



# ¿Crece la economía sin crecer los residuos?

Desacoplamiento, eficiencia de reciclaje y cumplimiento de la Directiva UE en el Área Metropolitana de Barcelona (2008–2023)

Febrero, 2026



Presentado por: Margot Arroyo De la Cruz

Tutora: Alanaa Olivieri

# El reto y la pregunta...

## Contexto :

- ▶ Décadas: más PIB = más residuos. Hoy existe evidencia de ruptura
- ▶ La teoría EKC: superado cierto umbral de renta, los residuos bajan
- ▶ El AMB: 36 municipios, perfiles muy distintos — laboratorio ideal
- ▶ Obligación UE: 55% reciclaje para 2025 → el AMB está a 53,2% (2023)

## Pregunta de investigación :

¿Se ha desacoplado el crecimiento económico de la generación de residuos en el AMB entre 2008 y 2023?

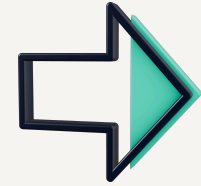
## Objetivos específicos :

- 01 Cuantificar el índice de desacoplamiento (DI)
- 02 Validar la hipótesis EKC e identificar el umbral
- 03 Identificar factores asociados a generación de residuos
- 04 Evaluar cumplimiento Directiva UE
- 05 Segmentar municipios para políticas diferenciadas

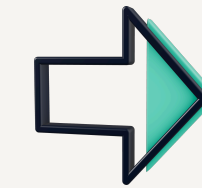
# Metodología...

---

## Datos



## Indicadores clave



## Modelos analíticos

- AMB, Idescat, INE, Eurostat
- 2008–2023 — 16 años
- 31 municipios, 496 obs.
- 5 municipios excluidos (>30% NA)
- Imputación: interpolación lineal

- Índice Desacoplamiento (DI)
- Generación per cápita ETCA\*
- Eficiencia de reciclaje (%)
- 13 indicadores derivados

- EKC: OLS cuadrático, efectos fijos
- PanelOLS: elasticidades + errores clusterizados
- K-means k=5: segmentación municipal
- Herramienta: Python

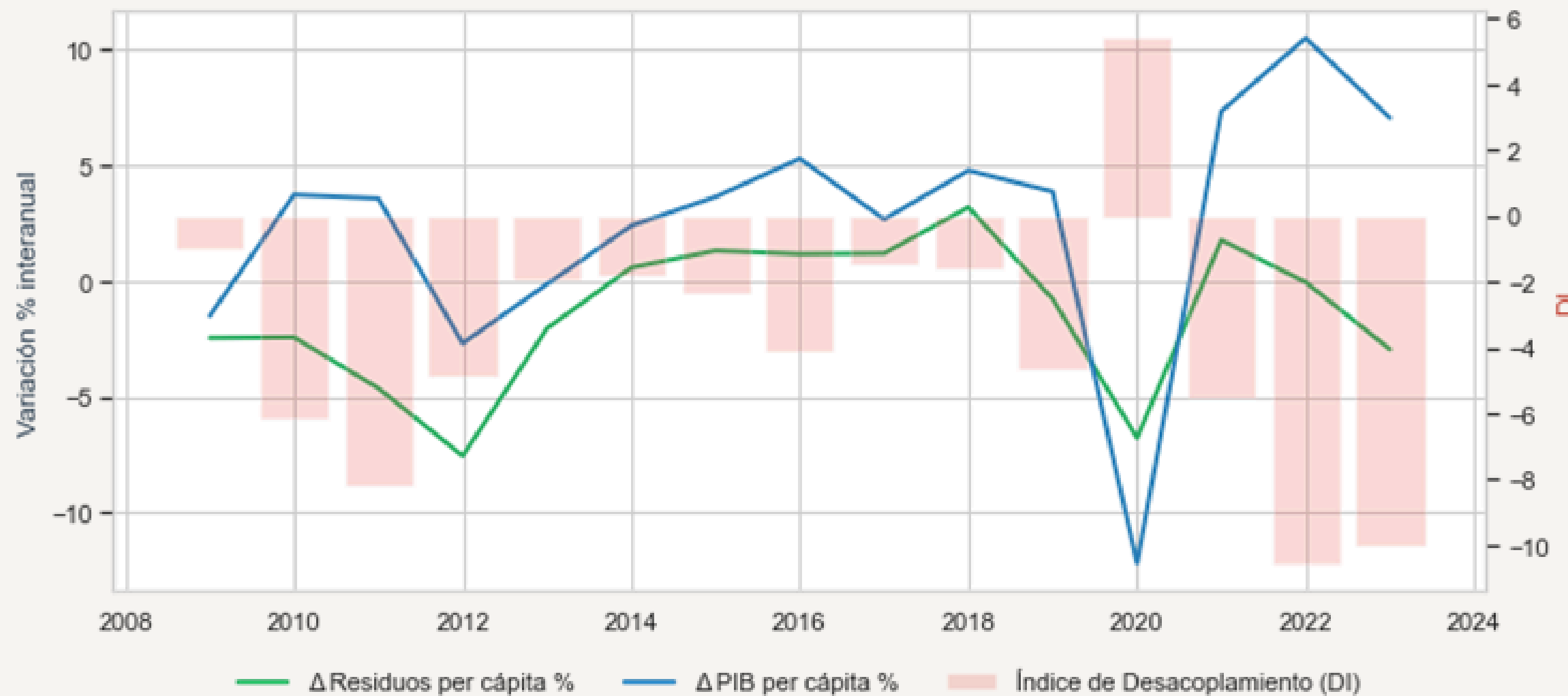
\*ETCA: Equivalente Tiempo Completo Anual  
— pondera residentes, trabajadores y turistas por días de presencia

# Hallazgo 1: Desacoplamiento

13 de 15 años

Con DI negativo = desacoplamiento relativo  
confirmado

¿Crecemos produciendo menos residuos? Desacoplamiento económico en el AMB



➡ **Fase genuina 2014–2023**

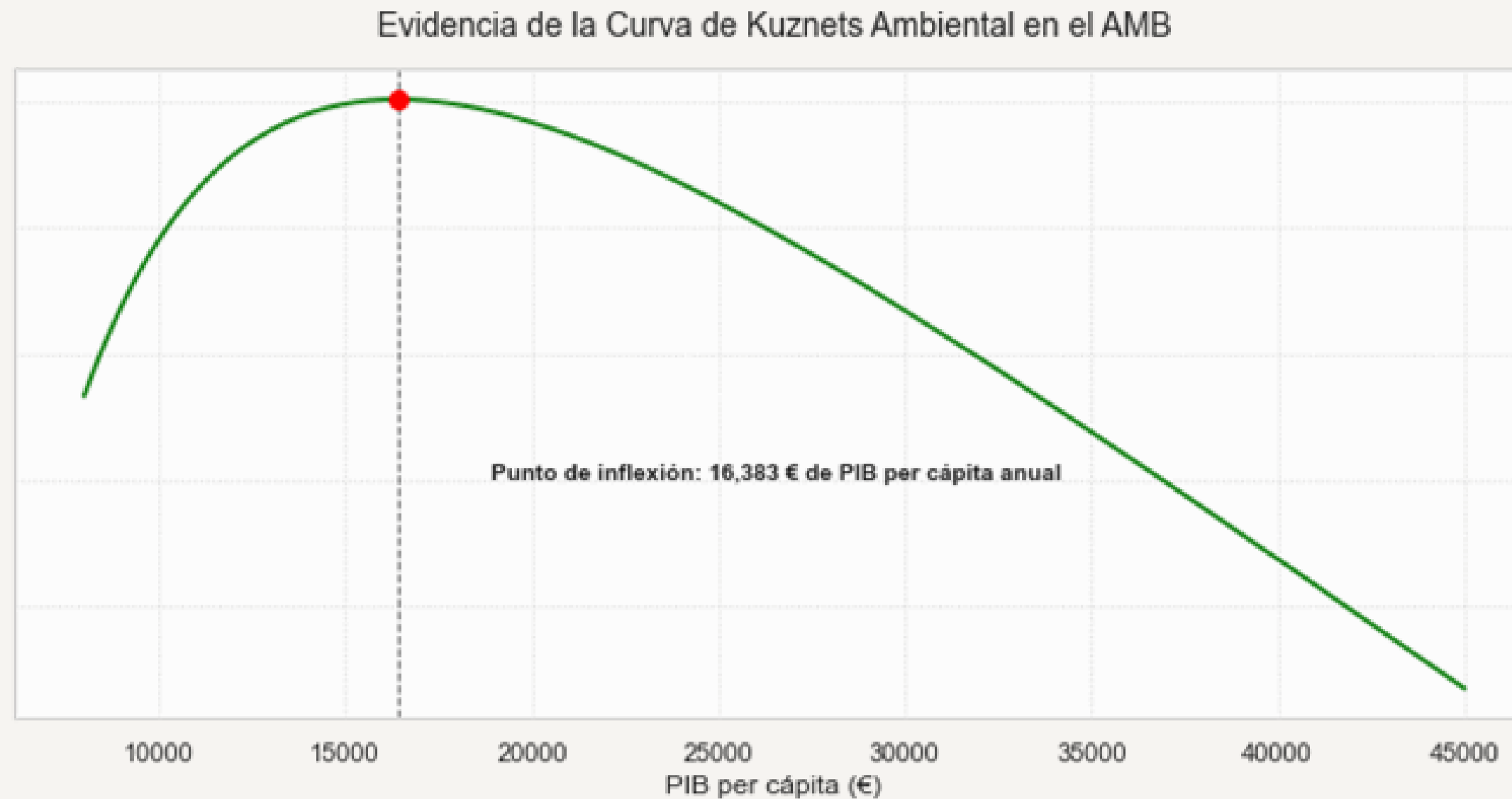
PIB sube sostenido  
Residuos estables o bajan  
→ Desacoplamiento real

➡ **Fase forzada 2008–2013**

Crisis baja PIB y residuos juntos  
→ No es resultado de política ambiental

# Hallazgo 2: Curva de Kuznets

Punto de inflexión:  
16.383 € / PIB per cápita



Ficha del modelo

$R^2$  ajustado=0,859 |  $\beta_1=0,888$  (p=0,012) |  $\beta_2=-0,046$  (p=0,011)

➡ Por encima del umbral:

Crece → menos residuos  
Desacoplamiento absoluto posible

➡ Por debajo del umbral:

Crece → más residuos  
Fase ascendente de la curva

# Hallazgo 3:

## Factores reales

---

Variable	Elasticidad	p-valor	Interpretación
PIB per cápita	0,007	0,834	Sin asociación significativa
Tamaño del hogar	-3,452	0,052	Hogares pequeños: más residuos per cápita
Presión poblacional (ETCA)	-1,169	0,001	Mayor actividad: menos residuos por habitante

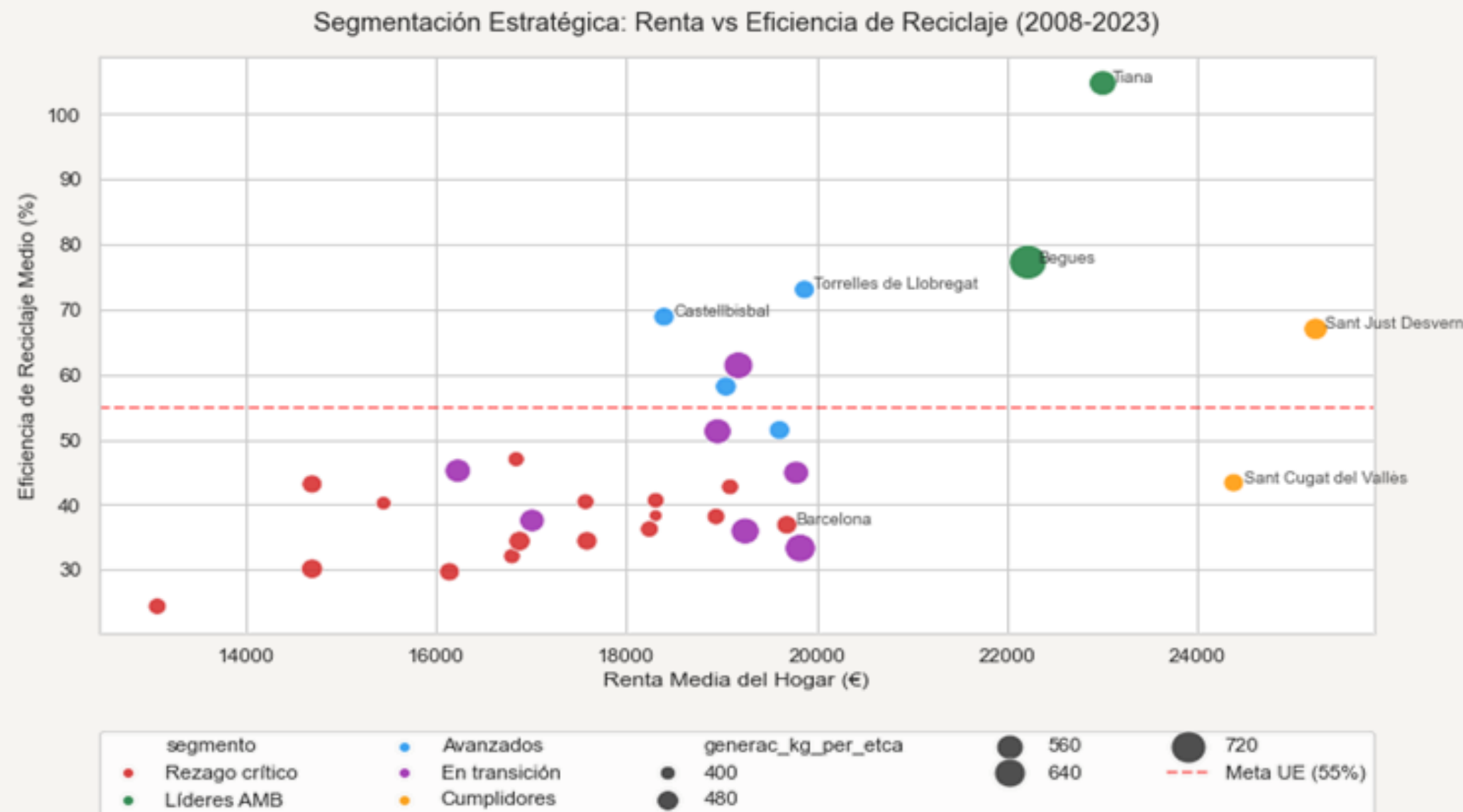


### Conclusión clave:

- Lo que importa no es cuánto dinero tiene la gente, sino cuántas personas comparten una casa y qué tan activo es su municipio.
- Políticas orientadas hacia la demografía y el territorio, no solo hacia la renta.

# Hallazgo 4:

## Cinco perfiles



### ➡ Líderes AMB:

Mas de 55% reciclaje, baja densidad

### ➡ Avanzados:

Cerca del 55%, perfil mixto

### ➡ En transición:

40–55%, tendencia positiva

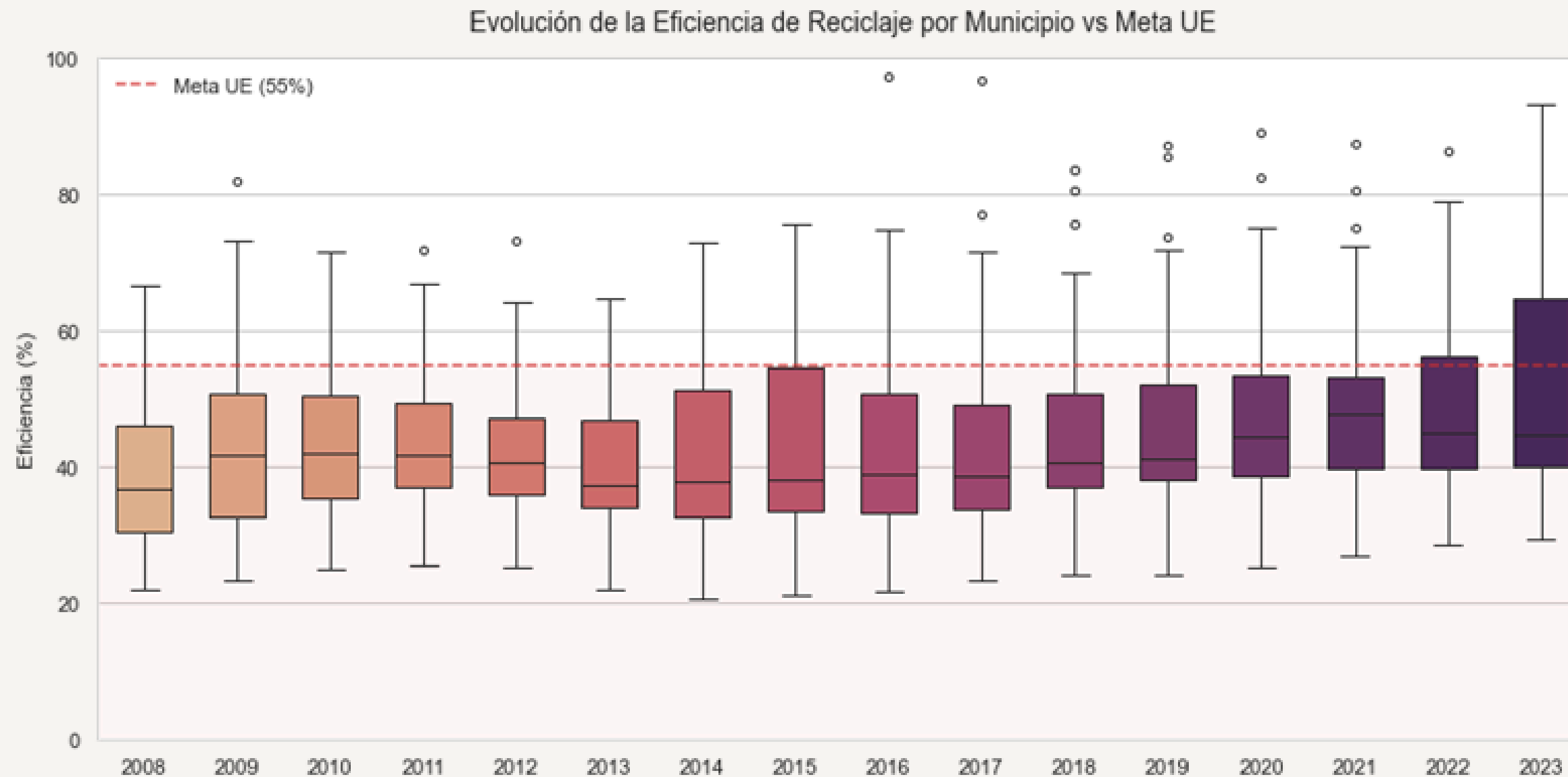
### ➡ Cumplidores:

Alta renta, aún lejos de su potencial de reciclaje

### ➡ Rezago crítico:

Barcelona y municipios densos — alta densidad, <40%

# Hallazgo 5: Directiva UE

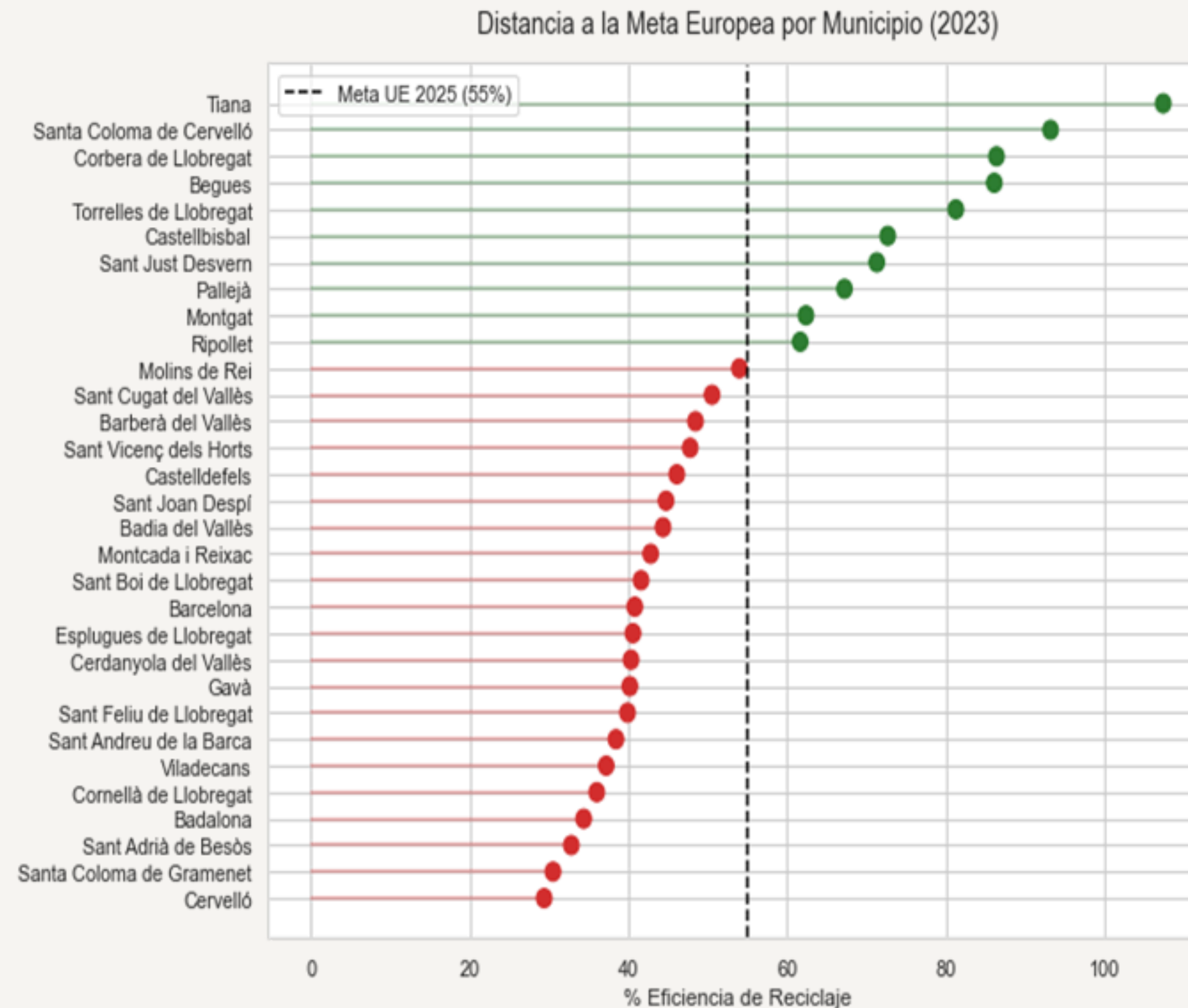


- La mediana del AMB ha subido progresivamente desde el 38% en 2008 hasta el 53% en 2023, --> 55%.
- La dispersión entre municipios se mantiene elevada a lo largo de todo el período.



# Hallazgo 5: Directiva UE (2023)

4 KPIs grandes



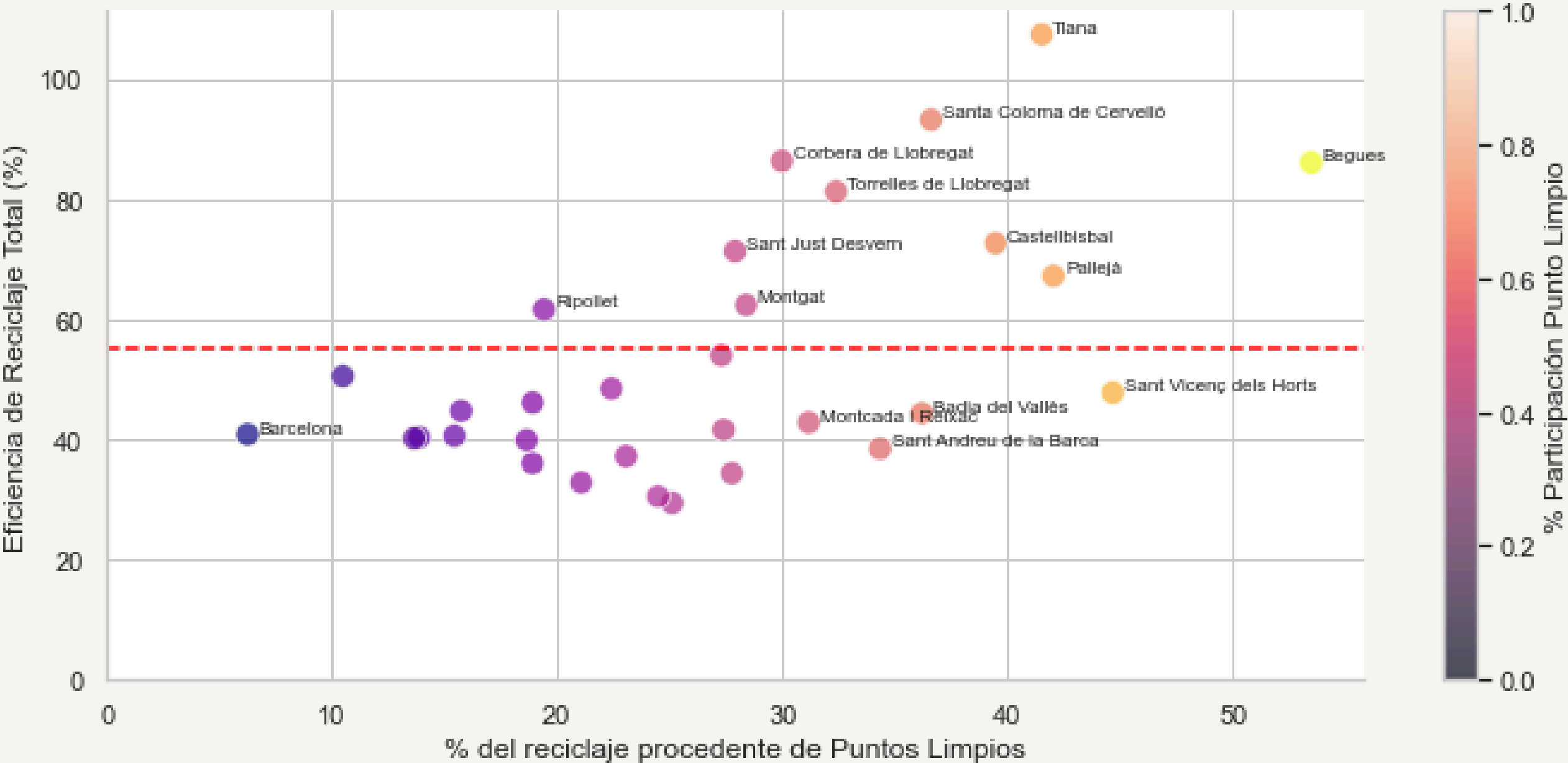
➔ KPI 1: 53,2%  
Eficiencia promedio AMB 2023

➔ KPI 2: 55%  
Meta UE 2025

➔ KPI 3: 10/31  
Municipios que cumplen

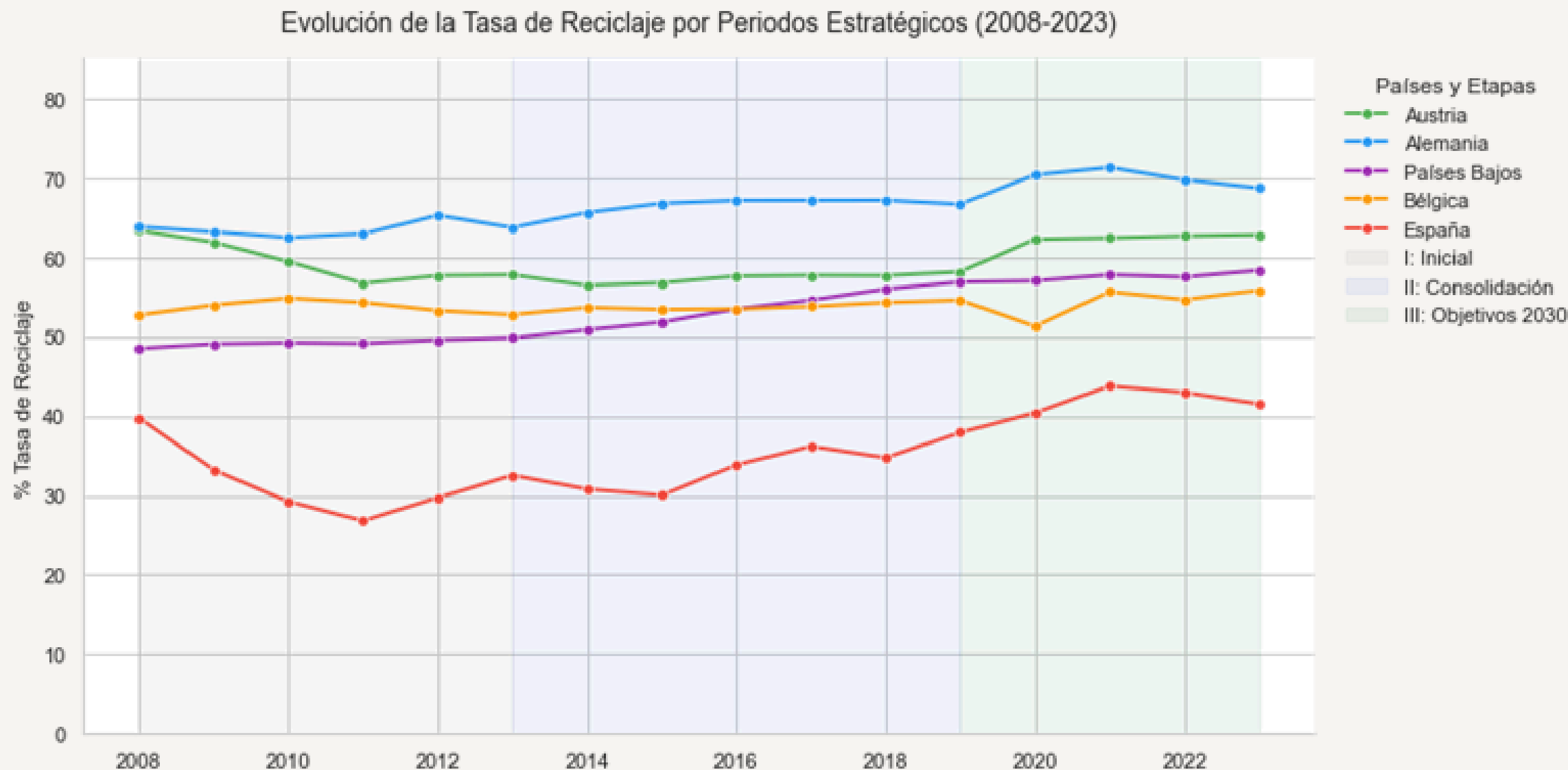
➔ KPI 2: >12 pt  
Brecha vs. líderes EU

Influencia de los Puntos Limpios en la Eficiencia de Reciclaje (2023)



El scatter muestra una relación positiva entre el peso de los Puntos Limpios en el reciclaje y la eficiencia total del municipio. Los municipios con mayor dependencia de los Puntos Limpios (>25% de su reciclaje) tienden a superar el umbral del 55%.

# Benchmarking europeo



## Evolución de la política ambiental:

### ➡ Fase I: 2008–2013

España cae al 28%. Líderes no bajan del 60%. Brecha llega a 35 pts.

### ➡ Fase II: 2014–2019

Recuperación lenta. España vuelve al 40%. Brecha persiste.

### ➡ Fase III: 2020–2023

Directiva activa: España al 42%. Líderes estables en 65–70%.

España: Alcanzar el 65% (2035) exige cambios de sistema, no solo mejoras incrementales. La brecha es estructural?

# Benchmarking Internacional de Gestión de Residuos (2023)



País	Generación (kg/hab)	Reciclaje (%)	Vertido (%)	Incineración (%)	Gasto (% PIB)
Alemania	613	68.7%	1.0%	30.3%	0.2%
Austria	782	62.8%	1.8%	35.4%	0.1%
Países Bajos	468	58.3%	1.3%	40.2%	0.6%
Bélgica	688	55.8%	0.1%	44.0%	0.4%
Dinamarca	759	46.6%	1.8%	51.0%	0.0%
España	465	41.5%	48.0%	10.5%	0.6%
Suecia	392	39.3%	1.0%	58.7%	0.1%

La convergencia con Europa no vendrá de gastar más, sino de reasignar el gasto actual del vertedero hacia sistemas de incentivo al ciudadano, siguiendo el modelo que los clusters líderes del AMB ya están empezando a implementar

## Gestión de Residuos en Barcelona (2023)

Año	Generación (kg/hab)	Reciclaje (%)	Gasto (% PIB)
2023	440	40.8%	0.1%

# Discusión ...



## Consistente con la literatura

- EKC validada (Grossman & Krueger 1995; Wu & Li 2025): superado el umbral, crecer no implica más basura.

## Los modelos se complementan

- La EKC detecta el patrón. El PanelOLS revela el mecanismo: el PIB era proxy del tamaño del hogar y la actividad territorial.

## Verdadero motor: demografía y territorio



- Tamaño del hogar (-3,45) y presión ETCA (-1,17) explican la generación per cápita. La renta resulta irrelevante.

## Limitaciones

- 5 municipios excluidos. Asociación no implica causalidad. Variables no observadas (infraestructura, campañas) no capturadas

# Conclusiones y recomendaciones

## Hallazgos clave:



- Desacoplamiento relativo genuino: DI negativo en 13/15 años
- EKC confirmada: umbral en 16.383 € PIB per cápita
- Tamaño del hogar: factor más asociado (elasticidad -3,45)
- AMB al 53,2% en 2023: cerca del 55%, lejos del 65% para 2035

## Recomendaciones:

- Priorizar infraestructura de recogida selectiva en municipios de rezago crítico
- Campañas para hogares pequeños y unipersonales (compra a granel, reparación)
- Impulsar recogida puerta a puerta y puntos limpios.

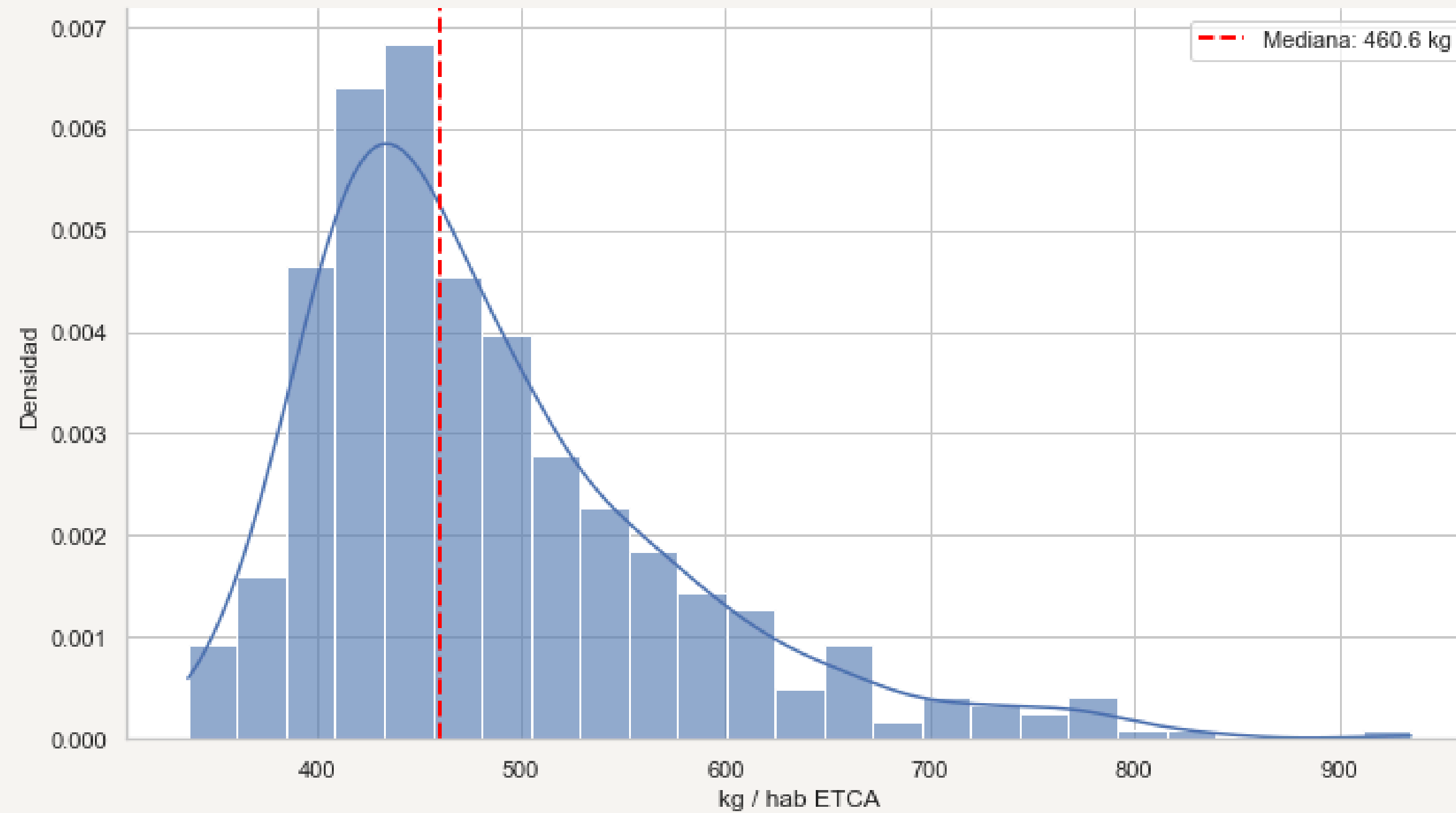


# Sí es posible crecer sin generar más basura.

Febrero, 2026

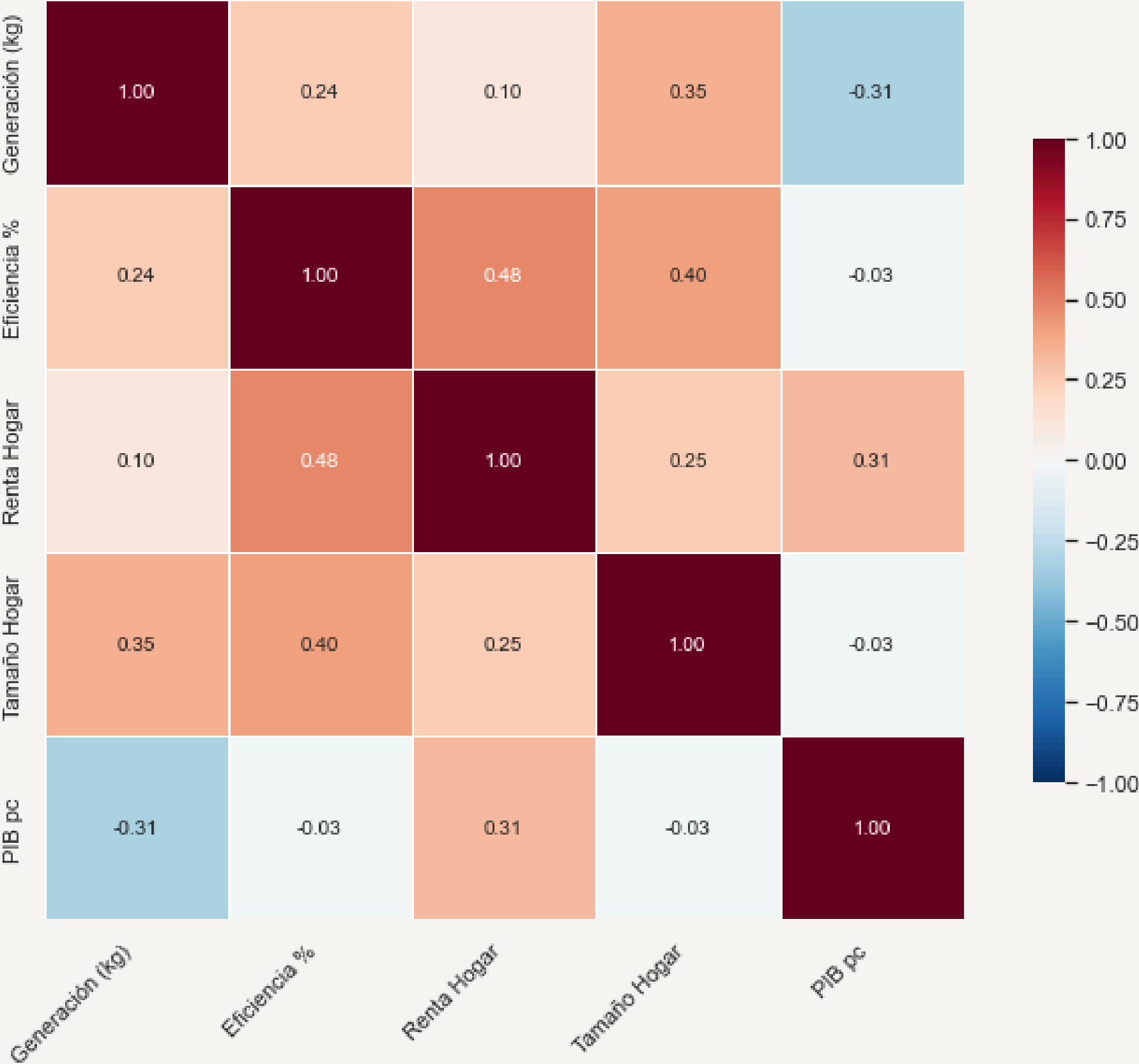


Distribución de la generación de residuos per cápita (kg/hab ETCA)





¿Qué factores se correlacionan con la generación de residuos?



Se utiliza el coeficiente de Spearman porque es robusto frente a valores extremos (como los de Barcelona) y distribuciones no normales. A diferencia de Pearson, mide relaciones monótonas no lineales, analizando el orden (rangos) y no solo la línea recta, lo que ofrece una visión más real y menos distorsionada de la tendencia metropolitana.



Método de la Silueta: selección del número óptimo de clusters

