

Frente de avance, sumatorios de probabilidad radiocarbónica y velocidades de expansión neolítica en la Península Ibérica.

Salvador Pardo-Gordó¹ Joaquim Fort Viader^{2,3}

¹*Grupo de investigación GISPRAYA*
Departamento de Geografía e Historia
Universidad de La Laguna

²*Grup de Recerca en Sistemes Complexos*
Departament de Física
Universitat de Girona

³**Institució Catalana d'Investigació i Estudis Avançats**



Tabla de contenidos

- 1 Introducción y objetivos.
- 2 Datos y metodología.
- 3 Resultados.
- 4 El Mesolítico Geométrico.
- 5 Conclusiones.

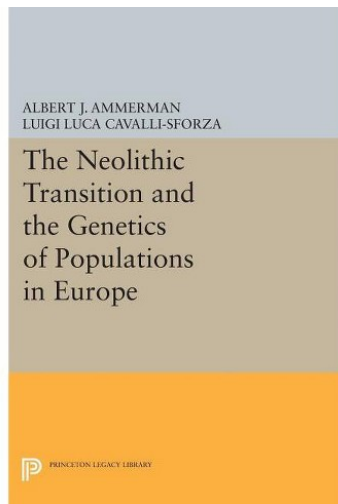


Figura: Trabajo de síntesis (1984) de investigaciones previas (1971, 1973 y 1979).

Introducción

Incremento (y consolidación) de las aproximaciones computacionales para la comprensión de la expansión neolítica (SIG, ABM, Modelos Matemáticos y Estadísticos ...).

Fenómeno bien comprendido a escala global pero con necesidad de progresar a nivel mesoregional (¿variaciones en la velocidad de expansión?).

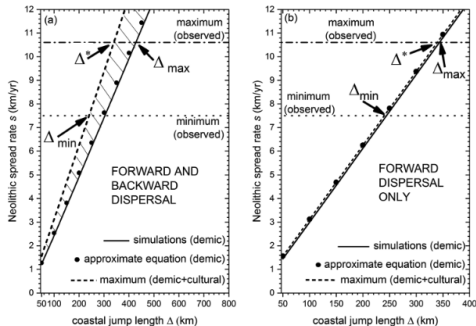


Figura: Cálculo velocidad frente de avance Mediterráneo Occidental (Fort 2022, AAS).

Objetivos

El principal **objetivo** es **explorar** de la **velocidad de expansión** del Frente de Avance en **diferentes regiones** de la Península Ibérica.

- ✓ Calcular la ratio de crecimiento.
- ✓ Explorar el crecimiento de población según conjunto de datos radiométricos.

A partir de ello **discutir** sobre la **homogeneidad** y/o la **heterogeneidad** del Frente de Avance.

Datos arqueológicos I

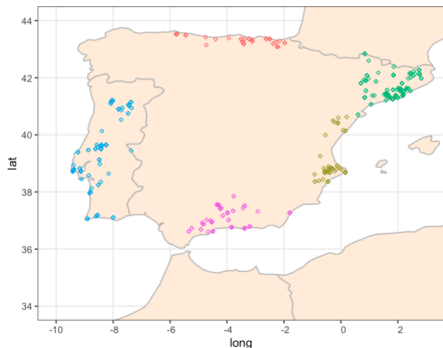


Figura: Regiones consideradas y distribución espacial de las dataciones radiométricas.

Criterios de selección de las fechas radiométricas:

- ✓ No contradecir la norma (expansión E-O).
- ✓ Desviación típica ≤ 100 .
- ✓ Dataciones no afectadas por efecto reservorio.

Datos arqueológicos II

Reestructuración de la información radiométrica (N=859) en tres categorías:
todas, corta y directa.

- ✓ Dataciones de vida larga = 300
- ✓ Dataciones de vida corta tanto domésticos como salvajes = 559
- ✓ Dataciones sobre elementos domésticos = 251

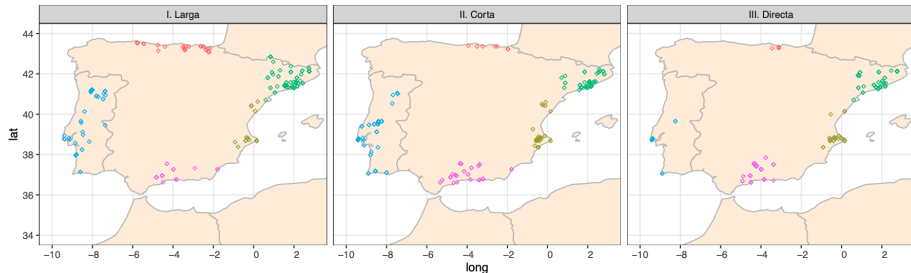


Figura: Distribución espacial de las dataciones según categorización.

Metodología I. Sumatorios de probabilidad

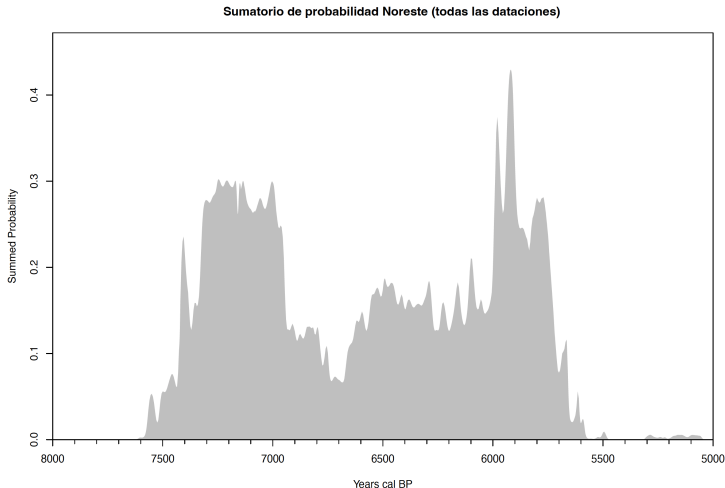


Figura: Elaboración de los SPD con normalización de las fechas (*paquete rcarbon*).

$$SPD \propto \exp[a(t - t_0)] \quad (1)$$

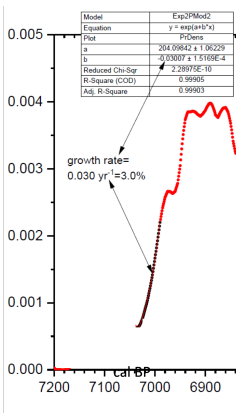


Figura: Ejemplo del cálculo del crecimiento basado en el ajuste de una exponencial (1). Dataciones directas asociadas a la cornisa cantábrica.

Metodología III. La velocidad del frente de avance

Aplicación del **modelo de Fisher** (2) para identificar la distancia por generación (Δ).

$$\text{Velocidad} = v = 2\sqrt{aD} \quad (2)$$

$$\text{Coeficiente de difusión} = D = \frac{\Delta^2}{4T} \quad (3)$$

Tiempo de generación = $T \approx 32\text{años}$.

Resultados I: Ratio de crecimiento no calculable.

- ✓ Máxs. en curva calibración causan mín. en SPD.
- ✓ No es razonable aceptar despoblamientos reales.
- ✓ No podemos estimar el ritmo de crecimiento inicial.

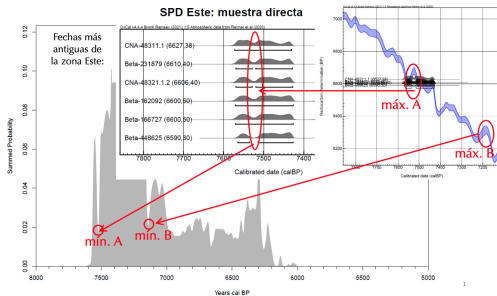


Figura: Dataciones sobre elementos directos del Este peninsular. Ejemplificación de algunos problemas para el cálculo de la tasa de crecimiento inicial.

En la curva SPD no son fiables el mín. A, el máx. anterior (aumentado artificialmente), el mín. B, etc.

Resultados I: Cálculo del crecimiento obtenidos.

Región	Ratio crecimiento (a)	R^2_{ajust}
Cantabria	3 %	0.999
Nordeste	2.3 %	0.991
Portugal	3.2 %	0.990
Sur (Med.)	2.7 %	0.965
Este	–	–
Etnografía*	2.1 / 3.4 %	(Bancells y Fort 2024, AAS).

Tabla: Ritmos de crecimiento inicial en las diferentes regiones a partir de la utilización de dataciones sobre elementos directos.

* Rango obtenido a partir de todos los datos etnográficos conocidos sobre sociedades agrícolas que ocuparon áreas sin agricultura previa: Pitcairn, Bass Strait, USA, Tristán da Cunha y St. Lawrence Valley.

Resultados II: Velocidades y distancias.

Para muestras de vida corta y todas, los resultados son similares.

Región	Crecimiento	Velocidad	Distancia Delta
Nordeste	2.3 %	9 km/año*	336 km
Portugal	3.2 %	9 km/año*	284 km
Sur	2.7 %	9 km/año*	310 km
Cantabria	3 %	0.3 km/año**	10 km

Tabla: Ratios de crecimiento regional, velocidades observadas y distancias de dispersión.

* Isern, Zilhão, Fort y Ammerman 2017 (*PNAS*) / Fort 2022 (*AAS*).

** Isern, Fort, Carvalho, Gibaja e Ibáñez 2014 (*JAMT*.)

¿Y si el geometrismo fuera una expansión démica?

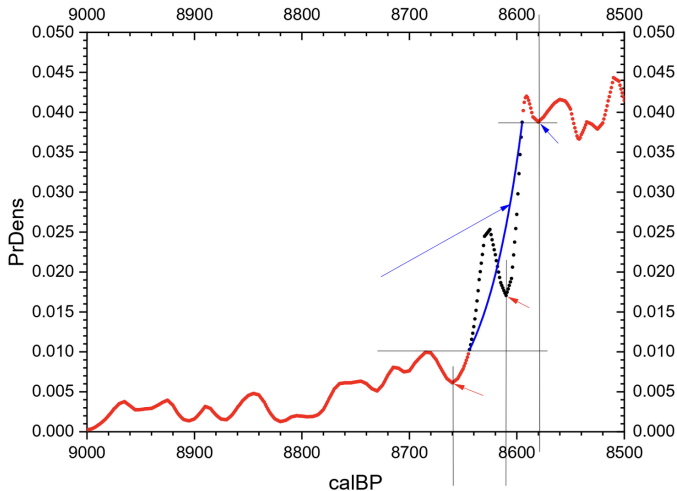


Figura: Obtención de la ratio de crecimiento inicial a partir del SPD ($a = 2.7\%$). En este caso el ajuste exponencial se realiza utilizando dos puntos de referencia.

¿Y si el geometrismo fuera una expansión démica?

Región	Crecimiento	Velocidad	Distancia
Mesolítico	2.7 %	0.8 km/año*	28km
Mesolítico	2.7 %	1 km/año**	34km
Neolítico Med (PI)***	2.7 %	9 km/año	310km
Neolítico Cantabria	3 %	0.3 km/año	10km
Neolítico Centro Europa	3.2 %	1 km/año**	32km
Neolítico Med. Occidental	2.3-3.2 %	9 km/año	284-336km

Tabla: Cálculos de velocidad y distancias de las regiones con la ratio de crecimiento calculada.

* Velocidad paleolítica para la recolonización post-glacial de Europa (Fort, Pujol y Cavalli-Sforza 2004, *Cambridge Archaeol. J.*).

** Europa Central (Pinhasi, Fort y Ammerman 2005, *PLoS Biol.*)

*** Medias de los resultados obtenidos en esta aproximación.

¿Y si el geometrismo fuera una expansión démica?

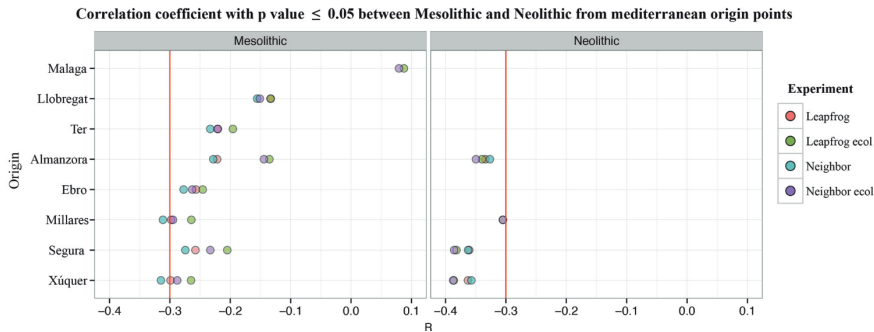


Figura: Comparación resultados Mesolítico-Neolítico asumiendo un proceso démico y diferentes propuestas de "movimiento" (Pardo-Gordó *et al.* 2015, *Documenta Praehistorica*).

Algunas conclusiones

- ✓ Resultados obtenidos (Cantábrico, Portugal, Andalucía Oriental y Cataluña) deben considerarse con cautela.
- ✓ Los valores obtenidos son coherentes con la ratio de expansión obtenida etnográficamente.
 - En las regiones mediterráneas los valores de crecimiento sugieren una expansión de *circa* 280 - 300 km por generación.
 - La cornisa cantábrica presenta un crecimiento similar a las regiones mediterráneas, pero con una dispersión menor: *circa* 10 km por generación.

Algunas conclusiones

- ✓ La primera aproximación al cálculo inicial de crecimiento neolítico a partir de los SPDs presenta retos metodológicos.
- ✓ Exploración de metodologías alternativas para la construcción de SPDs con el objetivo de explorar ratios de crecimiento:
 - Estimación de densidades kernel compuestas, CKDE (Brown 2017, *JAS*).
 - Sumatorios de probabilidad a partir de aproximaciones bayesianas (Blagojević *et al*, 2024, *Radiocarbon*).
- ✓ Paralelamente, trabajo iniciado, exploración en la expansión del complejo Castelnoviense.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por el **Ministerio de Ciencia del Gobierno de España** y el fondo europeo *Next GenerationEU/PRTR* (PID2021-1274NA-I00, PID2023-150978NB-C22 y RYC2021-033700-I) así como la **Universidad de La Laguna** (320-GISPRAYA) y la **Generalitat de Catalunya** (2021-SGR-00190, programa ICREA).



E-mail: spardogo@ull.edu.es / joaquim.fort@udg.edu