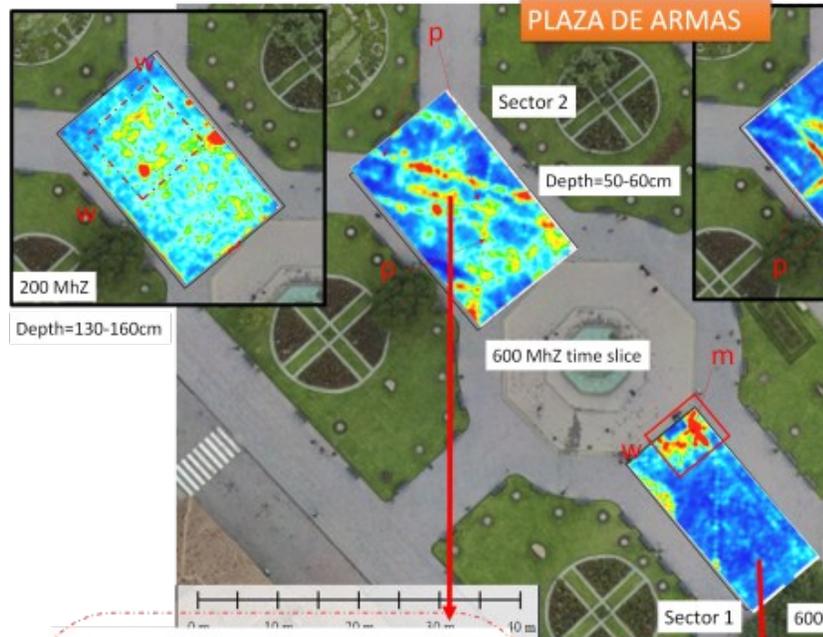
Modelo físico para la evaluación ex ante de reflectores vinculados a estructuras de interés arqueológico, discriminándolos respecto a reflectores provocados por tuberías



Modelo físico: se modelaron dos capas homogéneas con constantes dieléctricas de 16 y 9 para el terreno y la capa más compacta, respectivamente. En el terreno, se insertaron dos tuberías con constante dieléctrica diferente con " $r = 50$ " y $r = 2$. Se colocó un elemento de pared, con una constante dieléctrica de 5, en el contacto entre las dos capas modeladas.

Forward model: radar section with the shown polarity of the electromagnetic (EM) wave reflected from pipe 1, pipe 2 and the wall.

Hacia una arqueogeofísica urbana: el caso del Cusco





Área de estudio

Se encuentra en una terraza estratégica con vistas a tres caminos incas, que sirvieron a los centros ceremoniales más importantes (incluido Machu Picchu) del Valle Sagrado.

Objetivos de la investigación

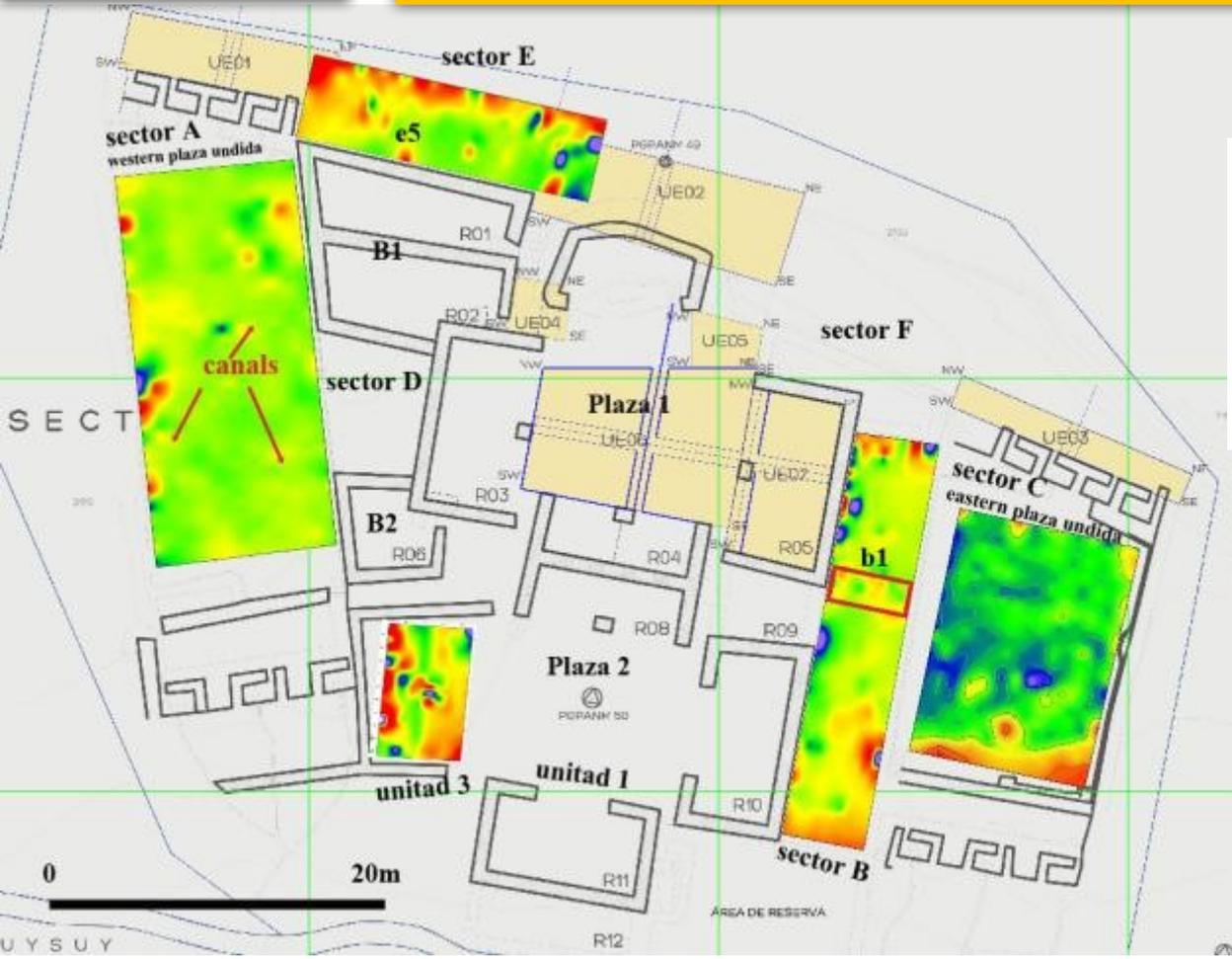
- 1) dar un nuevo impulso a la investigación arqueológica con particular referencia al sistema de canalización de agua
- 2) experimentar y validar un enfoque arqueogeofísico para ser reaplicado en otros sitios del valle de Urubamba, incluido Machu Picchu, con características similares a las que se encuentran típicamente en Chachabamba



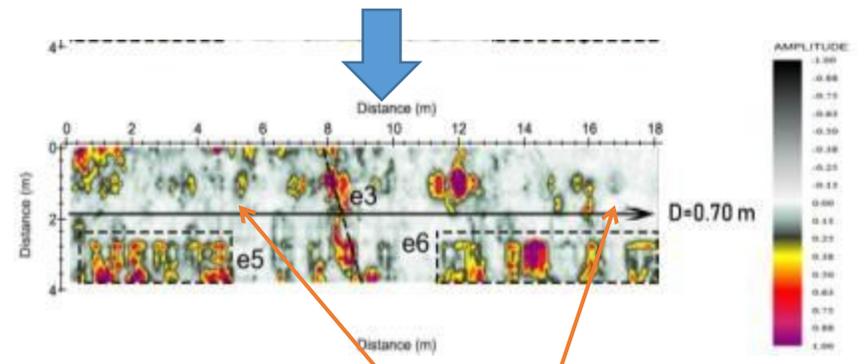
Metodología

Integración y fusión de datos de teledetección obtenidos de drones y técnicas de prospección geofísica (magnética y georadar)

Investigaciones arqueogeofísicas en el marco de un proyecto plurianual en el Rio Valle de Urubamba de la Universidad de Varsovia, centro de Estudios Andinos del Cusco



estructuras subterráneas en continuidad con los baños rituales

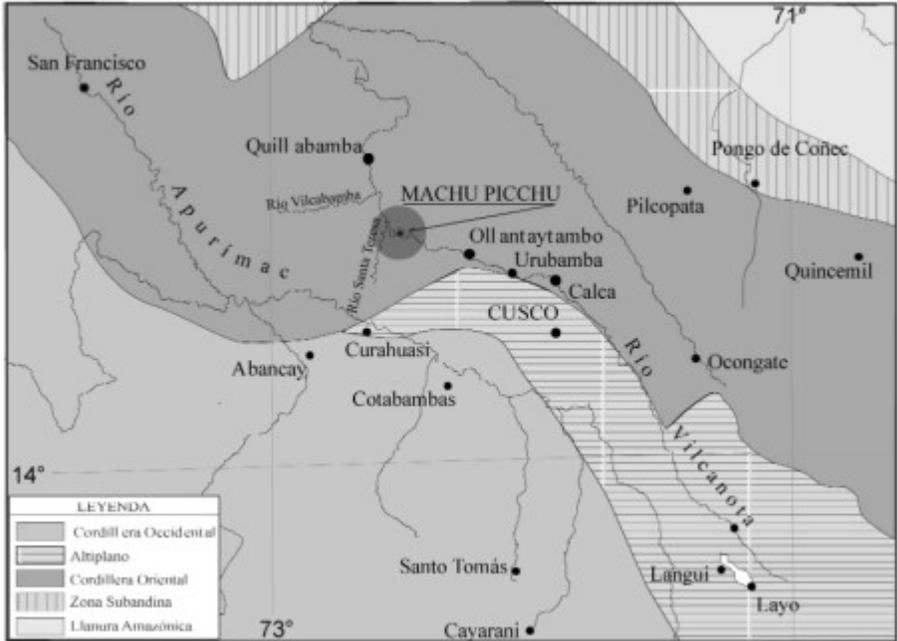


Comparando los resultados georadar con el análisis arquitectónico, es razonable pensar que la plaza undida occidental era diferente de lo que parece hoy. En particular, era simétrica respecto al eje Norte-Sur (como la plaza oriental undida). Posteriormente, se reformó con una orientación diferente para dejar espacio a los edificios B1 y B2



El sitio monumental está ubicado en las montañas de Machu Picchu y Huayna Picchu, parte de una gran formación orográfica conocida como Batolito Vilcabamba en la Cordillera central de los Andes peruanos, y que domina la margen izquierda del Cañón de Urubamba, también conocida como Quebrada de Picchu.

Machu Picchu tiene las características típicas de un paisaje sagrado





Actualmente, la Ilaqta de Machu Picchu, está dividido en dos grandes sectores:

- I. **el sector agrícola al sur**, compuesto por terrazas, los llamados andenes, una vez utilizados principalmente para el cultivo de maíz;
- II. **el sector urbano, al norte**, utilizado como **residencia, lugares de culto** y almacenes, en el que se desarrollaron las principales actividades civiles y religiosas a su vez dividido en dos partes: b) la superior, conocida como **hanan**, b) la inferior, llamada **hurin**,

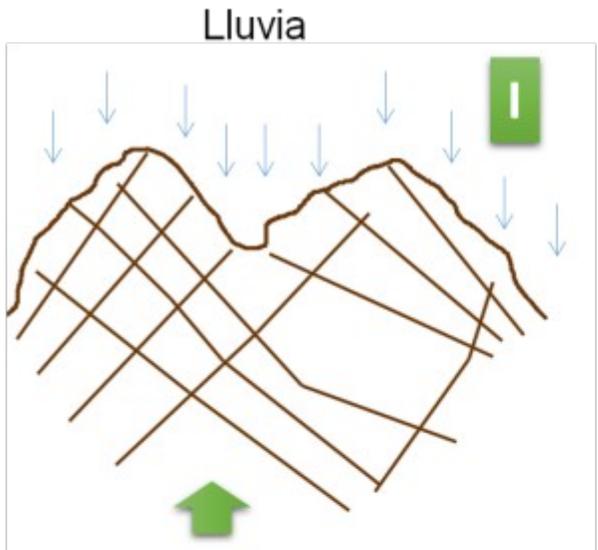
a) El sector de **Hanan** incluye la **plaza sagrada**, el Templo del Sol, la Casa del Inca y la pirámide de Intihuatana.

b) El sector **Hurin** se compone de muchos edificios residenciales (ubicados alrededor de pequeñas plazas que tienen planos rectangulares) conocidos como **kancha** y lugares no residenciales, como la roca sagrada y el Templo del Cóndor

Los sectores de Hana y Hurin están atravesados por una **densa red de caminos, escaleras y canales de agua**.



A: Agricultural sector, B1: Intihuatana pyramid, B2 Sacred square (including the Main Temple and the Three window temple), B3: Sun Temple; B4: Workshops, houses. C: templar complex of Condor. D1: Tres Portadas, D2: Acllawasi, E1-2: Plaza Principal, E3, E4 and F: terrazas



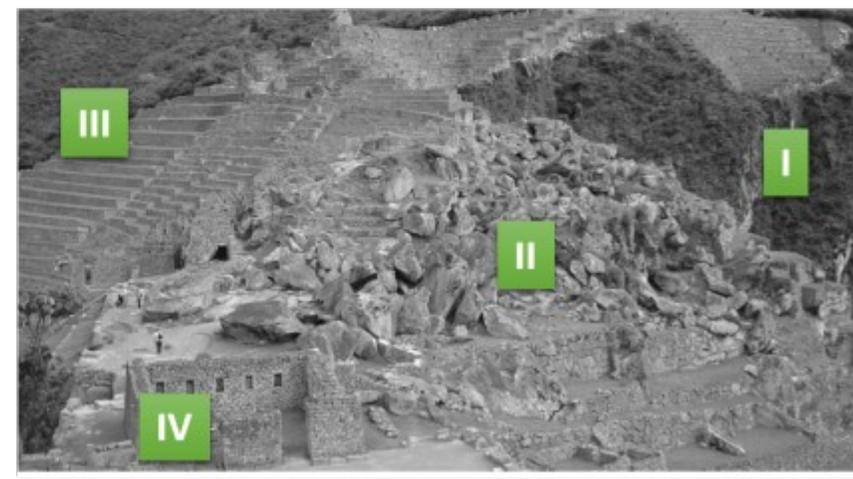
Aguas de lluvia penetran las fracturas y fallas,

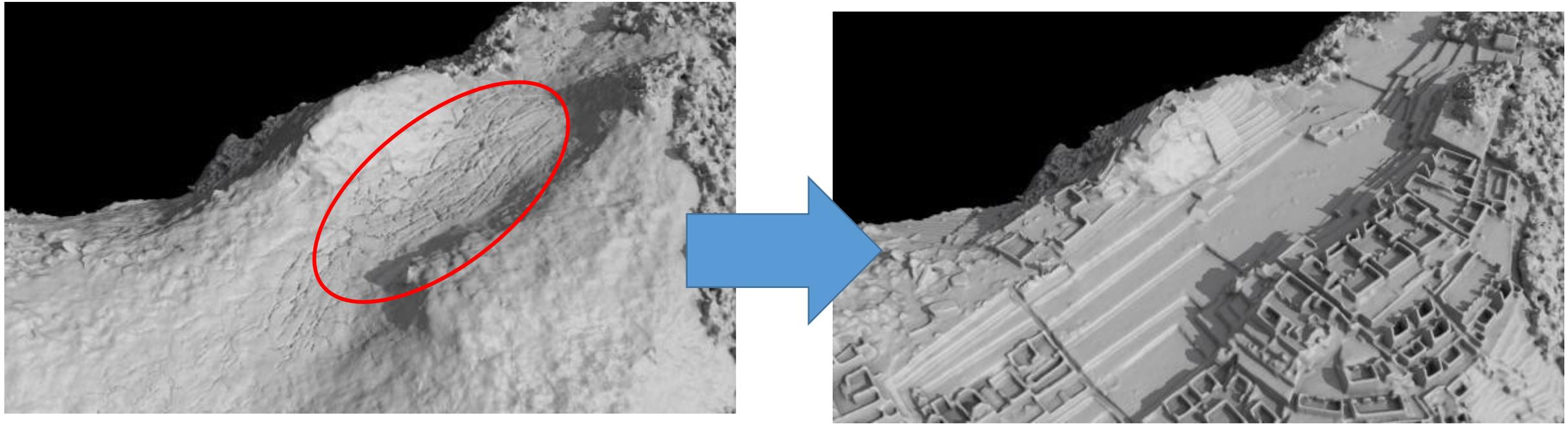


la geomorfología nos ayuda a identificar las fases principales



los incas estabilizan el caos granítico mediante andenes, muros y plataformas, para luego (FASE IV) construir sus templos, viviendas, almacenes



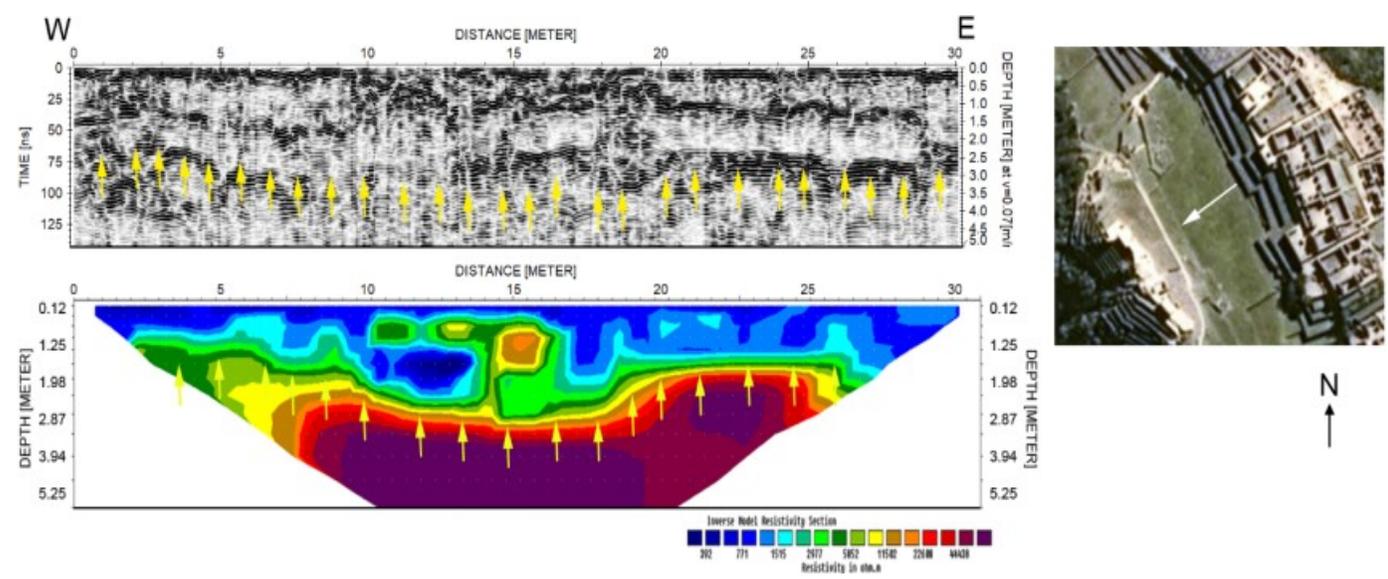
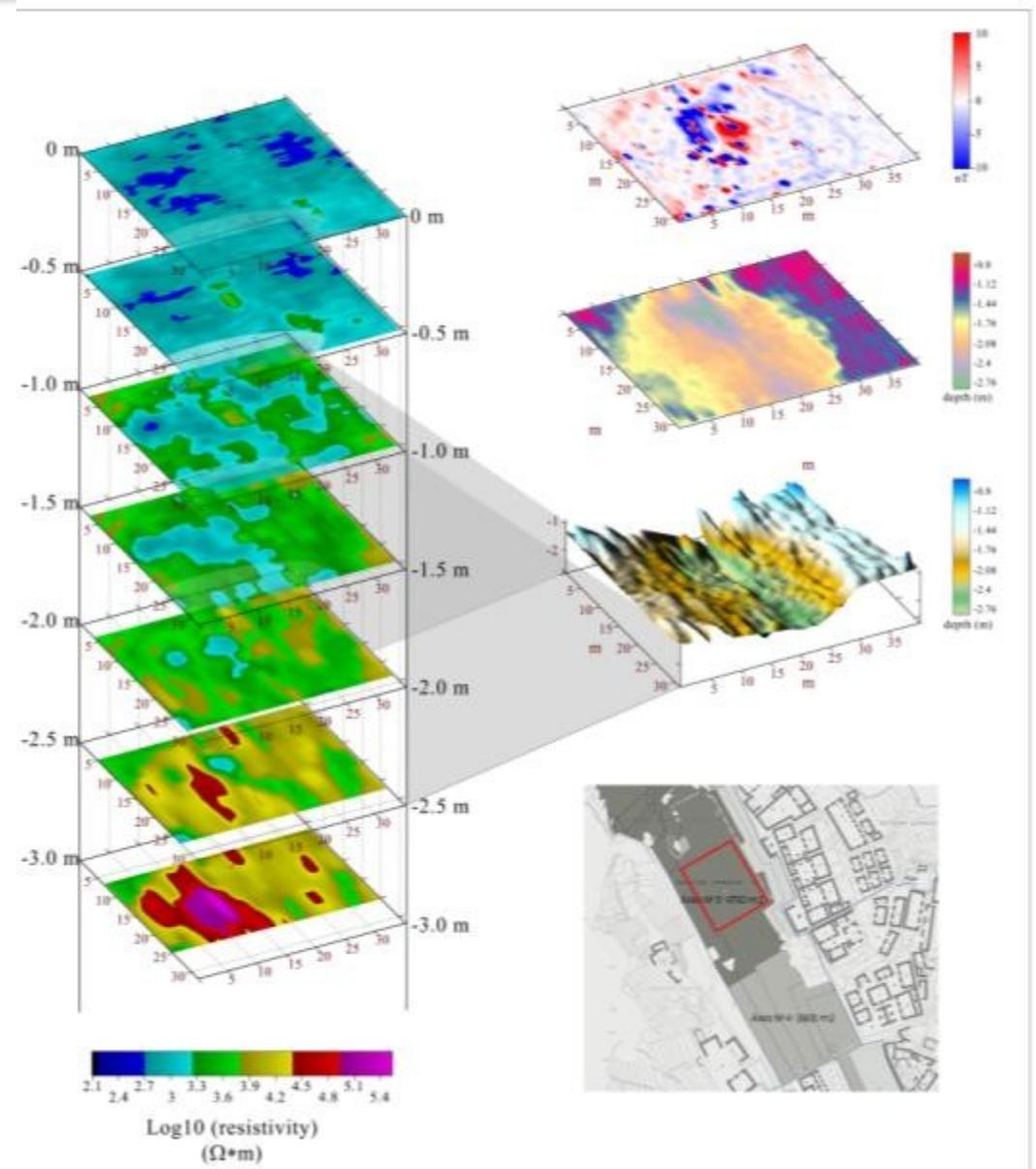


Para comprender cómo se construyó Machu Picchu, es importante comprender cómo era Machu Picchu antes de su construcción.



Infrarojo cercano

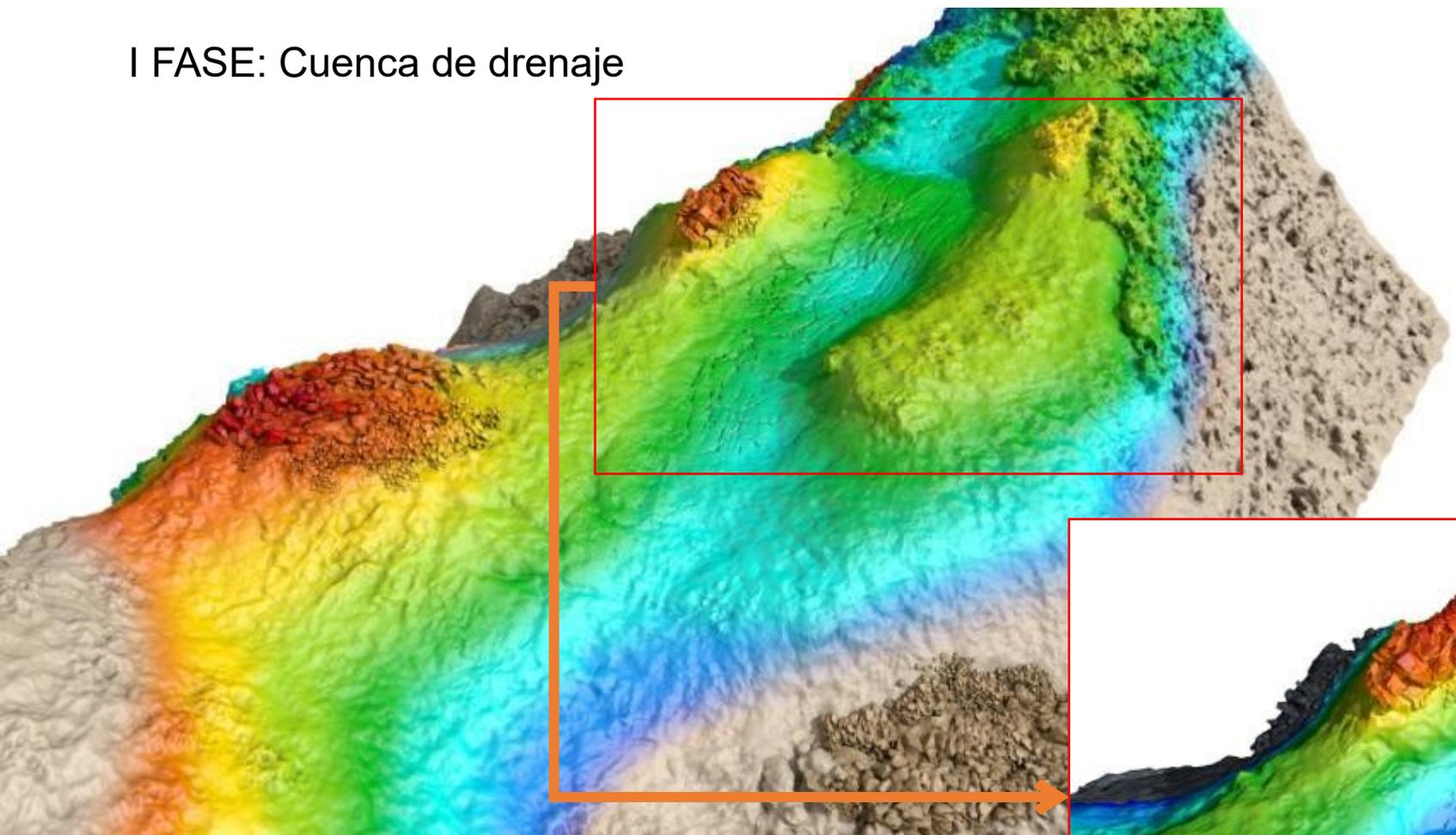




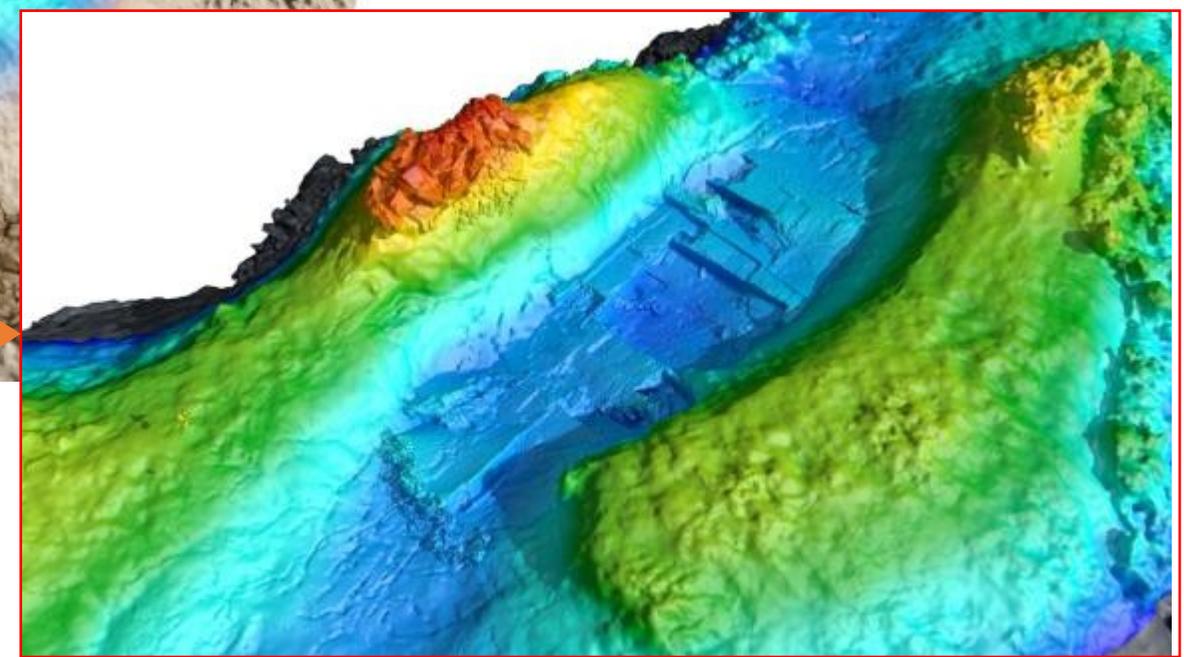
La **morfología** de estos cuerpos resistivos se caracteriza por **formas irregulares** irregulares y **dentadas** que sugieren la presencia de **bloques** no todos **anclados** al lecho de roca, como generalmente se puede encontrar en un complejo de rocas fracturadas de forma natural o artificial.

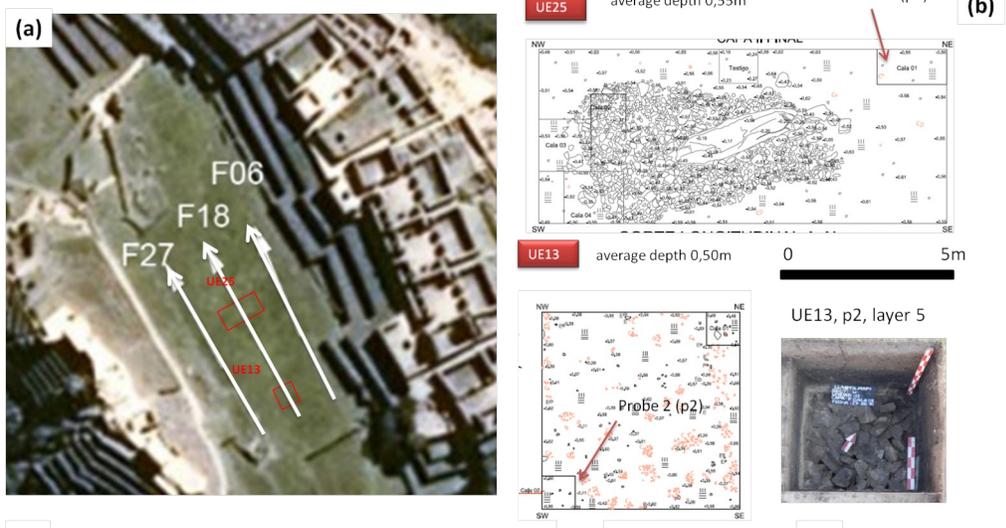
La morfología irregular, irregular y fracturada de las rocas de granito **es visible con mayor detalle** a partir de los **perfiles georadar** que evidencian reflectores referibles a la presencia de **fracturas subverticales** de las rocas de granito, referibles a la extracción de canteras.

I FASE: Cuenca de drenaje



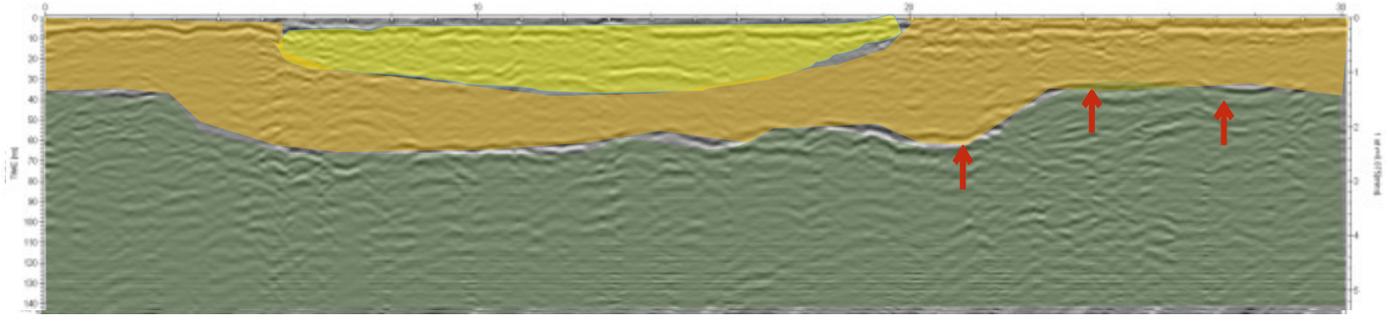
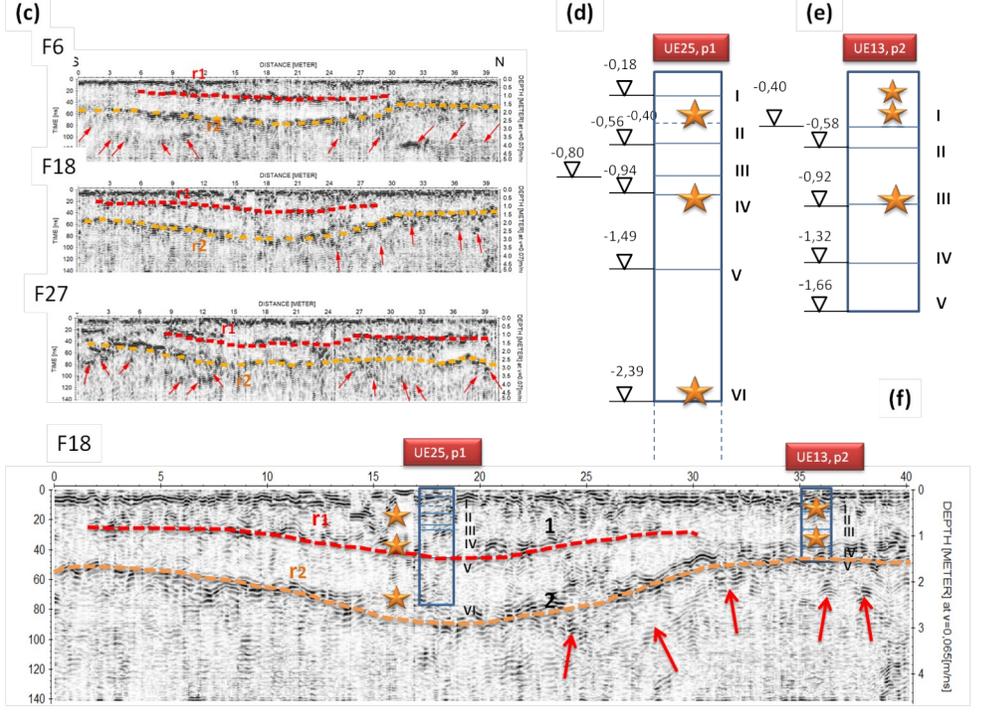
II FASE: LA CANTERA

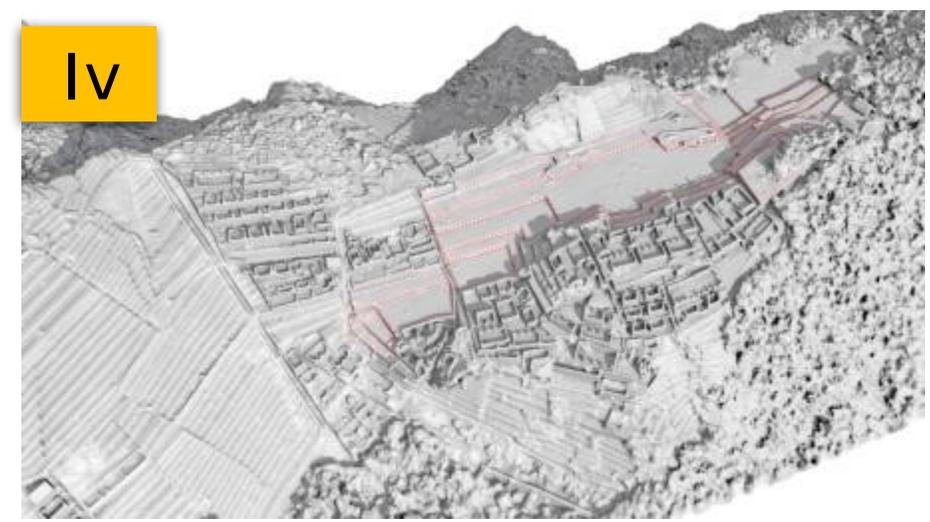
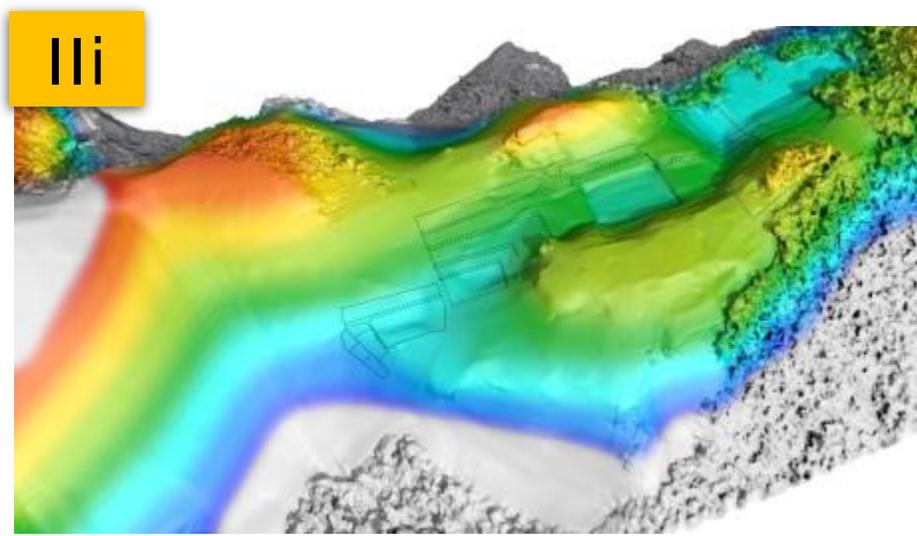
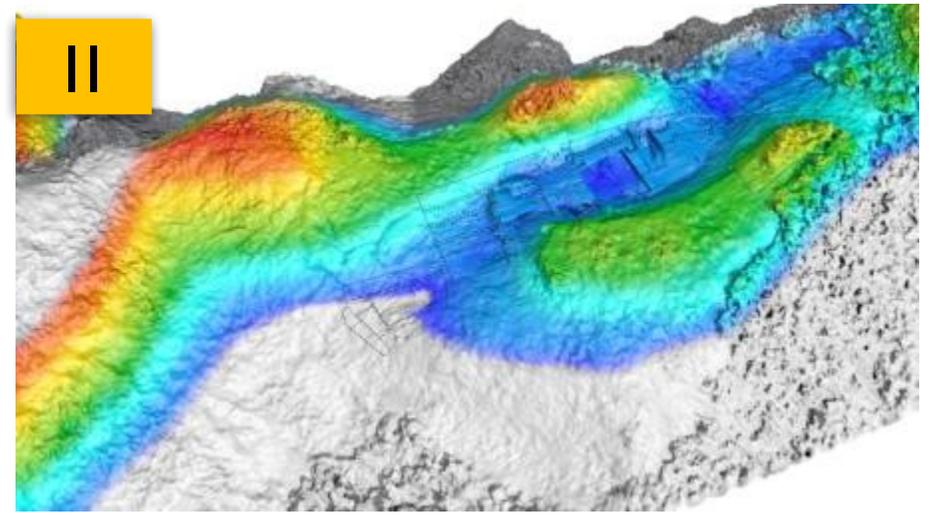
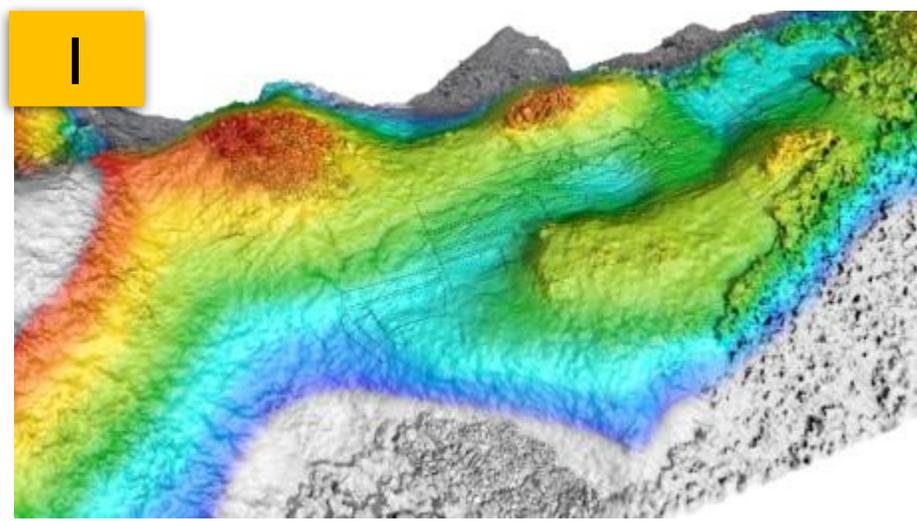




Los datos de GPR tomaron imágenes de dos capas **reflectantes sub-horizontales** y paralelas referibles a **dos fases de llenado diferentes** de la cantera.

En la primera fase, es posible que **la plaza fuera más pequeña** y limitada en el lado norte por la presencia de una terraza, quizás. La plaza exhibir las características típicas de una plaza undida a una profundidad de aproximadamente 2.5 m de la altitud actual de la plaza.

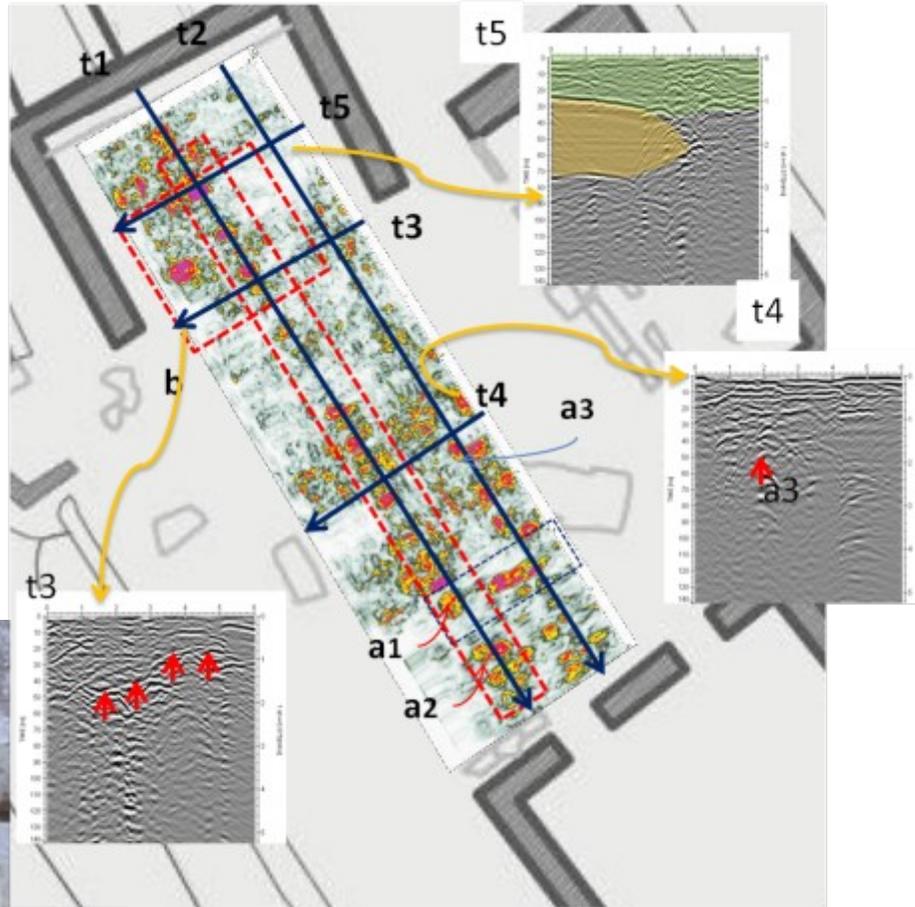




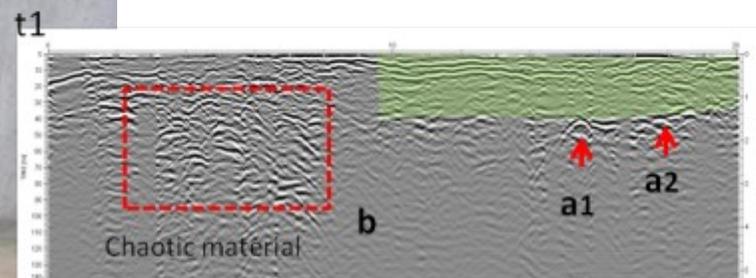
PLAZA SAGRADA

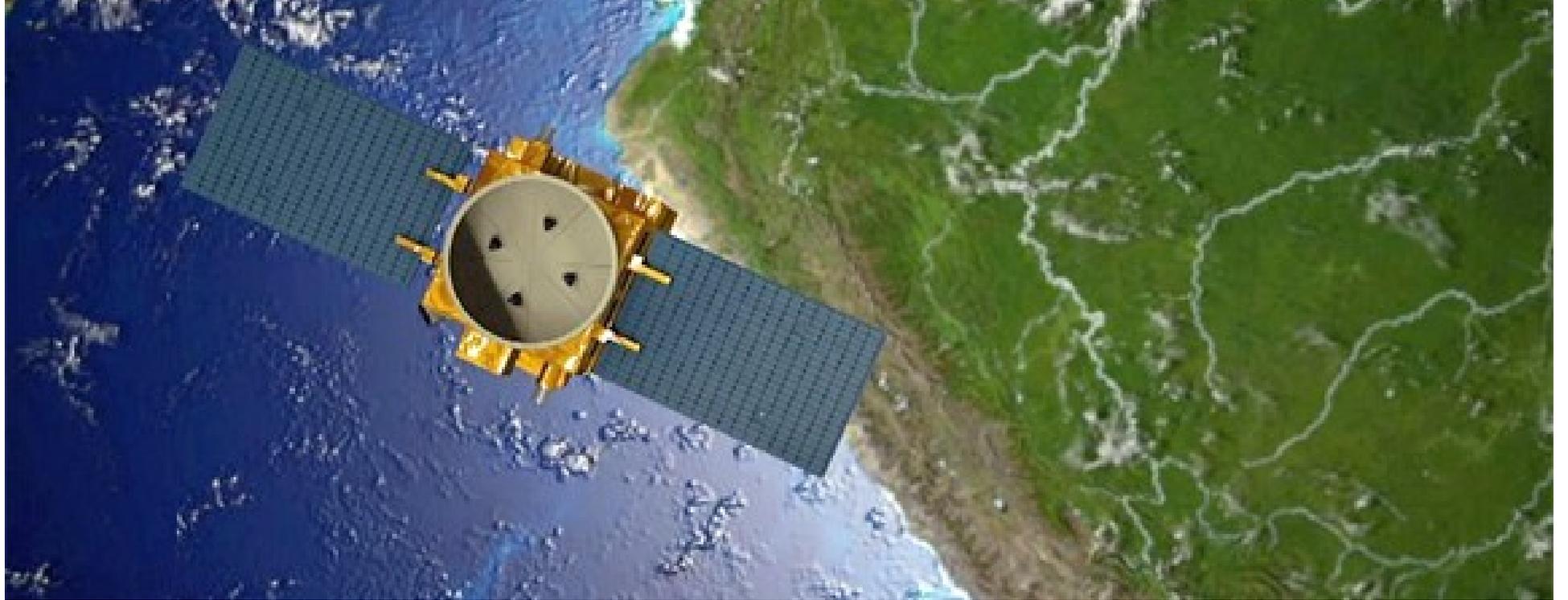


Mapa georadar (200Mhz; z=100 cm)



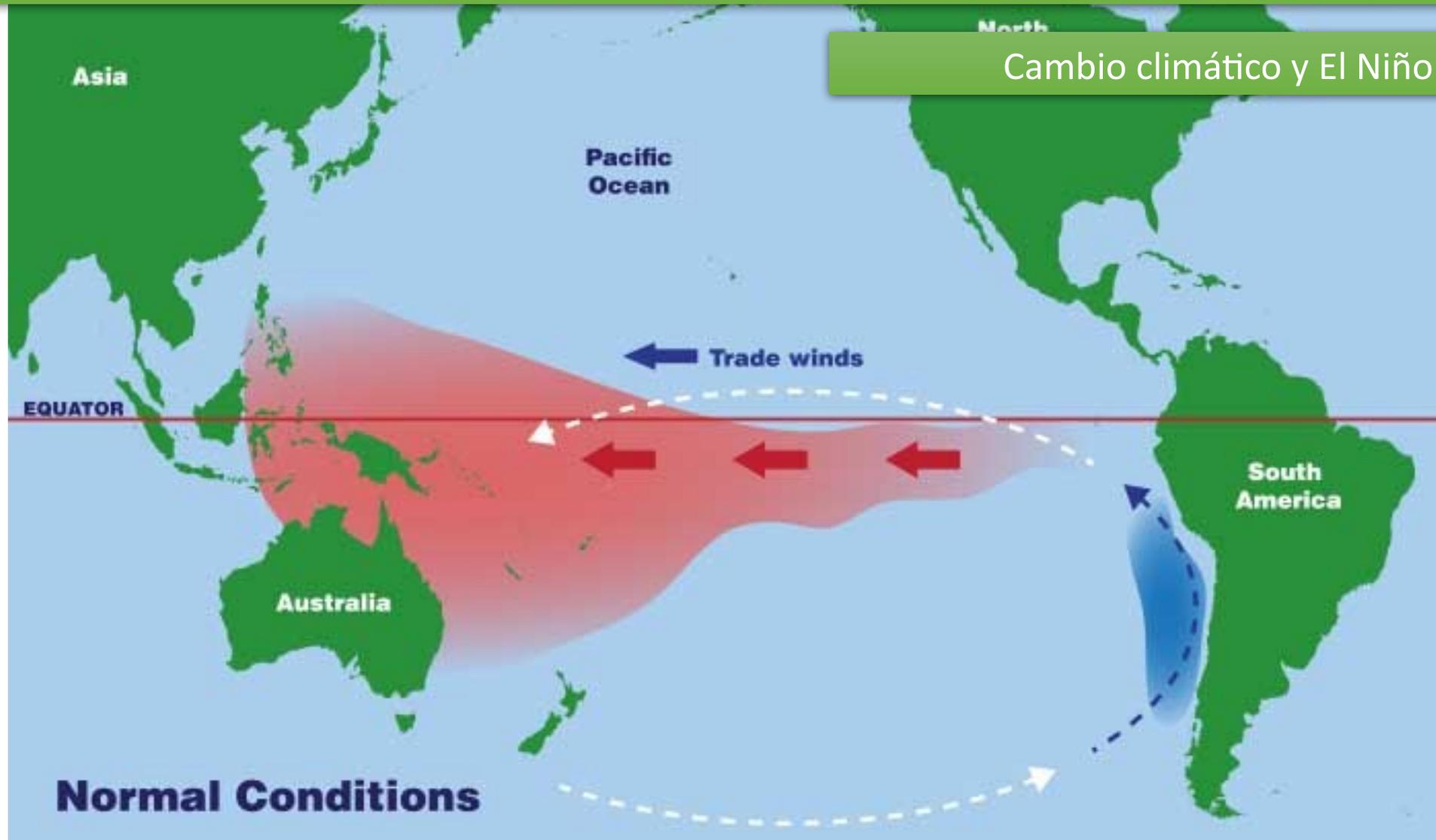
- ❑ Conjunto de construcciones dispuestas en torno a un patio cuadrado. Hay indicios que sugieren que el conjunto general no terminó de construirse.
- ❑ Todas las evidencias indican que el lugar estuvo destinado a diferentes rituales. Los edificios están formados por rocas labradas de gran tamaño.
- ❑ El Templo Principal, de bloques más regulares, fue el principal recinto ceremonial de la ciudad.
- ❑ Una parte del edificio es **afectada por un importante fenómeno de rotación** en el plan
- ❑ Las prospecciones georadar mostraron una estratigrafía no homogénea del suelo que podría haber causado el fenómeno de **rotación** y desplazando los bloques





PERÚ COMO LABORATORIO DE OBSERVACIÓN DE LA TIERRA

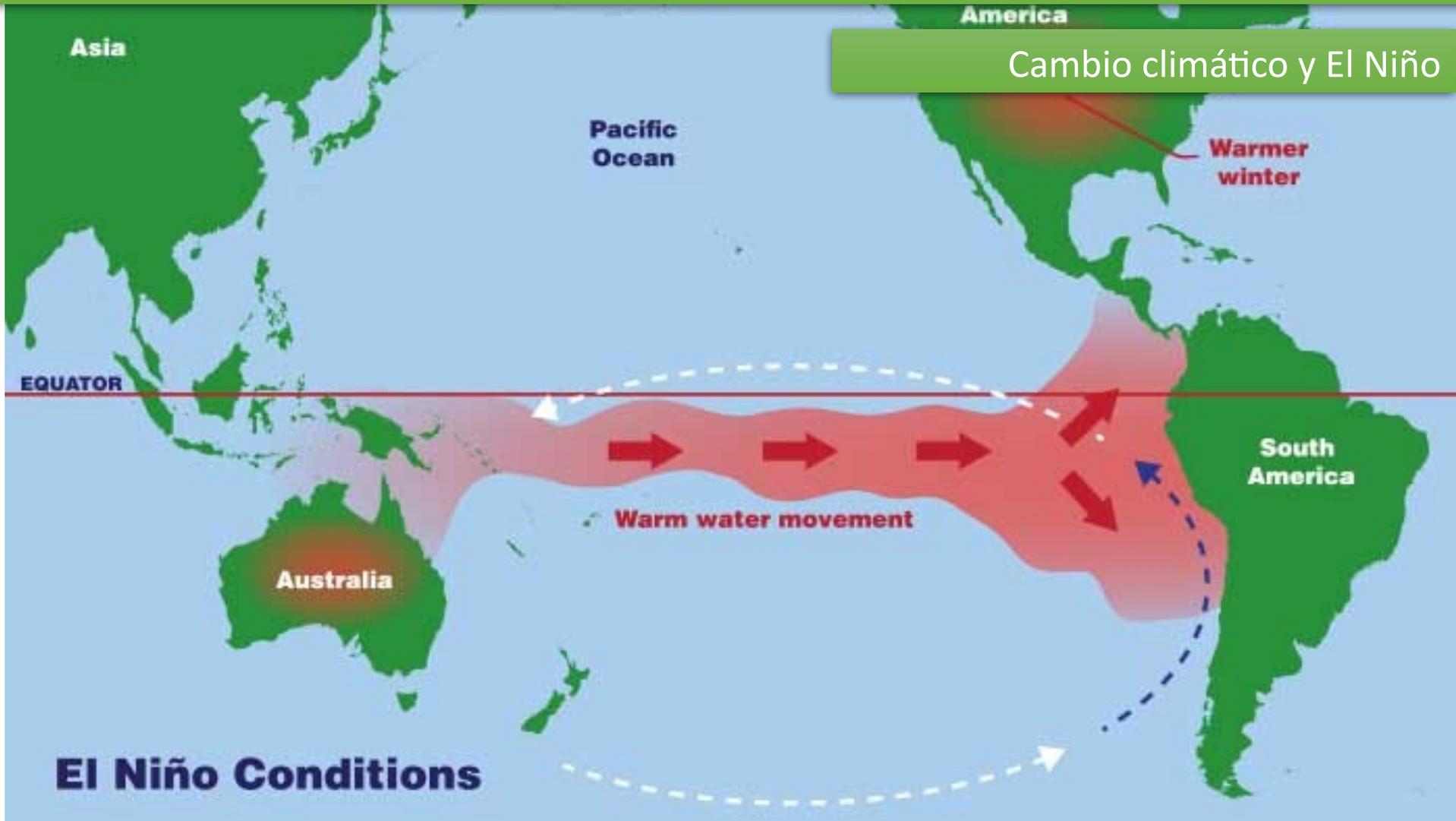
PERÚ COMO LABORATORIO DE OBSERVACIÓN DE LA TIERRA



Cambio climático y El Niño

Normalmente, los fuertes vientos a lo largo del ecuador empujan el agua superficial cálida cerca de América del Sur hacia el oeste, hacia Indonesia.

PERÚ COMO LABORATORIO DE OBSERVACIÓN DE LA TIERRA

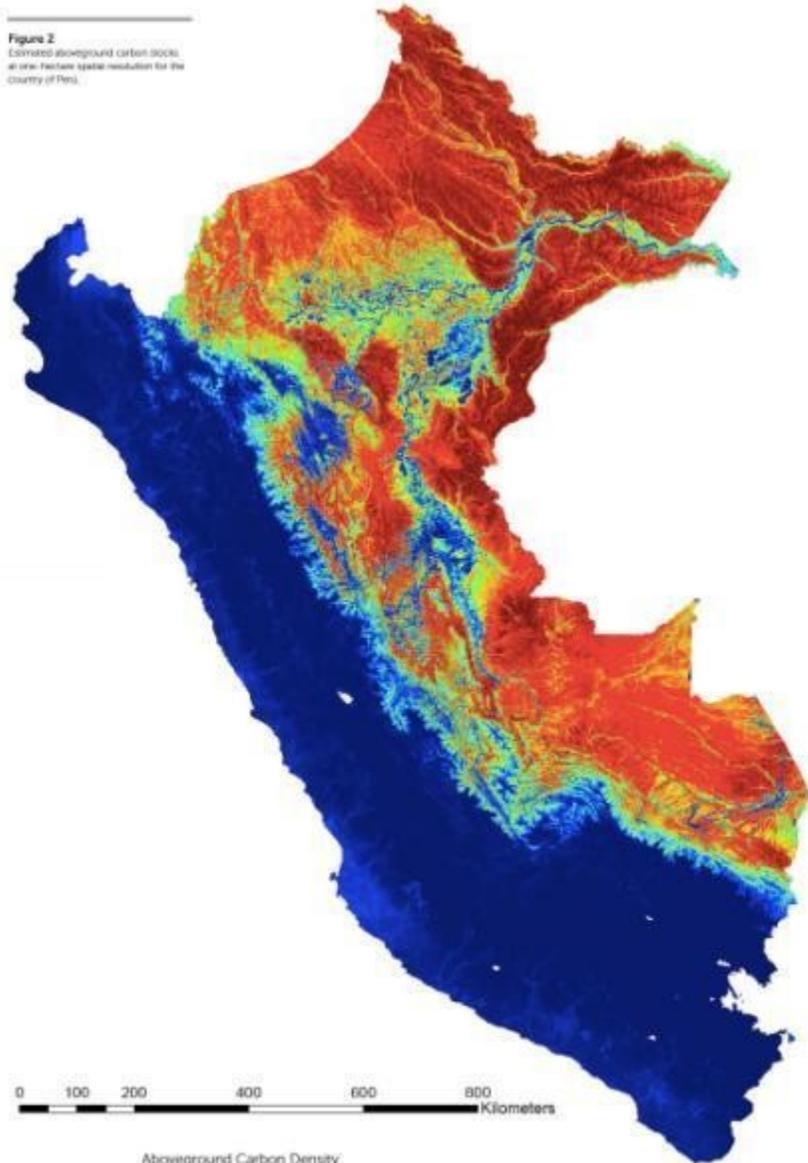


Durante el Niño, estos vientos son mucho más débiles de lo habitual. De hecho, vuelan en sentido contrario (hacia Sudamérica en lugar de Indonesia). Entonces, el agua superficial cálida a lo largo del ecuador se acumula a lo largo de la costa de América del Sur y luego se mueve hacia el norte hacia California y hacia el sur hacia Chile..

PERÚ COMO LABORATORIO DE OBSERVACIÓN DE LA TIERRA

Figure 2

Estimated aboveground carbon stocks, at one-degree spatial resolution for the country of Peru.

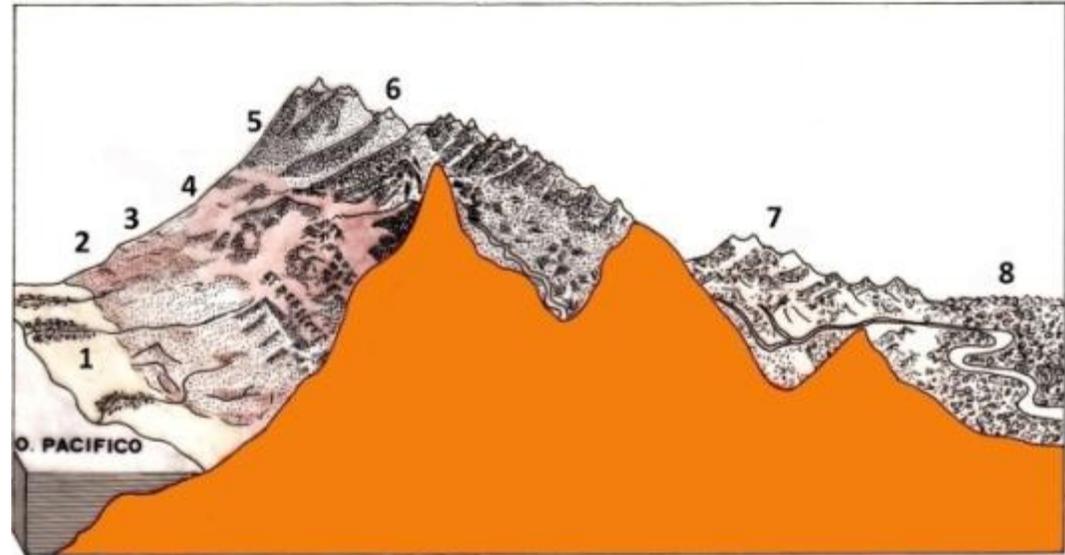


0 100 200 400 600 800 Kilometers

Aboveground Carbon Density
Mg C Ha⁻¹

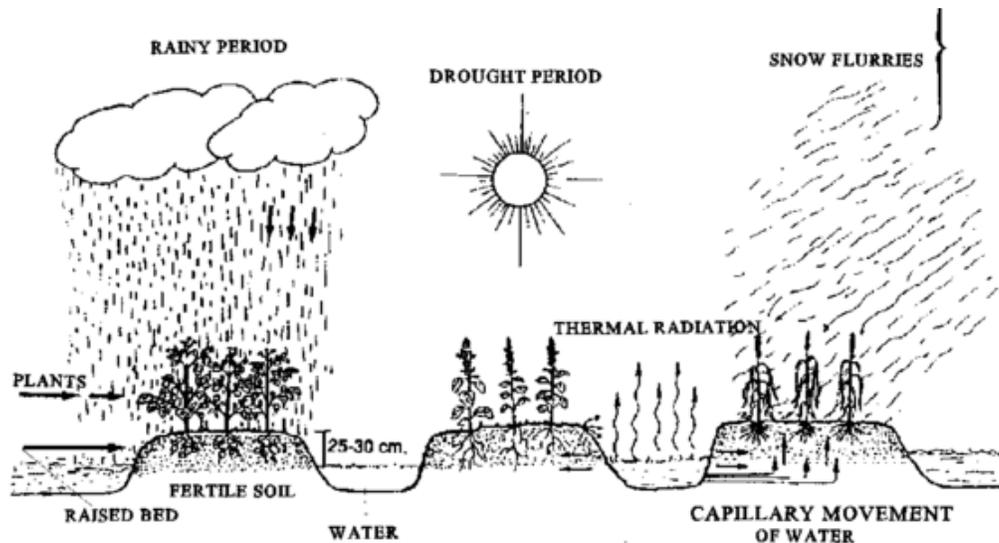
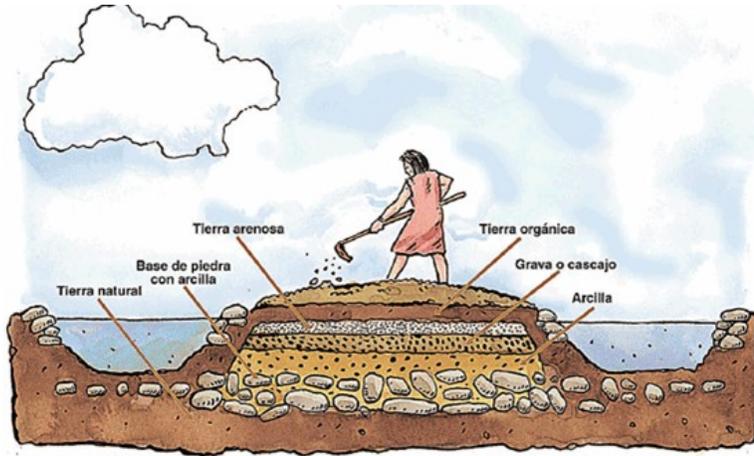
0 50 100 >150

Agricultura y manejo de recursos naturales en
varios ecosistemas.



1 Costa; 2 Yunga marítima; 3 Quechua; 4 Suni or Jalca; 5
Puna; 6 Cordillera or Janca; 7 Selva Alta or Rurupara; 8
Selva Baja

ANTIGUOS SISTEMAS DE CULTIVACIÓN EN EL LAGO TITICACA (PERÚ Y BOLIVIA: EL WARU-WARU



Waru-waru: técnica de agricultura (fechada en 300 a.C.) que consiste en combinar camas elevadas con canales de riego con múltiples objetivos. :

- I. para obtener un suelo agrícola productivo
- II. Para recoger agua y desaguar.
- III. para prevenir daños debidos a la erosión del suelo durante las inundaciones
- IV. para crear un microclima capaz de mitigar las heladas



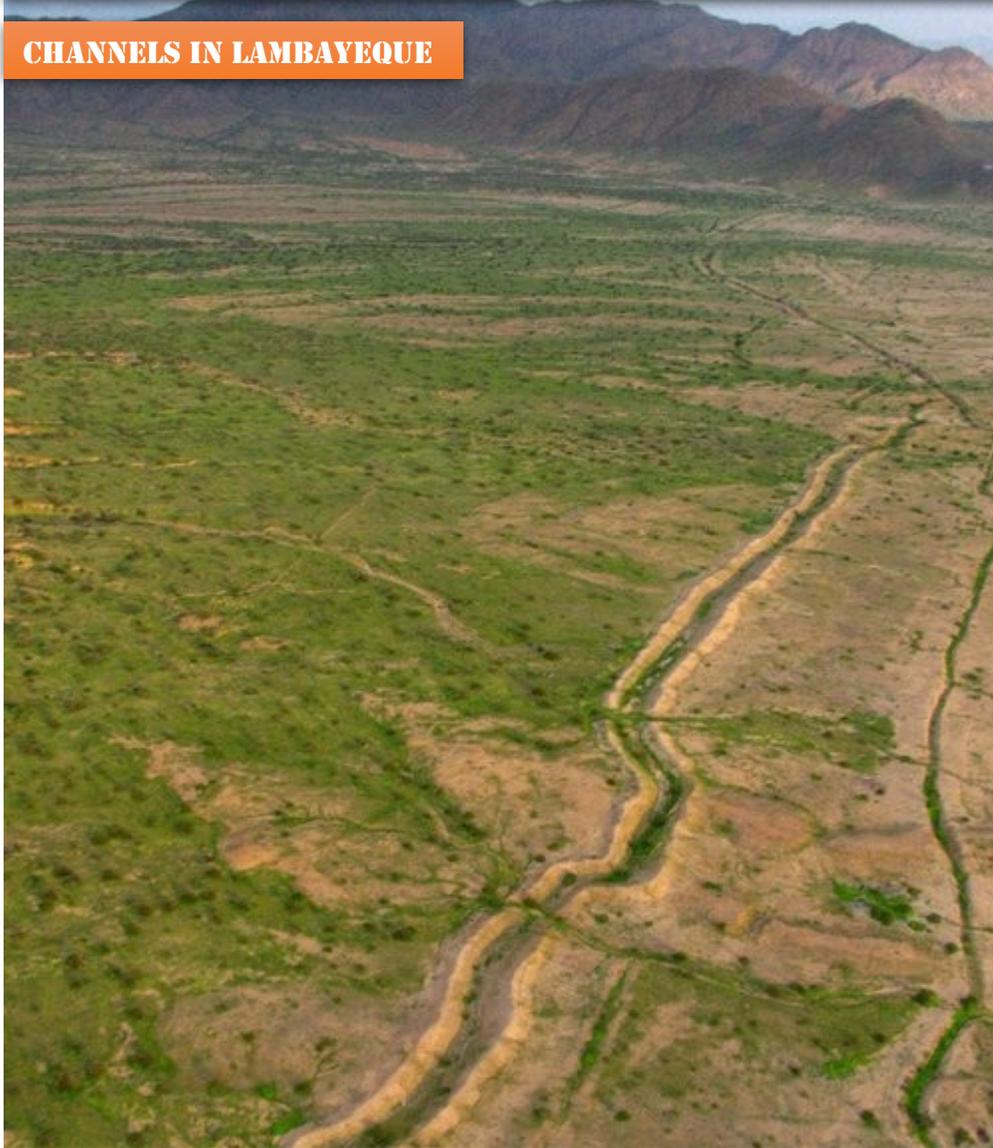
MANIPULACIÓN AMBIENTAL Y PAISAJÍSTICA EN EL ALTIPLANO. EL WARU-WARU



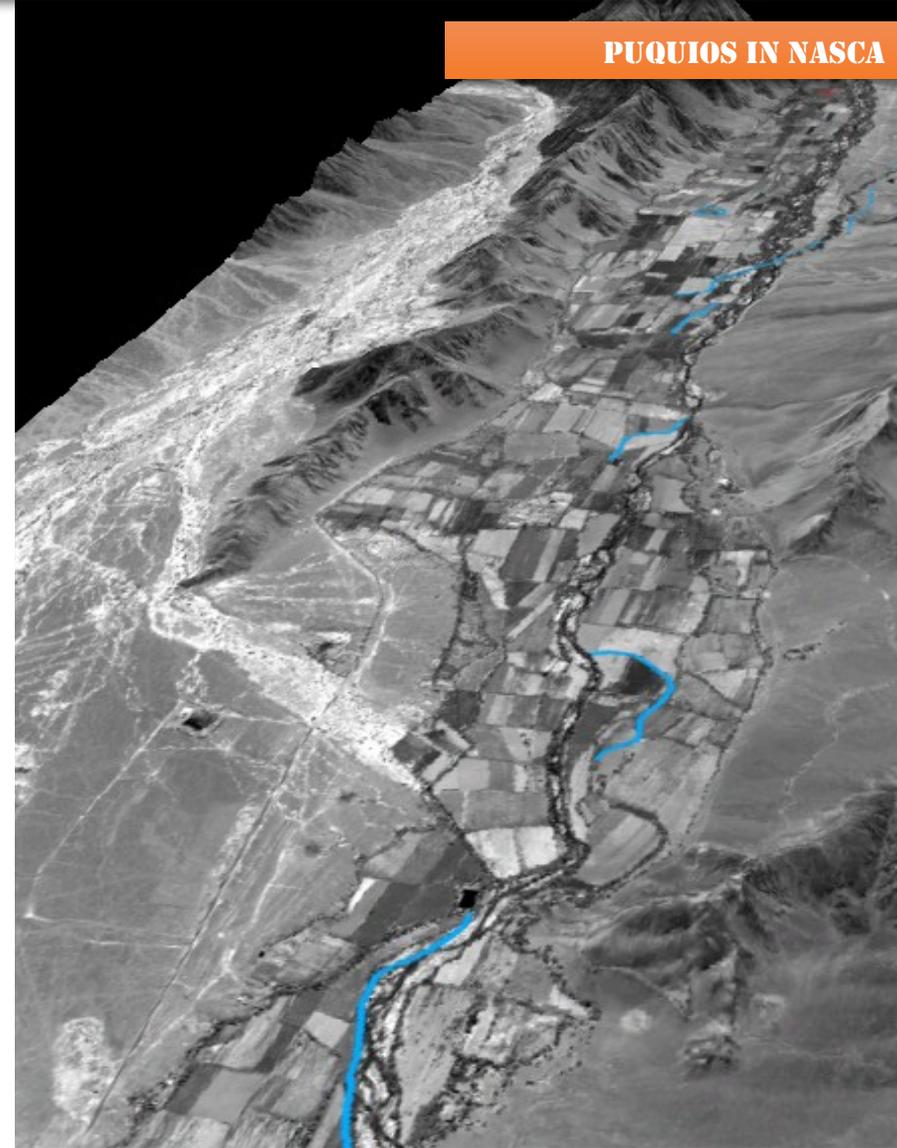
Waru-waru landscape (Tiwanaku, Bolivia) in false colour (QuickBird)

ANCIENT WATER SUPPLY SYSTEMS INVESTIGATED AND REGISTERED BY SPACE

CHANNELS IN LAMBAYEQUE



PUQUIOS IN NASCA



canales de riego en el norte por Moche y Chimú y galerías de filtración (puquios) hechos por los Nasca en el sur que fueron acueductos que han sido la respuesta a la falta de agua en su territorio

poca lluvia

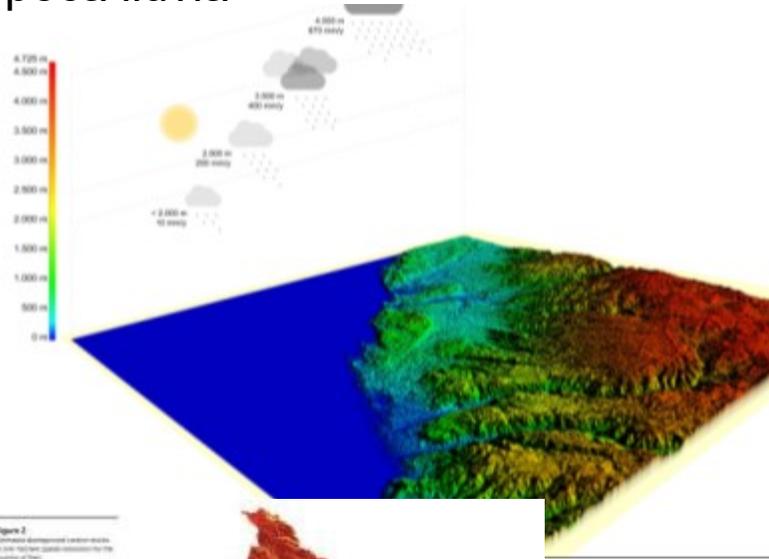
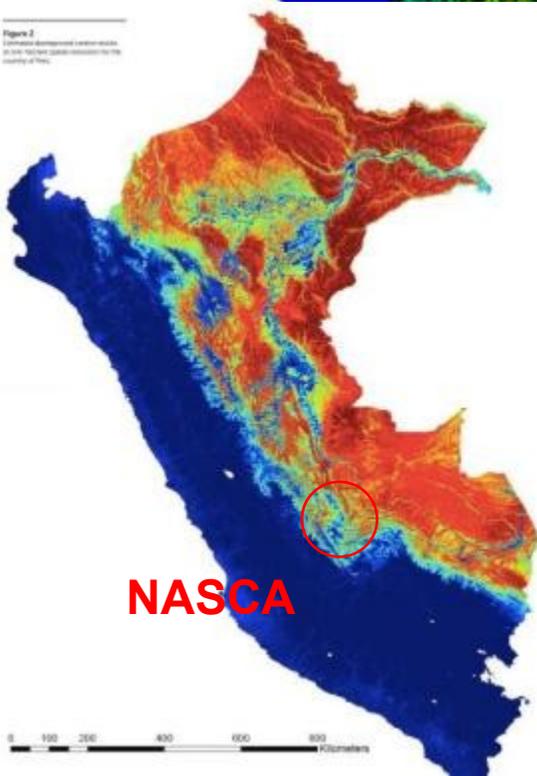
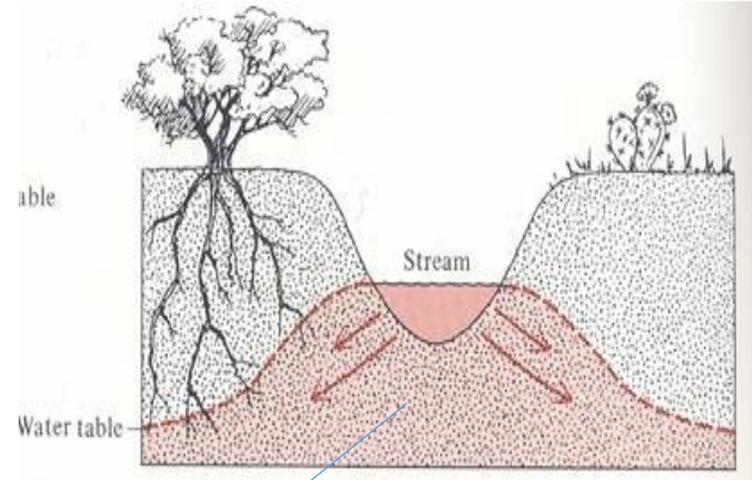


Figure 2
Continental development and erosion
in the 1950s (see caption revision for the
country of Peru)



NASCA

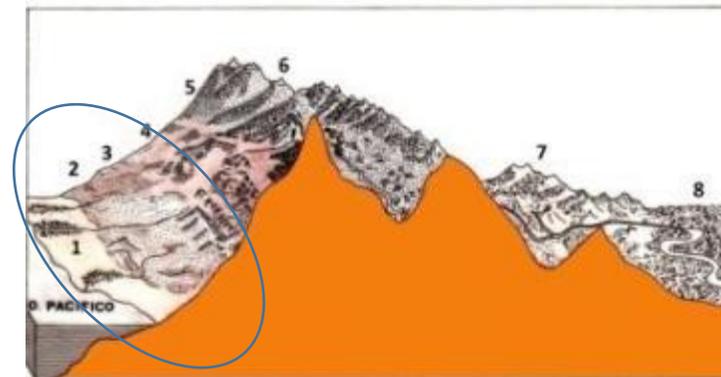
alta capacidad de infiltración



falta de agua

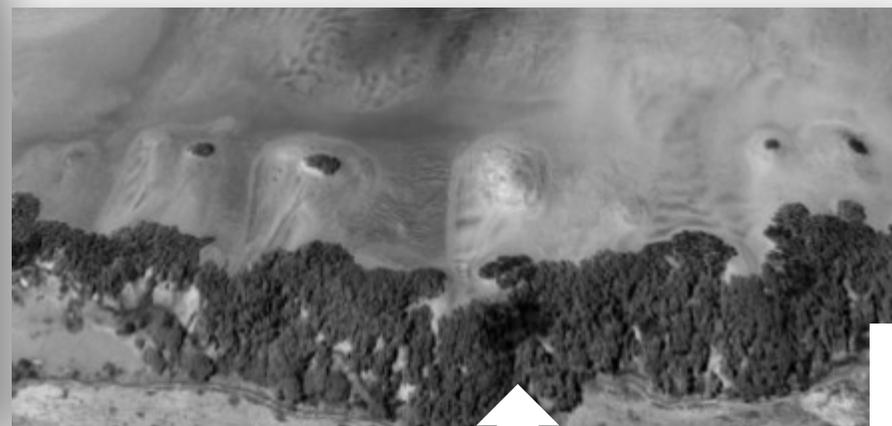
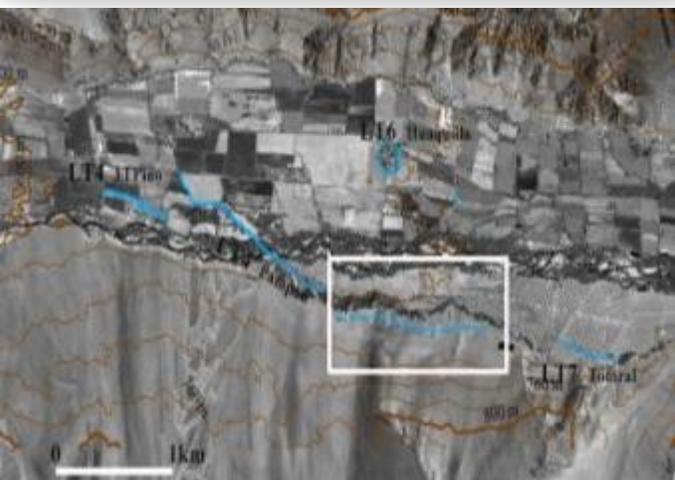
Hidraulic regime

- Perennial
- Influent
- Dry



Los "puquios" como respuesta al problema del agua.

Descubrimiento de acueductos de Nasca por imágenes satelitales

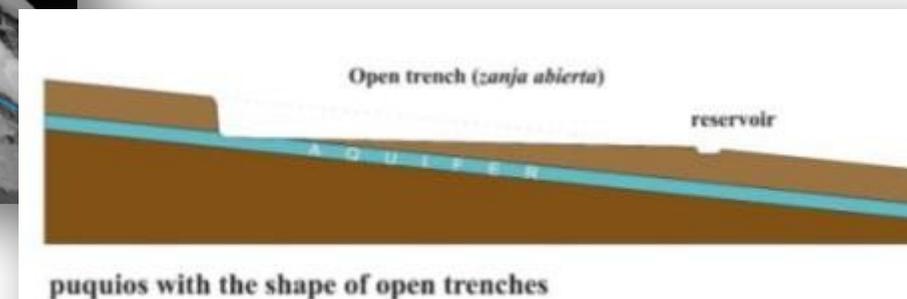
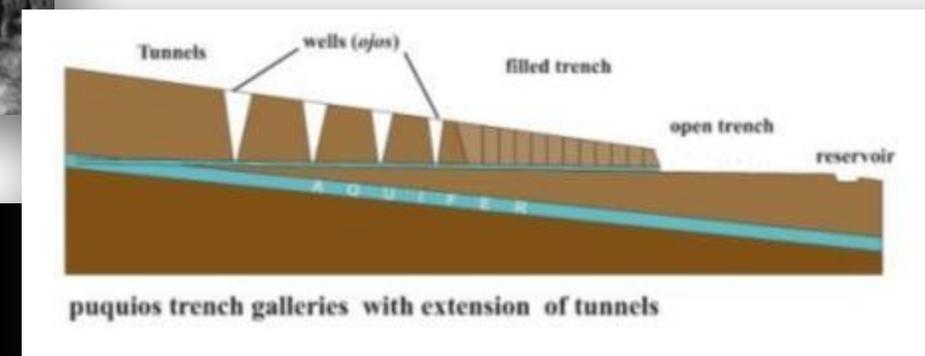


Rio Las Trancas : discovery of an abandoned aqueduct



Los puquios

Pozos horizontales o trincheras abiertas que conectan el agua subterránea con la superficie, lo que permite tener agua disponible durante todo el año



EL PAISAJE SACRO Y LA COSMOVISIÓN ANDINA



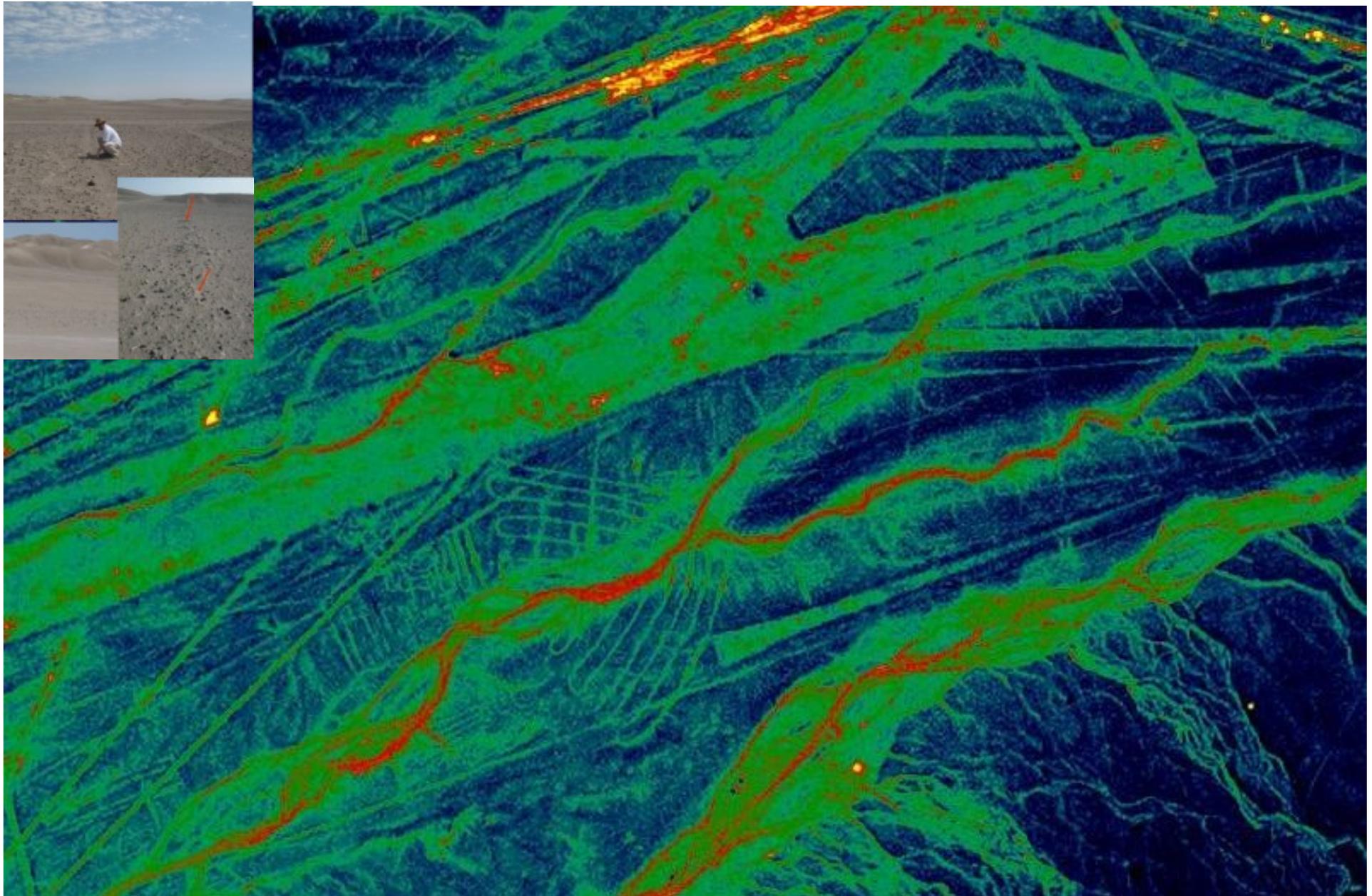
Las civilizaciones andinas, más que otras, han establecido una relación con el medio no solo funcional para su supervivencia, sino también íntima y mística. El paisaje y el medio ambiente son parte del ADN cultural de la civilización andina. No se ha tomado ninguna acción, actividad, decisión que no implique una relación con el medio ambiente, tanto en el sentido ecológico, como en la percepción visual

**THE LANDSCAPE OBSERVED FROM ABOVE
THE NASCAS PIONEERS OF REMOTE SENSING**



Las líneas de Nasca son la manifestación más evidente de la voluntad del hombre de dejar un rastro de su presencia

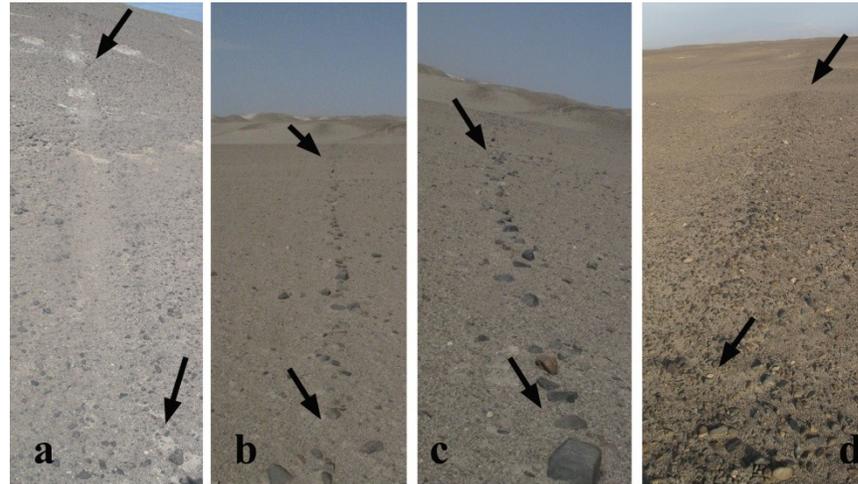
Investigando los geoglifos por satélite multispectral Teledetección



Geoglyph execution techniques

Geoglyphs of Pampa de Atarco, Nasca (Peru)

(a) la eliminación y adición de material pétreo, (b-c) la colocación de gravas de color oscuro a lo largo de las líneas, (d) la creación de microrrelieve raspando y colocando material de grano fino.



trapezoide: resultado de técnicas sustractivas y aditivas



La espiral dibujada alternando la eliminación de material pétreo de grano fino-medio y su colocación en las curvas adyacentes a las ranuras.



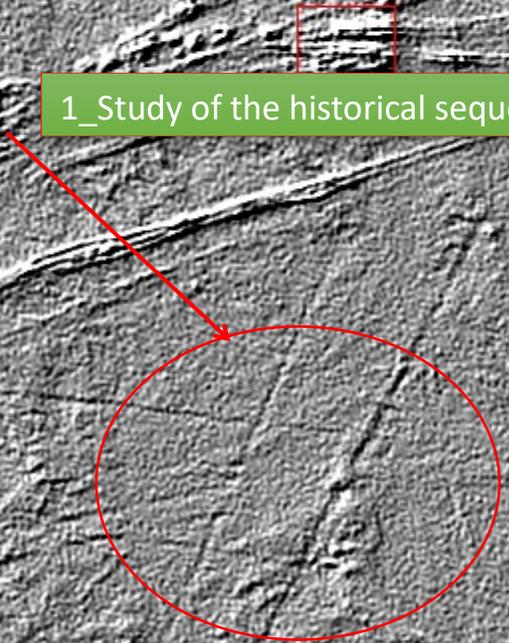
Investigating the geoglyphs by multispectral satellite Remote sensing

Pleiades 1A, 31.03.2013

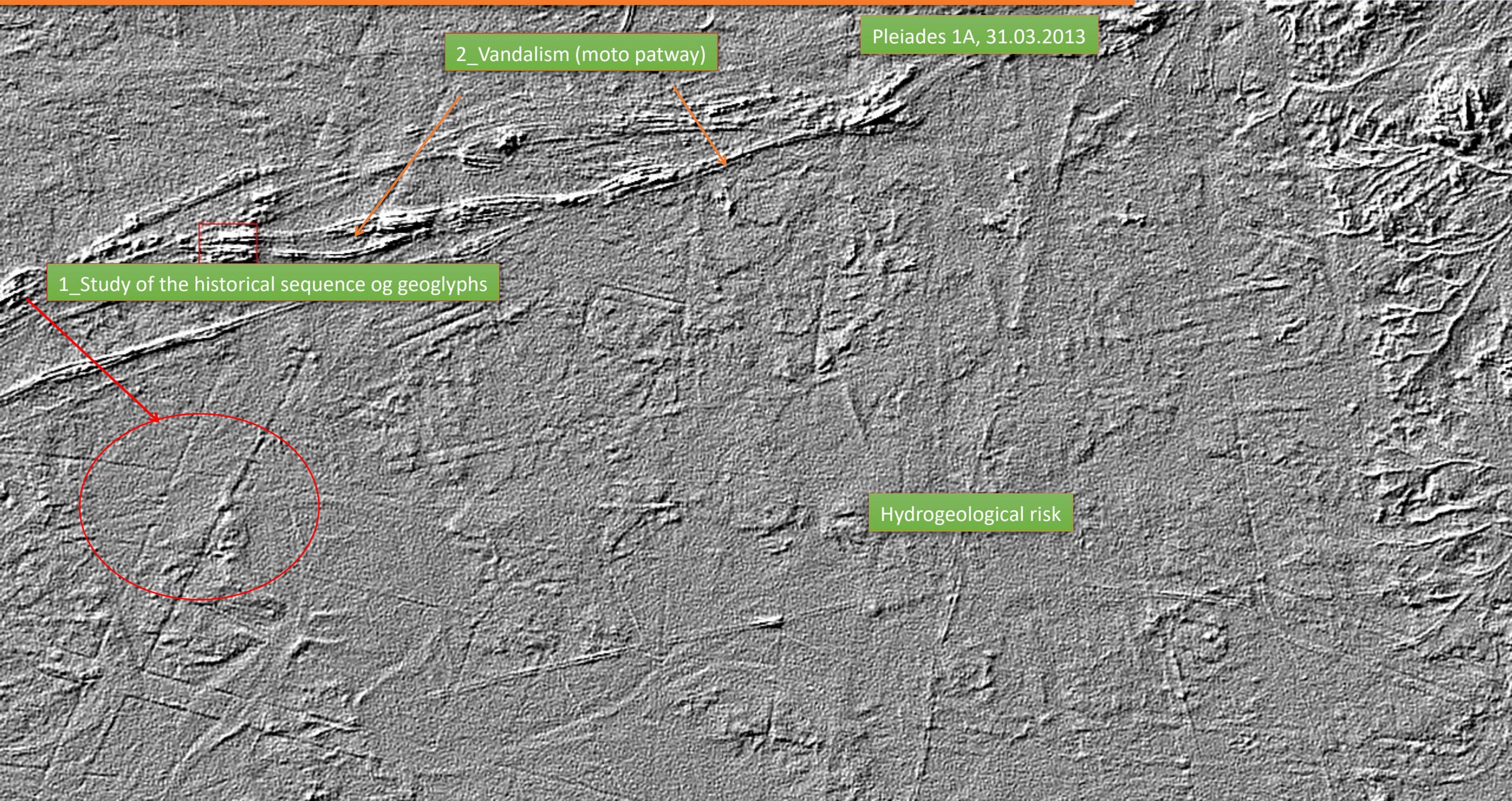
2_Vandalism (moto pathway)



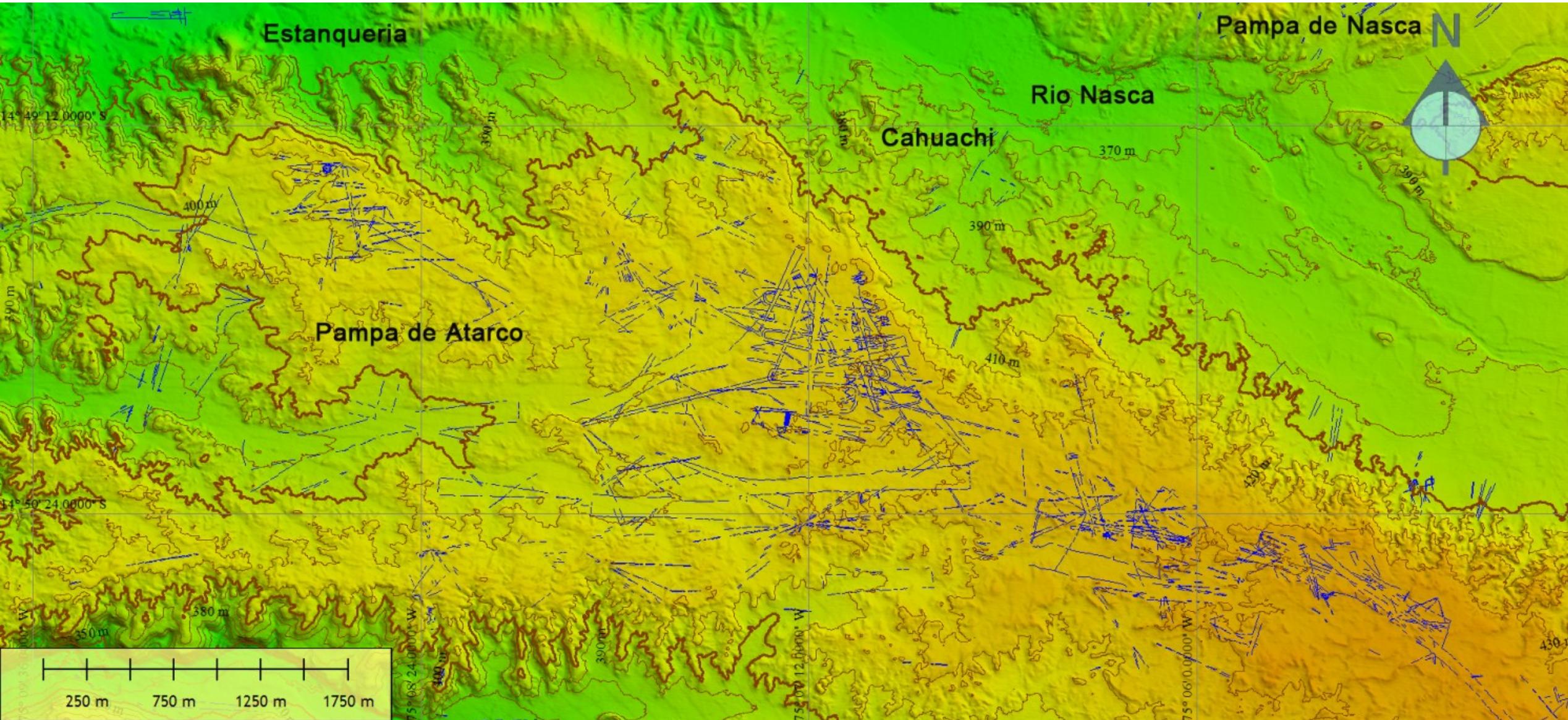
1_Study of the historical sequence of geoglyphs



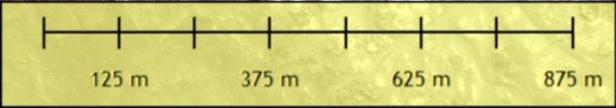
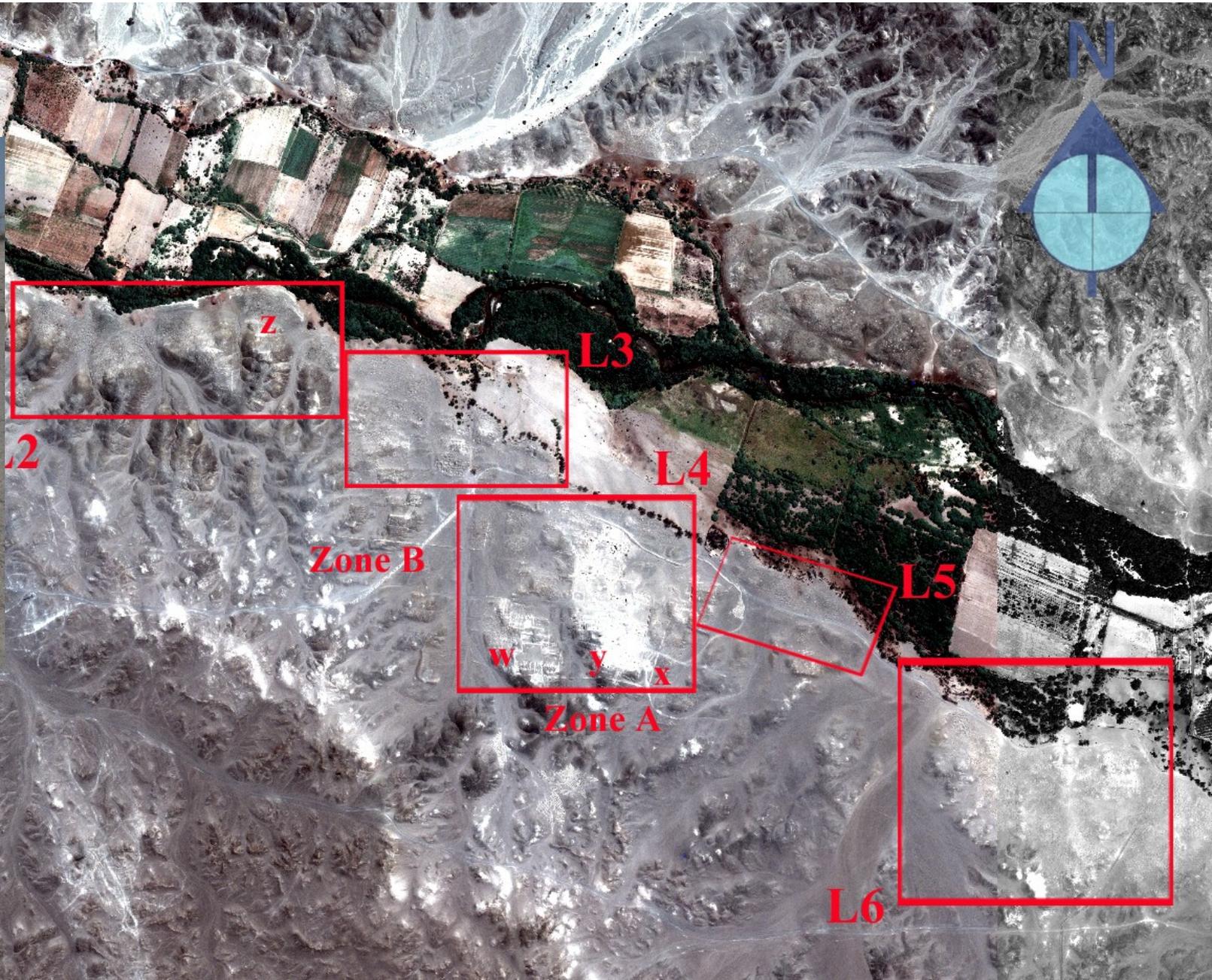
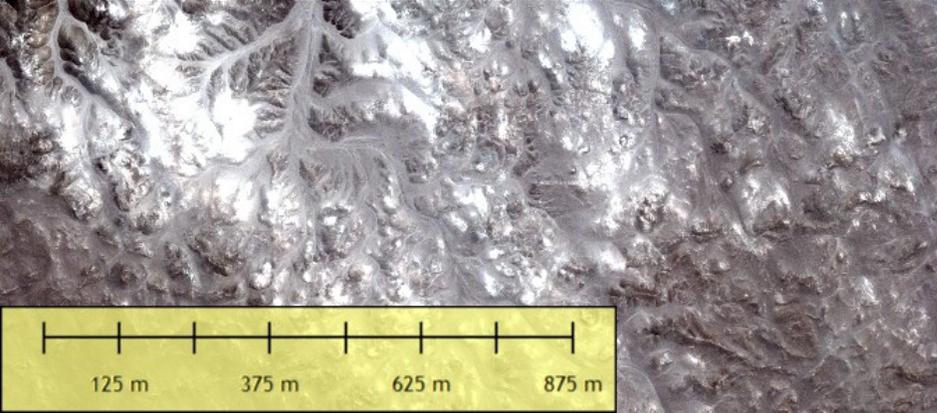
Hydrogeological risk



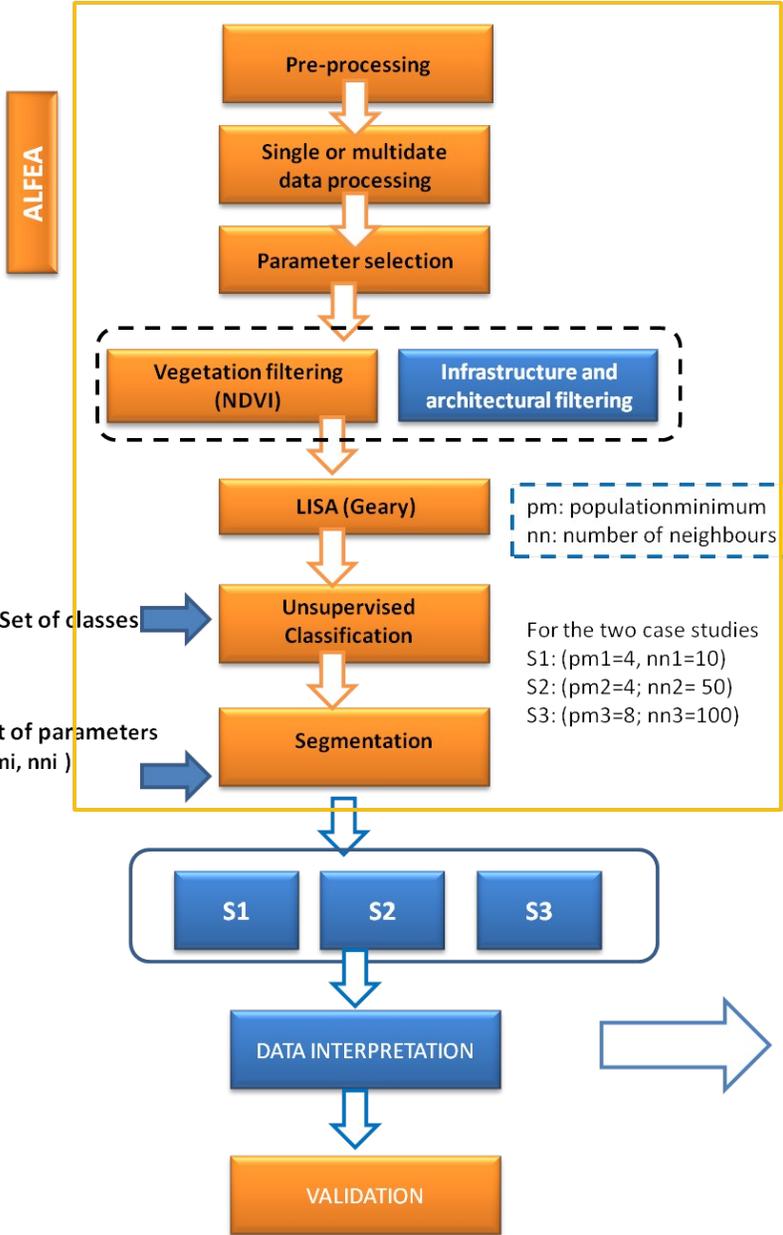
Mapa satelital de geoglifos en Pampa de Atarco



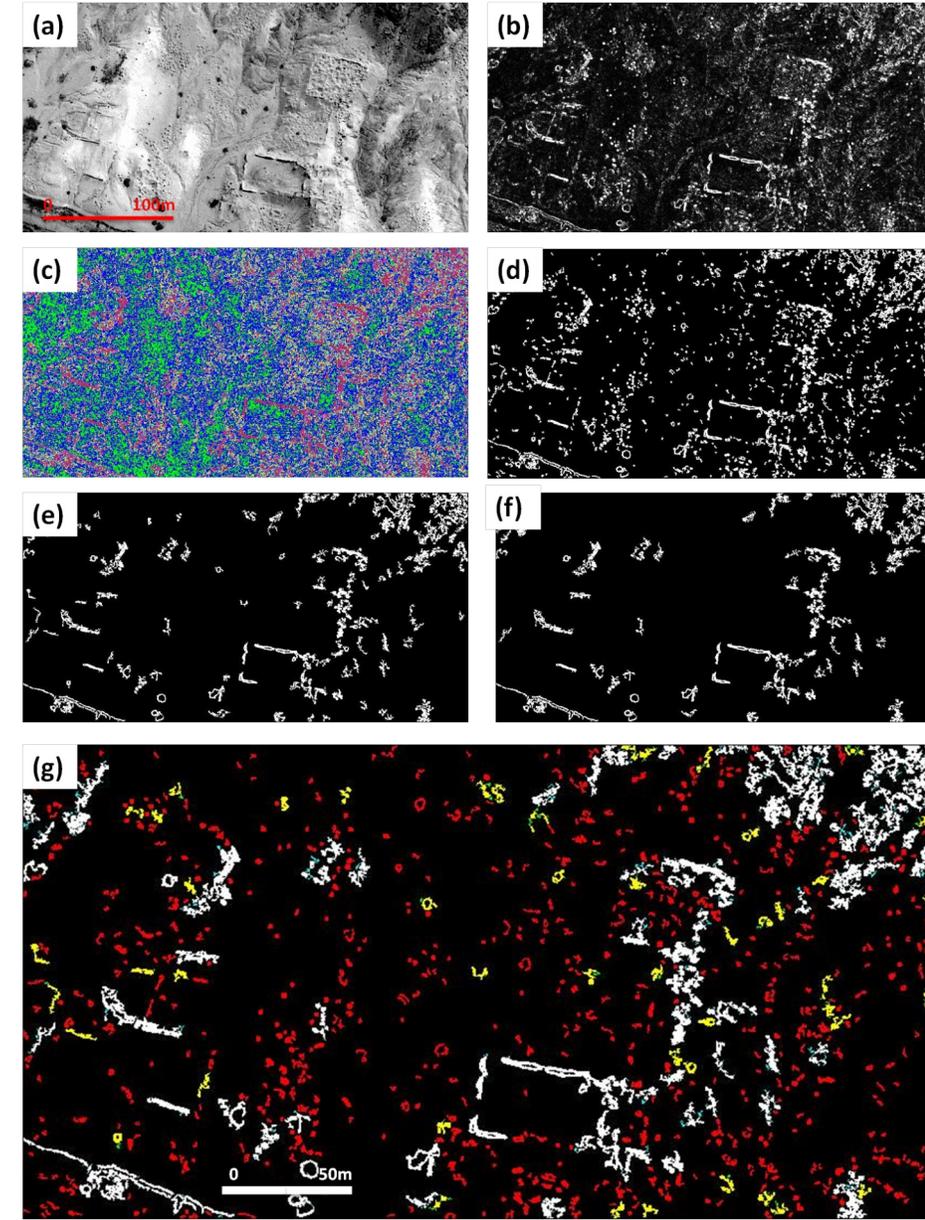
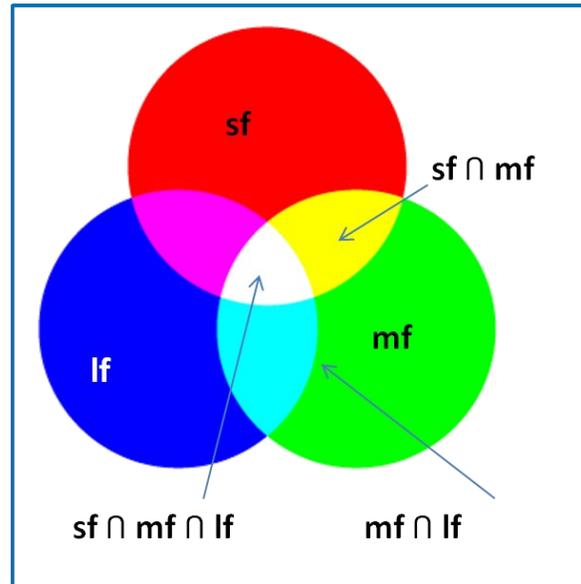
Monitoreo satelital de excavaciones arqueológicas clandestinas



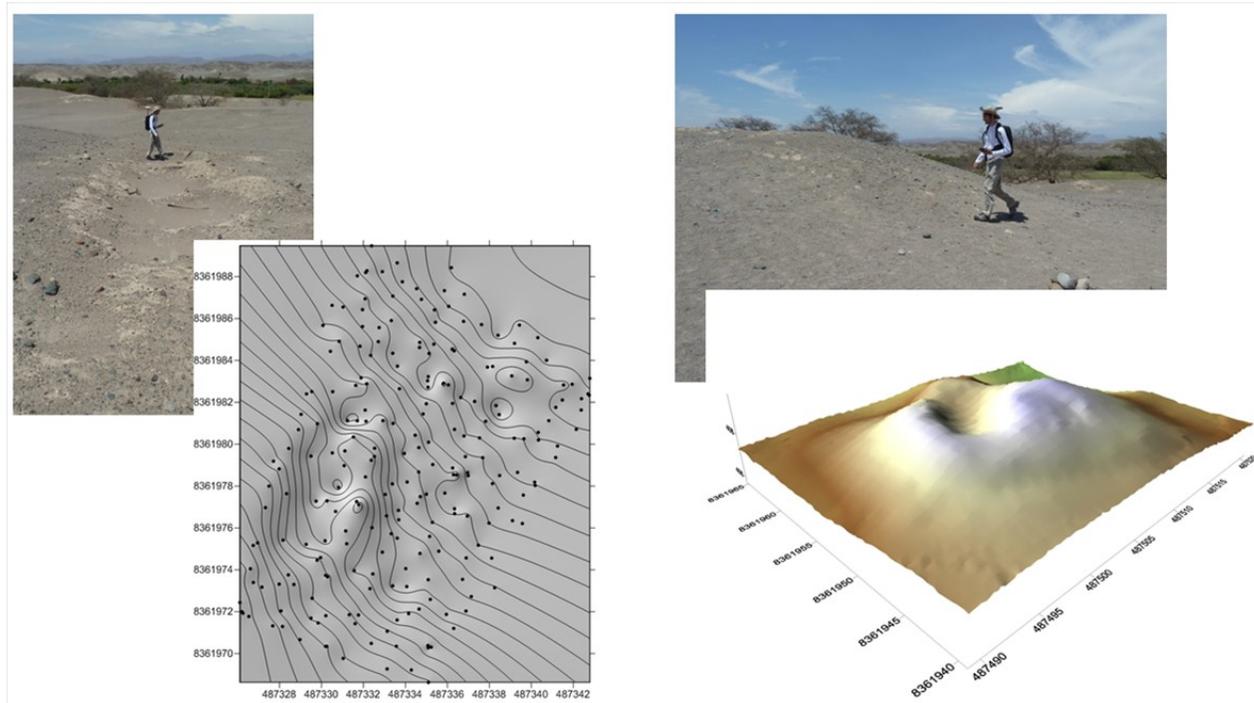
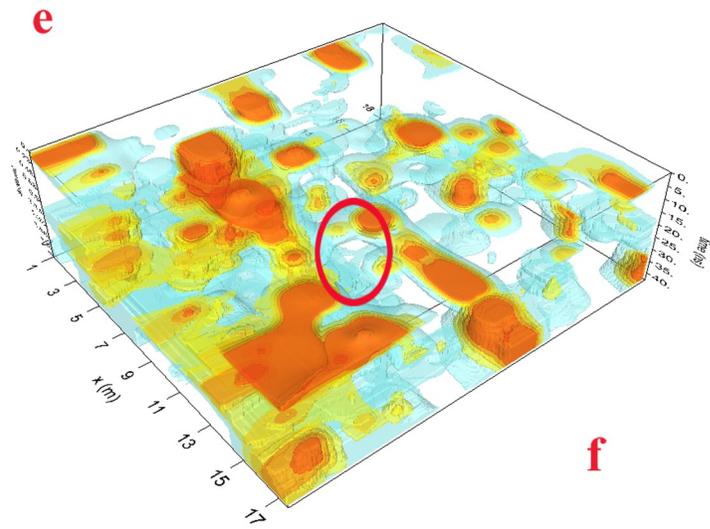
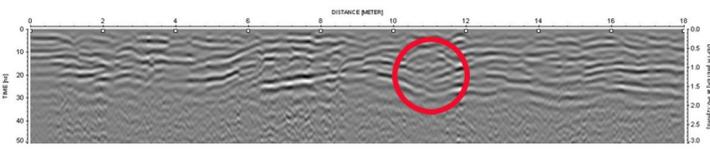
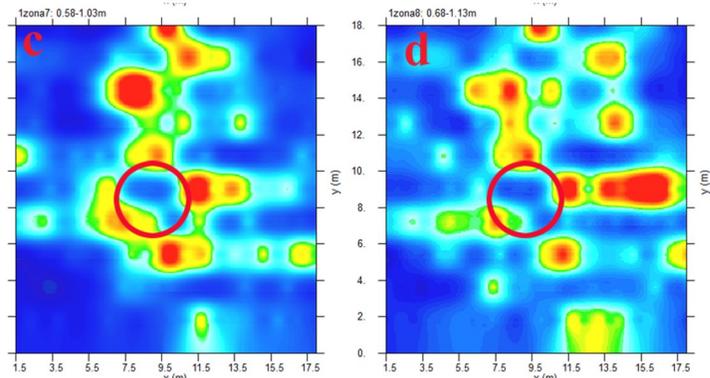
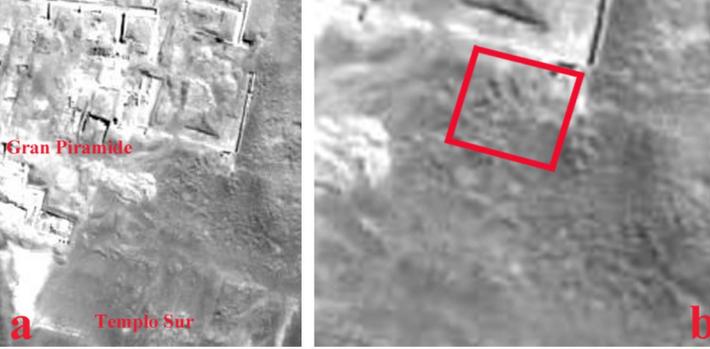
Extracción automática de áreas arqueológicas saqueadas (caso de estudio en el Norte de Perú)

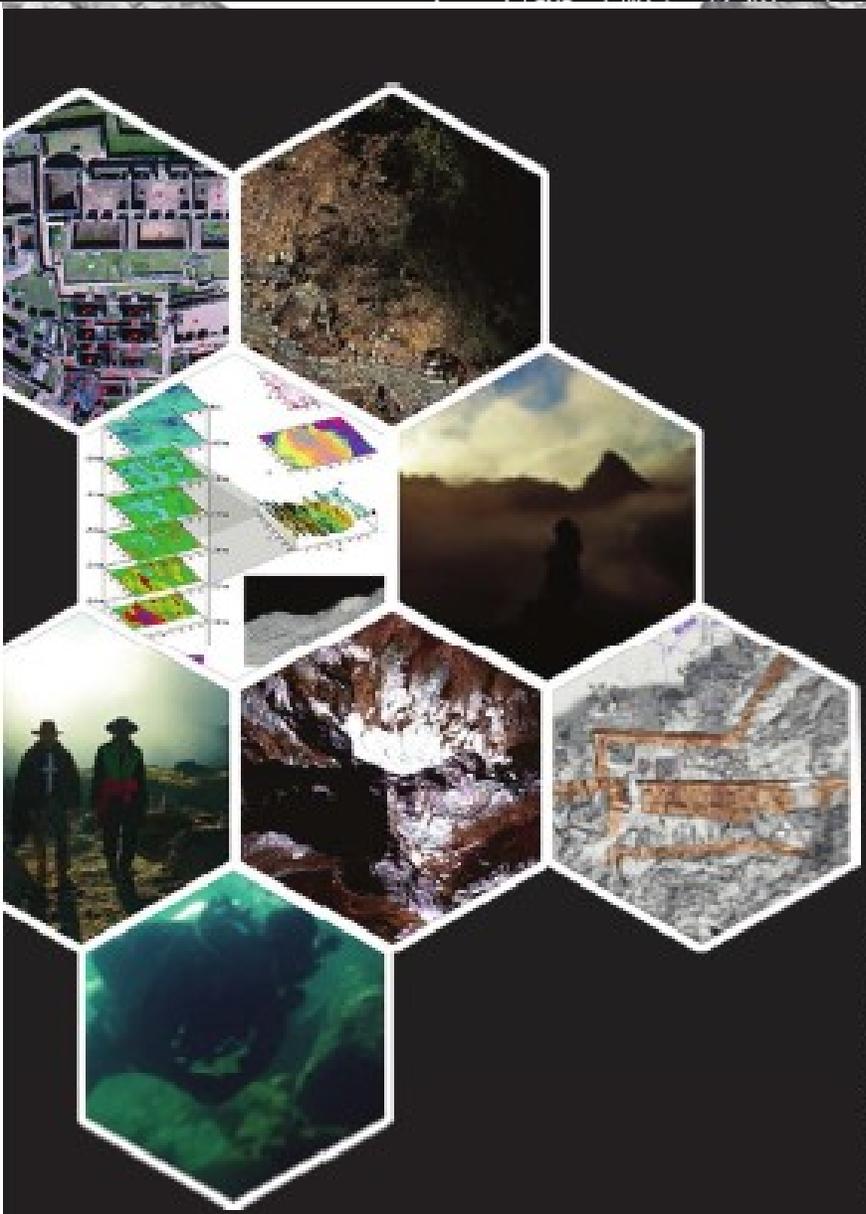


sf: small features
mf: medium features
lf: large features



Monitoreo basado en georadar y GPS de áreas saqueadas in Cahuachi - Nasca





Gracias