

Curso de posgrado

LA GEOMORFOLOGÍA Y *CAMBIO CLIMATICO*

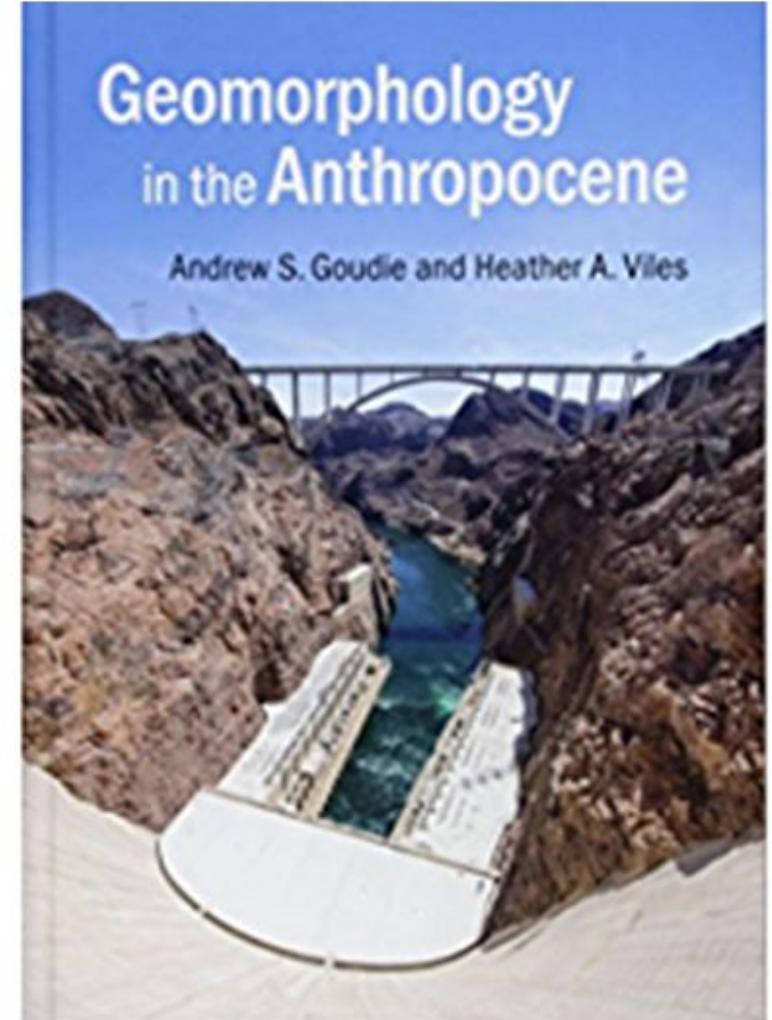
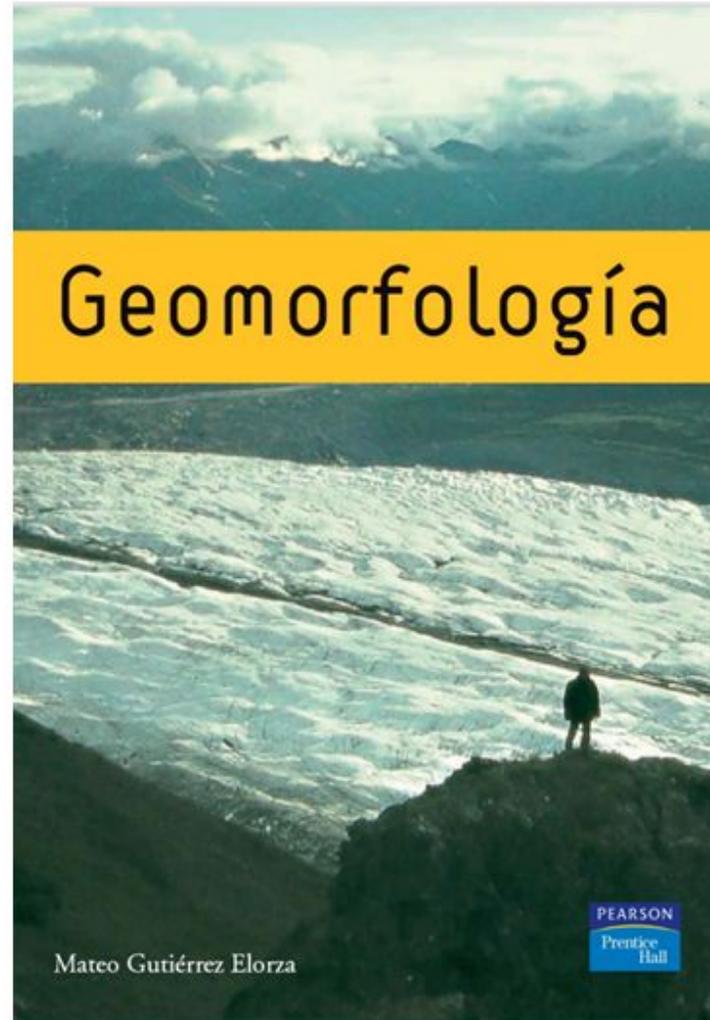
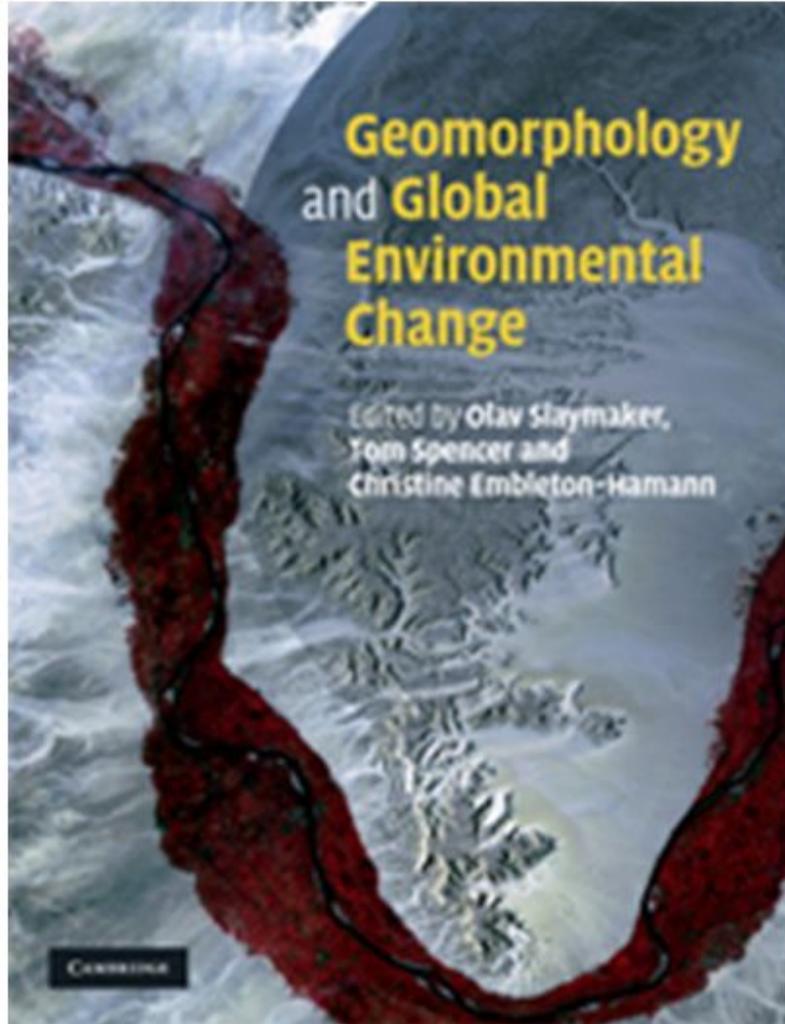
SEPTIEMBRE 2022

Docentes: *Gabriella M. Boretto (CICTERRA-CONICET-UNC)* *Marcela A. Cioccale (FCEfyN-UNC)*

Tema 3

Escala temporal de los procesos geomorfológicos. Procesos geomorfológicos durante el Holoceno. *Proxies* geomorfológicos como evidencia del cambio climático. Análisis multitemporales.

1. ESCALA TEMPORAL DE LOS PROCESOS GEOMORFOLÓGICOS



1. ESCALA TEMPORAL DE LOS PROCESOS GEOMORFOLÓGICOS

Independientemente de la opinión que tenga cada uno acerca del Cambio Climático, hay cuestiones apremiantes que deben ser consideradas de manera urgente.

El **IPCC** señala:

- (a) el calentamiento del sistema climático es inequívoco;
- (b) el efecto neto promediado mundialmente de las actividades humanas desde 1750 d.C. refleja un calentamiento (con alto nivel de confianza);
- (c) la información paleoclimática apoya la interpretación que la calidez del último medio siglo es inusual en al menos los 1300 años anteriores;
- (d) la mayor parte del aumento observado en el promedio mundial temperatura desde mediados del siglo XX ("Great acceleration") es debido al aumento en concentraciones de gases antropogénicos;
- (e) emisiones continuas de gases de efecto invernadero en el nivel actual o superiores tasas causarán un mayor calentamiento e inducirán cambios en el sistema climático global.

Escala temporal de los procesos geomorfológicos

A Hierarchical Classification of Terrestrial Geomorphological Features by Scale

Order	Approximate Spatial Scale (km ²)	Characteristic Units (with examples)	Approximate Time Scales of Persistence (years)
1	10 ⁷	Continents, ocean basins	10 ⁸ -10 ⁹
2	10 ⁶	Physiographic provinces, shields, depositional plains	10 ⁸
3	10 ⁴	Medium-scale tectonic units (sedimentary basins, mountain massifs, domal uplifts)	10 ⁷ -10 ⁸
4	10 ²	Smaller tectonic units (fault blocks, volcanoes, troughs, sedimentary subbasins, individual mountain zones)	10 ⁷
5	10-10 ²	Large-scale erosional/depositional units (deltas, major valleys, piedmonts)	10 ⁶
6	10 ⁻¹ -10	Medium-scale erosional/depositional units or landforms (floodplains, alluvial fans, moraines, smaller valleys and canyons)	10 ⁵ -10 ⁶
7	10 ⁻²	Small-scale erosional/depositional units or landforms (ridges, terraces, sand dunes)	10 ⁴ -10 ⁵
8	10 ⁻⁴	Larger geomorphic process units (hillslopes, sections of stream channels)	10 ³
9	10 ⁻⁶	Medium-scale geomorphic process units (pools and riffles, river bars, solution pits)	10 ²
10	10 ⁻⁸	Microscale geomorphic process units (fluvial and eolian ripples glacial striations)	-

(Modified from Tricart, 1965; Chorley *et al.*, 1984)

TABLA 1.1 Clasificación espacial de las morfologías (Tricart, 1965).

Orden	Unidades de superficie terrestre (Km ²)	Características de las unidades, con ejemplos	Unidades climáticas equivalentes	Mecanismos genéticos que controlan el relieve	Tiempo de persistencia
I	10 ⁷	Continentes, cuencas oceánicas (configuración del globo)	Grandes sistemas zonales controlados por factores astronómicos	Diferenciación de la corteza terrestre entre sial y sima	10 ⁹ años
II	10 ⁶	Grandes entidades estructurales (Escudo Escandinavo, Tethys, Cuenca del Congo)	Grandes tipos climáticos (interferencia de los factores geográficos en los factores astronómicos)	Movimientos corticales, como la formación de geosinclinales. Influencias climáticas sobre la disección	10 ⁸ años
III	10 ⁴	Principales unidades estructurales (cuenca de París, Jura, Macizo Central)	Subdivisiones de los tipos climáticos, pero con poca importancia en la erosión	Unidades tectónicas que tienen una unión con la paleogeografía: tasas de erosión influenciadas por la litología	10 ⁷ años
IV	10 ²	Unidades tectónicas básicas: macizos montañosos, horsts, fosas	Climas regionales con influencias geográficas, especialmente en áreas montañosas	Influídos fundamentalmente por factores tectónicos y en segundo lugar por la litología	10 ⁷ años
V	10	Accidentes tectónicos: Anticlinal, Sinclinal colgado, Monte, Valle, etc.	Climas locales, influenciados por la disposición del relieve; solana, umbría, efectos altitudinales	Predominio de la litología y de la tectostática. Influencias estructurales	10 ⁶ -10 ⁷ años
VI	10 ⁻²	Formas del relieve: crestas, terrazas, circos, morrenas, terminales, conos de deyección	Mesoclima, directamente asociado a la forma (por ejemplo, nichos de nivación)	Predominio de la litología y de la tectostática. Influenciado por la litología	10 ⁴ años
VII	10 ⁻⁶	Microformas: lóbulos de solifluxión, suelos poligonales, nebkas, badland, gullies	Microclima, directamente asociado con las morfologías, por ejemplo, lapiaz (<i>karren</i>)	Predominio de la litología y de la tectostática. Influenciado por la litología	10 ² años
VIII	10 ⁻⁸	Microscópico: por ejemplo, detalles de corrosión y pulido, etc.	Microambientes	Interferencia de la dinámica y de la textura de la roca	

TABLA 1.2 Significado variable de eventos geológicos a lo largo del tiempo (Schumm, 1985a).

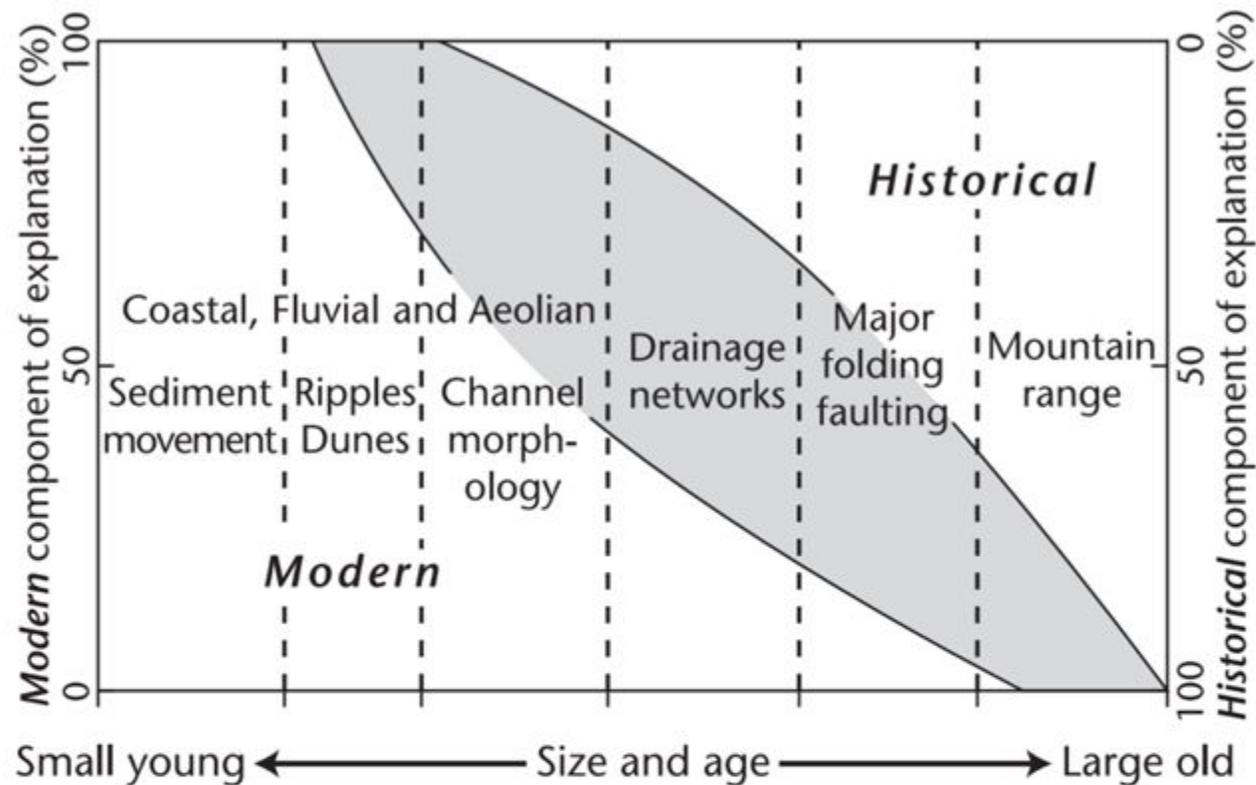
Magnitud relativa del evento	Escala de tiempo							
	1 día	1 año	10 años	10 ² años	10 ³ años	10 ⁵ años	10 ⁶ años	10 ⁸ años
Mega-evento	Flujo o deslizamiento local del suelo	Barranco (<i>gully</i>)	Estrangulamiento de meandros	Erupción volcánica	Formación de terrazas	Glaciación continental	Grandes plegamientos y fallas	Construcción de montañas
Meso-evento	Reguero	Flujo o deslizamiento local del suelo	Barranco (<i>gully</i>)	Estrangulamiento de meandros	Erupción volcánica	Formación de terrazas	Glaciación continental	Grandes plegamientos y fallas
Micro-evento	Movimiento de granos de arena	Reguero	Flujo o deslizamiento local del suelo	Barranco (<i>gully</i>)	Estrangulamiento de meandros	Erupción volcánica	Formación de terrazas	Glaciación continental
Sin evento	—	Movimiento de granos de arena	Reguero	Flujo o deslizamiento local del suelo	Barranco (<i>gully</i>)	Estrangulamiento de meandros	Erupción volcánica	Formación de terrazas

Fundamental Concepts of Geomorphology

Concept	Description
Uniformitarianism	Similar geomorphic processes that operate today operated throughout geologic time.
Gradualism	Relatively frequent, modest-sized processes dominate in the progressive changing of the landscapes over long time periods.
Orderliness	Erosional agents on a planetary surface produce an orderly sequence of landforms as a function of time.
Morphoclimatic Zonation	Landscapes reflect the influence of certain climatic processes by developing a characteristic assemblage of landforms.
Youthfulness of Topography	Most of the Earth's topography is no older than Pleistocene.
Legacy of the Pleistocene	The geologic and climatic changes of the Pleistocene were critical in the shaping of most landscapes.
Modernism	Geomorphology is primarily concerned with present- day processes that shape present- day landscapes.
Simplicity	It is necessary to search for simplicity in geomorphological systems.

Terminology of Geomorphic Systems

Term	Usage	Example
Cascade	A type of system through which energy and mass flow from one subsystem to another	Movement of water and sediment through a drainage basin.
Feedback	Output to one system acts as input to itself. The effect can be self-enhancing (positive feedback) or self-refulating (negative feedback).	As river bar is eroded, it becomes more streamlined in shape, which reduces erosion (negative feedback).
Equilibrium	A balance between form and process.	Hillslopes form as a balance between rock resistance and erosional processes.
Threshold	A condition that must be achieved for a system to pass from one state to another.	A landslide can occur only when the driving forces exceed the resisting forces.
Equifinality	The derivation of similar final states in different ways from diverse origins.	Polygonal ground may form from desiccation, freezing, or volcanism.
Dynamic Equilibrium	An equilibrium state maintained by a balance of fluctuations around a constantly changing system condition.	Rivers maintain an equilibrium of channel form as they continue long-term degradation.
Steady State	An equilibrium state maintained around a time invariant system condition.	Soil caly content increases by weathering until it reaches constant value



La importancia relativa de lo histórico frente a lo moderno, explicación en función del tamaño y la edad de geoformas y los paisajes (modificado de Schumm, 1985). Tenga en cuenta la suposición que el tamaño y la edad están directamente correlacionados, una suposición que es más apropiado para paisajes costeros, fluviales y eólicos, pero no encaja fácilmente en paisajes volcánicos y tectónicos.

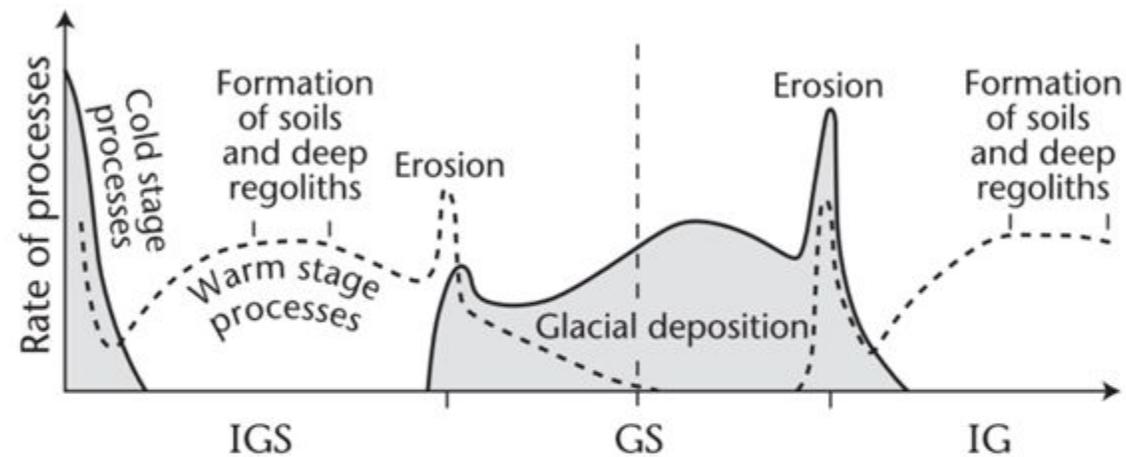
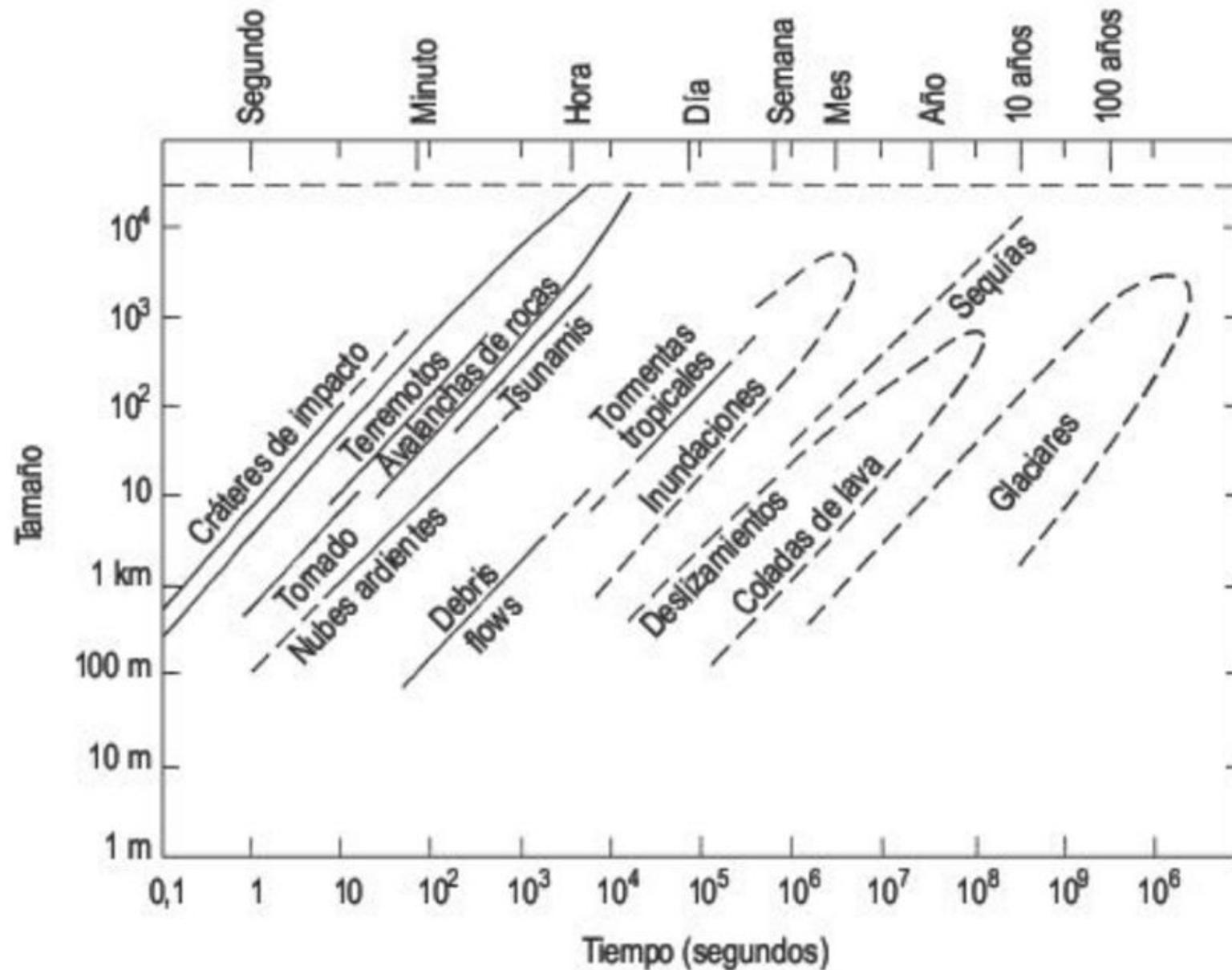


FIGURE I.6. Periodicity of erosion and sedimentation (modified from Starkel, 1985). IGS is interglacial stage; GS is glacial stage; and IG is the present interglacial.

Escala temporal de los procesos geomorfológicos

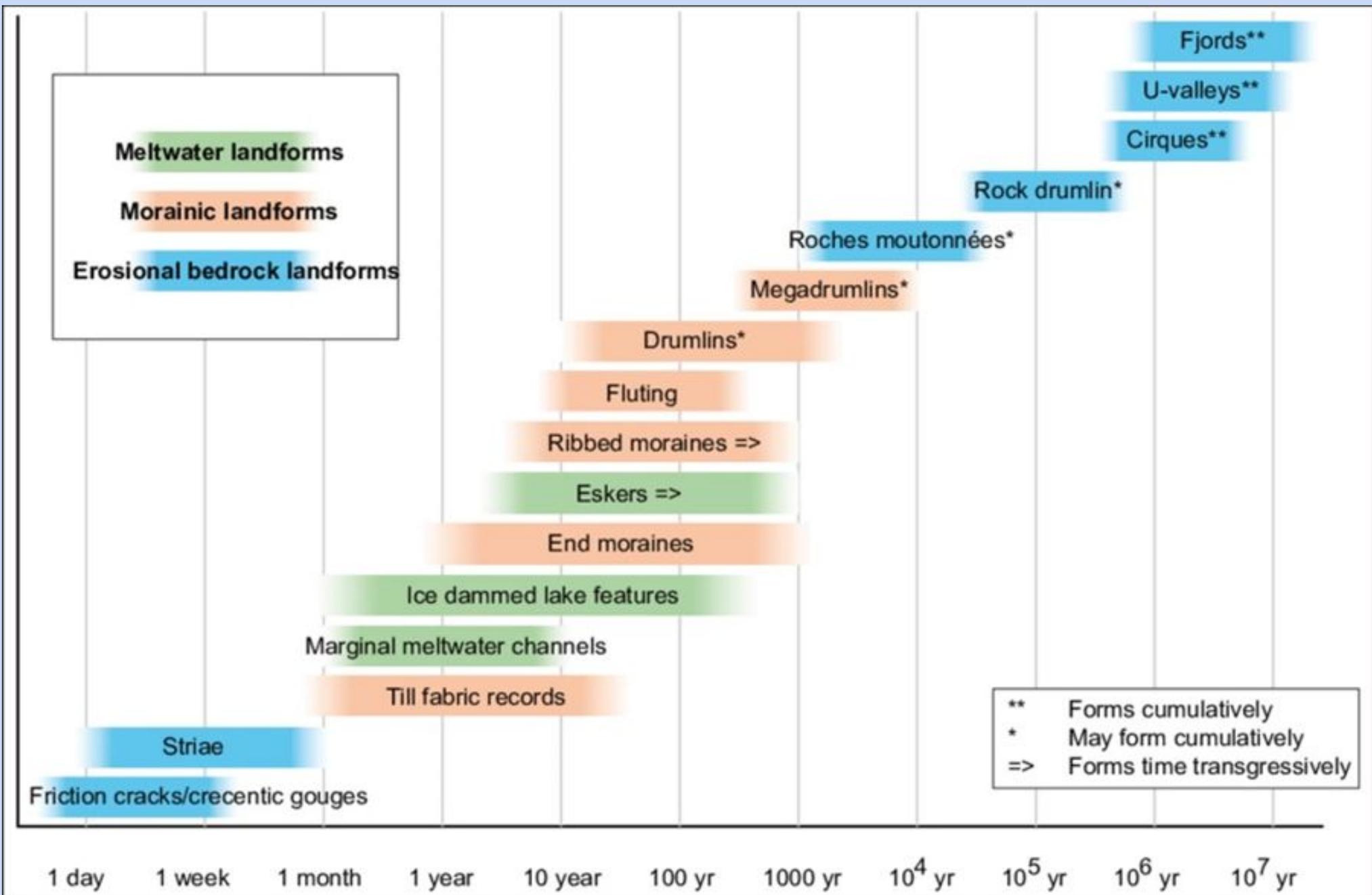


La escala espacial está asociada a características estructurales y litológicas del territorio, la geomorfología es la resultante del modelado de la superficie terrestre en base a los factores endógenos y exógenos. Estos últimos ligados al CLIMA y procesos temporales muy variables.

Para poder comprender la evolución de un curso meandriforme de pequeñas dimensiones en relación a ambiente fluvial de mega-escala es necesario aplicar la dimensión temporal.

Baker (2004) toma de Carey (1962) un gráfico para visualizar los procesos responsables de los modelados que operan en un amplio rango de escalas temporales y espaciales.

Clasifica a los eventos en mega, meso, micro y sin eventos.



1 day 1 week 1 month 1 year 10 year 100 yr 1000 yr 10⁴ yr 10⁵ yr 10⁶ yr 10⁷ yr

<https://www.youtube.com/watch?v=wWfZWX8d4Oo>

2. Procesos geomorfológicos durante el Holoceno

Generalidades Q: Pleist-Hol

Eonotema / Eon		Serie / Época	Pisos / Edades	Edad (Ma)
Eratema / Era				
Sistema / Período				
Fanerozoico	Cenozoico	Cuaternario	Holoceno	presente
			Pleistoceno	Superior
	Medio	0.126		
	Calabriano	0.781		
	Gelasiano	1.806		
	Neógeno	Plioceno		2.588
				5.33
		Mioceno		23.03

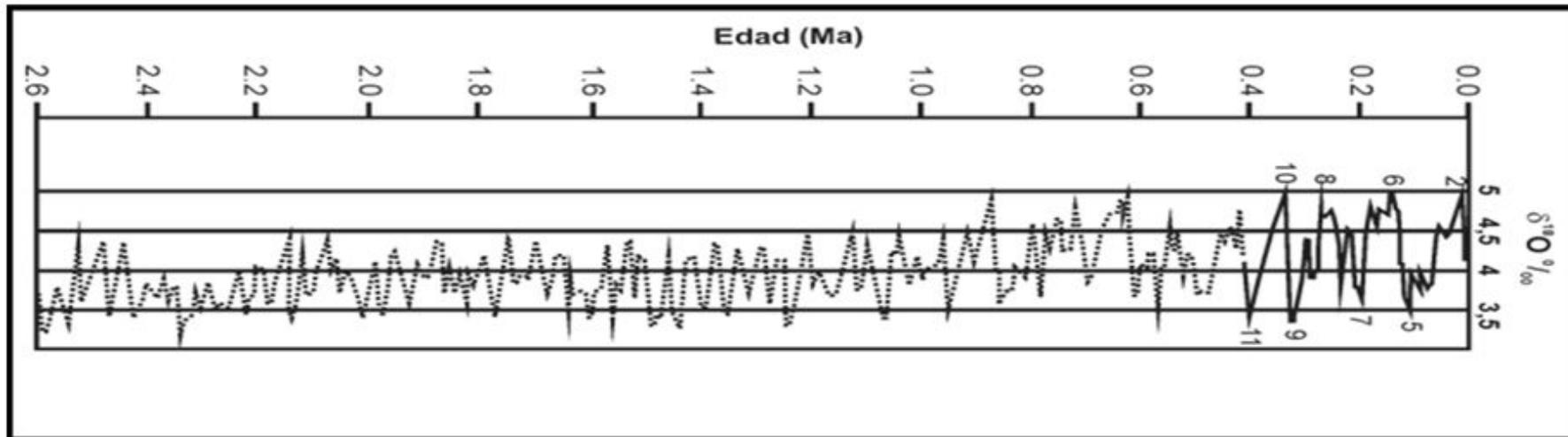
El Tardiglacial es el intervalo de transición entre el UMG y el Holoceno (11.700 años AP) caracterizado por un abrupto aumento de la temperatura. Tres eventos importantes que se desarrollaron a nivel global:

Oldest Dryas (18.500-14.500 cal. AP)

Interstadial Bøllin-Allerød (14.500-12.700 cal. AP)

Younger Dryas (YD) (12.700-11.700 cal. AP)

Luego del YD el mejoramiento climático se instaló y continuó a lo largo del Holoceno. Sin embargo, diversas oscilaciones climáticas también ocurrieron durante este periodo, dando lugar a los intervalos denominados "neoglaciaciones" intercalados con episodios de mejoramiento del clima, tales como el Hypsithermal (también llamado Óptimo Climático) (7.5 a 5.0 ka AP).



ANTROPOCENO

Época geológica propuesta por una parte de la comunidad científica para suceder o reemplazar al Holoceno.

Del griego "anthropos" se refiere "ser humano"; está ligado al significativo impacto global que las actividades humanas han tenido en los ecosistemas.

No hay un acuerdo común respecto a la fecha precisa de su comienzo; algunos lo consideran al inicio de la Revolución Industrial (final del siglo XVIII)

Otros investigadores remontan su inicio al comienzo de la agricultura, solapando enteramente al Holoceno.

Antropogeomorfología ("Anthropogeomorphology") término creado por Golomb y Eder (1964), para el estudio del rol humano en el origen de accidentes geográficos y la modificación del funcionamiento de procesos geomorfológicos.



Breve reseña de Antrogeomorfología

Las investigaciones sobre torrentes en los Alpes europeos emprendidas a finales del siglo XVIII y principios del siglo XIX, profundizó enormemente la idea del cambio geomorfológico debido a la actividad humana para cambiar el medio ambiente (Surell, 1841).

Saussure (1796) mostró que los lagos alpinos habían sufrido una bajada de los niveles de agua debido a la deforestación.

En Venezuela, Humboldt y Bonpland (1815), concluyeron que el nivel del lago Valencia en 1800 fue menor que en épocas anteriores, y era causado por la deforestación, la tala de las llanuras, el riego y el cultivo del añil.

En la localidad costera de Punta del Este (Uruguay) se expandía un gran desierto con enormes médanos; para contener la avalancha de arena se ideó la forestación de la región costera a través de plantaciones de pinos hacia finales del siglo XIX (Fischer y Pisani, 1998).

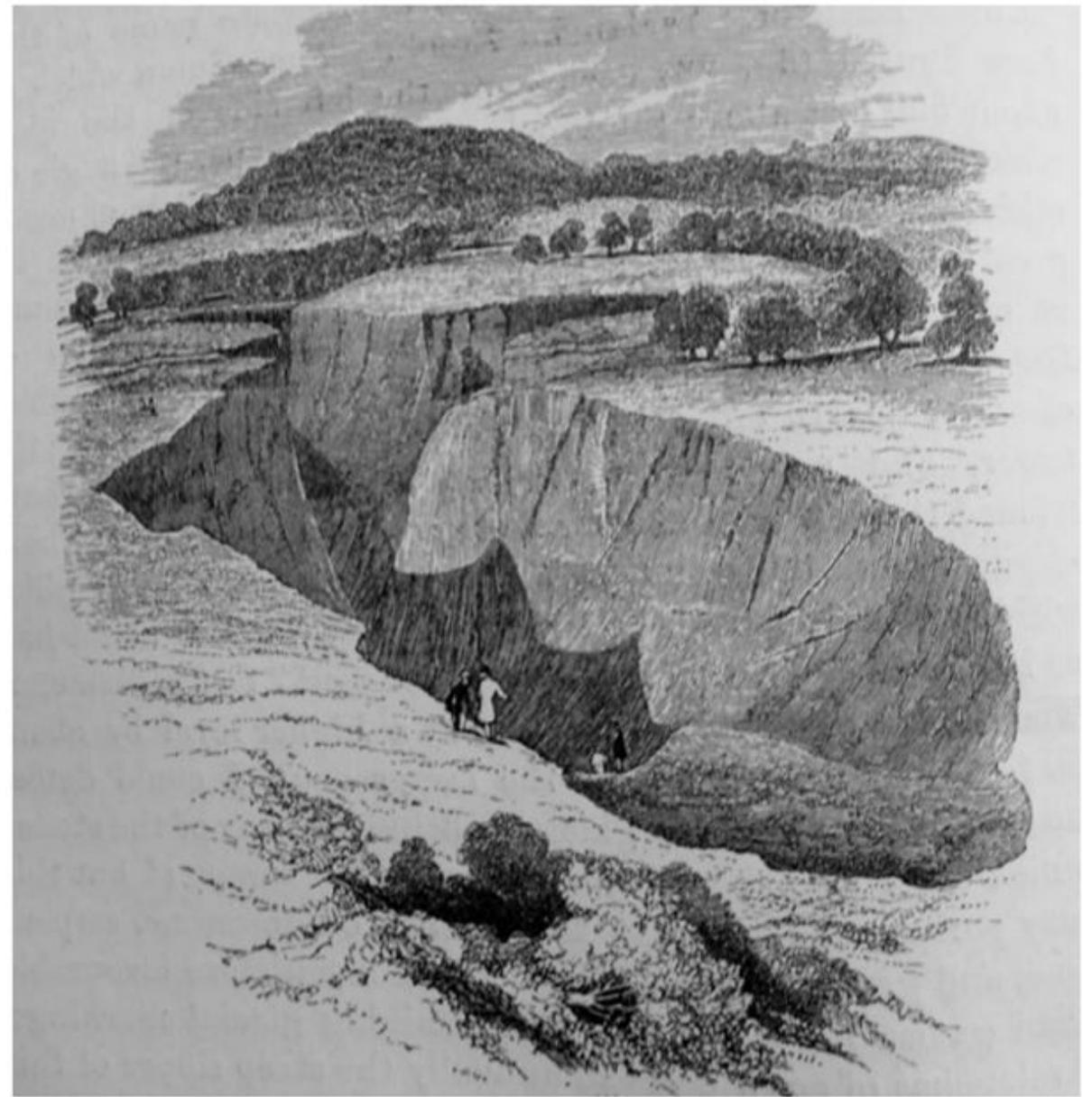


Figure 1.2 A newly-formed ravine that developed at Milledgeville, Georgia, following deforestation (from Lyell, 1875, p. 338).

Algunas características geomorfológicas son producidas por procesos antropogénicos directos. Estos tienden a ser relativamente obvios y con frecuencia se crean deliberadamente.

Incluyen accidentes geográficos producidos por la construcción (por ejemplo, escombros, terraplenes, diques), excavación (minas), interferencia hidrológica (por ejemplo, embalses y canales) y agricultura (por ej. terrazas).

Table 1.1 *Deliberately created landforms.*

Feature	Cause
Artificial islands	Creation of new land
Artificial reefs	Fishing, trawl protection, surfing, habitat restoration
Banks along roads	Noise abatement
Broads	Peat exploitation
Canals	Transport, irrigation, drainage
City mounds (<i>tells</i>)	Human occupation
Craters	War, <i>qanat</i> construction
Cuttings and sunken lanes	Transport
Dikes, polders	River and coast management
Embankments	Transport, river, and coast management
Moats	Defense
Mounds and tumuli	Defense, memorials and burial
Pits and ponds	Mining, marling
Reservoirs	Water management, cooling basins
Ridge and furrow	Ploughing
Spoil heaps	Mining, waste disposal
Subsidence depressions	Mineral and water extraction
Terracing, lynchets	Water and erosion control, provision of flat land for agriculture



Arrecifes artificiales



sunken lane (holloway)



Craters

Canales artificiales



Broads – Lagunas en minas de carbon



City mound –
Montículos/cerros



Dikes/polders (Holanda)



Pits and ponds - Estanques



spoil heaps – montículos de escombros

ridge and furrow

Terraplenes



Moats - Fosos



Mounds and tumuli - Montículos



Terrazas



Indirect Anthropogenic Processes

Acceleration of Erosion and Sedimentation

- Vegetation clearance
- Engineering activities, especially road construction and urbanization
- Increased fires
- Hydrological regime modification

Subsidence

- Drainage of organic soils and peat
- Hydraulic (e.g. through groundwater and hydrocarbon pumping)
- Melting of permafrost (thermokarst)
- Underground mining (e.g. of coal and salt)

Slope Failure

- Loading
- Lubrication
- Shaking
- Undercutting



Earthquake Generation

- Fracking (hydro-fracturing)
- Loading by water impounded in reservoirs
- Lubrication by water along fault planes

Weathering

- Accelerated salinization, producing salt weathering
- Acidification of precipitation by nitrate, sulphate, and CO2 emissions
- Laterization (bowlization) by vegetation removal



Goudie & Viles (2016) proponen abordar las relaciones entre el Antropoceno y la geomorfología desde dos enfoques:

(1) **los impactos humanos en la geomorfología** (o antropogeomorfología) pueden ser acelerar, complicar y cambiar la evolución natural del paisaje.

(2) **los procesos geomorfológicos proporcionan un vector importante por el cual operan los impactos humanos**, clave en los ciclos biogeoquímicos globales. Por lo tanto la geomorfología puede mediar y amplificar muchos procesos clave del Antropoceno para remediar y mitigar el efecto antrópico.

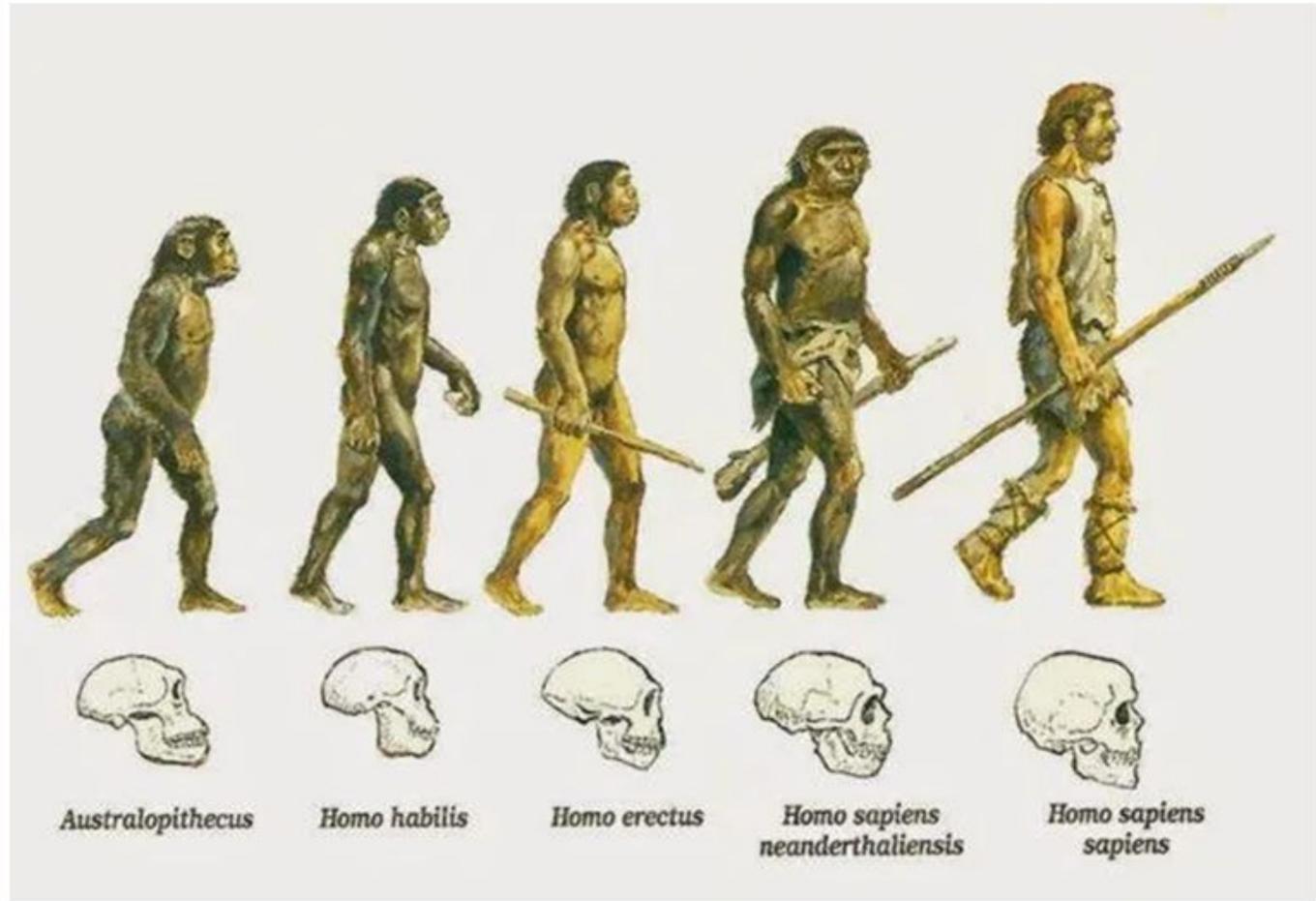


**Impulsores del cambio
Antrogeomorfológico**

1. Llegada del hombre
2. Fuego
3. Herramientas para producción
4. Actividad durante el Pleistoceno
5. Gestión del agua e irrigación
6. Revolución de productos secundarios
7. Urbanización
8. Minería
9. Globalización
10. Aprovechamiento de la energía
11. La gran aceleración

1. Llegada del ser humano ... El impacto geomorfológico de los humanos ha cambiado mucho a lo largo del tiempo en respuesta a su distribución global. números y adopciones de nuevas tecnologías.

Years before present	Driving force
100	The Great Acceleration Internal combustion engine Industrial revolution European colonization of Americas, Australia, etc.
1000	Peopling of New Zealand, Madagascar, Oceania, etc. The classical era Secondary products revolution Irrigation Metals and mining Settlements and urbanization Domestication, agriculture, land clearance
10,000	Pleistocene extinctions Peopling of Americas and Australia
100,000	Modern humans
1,000,000	Use of fire and stone tool manufacture Arrival of <i>Homo</i>



El primer humano reconocible, *Homo habilis*, evolucionó hace unos 2.5-2.8 millones de años, aprox. junto a la expansión glacial en latitudes medias durante el Pleistoceno inferior.

https://www.youtube.com/watch?v=G2tUkEvo_IM

- ❖ Los restos más antiguos de *Homo* se han encontrado en sedimentos de los valles del rift de África Oriental, como en el Afar región de Etiopía, y en cuevas en Sudáfrica (Villmoare et al., 2015).
- ❖ La población humana habría llegado a Asia y Europa hace unos 2 millones de años (Zhu et al., 2008). En el sur de Europa existen herramientas de piedra con *Homo* que se remontan a hace 1.7-1.3 millones de años (Carbonell et al., 2008).
- ❖ Algunos investigadores sostienen que los primeros pobladores de América habría llegado por el norte, a través del estrecho de Bering desde Asia hace unos 12.000 años. Sin embargo, otros autores indican una fase anterior de colonización en América del Sur (17000-15000 años (Lahaye et al., 2015).
- ❖ El asentamiento de Oceanía ocurrió relativamente tarde, con la colonización de los archipiélagos occidentales de Micronesia y Melanesia oriental que tendrá lugar en c. 3500-2800 BP, de central y el este de Micronesia en 2200-2000 AP, y del este y sur de Polinesia en 1100-700 a.C. (Anderson, 2009).
- ❖ Durante el Último Máximo Glacial (UMG, aprox. 21.000 años AP) se estima una población humana de entre 2 y 8 millones (Gautney y Holliday, 2015). Hacia el Holoceno medio se estima una población de 5-24 millones, para la época romana 200 millones, durante el medieval tardío de 400-500 millones, entre 900-1000 millones al comienzo de la Revolución Industrial. Actualmente somos más de 7000 millones.

EPOCA	TIEMPO (años AP)	Australopitecinos	Homo	Cultura	Tiempo Arqueol.
Holoceno	11700-Presente		sapiens sapiens	Evolución cognitiva y tecnológica hasta la actualidad	Metales 4000-1500
					Neol. 7000-4000 Mesol. 10 mil-7000
					Paleol. Sup. (35-10 mil)
Pleistoceno	127000-11700		sapiens sapiens - neanderthalensis (Europa, 230 a 29 mil)	Pensamiento abstracto, arte	Paleolítico medio (100-35 mil)
	780000 - 127000		erectus – sapiens (350 mil) neanderthalensis (Europa, 230 a 29 mil)	Fuego	Paleolítico inferior (2.6-100 mil)
	1.8 Ma – 780000	X	habilis	Industria lítica	
	2.6-1.8 Ma	X	habilis (1.9 Ma)	Industria lítica	
Plioceno	5.33-2.6 Ma	X			

Mesolítico, Neolítico y Edad de los Metales

PREHISTORIA

HISTORIA

Paleolítico Superior

Mesolítico

NEOLITICO - Nueva Edad de Piedra (Piedra pulida)

Edad de los Metales

- Piedra tallada
- Cazadores,
- Pesca,
- Depredador

Caza: animales pequeños.
Arcos

- Caza, pesca, recolección.
- Agricultura y cría
- Primeros poblados. Organización social primitiva. (Jefe, brujo, hechicero, guerreros... (primeras divisiones sociales)

COBRE

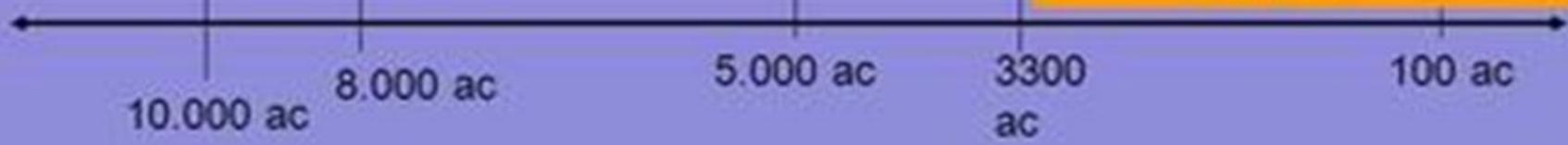
BRONCE

HIERRO

GRANDES CIVILIZACIONES DE LA ANTIGUEDAD

ARMAS Y HERRAMIENTAS: PIEDRA

ARMAS Y HERRAMIENTAS: METAL



2. FUEGO

Hacia el Pleistoceno medio los humanos comenzaron a usar el fuego, un factor importante por el que han influido en su medio ambiente.

Hace 400.000 años, la evidencia de la asociación entre humanos e incendios se registró en Europa y África.

El impacto del uso del fuego por los nativos norteamericanos en el Holoceno medio está registrada por restos abundantes de carbón y material arqueológico asociado. Estas evidencias también se han observado en Australia.



3. HERRAMIENTAS PARA PRODUCCION

Los primeros humanos usaban herramientas de piedra producidas por la extracción de rocas en afloramientos y de cantos rodados.

Hay algunos lugares donde se encuentran grandes "fábricas".

Uno de ellos es el Messak Settafet, un macizo de arenisca en el Sahara en Libia. Foley y Lahr (2015) citan:

"Está lleno de herramientas de piedra del Pleistoceno a una escala sin precedentes y es, en efecto, un paisaje creado por el hombre". Se registraron hasta 75 líticos/escombros por metro cuadrado, siendo el elemento dominante del ambiente.

El pavimento formado por líticos de esta esta antigua fabricación de herramientas de piedra posiblemente representa el primer impacto humano a escala de paisaje, al ambiente, y un ejemplo de cambio antropogénico.

Messak Settafet, fábrica de líticos



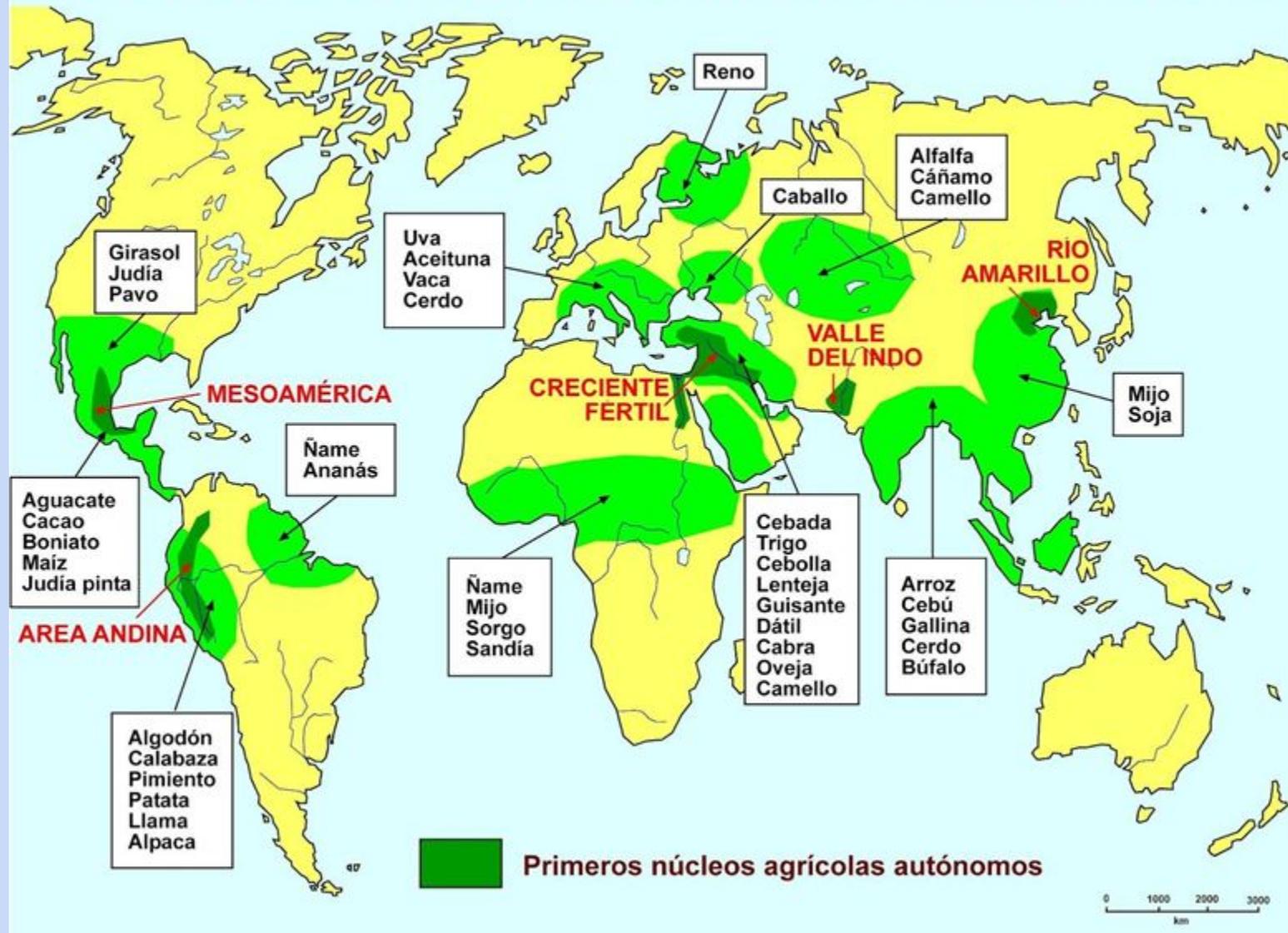
4. Actividad humana durante el Pleistoceno

- Otro impacto humano muy importante fue un espasmo de extinción animal llamado "Exceso del Pleistoceno".
- Entre 50.000 y 10.000 años atrás, la mayoría los grandes mamíferos se extinguieron en todas partes excepto en África y es posible que
- los cazadores humanos fueron los responsables, aunque el papel del cambio climático no puede ser desestimado (Boulanger et al., 2014; Faith, 2014).
- Extinciones de megafauna en Australia ocurrieron hace unos 41.000 años, poco después de la llegada de los humanos. (Roberts et al., 2001). América del Norte y del Sur fueron despojadas de grandes herbívoros
- hace entre 12.000 y 10.000 años. Las extinciones continuaron en el Holoceno en islas oceánicas (Turvey, 2009).
- En las Islas Galápagos prácticamente todas las extinciones tuvieron lugar después del primer contacto humano en 1535 d.C. (Steadman et al., 1991).
- **Los posibles impactos geomorfológicos de esto no han recibido mucha atención, pero la extinción de grandes herbívoros como los elefantes y mamuts habrá tenido un impacto en cubierta vegetal, ciclo de nutrientes, actividad de pisoteo y generación de huellas, todos procesos con implicancias geomorfológicas (Haynes, 2012).**



5. Agricultura y domesticación

ORIGEN DE LAS PLANTAS Y ANIMALES DOMESTICADOS



Arte rupestre Neolítico, Cueva de Altamira, España.

5. Agricultura y domesticación

- Antes de la revolución agrícola hace unos 10.000 años, los grupos humanos vivían de la caza y recolección.
- La revolución agrícola probablemente permitió una expansión de la población humana total. Los primeros registros de agricultura se tienen en las tierras del Mediterráneo oriental y los flancos montañosos del Medio Oriente, 12.000 años AP.
- Contemporáneamente se desarrollo hace 10000 en todo el globo.
- La domesticación de animales permitió el desarrollo de economías pastorales, y conduciendo la transformación del paisaje y construcción de pozos y asentamientos.
- **Las implicacias geomórficas se asocian con: daños en la estructura del suelo (pisoteo) y compactación, menores capacidades de infiltración de las tierras, baja cubierta vegetal, incremento tasa de erosión eólica, transformándose la tierra a escala global.**
- **La remoción deliberada de bosques, ya sea por fuego o corte, es una de las formas más antiguas y significativas en que los humanos han modificado el medio ambiente.**
- Análisis de polen muestran que grandes extensiones de bosques europeos, incluidos los que rodean el Mediterráneo, fueron eliminado en los tiempos Mesolítico y Neolítico y a un ritmo acelerado a partir de entonces (Innes et al., 2010).

6. Manejo del riego y el agua

Un desarrollo muy importante en la agricultura fue el riego y la adopción de la agricultura fluvial. Esto vino bastante después de la domesticación.

Los egipcios fueron los primeros en desarrollar estas obras de ingeniería, construcción de terrazas, presas y embalses para aprovechar las aguas del Nilo (aprox. 3500 aC). Esto generó importantes impactos en la escorrentía, erosión y sedimentación. Posteriormente estas prácticas se expandieron en las diversas poblaciones.



7. Revolución de productos secundarios

Este proceso se dio en Europa a mediados del Holoceno. Los productos secundarios están asociados con la domesticación de animales y obtención de productos de ellos: lana, lácteos, carnes, pieles, huesos, potencia de tracción y transporte. La expansión del pastoreo literalmente limpió el paisaje europeo de sus bosques intactos. Los carros tirados por animales permitían más agricultura intensiva y posibilitó el transporte de sus productos.



8. Urbanización

Después de la adopción de cereales en agricultura, al organizar los cultivos y cosechas anualmente, la gente comenzó a reunirse en asentamientos cada vez más grandes (ciudades) y en formaciones sociales más institucionalizadas (estados).

Hace unos 6.000 años, las primeras ciudades se desarrollaron en la cuenca del Tigris y Éufrates, y luego por aprox. a los 5.000 sobre las costas del Mediterráneo y en sectores de América (Perú y México).

Las grandes ciudades y aglomeraciones urbanas tienen sus propios efectos ambientales (Douglas, 1983; Chin, 2006), absorbiendo recursos y materiales y exportando grandes cantidades de desechos

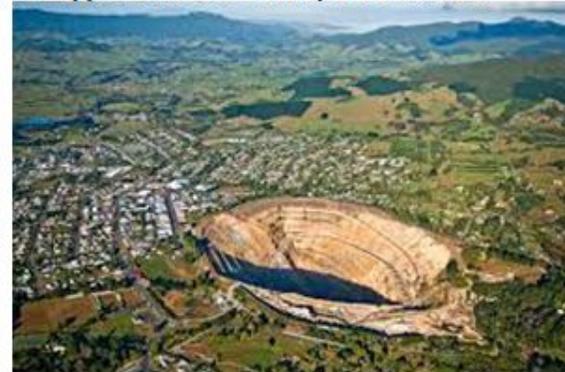
Las tasas de erosión, escorrentía, morfología de los canales e inundaciones se ven afectadas por la urbanización. Particularmente altas tasas de erosión ocurren en la fase de construcción de una ciudad, cuando hay una gran cantidad de terreno expuesto y mucha perturbación de los movimientos de vehículos y excavaciones.

9. Minería y metales

La extracción de minerales y la fundición de metales fue otro desarrollo que aumentó el poder humano.

La extracción minera genera cambios geomorfológicos profundos, vinculados a la meteorización, erosión y contaminación. La fundición puede producir una intensa contaminación del aire y en el suelo conducir a la creación de baldíos industriales, (Kozlov y Zvereva, 2007).

La minería del carbón de los siglos XIX y XX parece haber provocado grandes cambios en la sedimentación y erosión de los valles en áreas como el este de los Estados Unidos, Stinchcomb et al. (2013) señalan el "Mammoth Coal Event" como un evento estratigráfico importante en el Antropoceno. Como concierne sobre la contaminación y el calentamiento global, y las fuentes alternativas de energía disponible, el carbón puede convertirse en una fuente de energía menos importante.



10 Globalización

El perfeccionamiento de los buques de navegación marítima en los siglos XVI y XVII fue el momento clave en que se fusionaron regiones del mundo principalmente autónomas.

Una consecuencia de esta globalización fue que los reinos naturales de flora y fauna se rompieron, la introducción de plantas y animales invasores transformó muchos ambientes.

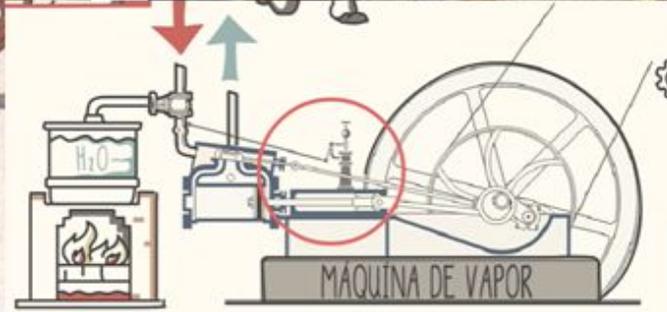
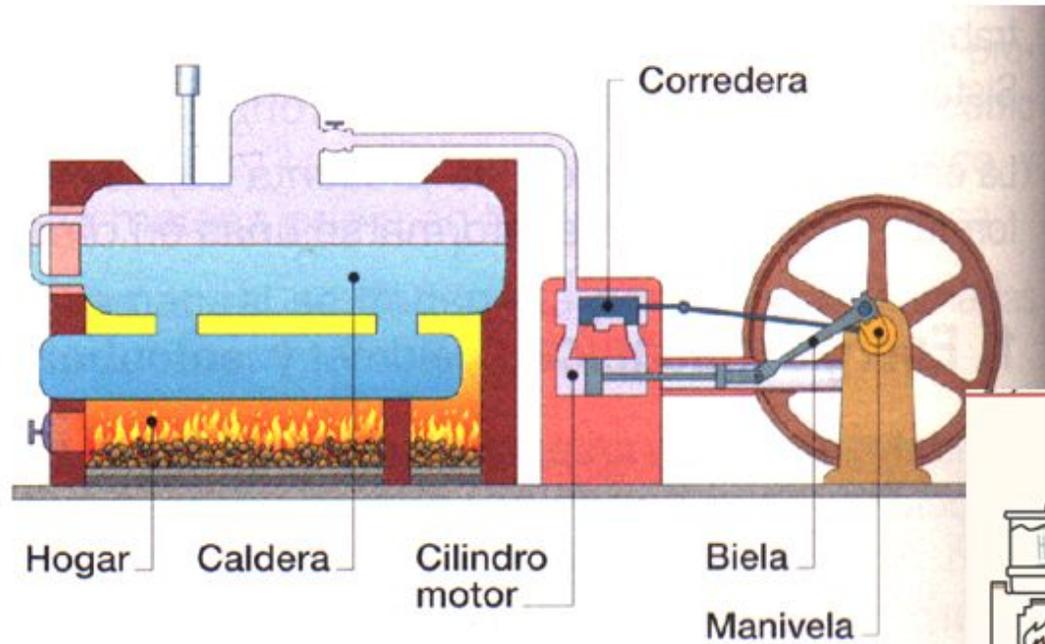
Tales invasiones han tenido muchos impactos geomorfológicos asociada con:

- canalización de los ríos,
- destrucción de dunas costeras,
- explotación salina,
- movilización de sedimentos,

entre otras fuertes consecuencias.



11. Aprovechamiento de la energía



11. Aprovechamiento de la energía

La invención de la máquina de vapor a finales del siglo XVIII y del motor de combustión y explosivos de alta energía a finales del siglo XIX, generaron mayor acceso humano a la energía y menor dependencia de los animales, viento y agua.

Las tecnologías modernas tienen una inmensa potencia de salida. Un pionero La máquina de vapor en 1800 d. C. podía tener una tasa de 8 a 16 kilovatios. Motor diesel para ferrocarriles tiene 3,5 megavatios, un tren Eurostar de veinte vagones supera los 12,2 megavatios y un gran aerogenerador motor de 75 megavatios.

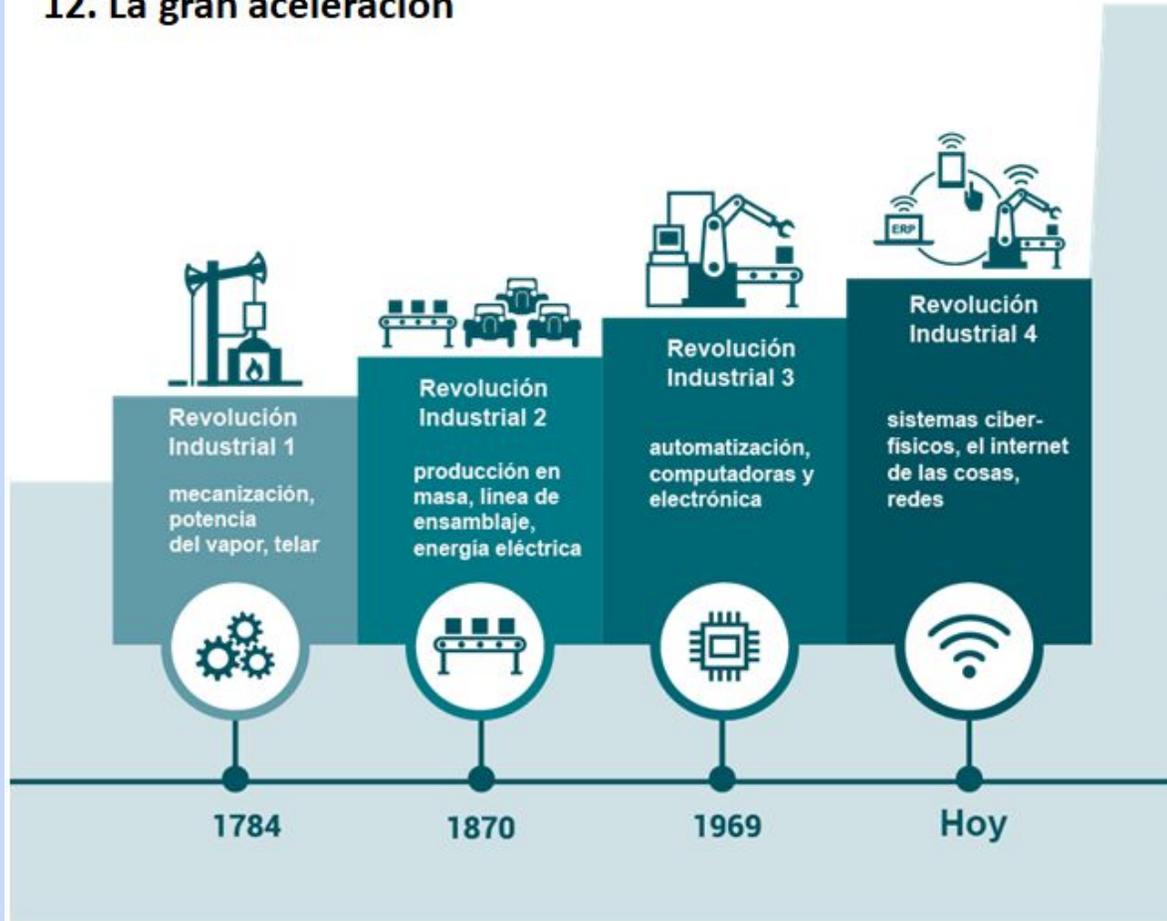
Los primeros tractores John Deere producidos en la década de 1930 tenían un poder de c. 7.5-15 kilovatios, mientras ahora tienen una potencia de c.372–450 kilovatios.

La invención de la motosierra de gasolina, especialmente después de 1950, fue otro desarrollo importante. Esta tecnología de vanguardia permitió a los humanos tala árboles 100 o 1000 veces más rápido que con hachas (McNeill, 2000, p. 307).

La quema de combustibles fósiles es, por supuesto, el principal impulsor de las enfermedades antropogénicas, emisor de gases a la atmósfera, con la concuencia de acelerar el cambio climático debido al impacto humano. Las concentraciones de los gases de efecto invernadero han aumentado de manera tan pronunciada e inexorable.

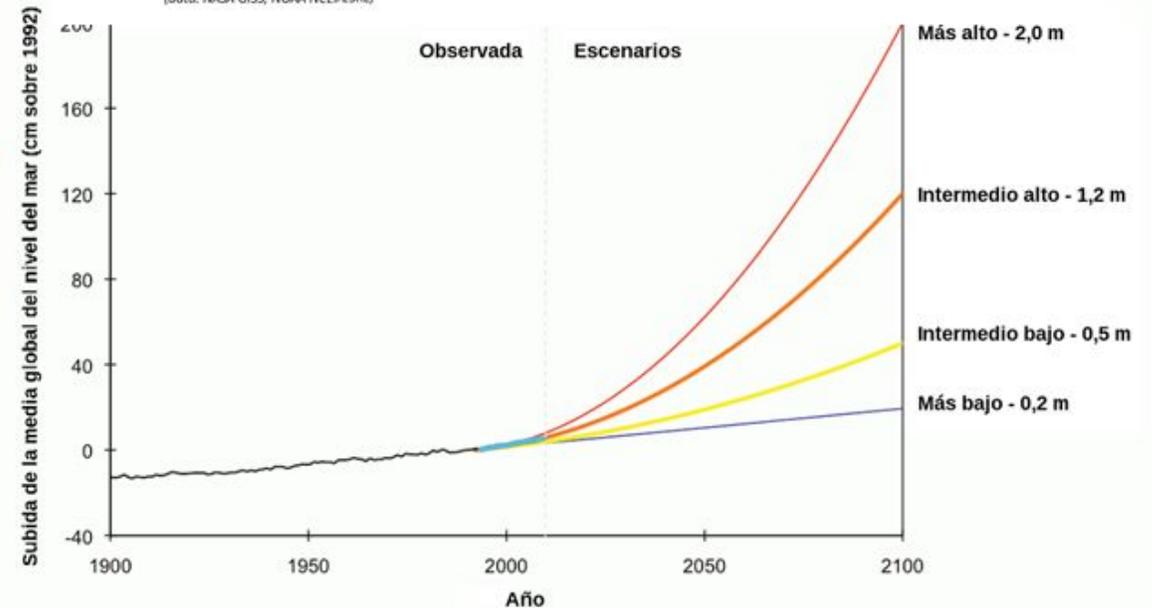
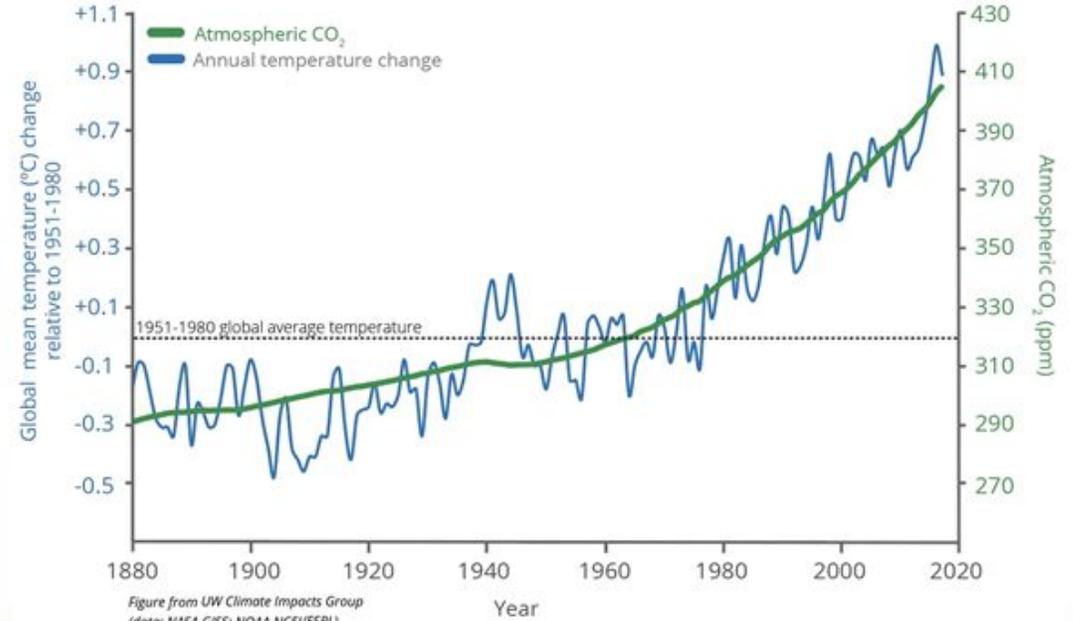
Los múltiples efectos de los futuros cambios climáticos antropogénicos en la geomorfología y el medio ambiente es el eje fundamental para abordar el Antropoceno.

12. La gran aceleración



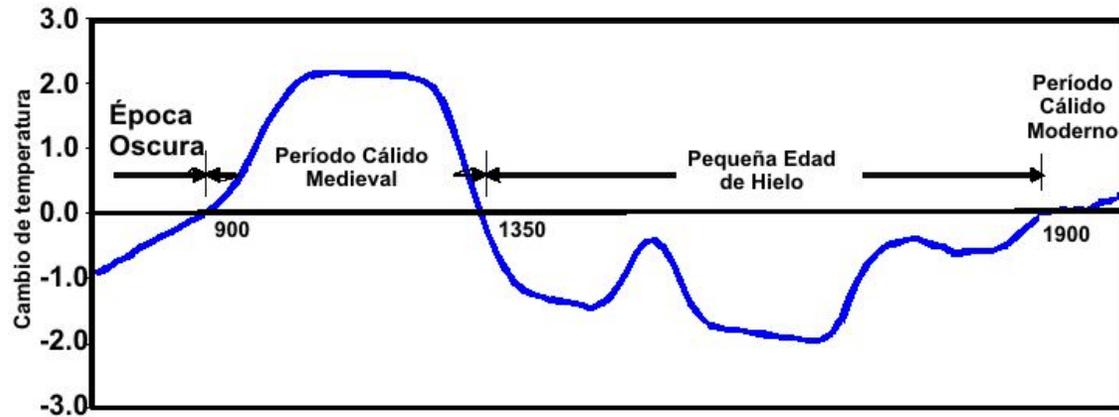
Las influencias antropogénicas en el medio ambiente y en los paisajes tienen una larga historia:

- incendios,
- extinciones,
- domesticación,
- pastoreo,
- agricultura,
- deforestación,
- introducción e invasión de flora y fauna,
- manejo del agua.



Procesos geomorfológicos durante los últimos 1000 años

Durante el último milenio grandes fluctuaciones climáticas se desarrollaron



Período Cálido Medieval (PCM). Entre los años 800-900 a los 1300-1400 dC. Aumento de la temperatura media en 1 a 2°C

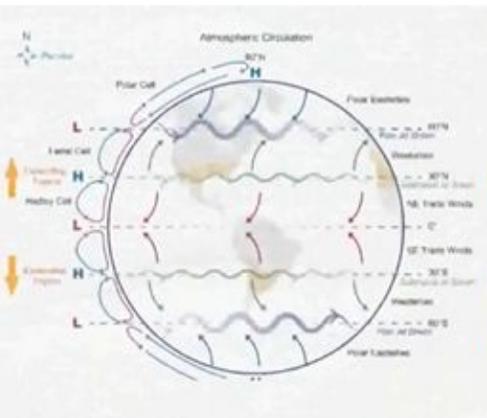
Pequeña Edad de Hielo (PEH). Descenso de -0.8-1°C, con 3 eventos importantes:

1. Mínimo Spörer (1350-1500 dC)
2. Mínimo Maunder (1645-1715 dC)
3. Mínimo Dalton (1800-1840 dC), separados por intervalos más cálidos.

Estos eventos han sido reconocidos en ambos hemisferios, y sus límites son diacrónicos.

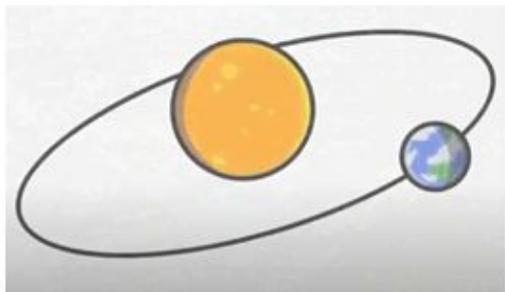
PERIODO CALIDO MEDIEVAL

Causas



Circulación atmosférica

Eje de inclinación – Excentricidad de la órbita

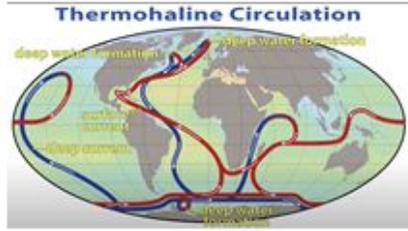
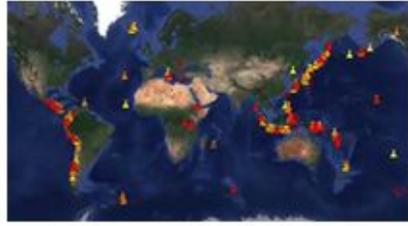
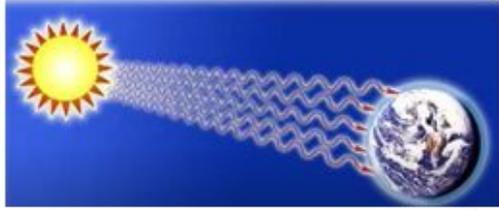


Esta situación impulsó un mejoramiento económico, debido a la expansión del cultivo en Europa y la exploración de nuevas tierras por parte de los vikingos.

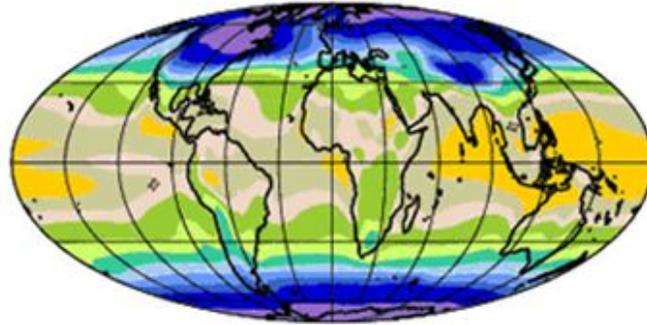


LIA (PEH)

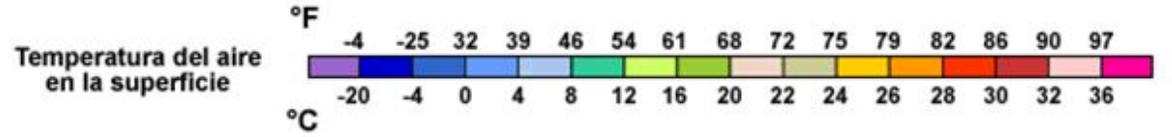
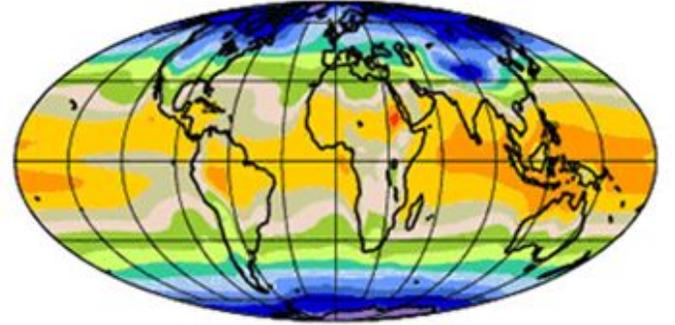
Causas



Último máximo glaciar
(hace 21.000 años)



Pequeña Edad del Hielo
(hace 500 años)



NCAR



https://www.youtube.com/watch?v=MC-dOm_UJhI

Regiones geomorfológicas en el área continental central de Argentina

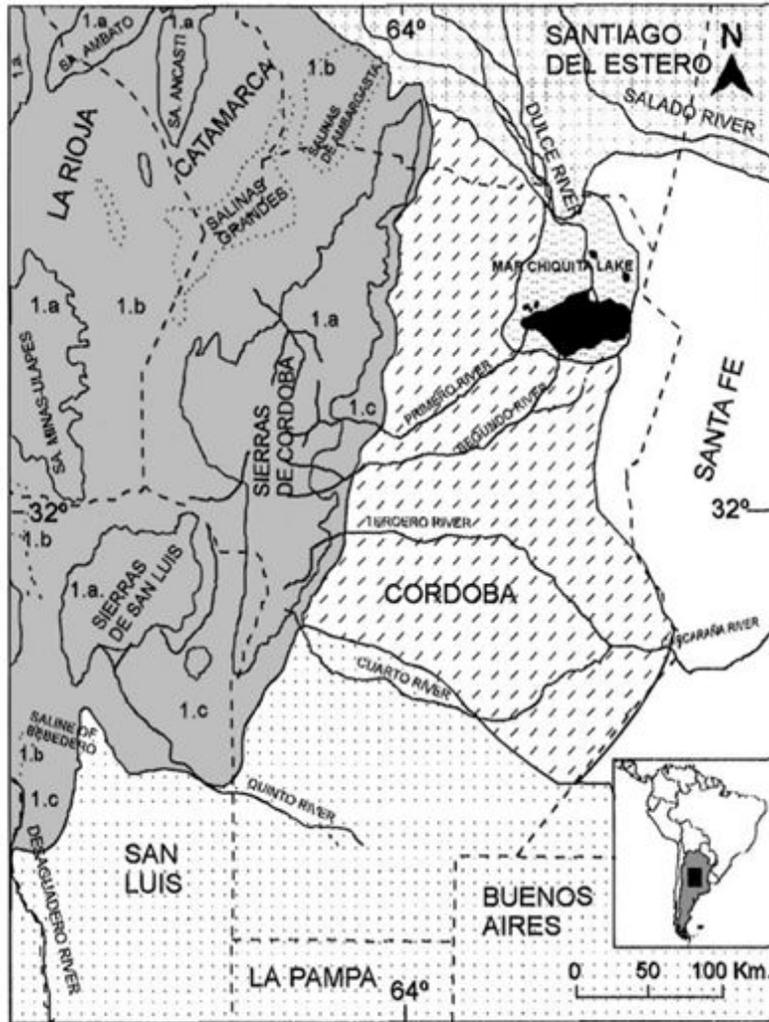


Fig. 1. Location map showing geomorphological regions of Central Argentina.

References

- 1. Mountains:**
- Pampean System**
- 1.a. Ranges
- 1.b. Intermountain depression (Bolsones)
- 1.c. Piedemont
- 2. Pampean Plain**
- Sandy Aeolian Plain
- Loessic Plain
- Fluvio-aeolical Plain
- Lacustrine Plain
- Dulce and Salado Rivers Alluvial Plain
- Interprovincial boundary
- Lakes
- Salines

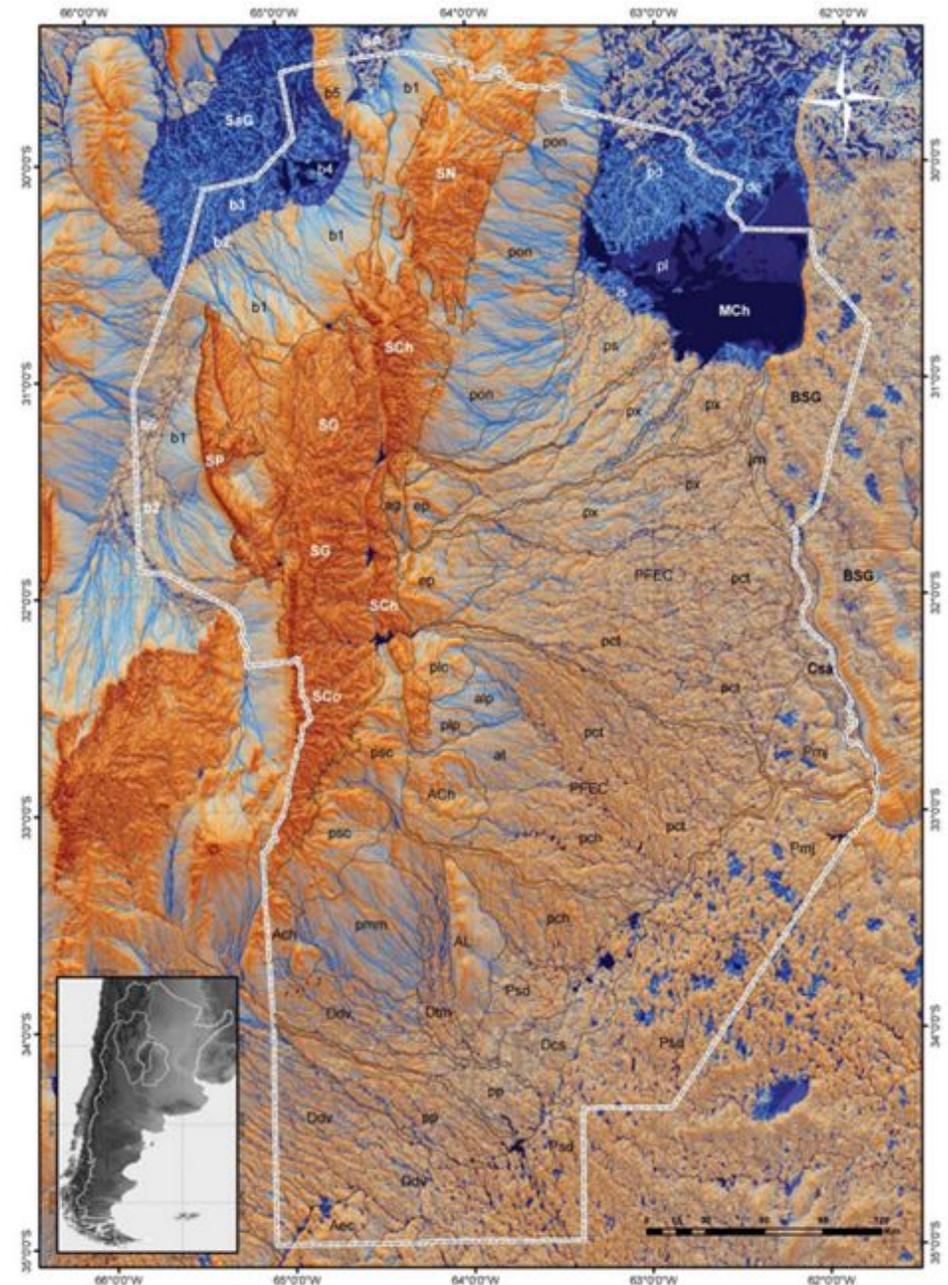


Figura 2: Ver epigrafe en la página siguiente.

PERIODO CALIDO MEDIEVAL En territorio austral americano

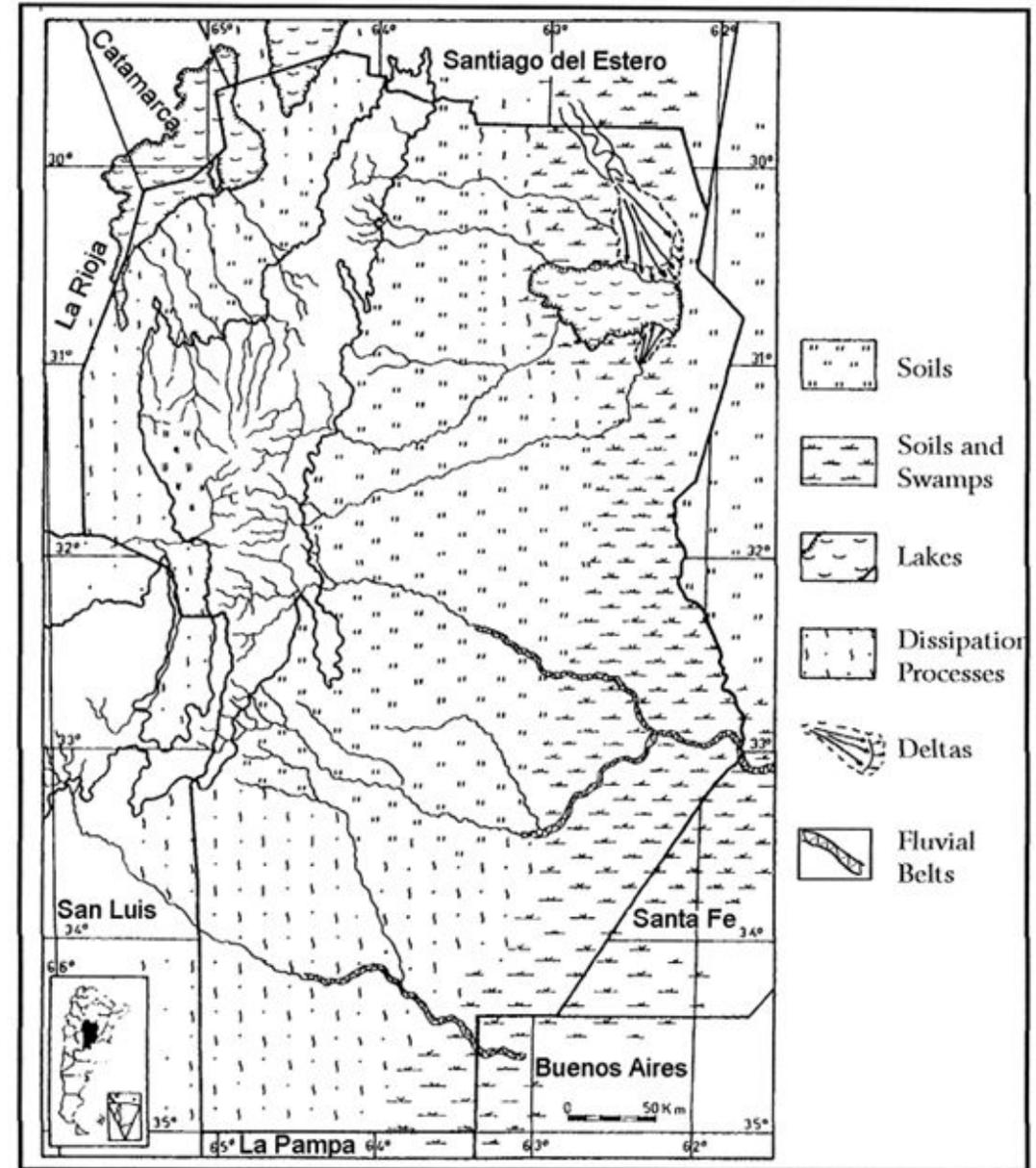
Varios indicadores climáticos sugieren cálido y húmedo. condiciones para el período 800-1400 años AP (Iriondo, 1999).

Se registra un incipiente desarrollo de suelos, expansión de los sistemas fluvial y lacustre, formación de pantanos en depresiones.

Las formas eólicas heredadas (formadas durante el período seco del Holoceno superior) se disiparon y parcialmente estabilizado (Carignano, 1997).

En la llanura eólica arenosa, la erosión parcial de las accidentes geográficos ocurrieron en todos los campos de dunas. Las depresiones se convirtieron en lagos permanentes (debido al aumento de los niveles freáticos).

Este calentamiento se explica, a partir de la climatología, como una mejora del anticiclón del Atlántico Sur. Iriondo (1994) postuló un aumento significativo de la temperatura (aproximadamente 2.53°C), con el desplazamiento de las bandas de clima tropical hacia el sur.



Geomorphological scheme showing the scenario from ca. 1000 yr BP to before the Little Ice Age (modified from: Carignano, 1997).

LIA

En territorio austral americano

La región central de Argentina sufrió un sensible deterioro climático durante este tiempo. El clima era más árido y frío que es hoy.

Las oscilaciones climáticas se intensificaron, con una sucesión de sequías extremas y eventos inundables.

Se produjeron intensos procesos eólicos y geoformas desarrolladas en condiciones de un clima árido-semiárido, provocado por fuertes vientos del SO.

En la llanura loessica el ambiente seco provocó una recesión de los sistemas fluviales.

La cartografía jesuítica y las crónicas coloniales describen los ríos Dulce y Salado sufren importantes modificaciones, entre 1609-1756 el río Salado fluye de manera a la actual, es decir, que llega al Paraná.

Posteriormente, los mapas hechos en 1760, 1770 y 1772 muestran al Salado desembocando en la depresión de Mar Chiquita.

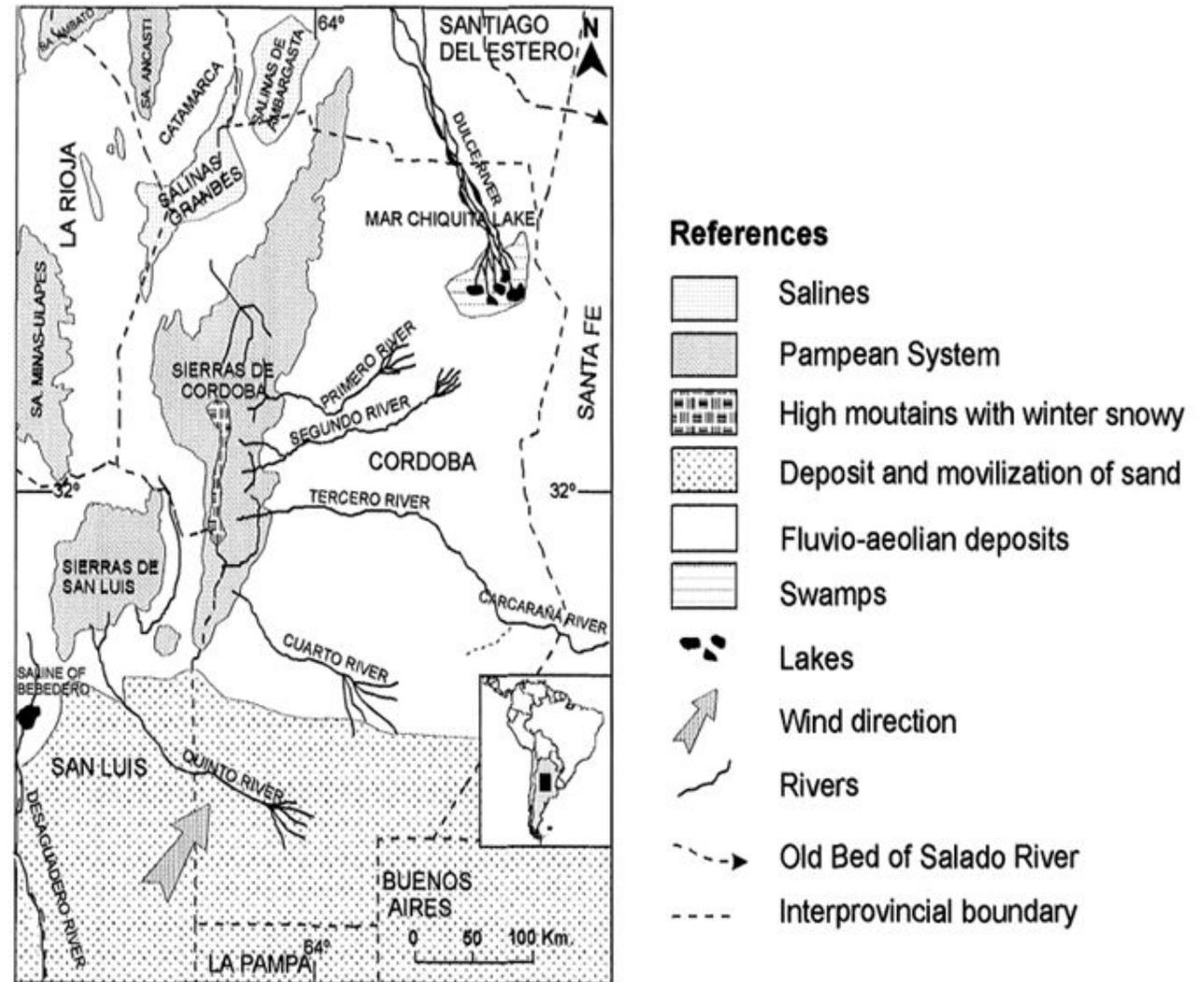


Fig. 3. Geomorphological scheme showing the scenario of the Second Cold Pulse of the Little Ice Age (18-19th centuries).

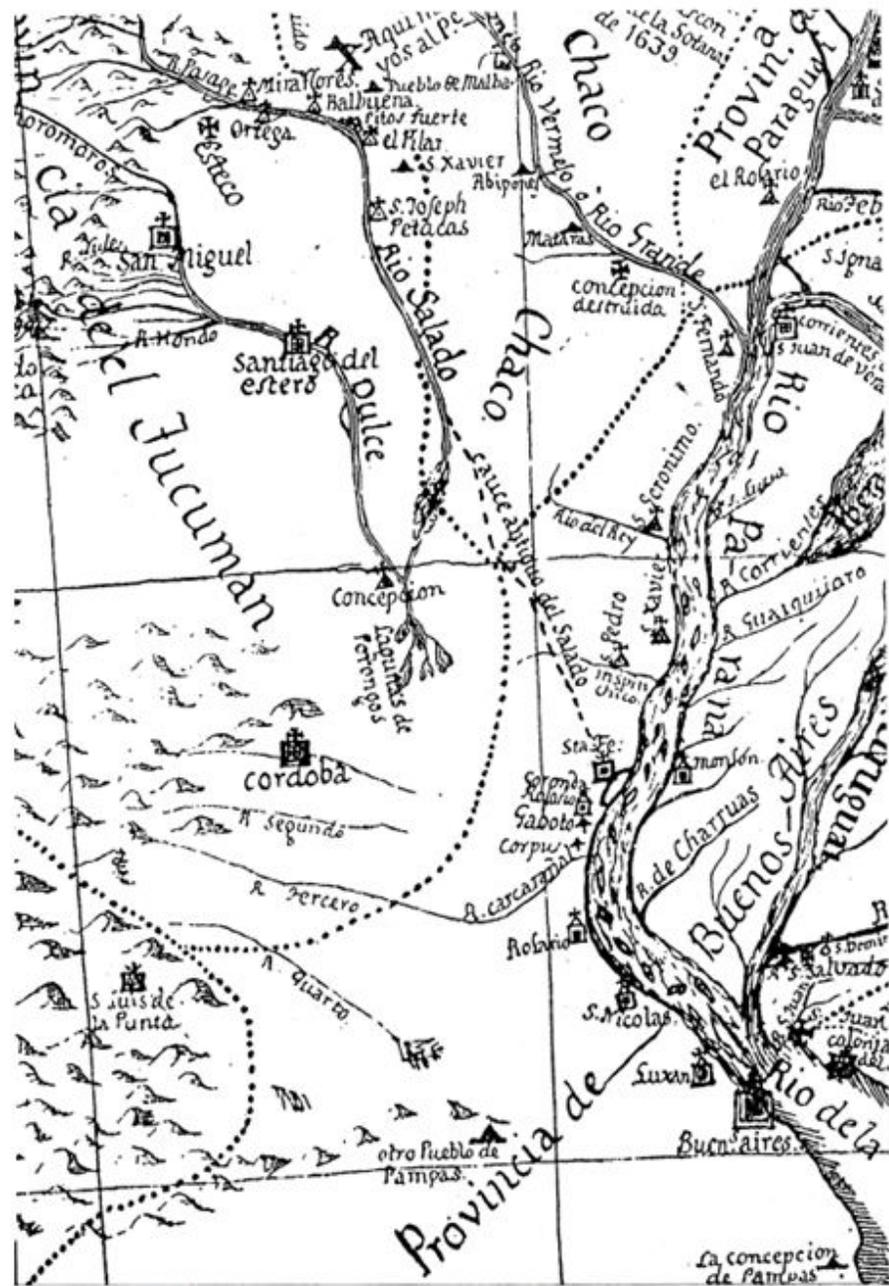


Fig. 5. Reproduction of 1760 yr Jesuitical map (from Furlong Cardiff, 1937).

Glaciers advances in Patagonia during the Little Ice Age

Place	Advances glaciers Age	Author
1 Blanco River Mendoza province	300 años AP	Wayne (1980)
2 Cerro Tronador Rio Negro province	1650–1770 AD	Rabassa et al. (1984) Rabassa et al. (1985)
3 Cerro Tronador Rio Negro province	XVII–1795 AD	Lawrence and Lawrence (1959)
4 Southern Chile	350 años AP	Heusser and Streeter (1980)
5 Continental Ice Field (Argentina-Chile)	1750–1800 AD	Mercer (1965)
6 Argentino Lake Santa Cruz province	1730–1820 AD	Malagnino and Strelin (1996)
7 Tierra del Fuego province	1750 AD	Boninsegna et al. (1990)

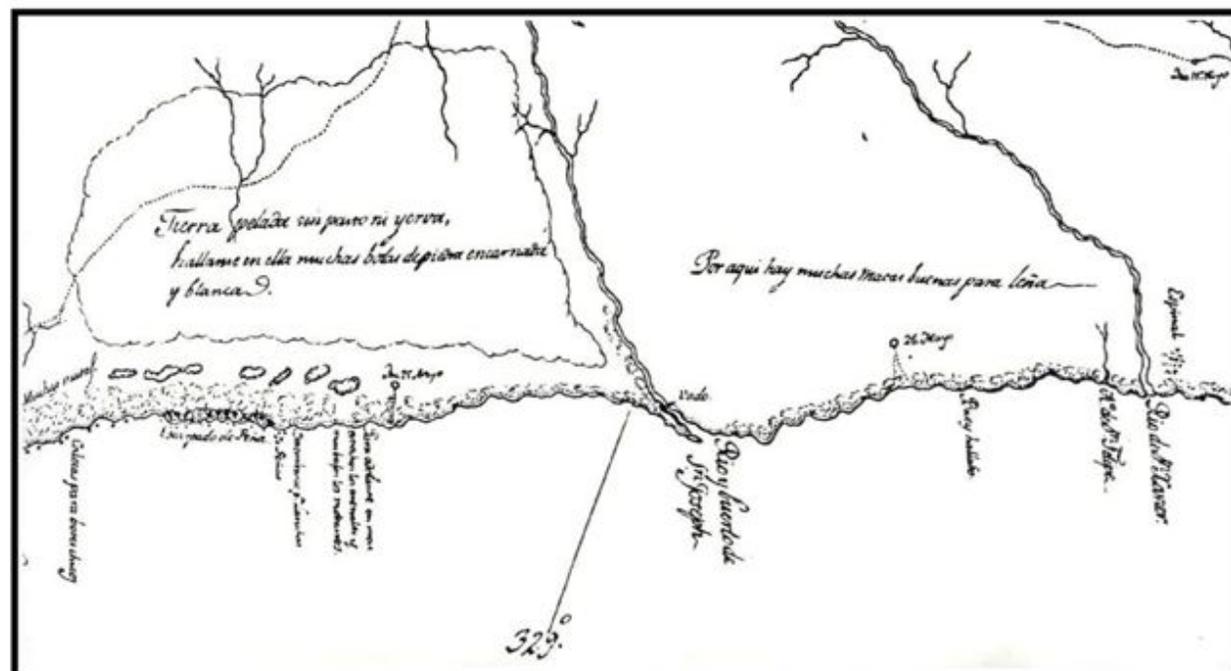
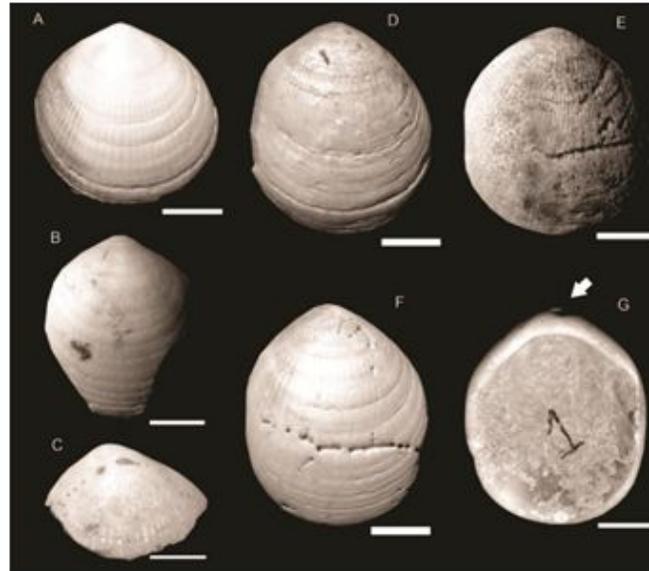
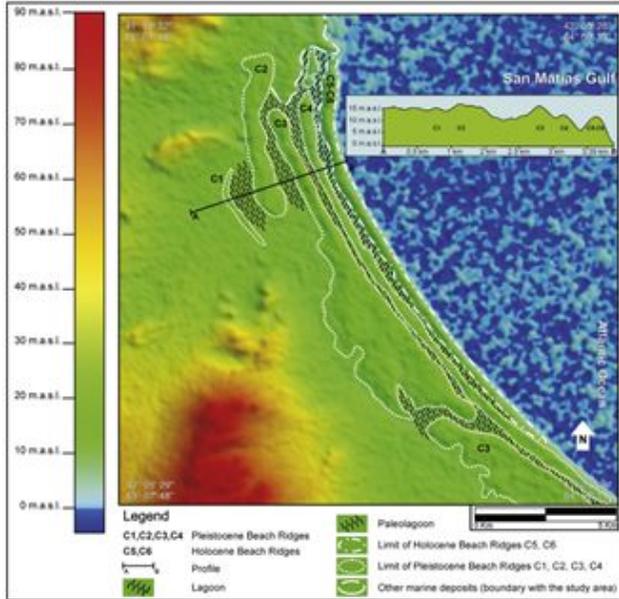
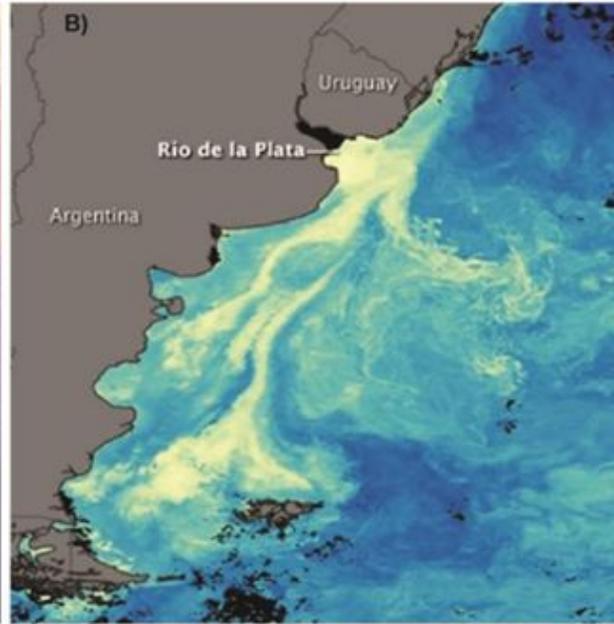
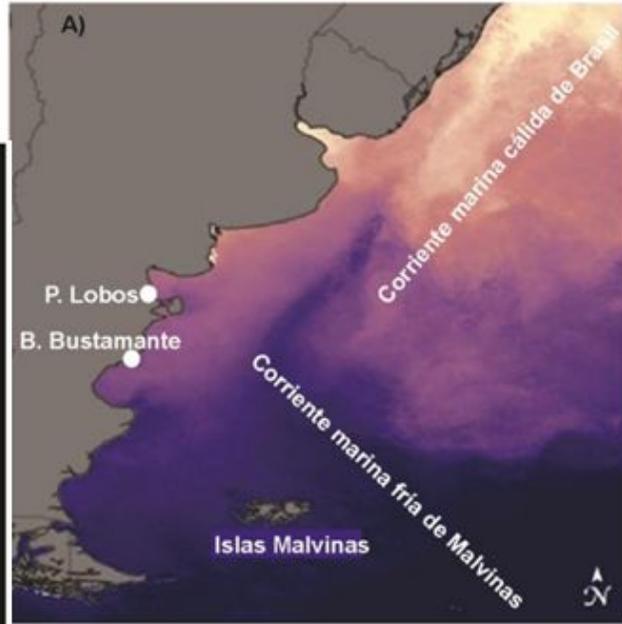
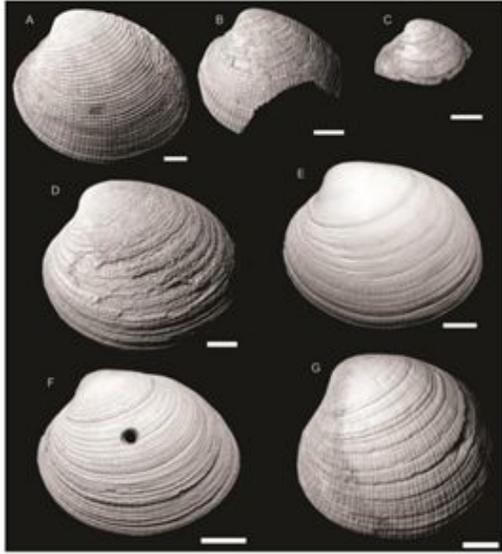


Figura 4. Fragmento del mapa de 1748 realizado por el jesuita Joseph Cardiel. Se observa la desembocadura del río Quequén Grande ("Rio y puerto de Sn. Joseph") en el actual partido de Necochea, y sobre la margen derecha un amplio sector desértico ("Tierra pelada sin pastos ni yerba...") existente bajo las condiciones climáticas de la PEH.

LIA

Costa patagónica



Earth's Future



RESEARCH ARTICLE

10.1029/2019EF001305

Key Points:

- Sedimentation rates and frequency of geomorphic disasters show a marked increase worldwide, especially after midtwentieth century
- This points to an intensification of geomorphic processes, which could be one of the characteristics of the Anthropocene
- Land surface change caused by human activities, rather than climate change, is very likely behind the intensification of geomorphic processes

Supporting Information:

- Supporting Information S1

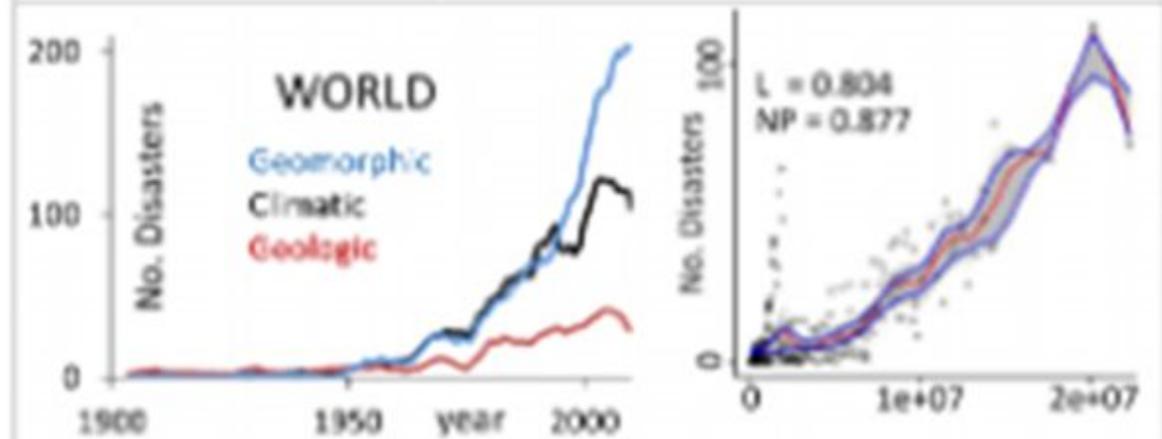
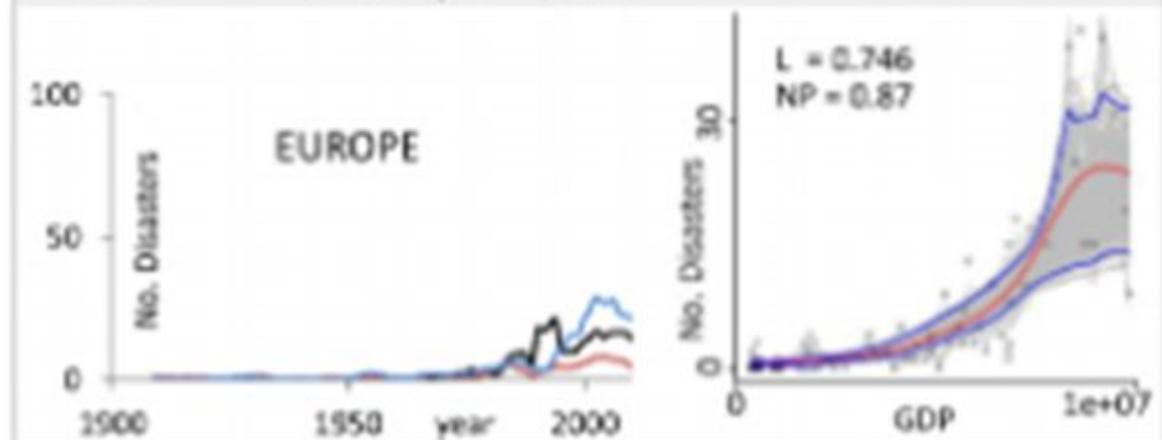
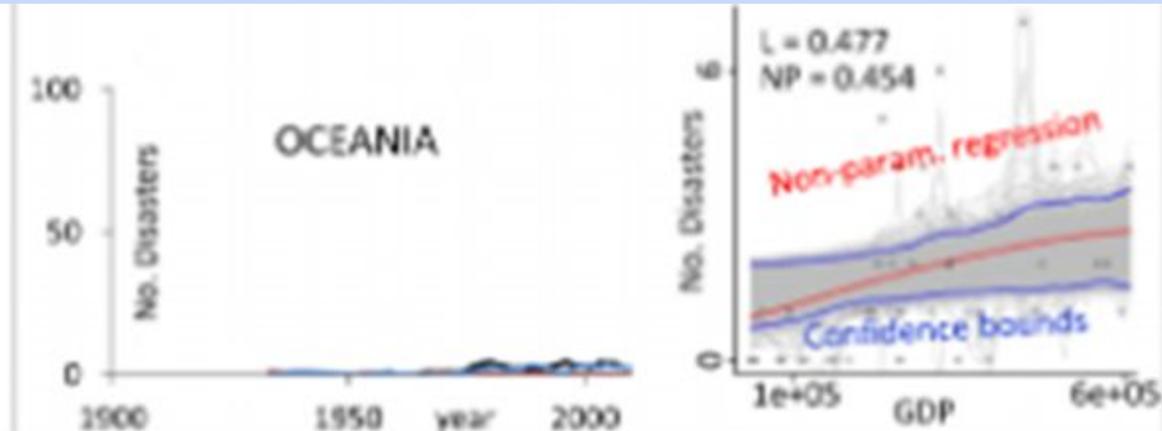
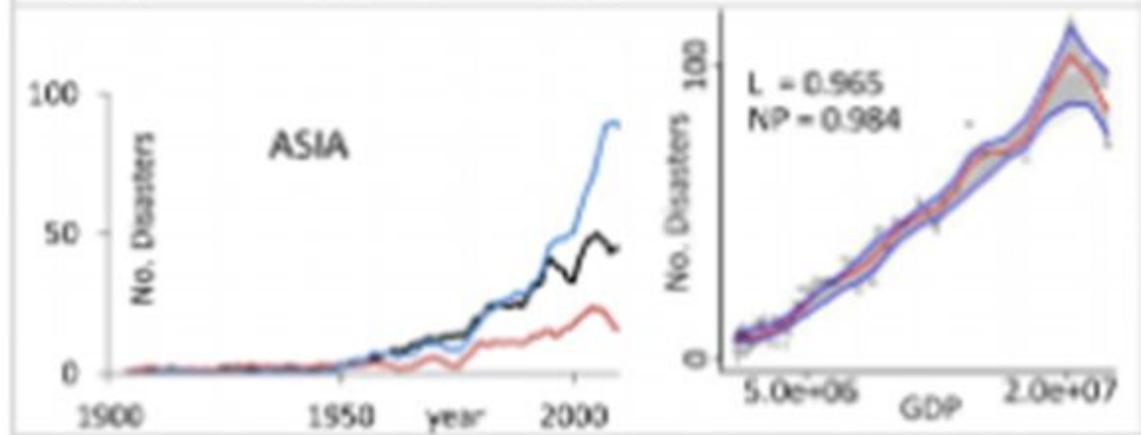
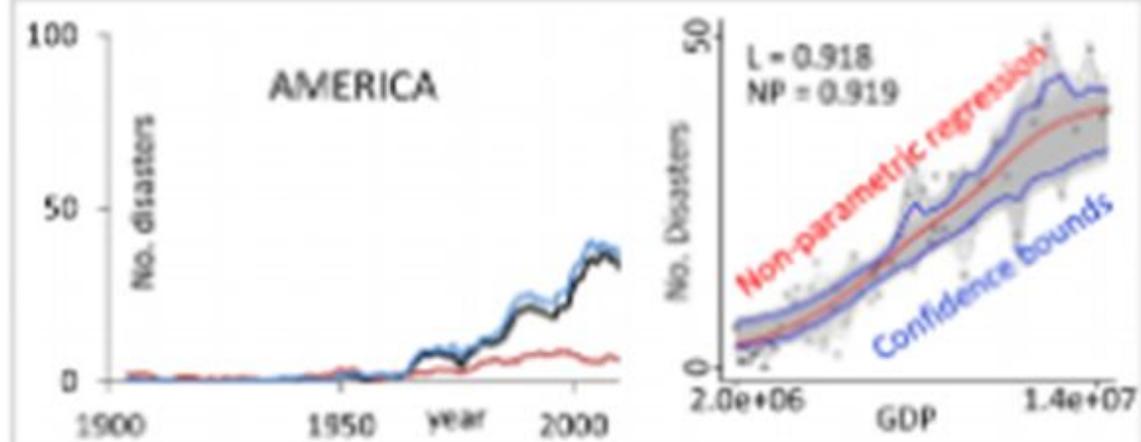
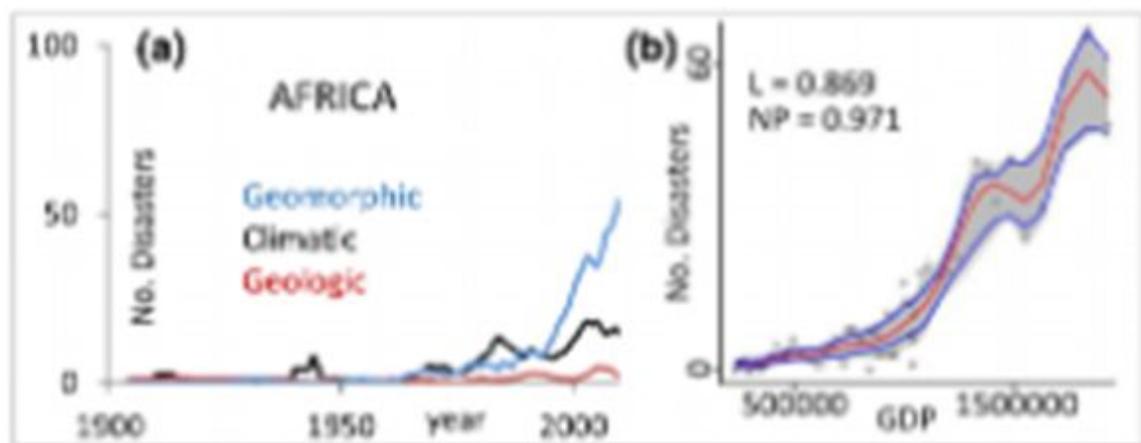
Correspondence to:

Anthropocene Geomorphic Change. Climate or Human Activities?

Antonio Cendrero^{1,2} , Luis M. Forte² , Juan Remondo¹ , and Juan A. Cuesta-Albertos³

¹DCITIMAC, Universidad de Cantabria, Santander, Spain, ²IGS, Universidad Nacional de La Plata, Buenos Aires, Argentina, ³Departamento de Matemáticas, Estadística y Computación, Universidad de Cantabria, Santander, Spain

Abstract An analysis of the evolution of sedimentation rates and disasters caused by surface geologic processes during the last century, at a global scale, is presented. Results show that erosion/sedimentation processes and frequency of such disasters increased substantially, especially after midtwentieth century, coinciding with the period of intense change known as the “Great Acceleration.” Increases for this type of disasters are significantly greater than for other disasters related to natural processes, and about 1 order of magnitude in little more than half a century. This implies an important “global geomorphic change.” Comparisons and correlations between changes observed in those processes and potential natural (rainfall) and human (degree of land surface transformation) drivers showed a strong relationship with the latter, and not so clear with the former. This suggests that the intensification of surface geologic processes is most likely due to a greater extent to a land transformation/geomorphic processes coupling than a climate/geomorphic processes one.



Proxies geomorfológicos como evidencia del cambio climático. Análisis multitemporales.

Análisis multitemporales de evidencias geomorfológicas y geomorfométricas

3. Detección de cambios geomorfológicos y geomorfométricos

Los cambios del relieve se deben a

- procesos geodinámicos - tanto externos como interno
- cambio climático
- intervención humana

- La dinámica de estos procesos se puede manifestar como un lento y progresivo cambio o como modificaciones importantes del relieve.
- Los cambios geomorfológicos se pueden considerar como modificaciones de la geometría del relieve.

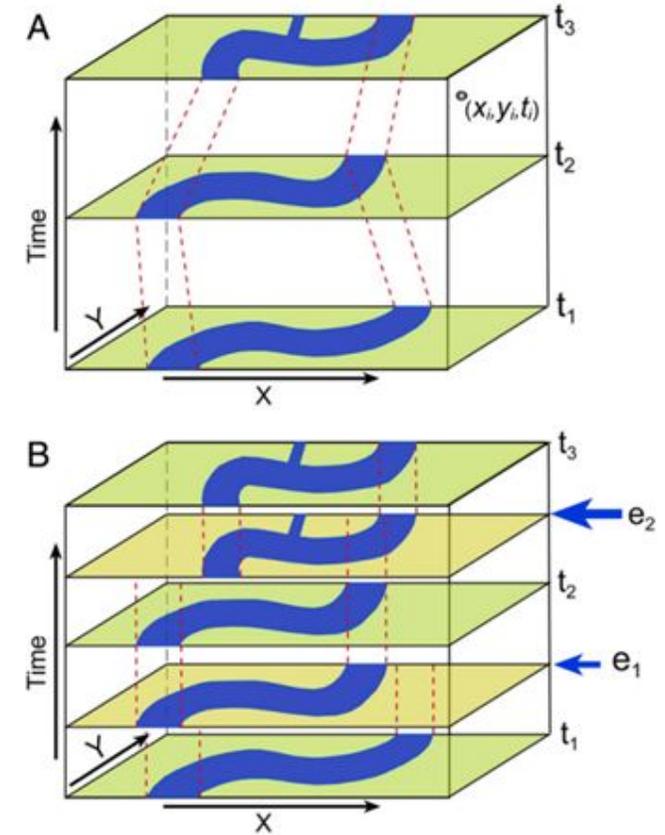
La **GEOMORFOMETRIA**

- ciencia del análisis cuantitativo del relieve
- ciencia multidisciplinar con base en la geología, la geomorfología, la topografía, la matemática y otras diversas ramas de conocimiento.
- cuyo objeto es el estudio del terreno y la parametrización de sus características es, por tanto, pieza fundamental del análisis geográfico

Para abordar los cambios geomorfológicos y geomorfométricos de un territorio es necesario recurrir a distintas herramientas y confrontar información temporal para detectarlos.

Análisis multitemporales: Generalidades

- El DOMINIO del tiempo es una dimensión importante del mapeo geomórfico y modelado geoespacial.
- El tiempo puede considerarse conceptualmente como la cuarta dimensión (Langran, 1992). Así como la cartografía tradicional cartografía el espacio en áreas delimitadas, la dimensión del tiempo puede tener límites temporales abruptos o transitorios.
- Para las reconstrucciones históricas, las instantáneas secuenciales producidas por los mapas o imágenes disponibles definen un cubo de espacio-tiempo, pero la resolución temporal tiende a ser burda, por lo que las tasas de cambio deben ser interpolado. Los períodos temporales discretos a menudo se definen por disponibilidad de datos confiables en lugar de la ocurrencia de eventos.
- El tiempo de cada mapa o imagen comprende el período de TIEMPO en el que se produjo el cambio, ya que no especifica el momento ni los agentes de ese cambio (Langran, 1992).
- Espacialmente y geomorfológicamente se puede identificar el CAMBIO, pero cómo, cuándo y por qué ocurrió este cambio debe inferirse del análisis.



Cubos de espacio-tiempo.

(A) Condiciones geomórficas en tres momentos discretos (t1 a t3) con tasas de proceso asumidas constantes entre cada condición.

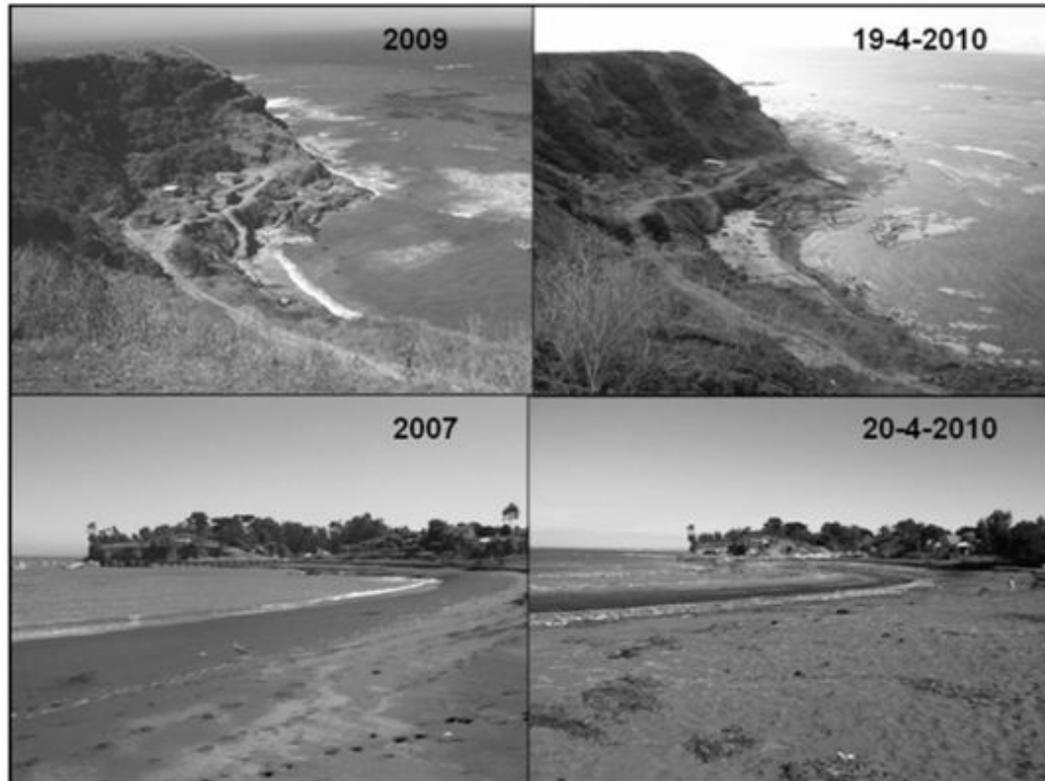
(B) Adición de eventos geomórficos conocidos (e1, e2) y supuestos de estabilidad. Las condiciones entre eventos separados por cambios funcionales escalonados durante los eventos pueden permitir refinamiento de tiempos e identificación de procesos.

(Adaptado de Langran, 1992)

- **“ANÁLISIS MULTITEMPORALES”** en Geomorfología se refiere al estudio de un territorio considerando su evolución a lo largo del tiempo en base a la comparación/confrotación de los datos.
- Sí o sí es necesario tener al menos dos escenarios de tiempo diferente de ese territorio para confrontarlos.
- Sería conveniente, en lo possible, que uno de los escenarios de tiempo se vincule a un evento de referencia conocido del cual se tengan abundantes datos (por ejemplo evento meteorológico extremo, erupción volcánica, tsunami, etc).

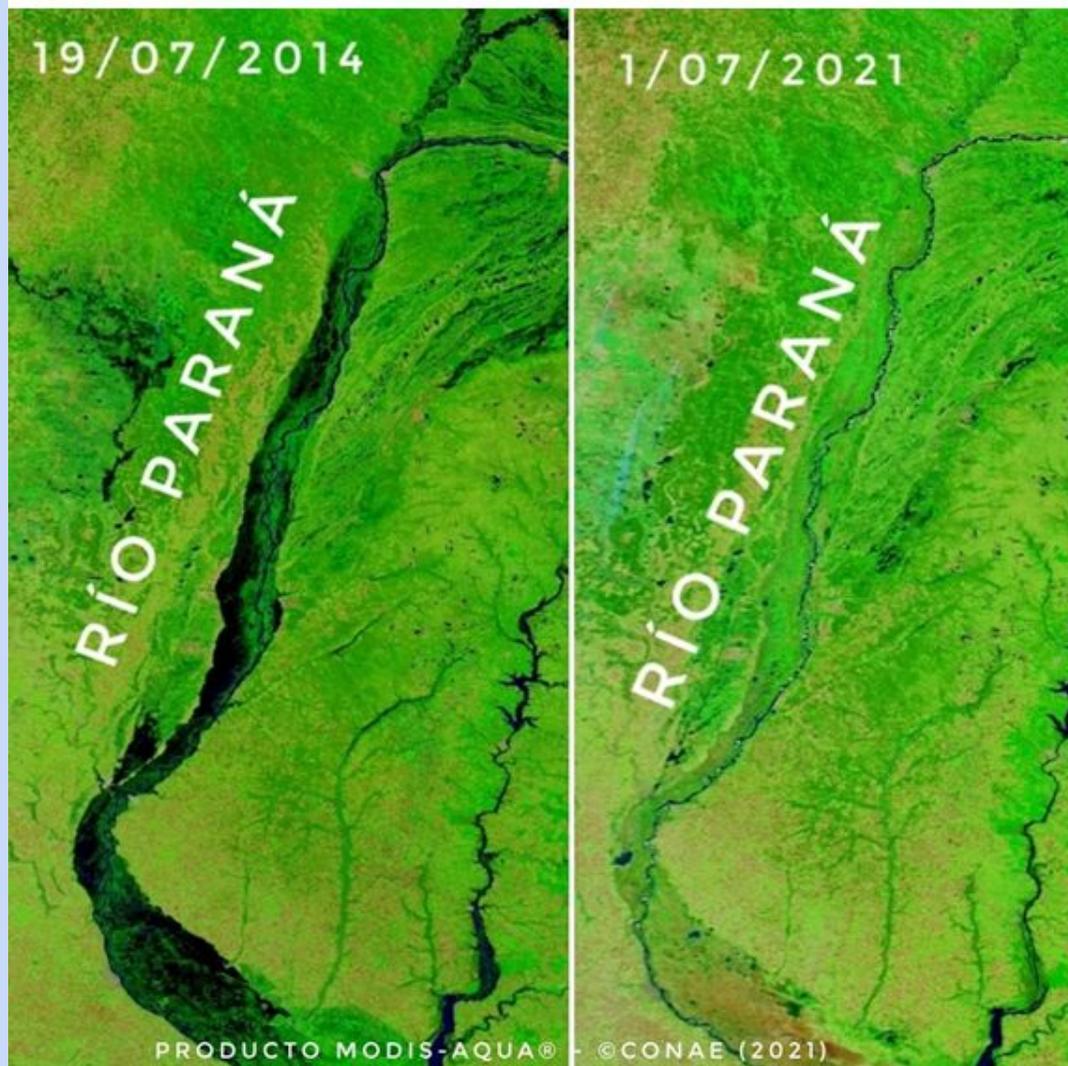
Figura N° 5

Isla Santa María. Arriba, caleta Hernández, abajo, Puerto Sur. La emersión de la plataforma de abrasión marina y ensanchamiento de la playa es evidente.

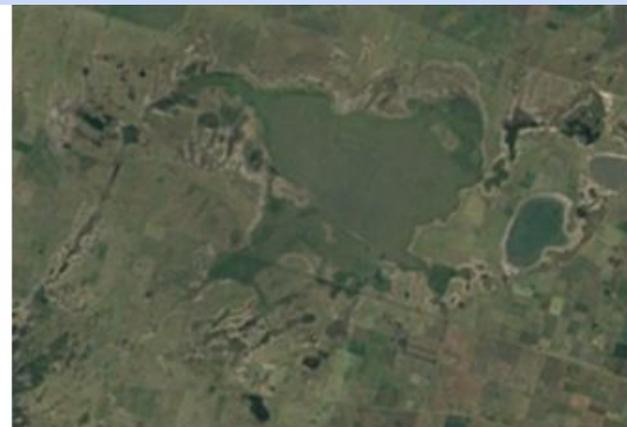


Inicio erupción domingo 19 de sept 2021





Lagunas del sur de Córdoba



1986



1989



2021

<https://www.youtube.com/watch?v=oYj-751rqgq>

De dónde se obtienen los datos para hacer multitemporalidad ?

Recopilación bibliográfica

DEM

Cartografía Antigua y tradicional

ASTER

Fotos aéreas

ALOS PALSAR

Imágenes satelitales

Google Earth (relojito) y SAS Planet

LIDAR

Bing, Esri, etc.

Web Map Service (WMP)

Imágenes de drones

BASES DE DATOS

Sentinel

MODIS

LandSat

Analizar la información a través de un Sistema de Información Geográfico

QGIS

ArcGis

SAGAGIS

WhiteboxGIS

Softwares complementarios:

Global mapper

Matlab

Geomorphological change detection

Parámetros principales a considerar al iniciar el análisis digital del terreno, a partir de DEM

1. Pendiente
2. Orientación de laderas
3. Curvatura
4. Red de drenaje
5. Los mapas básicos que se obtienen automáticamente para caracterizar el relieve: rugosidad, profundidad del fondo de valle, índice de humedad, TPI (índice topográfico) etc.

Para el análisis de cartografía digital:

1. Llevar todas las FUENTES DE DATOS tanto Raster como SHP al mismo Sistema de proyección y DATUM.
2. Cartografiar digitalmente considerando la máxima resolución para mayor precisión (SHP).
3. Al comparar los RASTERS temporalmente si son DEM se puede hacer directamente una resta llamada Difference of DEM (DoD) y se obtienen los cambios asociados con procesos de erosión y acumulación.
4. Ciertos rasgos que se ven en los rasters no se observan en las imágenes del lugar y viceversa, por lo cual para tener una interpretación completa hay que considerar todas las fuentes.
5. También se puede hacer una diferencia entre los SHP cartografiados temporalmente para cuantificar las áreas y elementos modificados en la zona de estudio.
6. A través de la estadística se estiman las variaciones y cambios, los gráficos son necesarios para visualizar y esquematizar de manera robusta las diferencias significativas.
7. Perfiles longitudinales son muy útiles para detectar variaciones en la geomorfología.
8. Las tablas de atributos de los SHP ordenan la información, constituyen un database fundamental para posteriores cálculos de volúmenes, tasas de erosión.

CASO DE ESTUDIO: Análisis multitemporal en una cuenca montana considerando una tormenta extrema como evento de referencia (VAIA extreme storm).

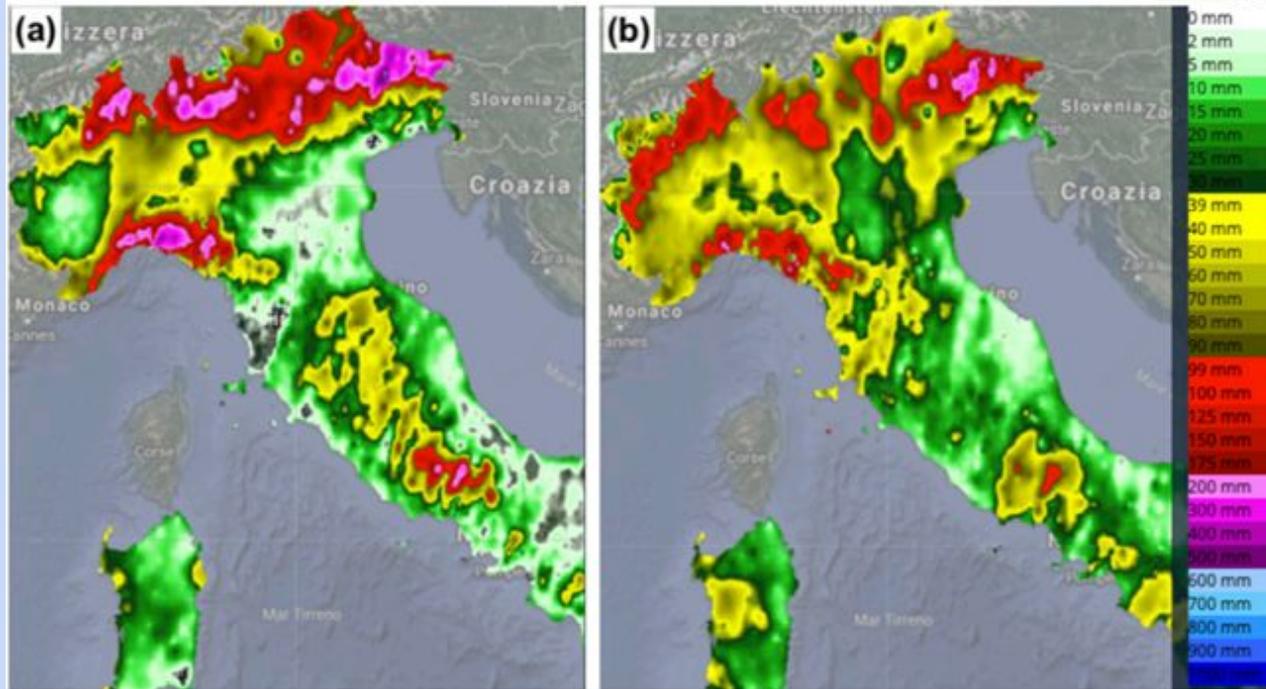
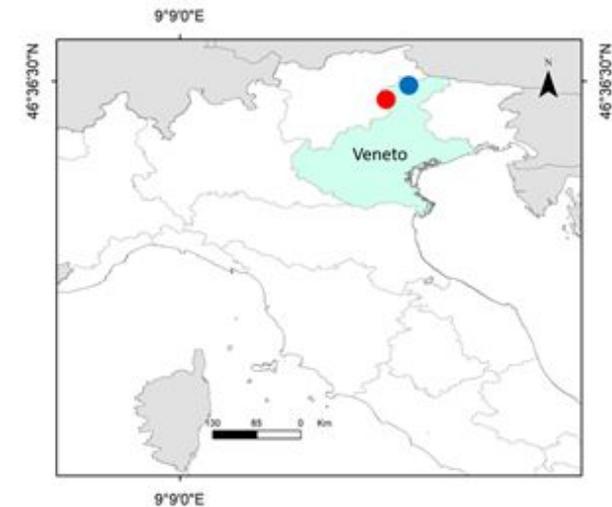
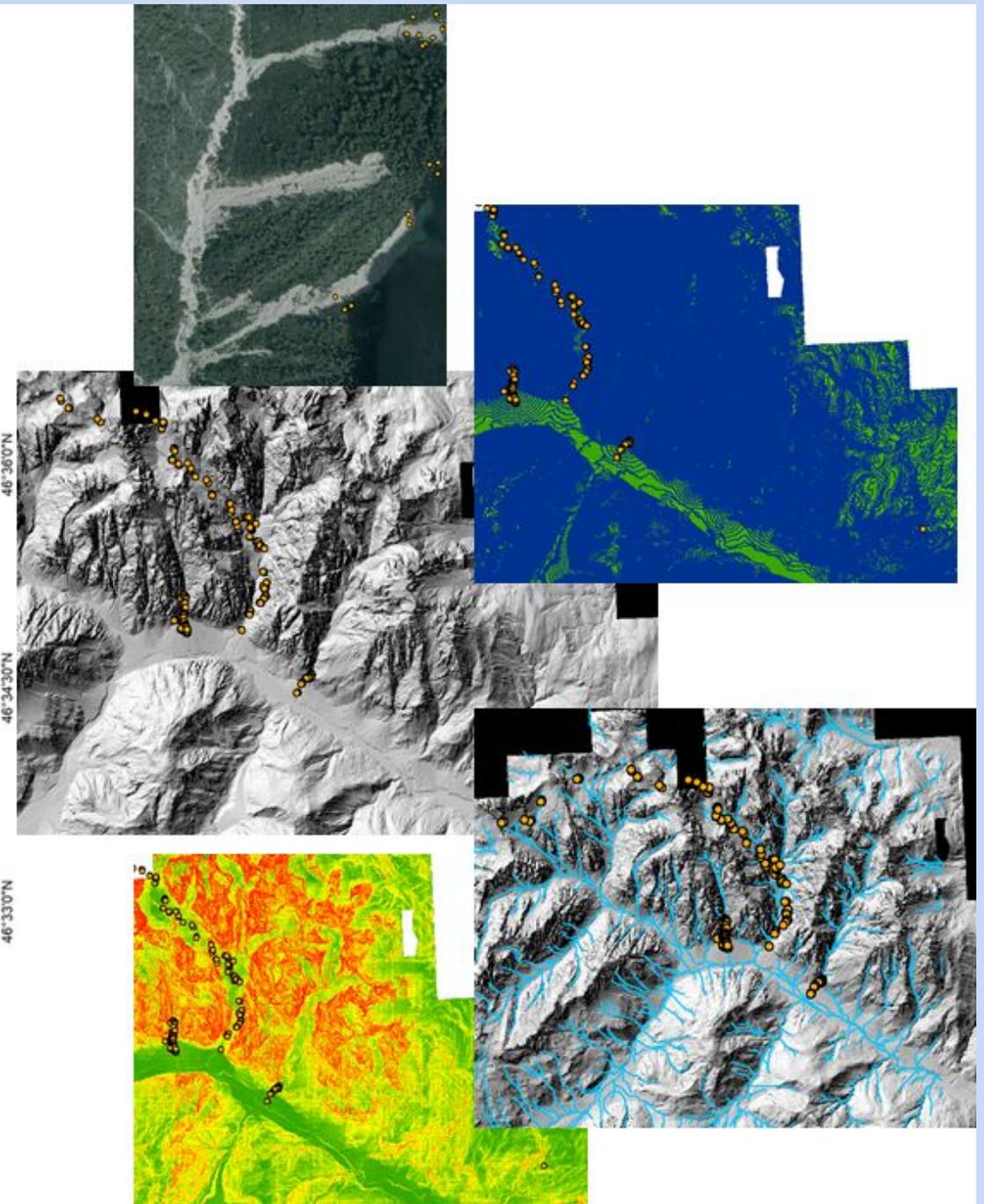
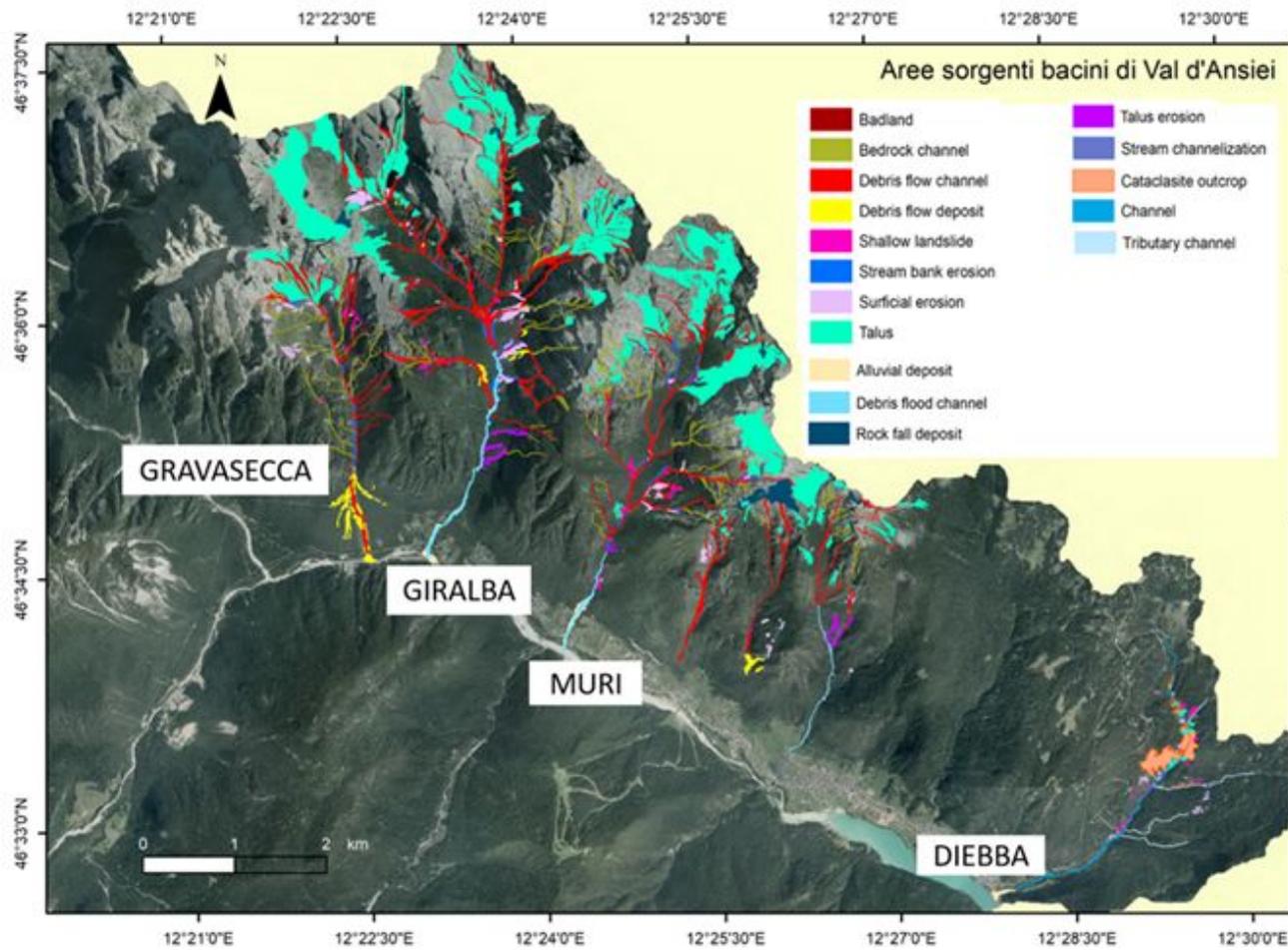


FIG. 2. Accumulated precipitation (interpolation of the Italian rain gauge network): (a) 48-h rainfall during 27 and 28 Oct 2018, and (b) 24-h rainfall on 29 Oct 2018. Rainfall maps are provided by the National Civil Protection Department through the Dewetra platform.

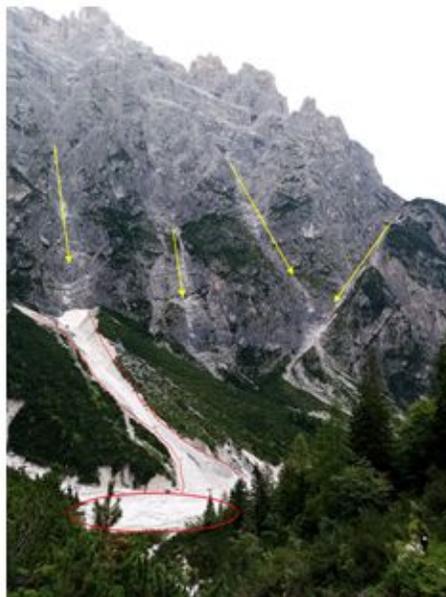


VAL D'ANSIEI			
Anno	Fonte	Descrizione	File
2010	Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare	Piani di Volo, Quadro unione, Punti, Tiles DTM.	.asc .shp .xyz
2015	Regione Veneto	Tiles DTM	.asc
2019	AVEPA	Fondo valle Ansiei. Attività volo AVEPA, Quadro Unione, Tiles DTM	.shp .asc .tif .laz
Anno	Fonte	Descrizione	File
1954	Regione Veneto Volo G.A.I.	Quadro unione, OF originali, georiferite, ortorettificate	.shp .tif
1978	Regione Veneto - Servizio Cartografico	Immagini	.tif
1996	Regione Veneto - Volo AIMA	Immagini	.ecw .tif
2000	Regione Veneto	Immagini	.ecw
2003	Regione Veneto	Immagini	.ecw
2006	Regione Veneto	Immagini	.ecw
2009-2010	Fotografie IGM	Volo zona Cadore basso e alto	.tif .gof
2012	Regione Veneto	Immagini	.ecw
2015	Volo regione Veneto ad hoc	Immagini	.ecw .shp
2018	Regione Veneto	Immagini	.ecw
2019	Regione Veneto	Fondo valle	.tif
2015	Progetti interni IRPI – Gruppo Idrogeomorfologia	Geodatabase	.shp pack ArcGis 10.3
Settembre 2020	Rilievo con drone bacino Giralba -Progetti interni IRPI - Gruppo Idrogeomorfologia SENTINEL	Tre aree sorgenti. Cloud ortomosaico Immag. satellitari	.las .tif .jpg .mp4 .txt .shp .obs .png .xml .exr .tfs .tif

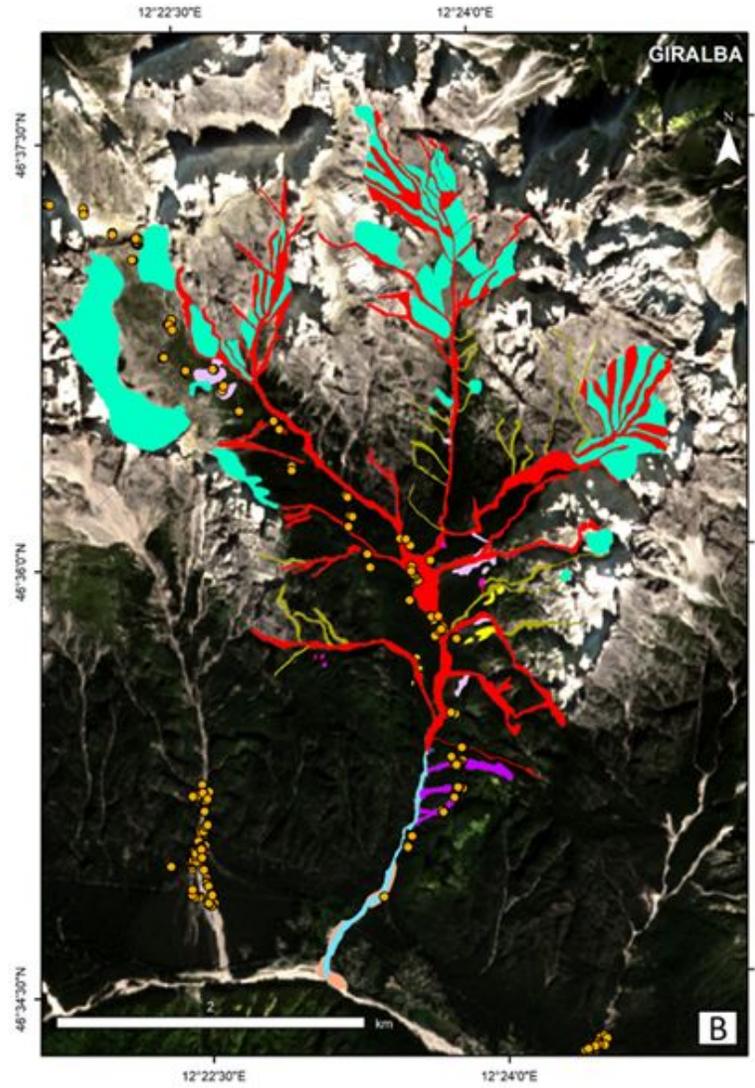
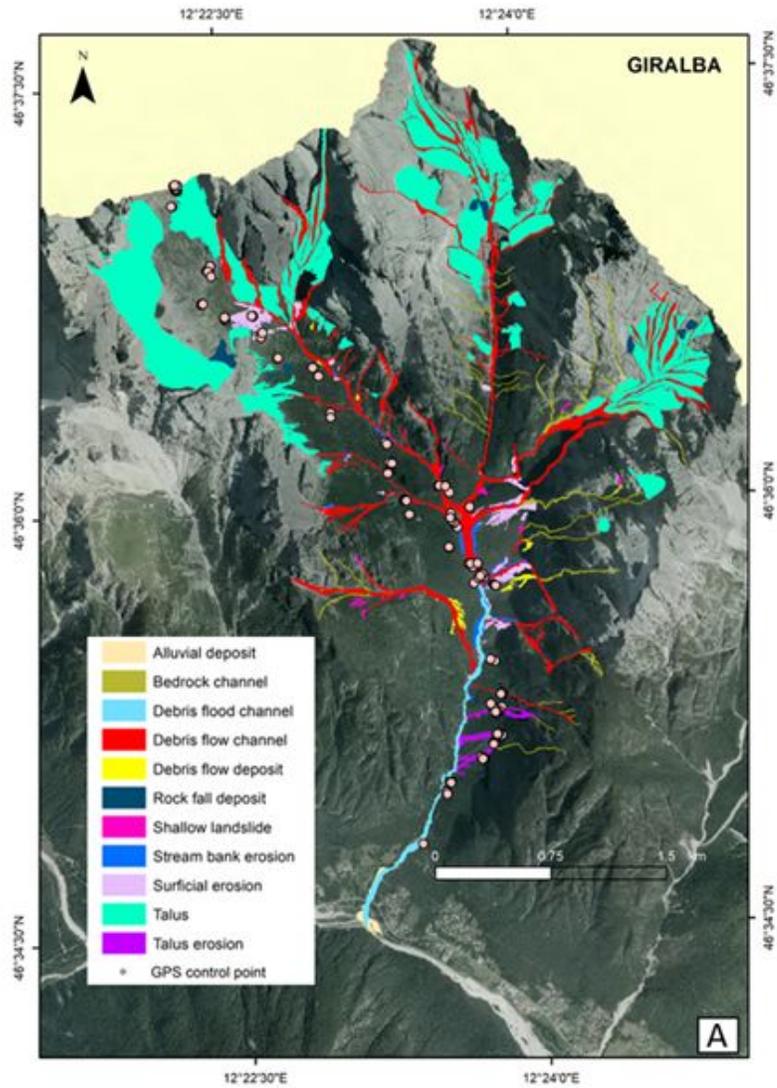
Valle d'Ansiei - 2015



Post VAIA 2018 – Relevamiento Agosto 2021



PRE-POST VAIAI EVENT 2015 (Ortofoto y LiDAR) – 2020 (Sentinel)



Sediment sources	2015 area (m ²)	2020 area (m ²)	areal increase after VAIAI
TOTAL	2207812	2493561	13%
Alluvial deposit	9004	27089	201%
Bedrock channel	56913	99954	76%
Debris flood	37700	44014	17%
Debris flow channel	563360	1022051	81%
Debris flow deposit	10685	11501	8%
Talus erosion	25850	42370	64%
Rock fall deposit	35507	0	-100%
Shallow landslide	8983	8983	0%
Stream bank erosion	25907	25907	0%
Surficial erosion	65869	45138	-31%
Talus	1368034	1166554	-15%

Ahora se está trabajando:

Cálculo del volumen disponible

Perfiles para cuantificar tasa de erosion-depositación

Cálculo de conectividad para conocer las áreas más propensas a removilizar sedimentos

A futuro: gestión mitigar procesos de colada y deslizamientos

4. Observación de cambios de proxies geomorfológicos en diferentes ambientes

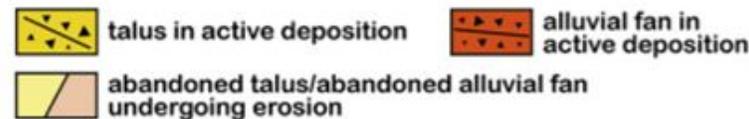
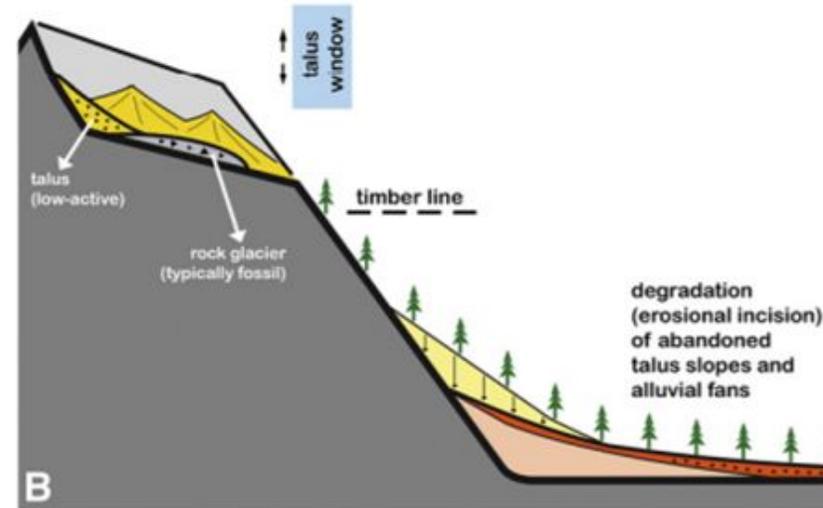
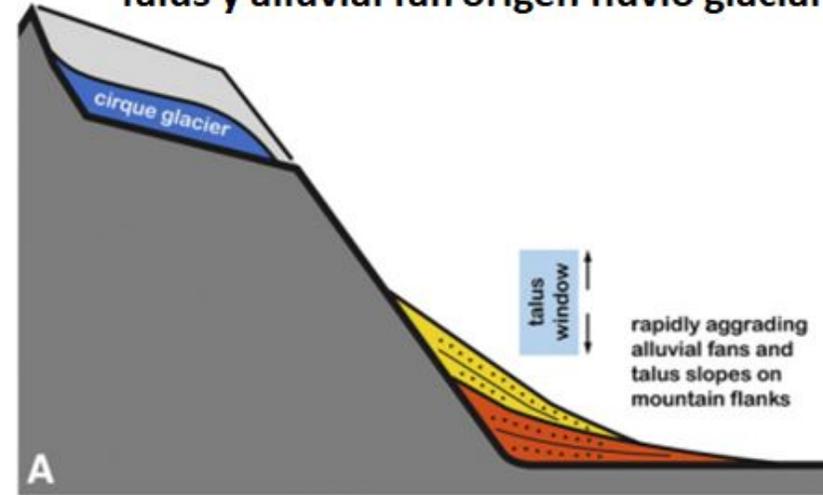
Ambiente glacial - periglacial

MORENAS

Cambio en la forma y longitud - Crecen a medida que se fusiona el glaciar. Multitemporalidad entre 1959 y 2007. La comparación de la recesión anual con los registros climáticos indica que la glacierrrecesión está controlada por las temperaturas del aire durante la temporada de ablación y la precipitación de la temporada de acumulación durante la década anterior. Beedley et al. 2009



Talus y alluvial fan origen fluvio glacial

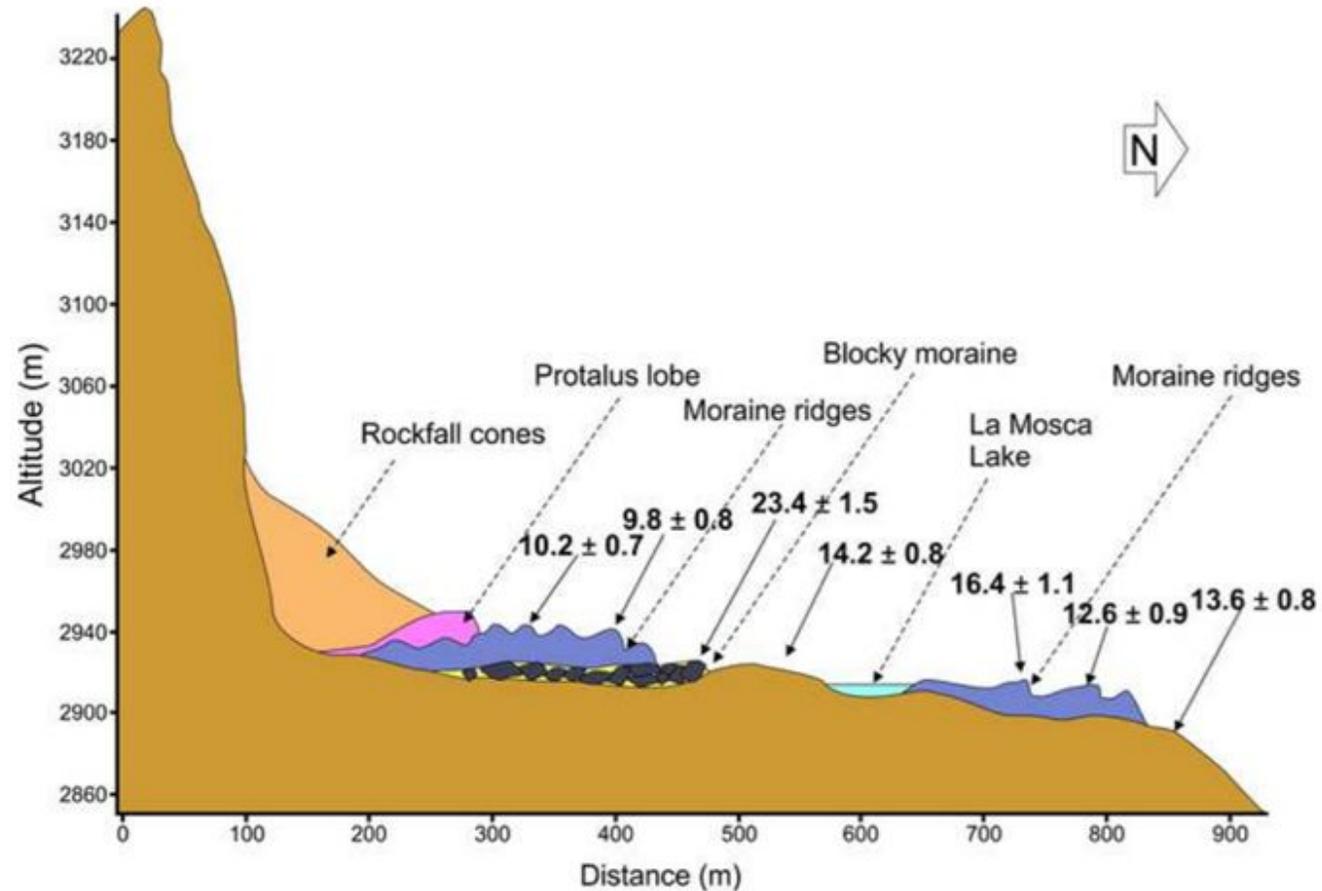
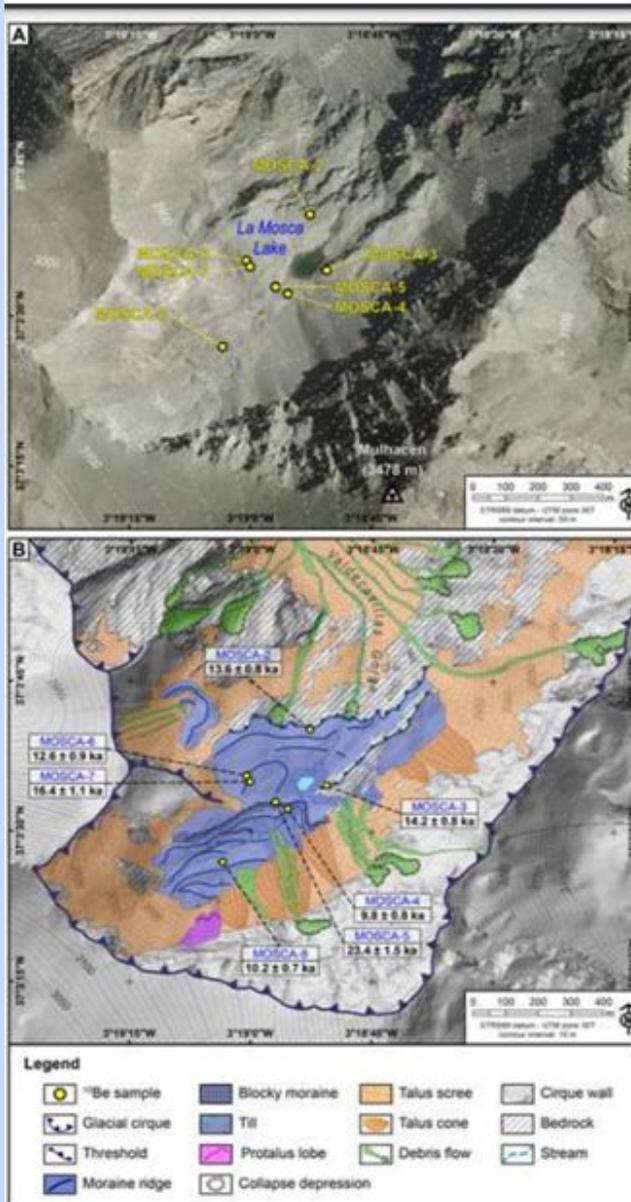


Los sistemas de depósitos intramontanos proglaciales se caracterizaron por altas tasas de acumulación principalmente como resultado del desmonte de laderas y el aumento de la meteorización física.

Dinámica de los abanicos aluviales de origen fluvio-glacial y los talus, situados a altitudes comparativamente bajas respecto ubicación del glaciar y, en la actualidad, están abandonados y cubiertos de vegetación y/o sufren erosión. Estas geoformas están constituidas por el mayor almacenamiento de sedimentos en estas áreas. Estas formas denotan un cambio de la acumulación de sedimentos peraglaciales/glaciares tardíos a un régimen erosivo interglacial.

Sanders & Ostermann, 2011.

CIRCOS y geoformas asociadas



A través de un estudio geomorfológico detallado, que incluye un mapeo completo de las características geomorfológicas como así como la datación cosmogénica se determinó la evolución geomorfológica del circo Mulhacén desde que se determinó la extensión máxima de hielo del último ciclo glacial hasta la actualidad. Esta reconstrucción permite inferir escenarios futuros en la dinámica de este ambiente considerando las distintas fases climáticas. Palacios et al., 2020.

DRUMLINS

Se evalúan casi cuatro mil formas aerodinámicas de lecho subglacial, como **drumlins y lineamientos glaciares a gran escala**, utilizando la separación en relieve basada en curvatura, Lago Ontario, Norte America.

La evolución de las formas del lecho se produjo rápidamente probablemente durante un período de varios cientos de años. Los datos cuantitativos también identifican un flujo axial más rápido y un flujo más lento a lo largo de los márgenes de cada unidad de flujo de hielo. Sookhan et al., 2021.

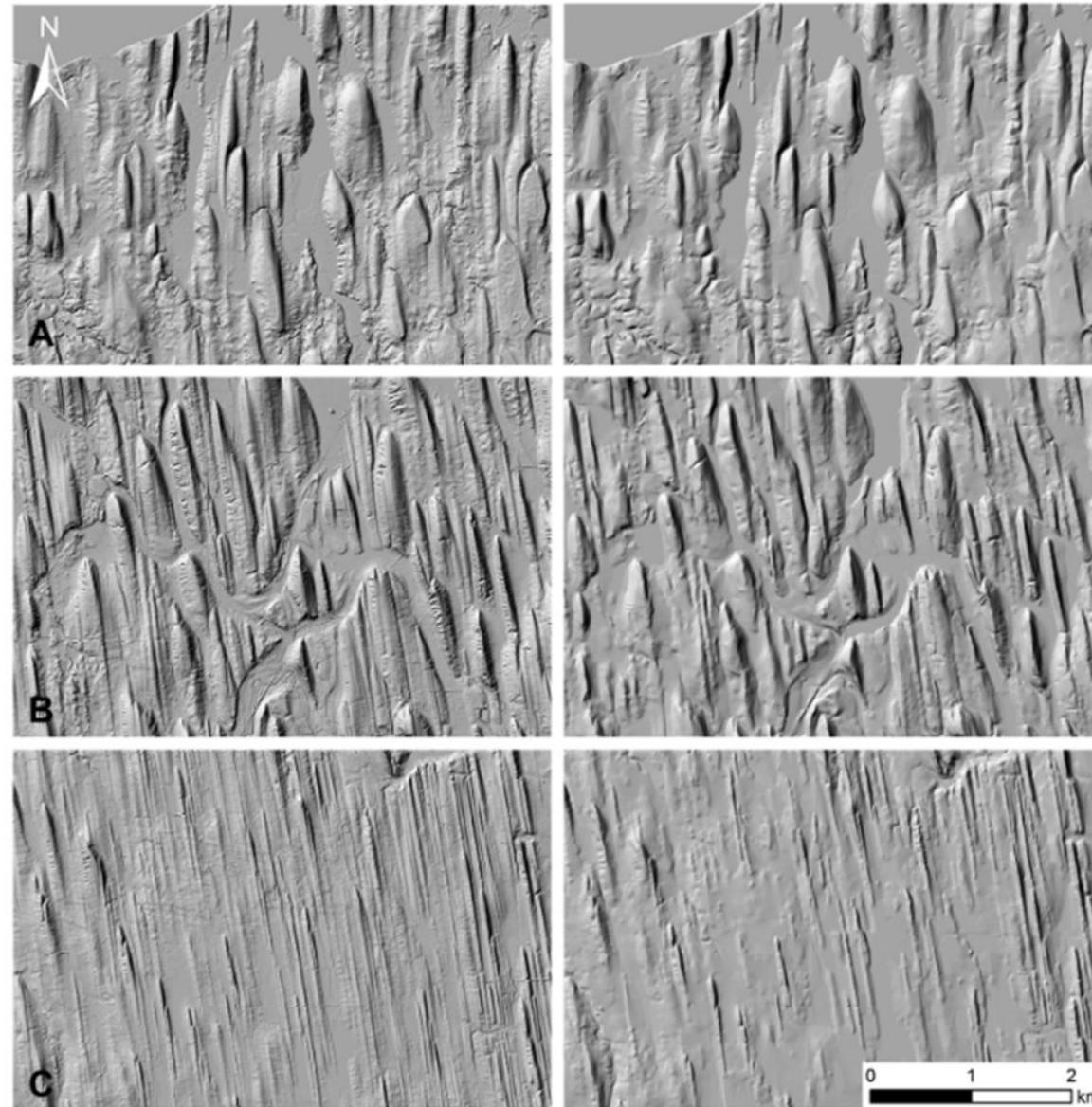


Fig. 3. 1-Meter LiDAR-based DEM data compared with 10-m Photogrammetry DEM data illustrating the importance of newly available high-resolution imagery for mapping the full range of subglacial bedform morphologies needed to derive detailed paleo-glaciological data. Panel 'A' shows area predominately covered by drumlins, 'B' 'channeled' drumlins, and 'C' mega-scale glacial lineations. Note the lack of grooving and low relief lineations visible in the 10-m data.

Ambiente costero

DUNAS

En la última década, el noreste semiárido de Brasil (bioma Caatinga) ha experimentado uno de los más prolongados y las sequías más severas jamás registradas en la historia regional.

El estudio de los cambios del paisaje contribuye a comprender las consecuencias ambientales, sociales y económicas de los eventos climáticos extremos en la región. Se estudia el área marginal del campo de dunas de São Francisco Medio, donde en los últimos años se ha observado el desarrollo de formas eólicas y su migración.

Para mapear la línea de migración del frente eólico, se usaron imágenes de alta resolución de 2002-2019, a partir de las cuales se estimaron las tasas de migración mensuales para varios intervalos interanuales, particularmente durante los picos de sequía. Los últimos años (2017-2019) se caracterizaron por una reducción considerable de movilidad eólica y estabilización de los márgenes de expansión, induciendo la formación de dunas barjan-parabólicas.

Santos & Latrubesse (2021).

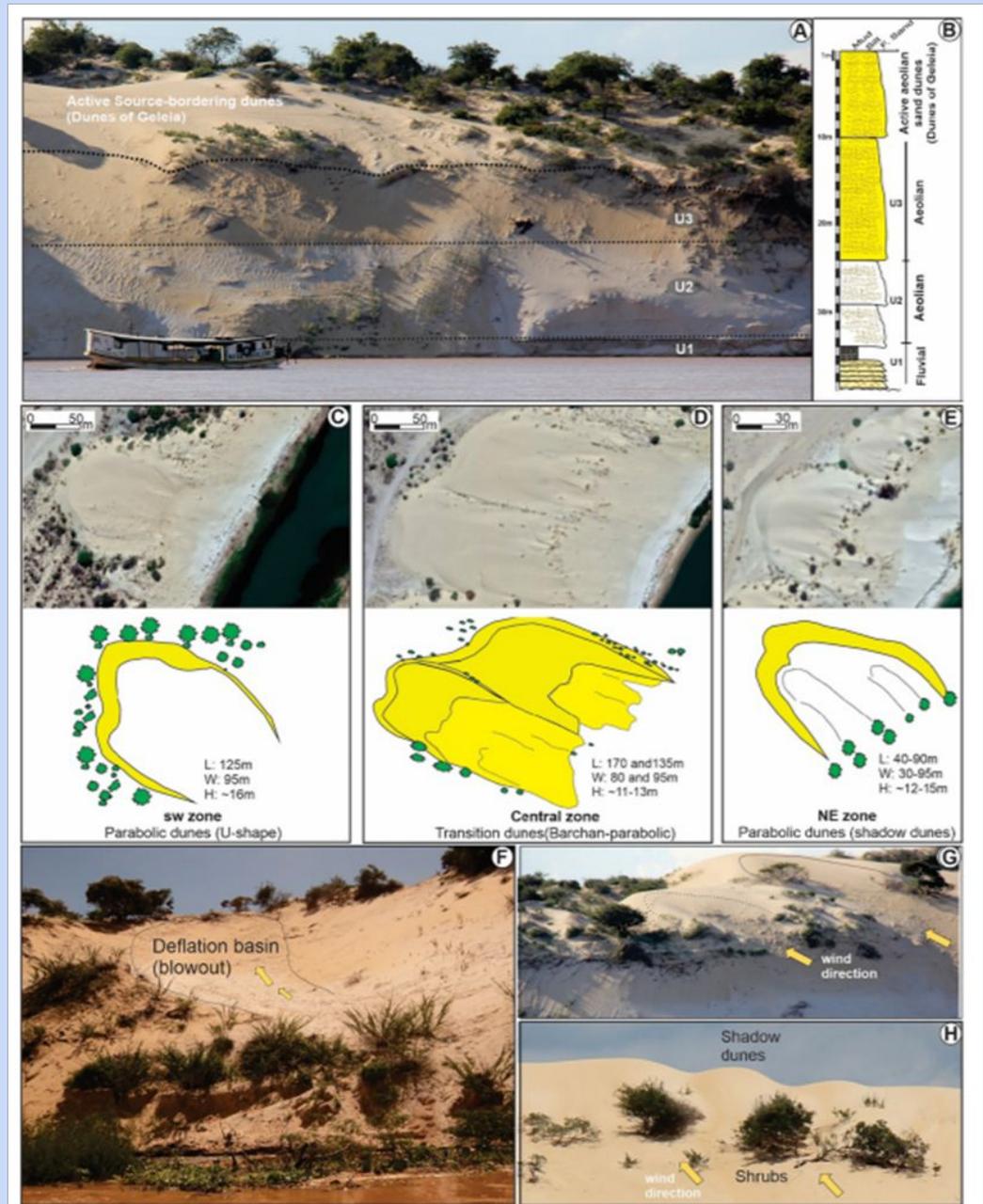


Fig. 3. Morphosedimentary characterization of the Geleia source-bordering dunes. (A, B) A sedimentary column of the Quaternary sediments cropping out on the right bank of the San Francisco River. (C-E) The main aeolian landforms. (F) A sketch of the dominant aeolian landforms and morphometric characteristics. (H: height, L: length, W: width). (G) Deflation zones. (E) Blowouts and small parabolic dunes. (I) Secondary dunes (shadow dunes) in the deflation basins of parabolic dunes, NE area of the Geleia field.



ELSEVIER

Contents lists available at ScienceDirect

Remote Sensing Applications: Society and Environment

journal homepage: www.elsevier.com/locate/rsase

Coastal landform changes on the east coast of Sri Lanka using remote sensing and geographic information system (GIS) techniques

W.A.D.B. Weerasingha, Amila Sandaruwan Ratnayake*

Department of Applied Earth Sciences, Faculty of Applied Sciences, Uva Wellassa University, Passara Road, Badulla, 90000, Sri Lanka

ARTICLE INFO

Keywords:

Shoreline change
Coastal erosion
Coastal accretion
Landsat
Digital shoreline analysis system

ABSTRACT

Coastal landforms are constantly changed due to both natural and anthropogenic forces. An attempt is made to analyze short-term coastal landform changes on the east coast of Sri Lanka using remote sensing and geographic information system (GIS) techniques. Such landform changes can be classified as either negative (e.g. erosion) or positive (e.g. accretion) impacts. Surface reflectance images of Landsat 5 Thematic Mapper (TM), Landsat 7 Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+), and Landsat 8 Operational Land Imager/Thermal Infrared Sensor (OLI/TIRS) were analyzed for extracting spatial and temporal changes, based on cross-shore profile analysis and geomorphic change detection. In this study, we developed a novel script model built-in ArcMap for image pre-processing and processing. This model covers six functioning areas of mosaic, land feature extraction, cloud layer generation, vectorization, cloud masking, and smoothing. The green band and mid-infrared images were selected due to the largest reflectance difference between water and non-water bodies. These images have proceeded with modified normalized difference water index (i.e. algorithm of the script model for extracting water and land features). We also quantified the landform changes such as net shoreline movement, shoreline change envelope, endpoint rate, and linear regression rate, using a digital shoreline analysis system (i.e. statistical software combined with ArcMap™). Therefore, landform changes were classified as erosion (>-2.5 m/year), minor seasonal changes (-2.5 m/year to $+2.5$ m/year), accretion ($>+2.5$ m/year), based on the annual variations of endpoint rate (i.e. the distance between the oldest and the youngest shorelines to particular time interval). We visualized spatial and temporal coastal landform changes along the east of Sri Lanka, and also identified short-term landform change drives such as tsunamis, cyclones, and anthropogenic activities (e.g. engineering constructions). These landform changes were observed with a global positioning system (GPS)-based field survey. The understanding of such impacts can be directly applied to sustainable coastal zone management.



Dinámica costera y antropización en playas uruguayas. Un análisis integrado para su conservación

Gabriella M. Boretto^{1,2,*}, Sabrina Rouzaut^{1,2}, Marcela Cioccale¹,
Sandra Gordillo^{1,2} y Yanina Benítez¹

¹ Universidad Nacional de Córdoba, Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Córdoba, Argentina.

² Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CONICET), Centro de Investigaciones en Ciencias de la Tierra, (CICTERRA), Av. Vélez Sársfield 1611, Edificio CICTERRA, 1° Piso of. 18, X5016CGA, Ciudad Universitaria, Córdoba, Argentina.

* gmboretto@yahoo.com.ar

RESUMEN

Los ambientes costeros están siendo afectados a escala global por una excesiva urbanización, crecimiento industrial y turismo, generando erosión, pérdida de biodiversidad y alteración del ecosistema; estas alteraciones constituyen potenciales riesgos con consecuencias negativas tanto ambientales como socioeconómicas. El sector litoral uruguayo, caracterizado por amplias playas de arenas separadas por promontorios rocosos, no es ajeno a esta problemática mundial. Considerando aspectos geomorfológicos, sedimentológicos y malacológicos se pretende comprender el impacto antrópico en la dinámica litoral y de esta manera contar con una base de datos que sirva para evaluar el manejo del recurso playa. Para ello se compararon siete playas del Departamento Maldonado, una de las cuales se encuentra en el ambiente estuarial mientras que las demás están sobre el margen atlántico, con distintos grados de antropización y urbanización. A través del análisis geomorfológico, haciendo uso de imágenes satelitales, modelos digitales de elevación, procesamiento y almacenamiento de datos en un sistema de información geográfico, se parametrizó cada subambiente costero (mesoplaya, supraplaya, duna y duna modificada) teniendo en cuenta área, ancho, pendiente y perfil transversal en cada sitio. El análisis granulométrico permitió caracterizar cada localidad y cada subambiente; mediante estadística se pudo establecer una relación entre el aumento de la desviación estándar y la antropización en la franja litoral. La composición faunística particularizó cada playa, además mediante el cálculo de distintos índices se identificaron los sitios con mayor diversidad y dominancia. Se determinó que la antropización en la franja costera mediante incipiente desarrollo urbanístico modifica el sector de dunas generando una reducción de todos los subambientes, exponiendo zonas más vulnerables a la erosión inducida. Se espera que este trabajo sea útil en la planificación del ambiente litoral e identificación de zonas críticas.

Palabras claves: dinámica costera; antropización; playas; granulometría; moluscos; Uruguay.

loss of biodiversity and ecosystem alteration, constituting potential risks that entail negative environmental and socioeconomic consequences. In this sense, the Uruguayan coast, characterized by extensive sandy beaches separated by rocky promontories, is not excluded from to this global problem. Focusing on geomorphological, sedimentological and malacological aspects, we tackle the anthropic impact on littoral dynamics with the purpose of creating a database to evaluate different aspects related to the beach resource management. In this work, seven beaches from Maldonado Department were compared, one on which is on an estuarial environment while the others are on the Atlantic margin, and they all present different degrees of anthropization and urbanization. Each coastal zone (foreshore, backshore, dune and modified dune) was parameterized taking into account the area, width, slope and cross section through a geomorphological analysis, making use of satellite images, digital elevation models, and processing and storage of data in a geographic information system. The grain size analysis allowed the characterization of each site and coastal zone, and by statistics it was possible to establish a relationship between the increase of the standard deviation and the anthropization in the coastal strip. The faunal composition identified in the beaches and different index calculations showed the sites with the greatest diversity and dominance. The anthropization in the coastal strip is associated with incipient urban development, which modifies the dune sector generating a reduction of the coastal zones, exposing more vulnerable areas to littoral erosion. This results presented in this paper may contribute to a better management of the coastal environment and to identify critical zones.

Key words: coastal dynamics; anthropization; beaches; grain size; mollusks; Uruguay.

INTRODUCCIÓN

Las playas del margen atlántico uruguayo, ampliamente conocidas por su atractivo como destino turístico, se encuentran antropizadas

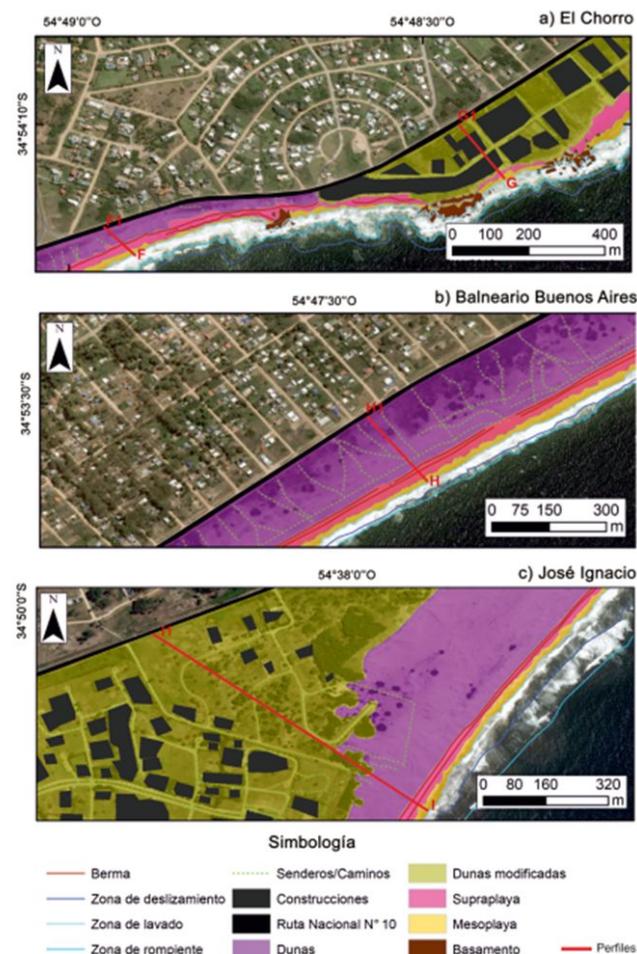
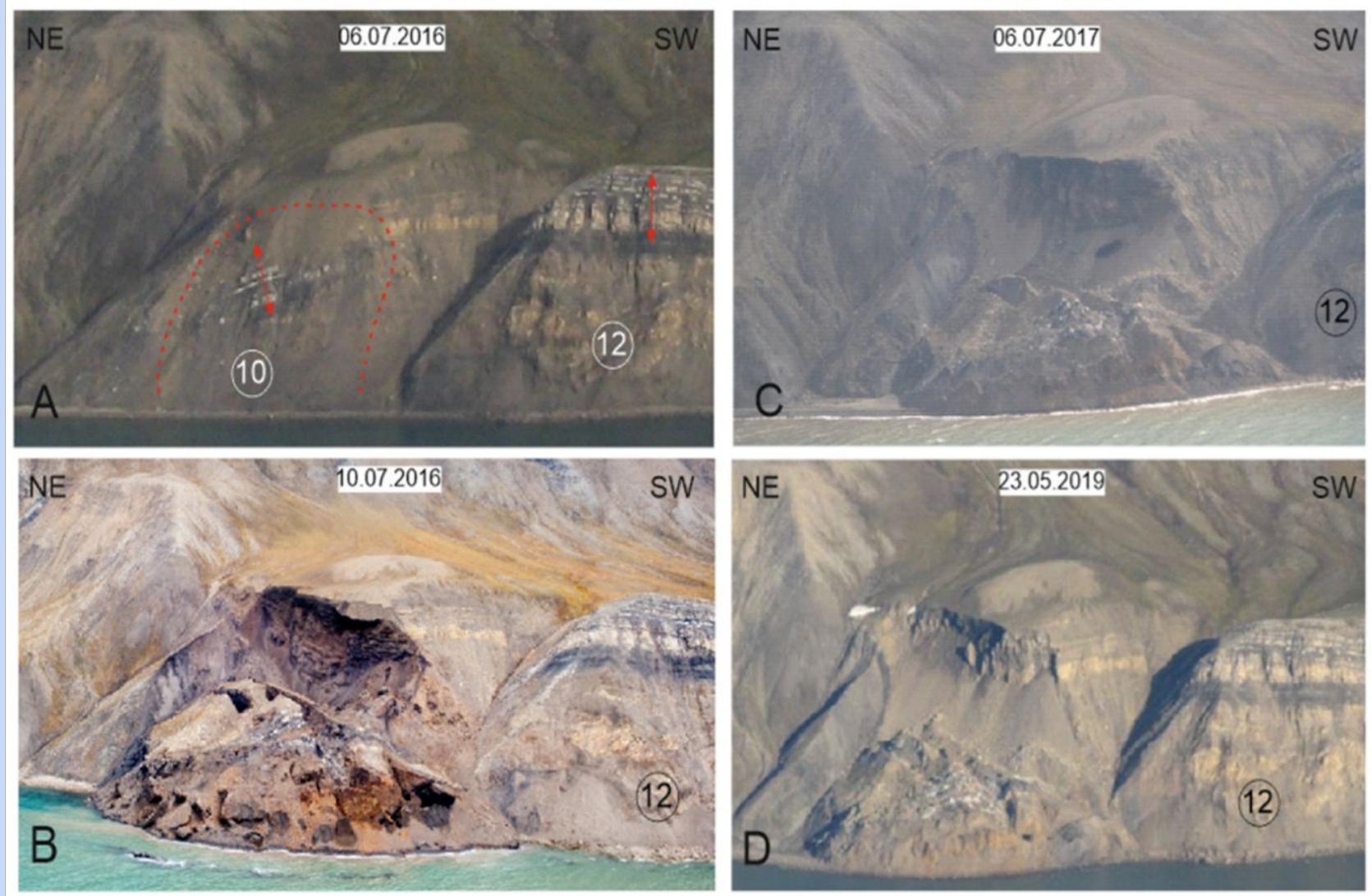


Figura 6. a) El Chorro, b) Balneario Buenos Aires y c) José Ignacio, mapeo del sector costero. En la localidad de El Chorro (a) se diferencian dos zonas considerando el grado de urbanización adyacente a la costa, uno hacia el SO, representado por el perfil de playa F-F1, y el segundo hacia el NE, representado por el perfil G-G1. Los perfiles de playa H-H1 (b) e I-I1 (c) corresponden a Balneario Buenos Aires y José Ignacio respectivamente, estos tramos han sido muestreados y medidos *in situ*.

CLIFFS y LANDSLIDE

El día 12 de Agosto de 2016 se desarrolló un deslizamiento de rocas con un volumen de 175.000 m³. La inestabilidad de la pendiente se inició a lo largo de una falla de bloque listrico preexistente que fue heredada del deslizamiento de rocas postglacial Forkastningsfjellet (Noruega). La causa de la falla se atribuye a una disminución de la resistencia y presiones de agua adicionales a lo largo del plano de deslizamiento preexistente, posiblemente en combinación con una degradación de las lutitas débiles.



Aunque el análisis sugiere un control estructural sobre el tipo y mecanismo de rotura de taludes, hay evidencia de un impacto significativo de los factores relacionados con el clima. Las temperaturas crecientes y las tendencias cambiantes de las precipitaciones fomentan la degradación del permafrost y reducir las fuerzas de unión en las fracturas llenas de hielo que se descongelan en el sitio. Además, el debilitamiento progresivo por ciclos de heladas y deshielos más frecuentes. Kuhn et al., 2021.

Ambiente Fluvial

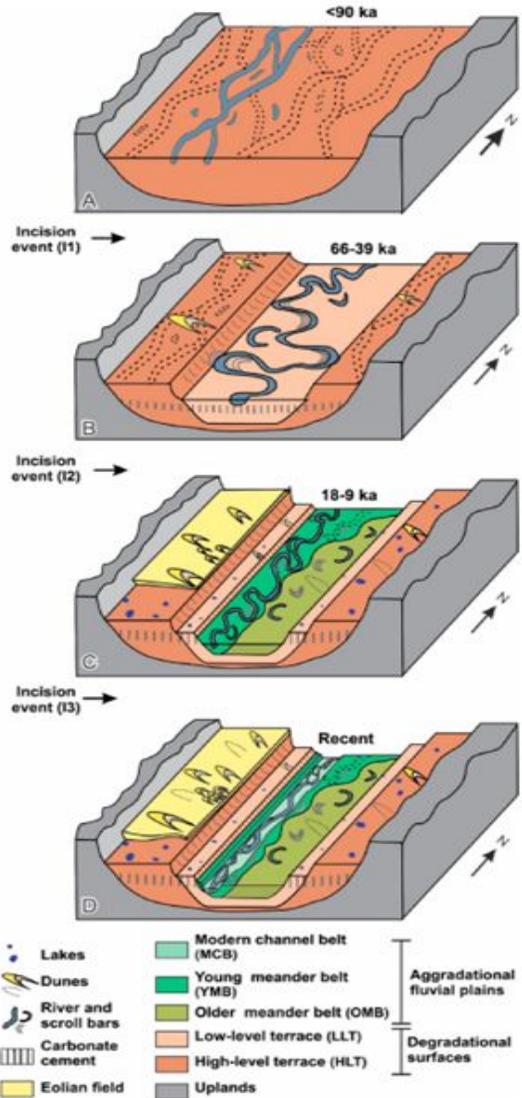


Fig. 11. Schematic model of the geomorphological and sedimentary evolution of the medium course of the São Francisco River during the Late Quaternary.

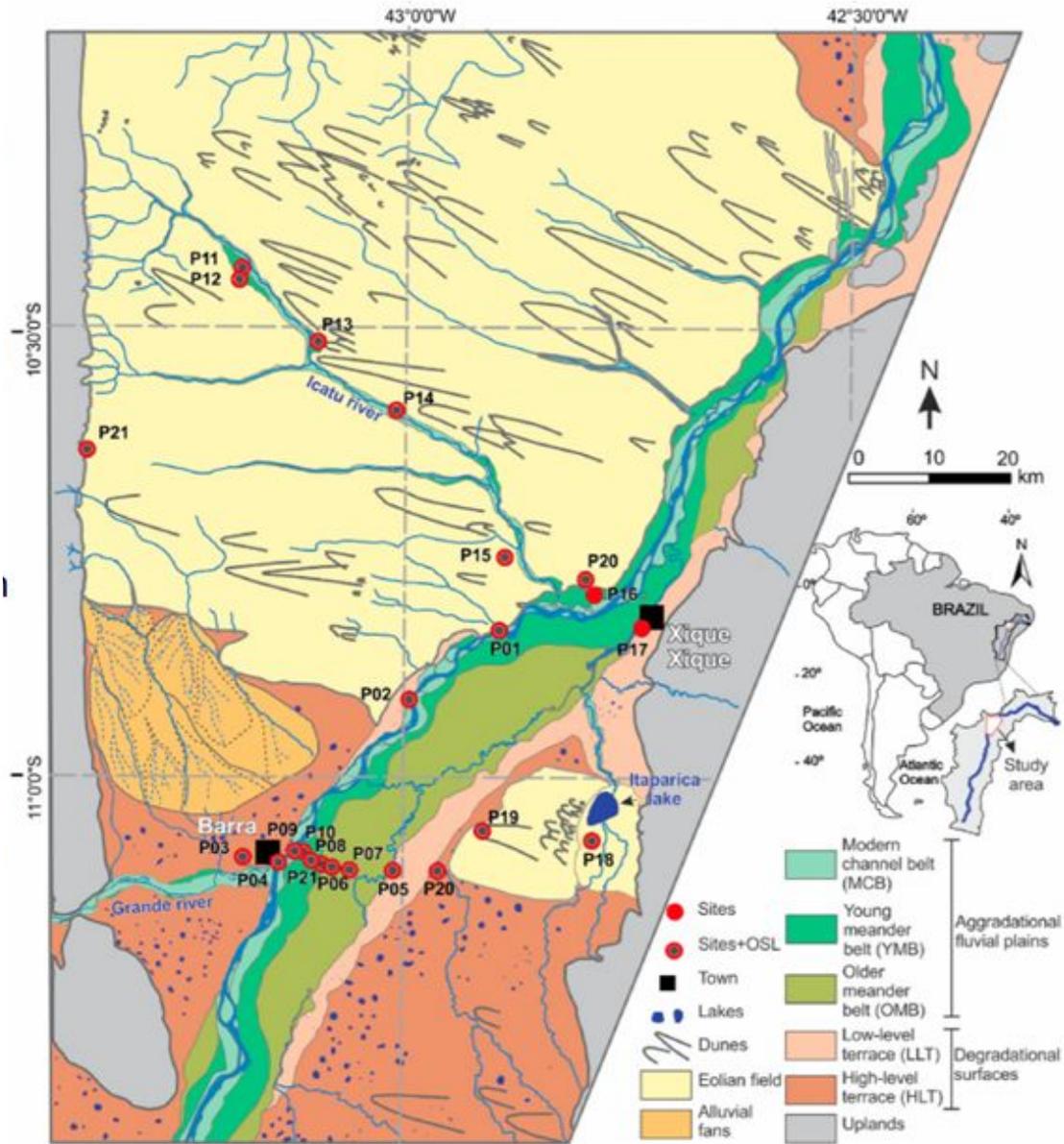
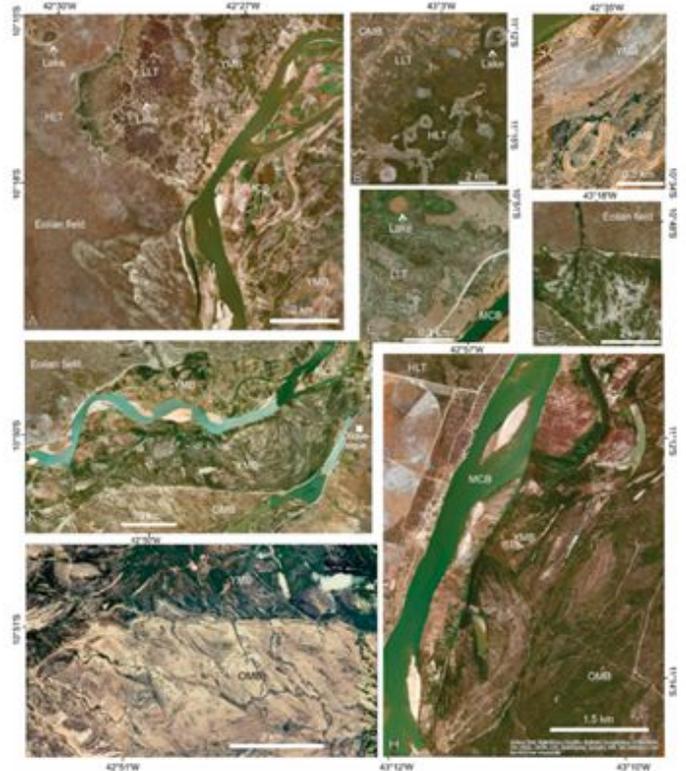


Fig. 3. Geomorphological map of the area, with location of studied sites.

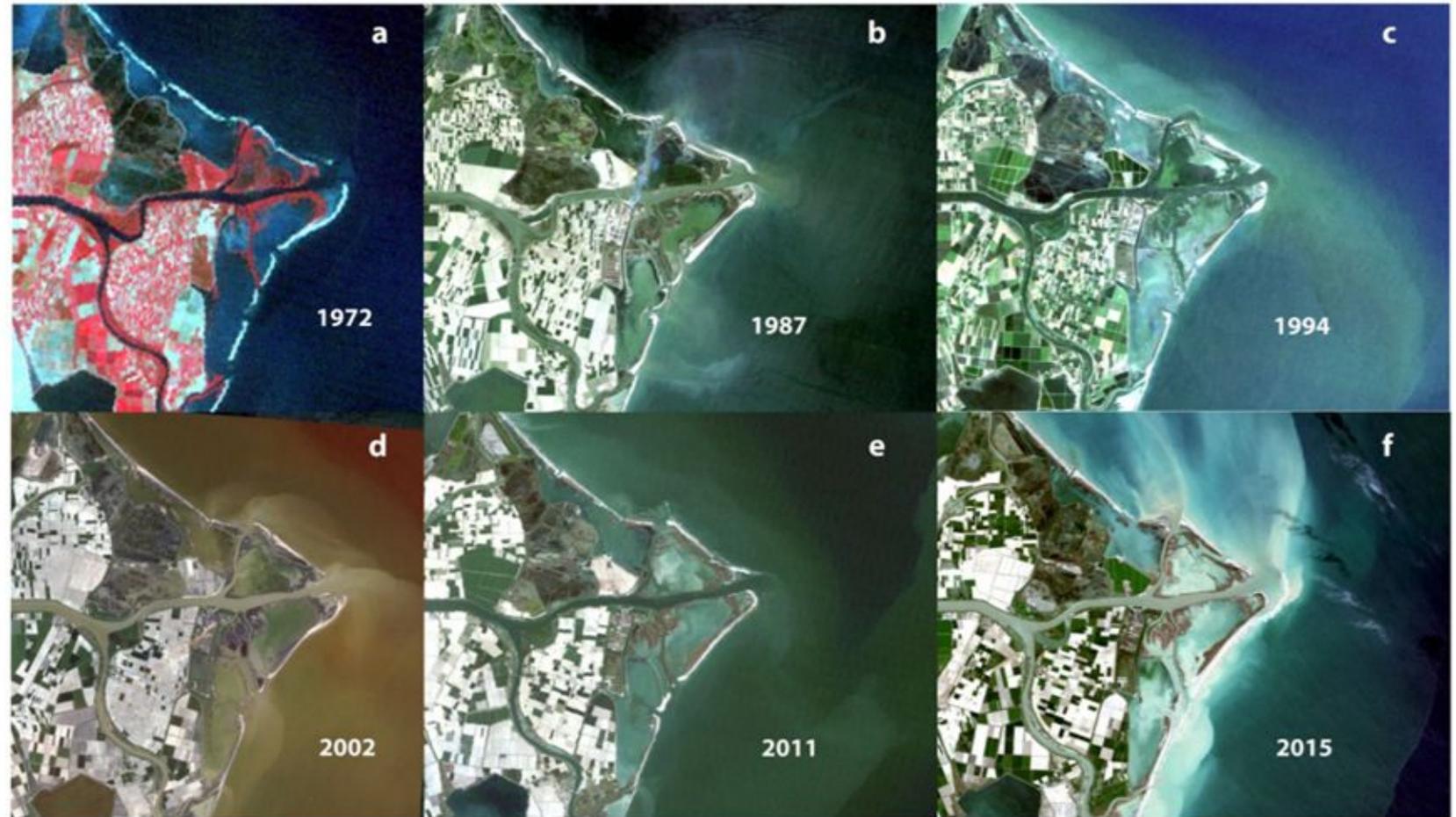
Comprender los controles sobre la erosión, el transporte y el depositación de sedimentos desde las tierras altas hasta bajas a lo largo de 200 km muestra la dinámica del sistema y su relación con la variable climática.



DELTA

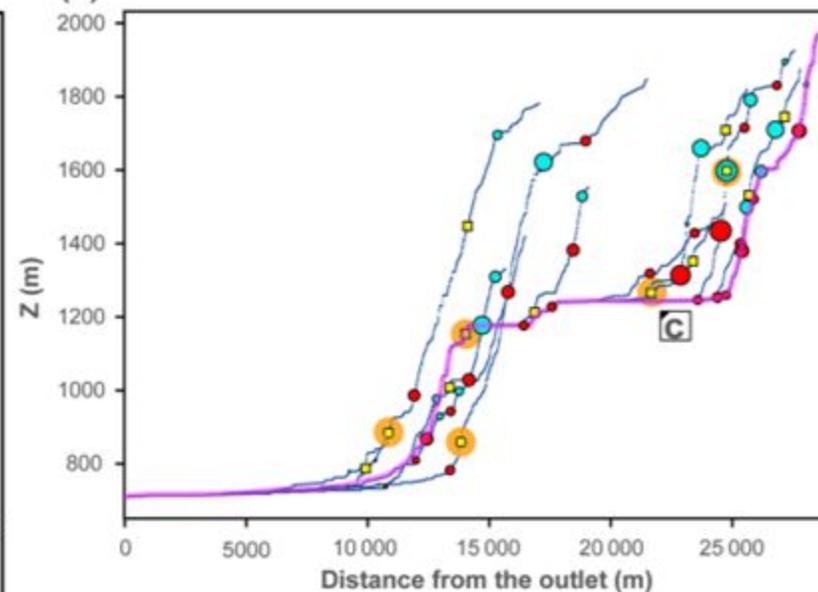
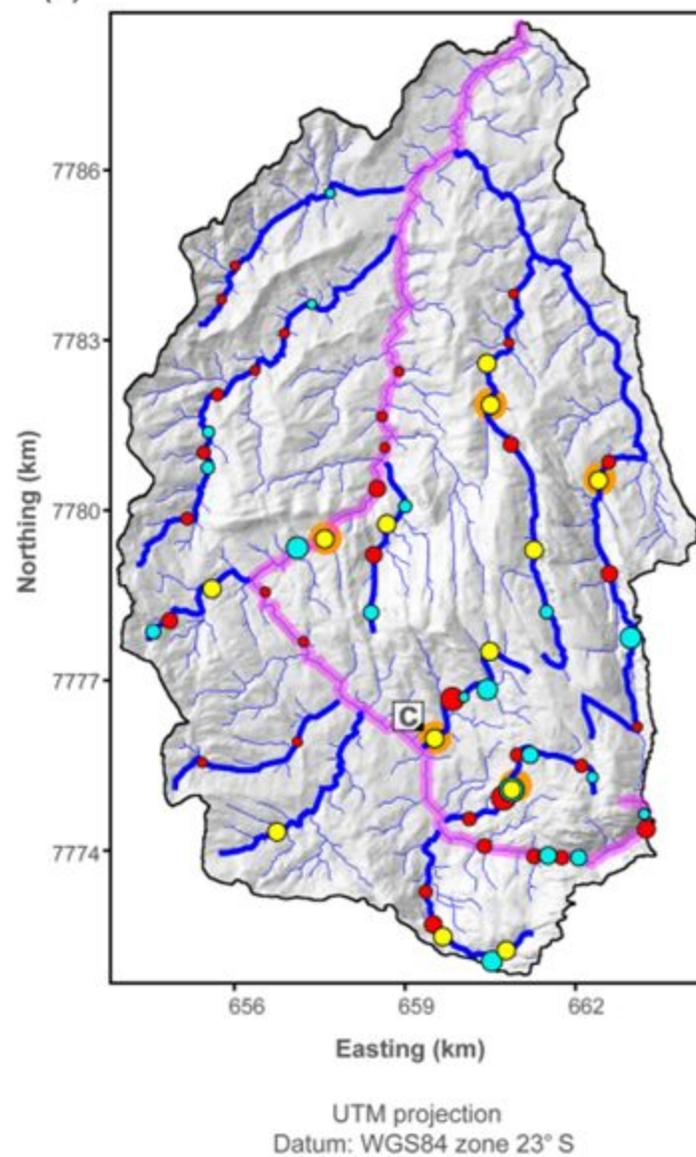
Desde la década de 1950, el delta del Po, uno de los deltas antropogénicos más grandes del mundo, ha sido sometido a una rápida degradación y retroceso de la costa debido a una marcada reducción del suministro de sedimentos, principalmente controlado por impactos / factores humanos, incluido el hundimiento. Mediante la interpretación de imágenes de satélite, acopladas con el análisis de la descarga de flujo, y de la frecuencia anual de tormentas marinas, mostramos que recientemente (> 2010) el río Po ha reanudado la progradación delta, especialmente en su porción norte.

Esto ocurre después de décadas de erosión, seguido de fases alternas de progradación y degradación, lo que indica condiciones de estabilidad sustancial (1970-2000). Hoy el delta muestra agradación de nuevas barras bucales en la boca distributaria principal, una clara evidencia de procesos constructivos activos. La tendencia actual marca una contratendencia en comparación con muchos deltas en todo el mundo. Ninfo et al., 2018.



KNICKPOINTS

Los knickpoints son indicativos de cambios en las tasas de erosión, la litología, clima, tectónica u otros factores que afectan la evolución del paisaje. En esta contribución presentamos un algoritmo reproducible de extracción de knickpoint y knickzone que utiliza perfiles de río transformados integrando el área de drenaje a lo largo del canal. Luego, el perfil se segmenta estadísticamente y las diferentes pendientes y cambios de escalón en las elevaciones de estos segmentos se utilizan para identificar puntos, zonas de puntos y sus magnitudes relativas. Las ubicaciones de salida de los knickpoints y knickzones identificados se comparan favorablemente con el mapeo humano.



Legend

- $+\Delta k_m$ knickpoint
- $-\Delta k_m$ knickpoint
- Stepped knickpoint
- Known waterfalls
- Trunk stream
- Hydrography

(c)



AMBIENTE LACUSTRE

Inventario de los cuerpos lagunares y establecer los parámetros morfométricos básicos del sistema lacustre del sur de la provincia de Córdoba con el fin de comprender los procesos que le dieron origen y su relación con los paleoclimas cuaternarios.

Para el mapeo y caracterización de las lagunas se utilizó un sistema de información geográfica (QSIG) a través del cual se procedió a digitalizar y medir parámetros morfométricos específicos sobre información suministrada por sensores remotos (Imágenes LANDSAT y Modelo digital de elevación SRTM), determinándose así valores geomorfométricos de área, perímetro y volumen, índices y relaciones morfométricas para, de este modo, aportar al conocimiento de la morfogénesis de estos cuerpos lacustres. Los controles de campo en la zona de estudio consistieron en un reconocimiento del área de interés y en la toma de medidas de profundidad in situ. Zandomeni, 2014.

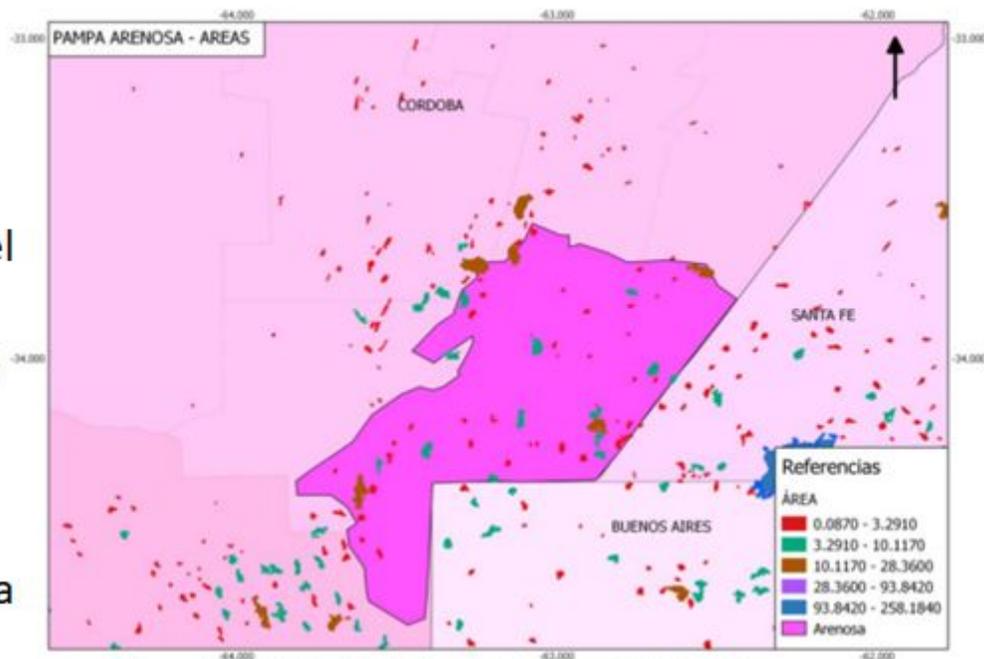
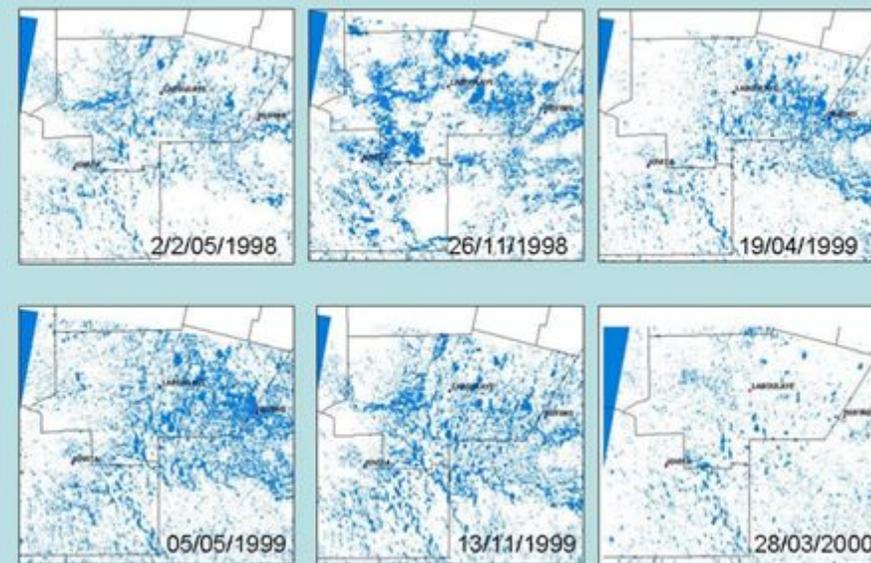


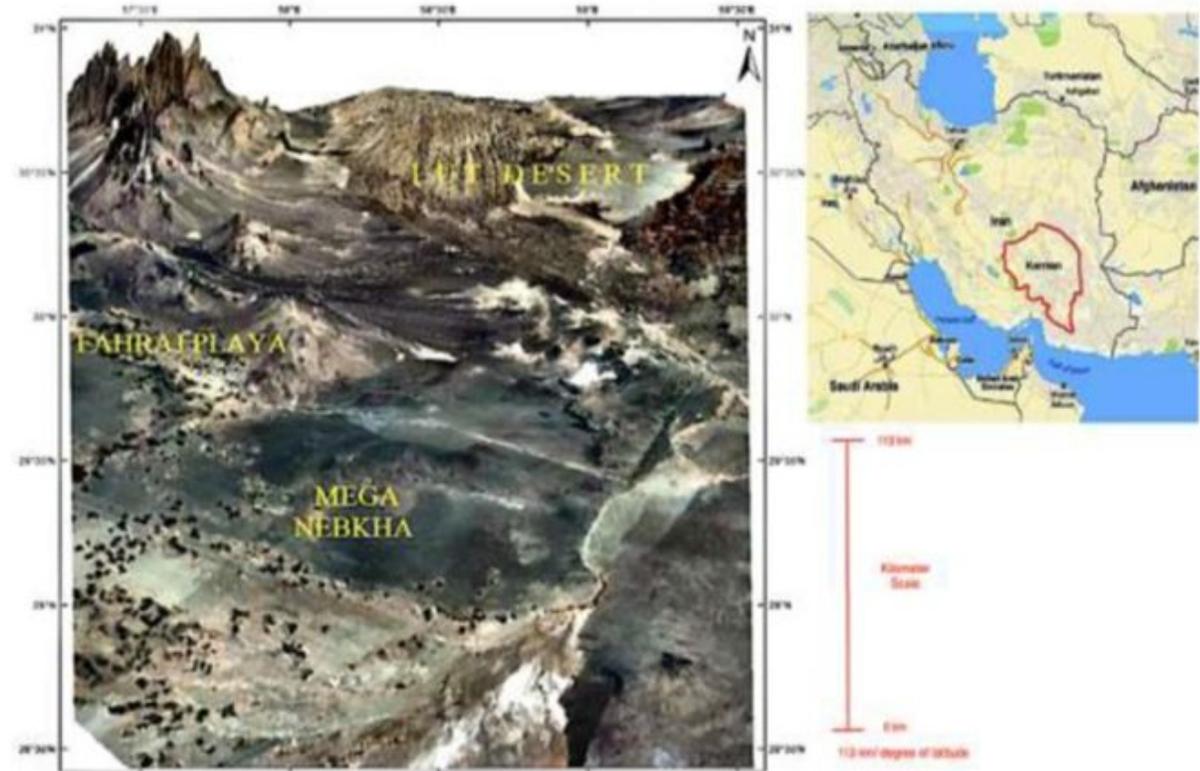
Figura 5.11: Clasificación de áreas en las lagunas de la Pampa Arenosa.



Modificado de Gorgas et al. 2000

AMBIENTE ÁRIDO Y SEMIÁRIDO

La biogeomorfología de las dunas de nebkha, se investigó en la llanura de Fahraj, Irán. Se realizaron investigaciones de campo para determinar la naturaleza de las dunas de nebkha, cuya génesis y crecimiento implica la captura de arena eólica dentro del cuerpo de una planta. Este estudio demostró que *Tamarix*, un arbusto de la familia de las Tamaricaceae, ha jugado un papel importante en la reducción del polvo y tormentas de arena en la región al atrapar sedimentos eólicos y acumularlos en forma de nebkhas. Por el contrario, otro arbusto que crece en el área, *Prosopis cineraria*, debido a su estructura parece no haber jugado un papel importante en la acumulación de sedimentos eólicos. Las investigaciones y mediciones revelaron que en la llanura de Fahraj hay nebkhas de más de 20 m de altura.



Esto sugeriría que algunas de estas nebkhas se encuentran entre las más grandes y más altas que se han informado en el mundo. Algunas estaban conectadas por hileras de *Tamarix* y formaban crestas muy largas de más de 200 m de longitud. Eso Parece que su forma puede deberse a la actividad humana. Durante nuestro estudio de nebkhas en la región, observamos una degradación constante y creciente en el nebkha. Esto parecía deberse a la variabilidad climática actual y al impacto humano. Zahabnazouri et al_2021.

BADLANDS

Las badlands son geoformas que se encuentran en todo el mundo. En la región mediterránea se encuentran tanto en ambientes secos (áridos y semiáridos) como húmedos y se caracterizan por una dinámica hidrogeomorfológica compleja, procesos de erosión de alta intensidad y un rendimiento de sedimentos extremo. Comprender el impacto del Cambio Global es clave para predecir los efectos en el sitio y fuera del sitio en la dinámica de las tierras malas, particularmente sus consecuencias en la erosión del lecho rocoso, en la producción y entrega de sedimentos y en la colonización de plantas. Aquí, realizando una revisión sistemática de la literatura, analizamos una extensa base de datos e identificamos los principales impulsores climáticos que afectan la dinámica hidrogeomorfológica en las tierras baldías del Mediterráneo (basados en análisis de modelos de ecuaciones estructurales y escalado multidimensional no métrico). Posteriormente, examinamos los principales impactos esperados de los pronósticos del cambio climático en el futuro cercano, y exploramos las interacciones entre la respuesta de las tierras baldías a la variación climática.

Nadal-Romero et al. 2021



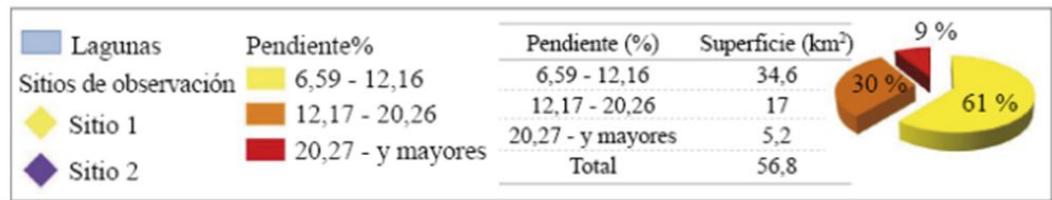
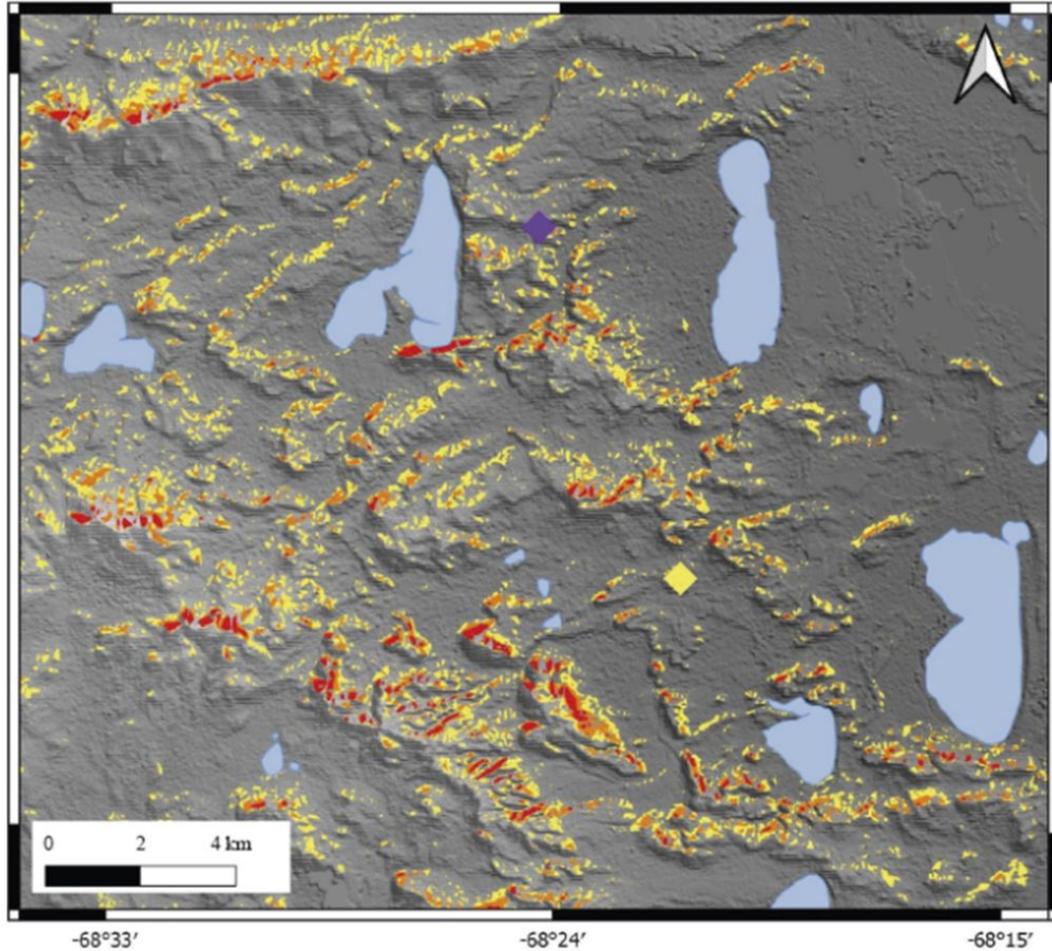


FIGURA 8.

Mapa de zonificación de áreas susceptibles a procesos erosivos.

Fuente: elaborado por Quiroga et al. (2020).

Zonificación de áreas susceptibles a procesos erosivos en laderas desencadenados por la ganadería extensiva, Tierra del Fuego, Argentina

Quiroga, Diego R. A.; Coronato, Andrea; Ángeles, Guillermo R.; del Valle, Héctor F.
Zonificación de áreas susceptibles a procesos erosivos en laderas desencadenados por la ganadería extensiva, Tierra del Fuego, Argentina

Revista Universitaria de Geografía, vol. 29, núm. 2, 2020
Universidad Nacional del Sur, Argentina

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=383265605003>



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial 3.0 Internacional.