



Universidad
Zaragoza

TRABAJO DE FIN DE GRADO EN ADMINISTRACIÓN Y DIRECCIÓN DE EMPRESAS

DESARROLLO DE LA ESTRUCTURA URBANA EN ESPAÑA DURANTE LOS SIGLOS XX Y XXI

Presentado por Juan Ignacio Bandrés Bernués

Dirigido por Fernando Sanz Gracia

Facultad de Economía y Empresa
2025

ÍNDICE

1. Introducción	3
2. España: Características económicas, demográficas y su evolución durante el siglo XX y XXI.	7
2.1. Historia	7
2.2. Evolución económica y demográfica	9
3. Metodología, LA DISTRIBUCIÓN DE PARETO Y LA LEY ZIPF.	17
4. Resultados y evolución.....	19
4.1. Análisis gráfico y descriptivo de la evolución.	24
4.2. Análisis estadístico del año 2020.....	27
5. Conclusiones	31
6. Bibliografía	34
Páginas web.....	34

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: variación de la población por provincias.....	15
--	----

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1: Porcentaje de población urbana en España 1960-2020	4
Gráfica 2: PIB total	10
Gráfica 3: tasa anual de crecimiento del PIB	11
Gráfica 4: PIB per cápita	11
Gráfica 5: Población total	13
Gráfica 6: migración neta	14
Gráfica 7: Población urbana (%)	15
Gráfica 8: evolución pirámide de población	16
Gráfica 9: Año 1900.....	20
Gráfica 10: año 1910	20
Gráfica 11: año 1920	21
Gráfica 12: año 1930	21
Gráfica 13: año 1940	21
Gráfica 14: año 1950	22
Gráfica 15: año 1960	22
Gráfica 16: año 1970	22
Gráfica 17: año 1981	23
Gráfica 18: año 1990	23
Gráfica 19: año 2000	23
Gráfica 20: año 2010	24
Gráfica 21: año 2020	24
Gráfica 22: regresión lineal.....	29

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Población urbana y población total de España, 1960-2020.....	5
Tabla 2: 10 ciudades más pobladas de España 1900-2020	19
Tabla 3: 25 ciudades más pobladas de España en 2020.....	28

1. Introducción

La estructura urbana y su evolución han sido aspectos fundamentales para comprender el desarrollo económico y social de los países a lo largo del tiempo. En el caso de España, la configuración de su red urbana a lo largo del siglo XX y XXI ha estado profundamente influenciada por diferentes factores históricos, económicos y políticos. Estos elementos han dado lugar a un entramado urbano cuya distribución nos permite explorar cómo ha sido el crecimiento y desarrollo de las ciudades y cómo estos fenómenos urbanos se relacionan con el progreso económico del país.

Una de las herramientas más relevantes para analizar la estructura urbana es la Ley de Zipf, propuesta por George Zipf en 1949. La Ley de Zipf establece que, en muchos fenómenos ordenados por tamaño o frecuencia, el segundo elemento tiene aproximadamente la mitad del valor del primero, el tercero un tercio, y así sucesivamente. Esta regla fue propuesta inicialmente para el estudio de la frecuencia de palabras en el libro “Ulises”, de James Joyce (*Zipf, 1949*), y se ha demostrado que puede aplicarse en diversos estudios. Algunos ejemplos son:

- La distribución del tamaño de archivos en internet, *Huberman y Adamic (1999)*. Descubrieron que la cantidad de visitas a páginas web o el tamaño de los archivos alojados en servidores sigue un patrón similar, con unas pocas páginas recibiendo una gran cantidad de visitas, mientras que la mayoría recibe solo unas pocas.
- El caudal de los ríos, *De Bartolo et al. (2006)*. Se observó que los ríos grandes tienen mucho más caudal que los pequeños, y que existe una relación predecible en la distribución de estos caudales.
- El número de citas académicas, *Price (1965)*. Encontró que la mayoría de los artículos reciben pocas citas, mientras que unos pocos artículos muy influyentes son referidos con mucha frecuencia.

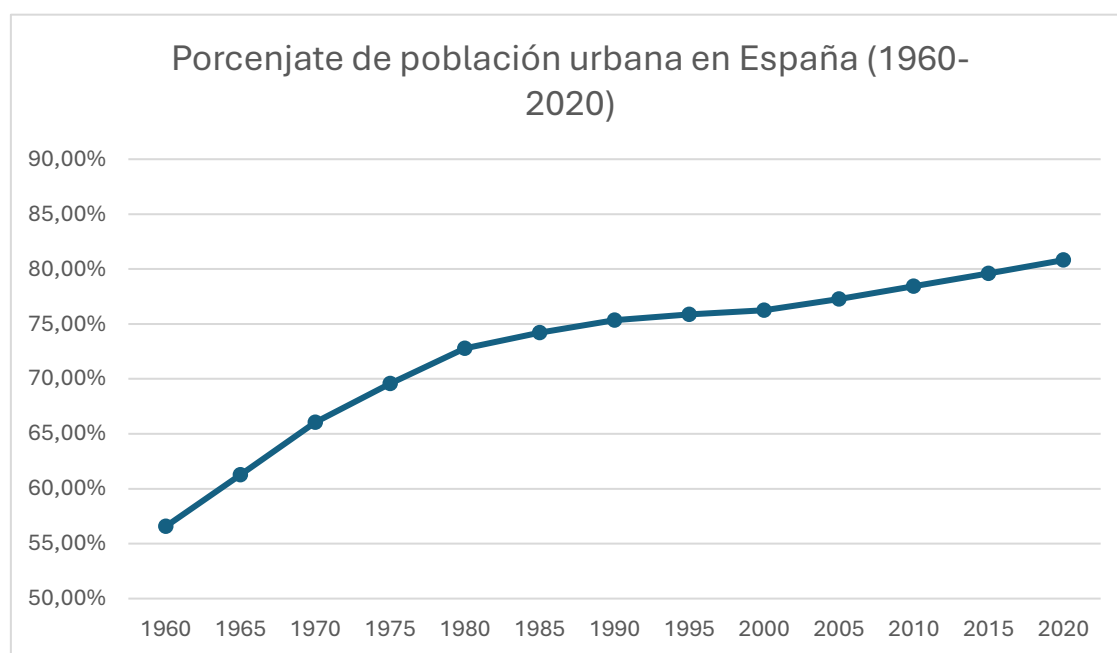
En el tema que nos concierne, la Ley de Zipf establece una relación inversa entre el tamaño de las ciudades y su posición en un ranking por población, donde la segunda ciudad más grande tiene aproximadamente la mitad de la población de la primera, la tercera un tercio de la primera, y así sucesivamente. Esta regularidad ha permitido entender mejor cómo las ciudades grandes concentran gran parte de la población y los recursos económicos, mientras que las ciudades más pequeñas siguen una tendencia de crecimiento diferente.

Sin embargo, existen estudios previos acerca del tamaño de las ciudades y la distribución urbana. El pionero en analizar este fenómeno fue Auerbach (1913), quien observó por vez primera este patrón en la distribución de ciudades. Posteriormente, Gibrat (1931) expandió esta investigación aplicando un enfoque empresarial a la distribución del tamaño de las firmas. Ambos autores sentaron las bases para el análisis estadístico del tamaño de las ciudades y su distribución, lo que permitió desarrollar posteriormente herramientas de estudio como la ley Zipf.

A lo largo de este trabajo, se realizará un repaso histórico y económico de los principales eventos que han influido en la evolución de la estructura urbana en España. Desde la industrialización del siglo XX hasta los fenómenos contemporáneos de globalización y terciarización, el análisis se apoyará en fuentes estadísticas y modelos económicos que permitan medir y entender cómo las ciudades han crecido y se han concentrado en función de su tamaño. Además de la Ley de Zipf, se recurrirá a los planteamientos teóricos de autores como *Krugman (1991)*, cuyas investigaciones sobre la geografía económica y las economías de aglomeración son clave para comprender la dinámica urbana.

La tabla 1 y la gráfica 1 presentan el porcentaje de la población urbana desde el año 1960 hasta 2020. Además, se incluyen los datos de población total y urbana, presentando así la importante evolución demográfica en España durante este período de tiempo.

Gráfica 1: Porcentaje de población urbana en España 1960-2020



Fuente: elaboración propia, basado en datos del Banco Mundial

Tabla 1: Población urbana y población total de España, 1960-2020

Año	Población urbana	Población total	%
1960	17227480	30455000	56,57%
1965	19580951	31954292	61,28%
1970	22330440	33814531	66,04%
1975	24876771	35757900	69,57%
1980	27289444	37491165	72,79%
1985	28549379	38469512	74,21%
1990	29286916	38867322	75,35%
1995	30133075	39724050	75,86%
2000	30937864	40567864	76,26%
2005	33727737	43653155	77,26%
2010	36535850	46576897	78,44%
2015	36971015	46444832	79,60%
2020	38276186	47365655	80,81%

Fuente: elaboración propia, basado en datos del Banco Mundial

Los datos aportados muestran el proceso de urbanización que se produjo en España a lo largo de la segunda mitad del siglo XX y principios del siglo XXI. Como se observa, en 1960 la población urbana representaba un 56,57% de la población, mientras que en 2020 este porcentaje ascendió al 80,81%, evidenciando un proceso constante de urbanización y concentración de la población en las ciudades. En términos absolutos, la población urbana aumentó desde aproximadamente 17,2 millones de personas en 1960 hasta 38,3 millones en 2020, alrededor de un 122% más.

Entre 1960 y 1975, el país experimentó el crecimiento más significativo en población urbana, pasando de un 56,57% a un 69,57% respectivamente de la población total. Este proceso fue impulsado principalmente por factores como la industrialización y el éxodo rural, en los que se profundizará más adelante. Este proceso continuó, aunque a un ritmo más moderado, en las décadas siguientes.

Teniendo en cuenta todo lo anterior, se intuye que este estudio tiene como objetivo proporcionar una visión detallada y cuantificable del desarrollo de la estructura urbana en España en los últimos 120 años, poniendo especial atención al período iniciado a partir de la década de 1960. Este proceso de urbanización es clave para entender el desarrollo económico y social de España, dado que las ciudades se consolidaron como los principales centros de actividad económica, atrayendo a una creciente proporción de la población. El estudio de esta evolución urbana resulta fundamental para comprender las dinámicas económicas y demográficas del país, y su impacto en el desarrollo de este.

El desarrollo de este trabajo se dividirá en los siguientes epígrafes: la introducción, donde se ha presentado el tema, contexto y los objetivos del presente trabajo; el segundo epígrafe, donde se profundizará en el trasfondo histórico y las características económicas y sociales del país en el período escogido; el tercero, en el cual se explicará la metodología utilizada para el análisis estadístico; el cuarto punto, donde se presentarán los datos empleados en el estudio y los resultados obtenidos y, por último, las conclusiones alcanzadas a partir de los hallazgos del trabajo.

2. España: Características económicas, demográficas y su evolución durante el siglo XX y XXI.

A continuación, vamos a repasar la historia reciente del país a analizar, España, así como sus principales características económicas y demográficas durante este período de tiempo. Previo al análisis, es preciso contestar a la siguiente pregunta: ¿por qué elegir España para este estudio?

España es un país especialmente relevante para este estudio debido a su profunda transformación económica y demográfica a lo largo del siglo XX y XXI, lo que lo convierte en un caso de estudio ideal para analizar el desarrollo urbano. De ser una nación agraria y atrasada a principios del siglo XX, España ha evolucionado hasta convertirse en una de las economías más grandes de Europa y del mundo, ocupando hoy en día el puesto número 15 del mundo por volumen de PIB. La cifra ascendió a 1.580.695 millones de dólares en 2023. Según un estudio del *Banco de España (2024)* Se espera que la cifra siga aumentando un 2,3% en 2024, 1,9% en 2025 y 1,7% en 2026, sobre todo gracias a un fuerte crecimiento en sectores como el turismo, los servicios y la tecnología. No obstante, España ocupa el puesto número 32 en cuanto a PIB per cápita, con un ingreso total de 32.677 dólares en 2023 (Banco Mundial).

España está ubicado en un lugar estratégico al suroeste del continente europeo, actuando como puente entre Europa y el continente africano, con acceso al Mar Mediterráneo y el Océano Atlántico. Cuenta con una superficie de alrededor de 505.000 kilómetros cuadrados, siendo el cuarto país más extenso de la Unión Europea. Su población es de más de 48 millones de habitantes, lo que da lugar a una densidad de población de 93 habitantes por kilómetro cuadrado. Según la Constitución de 1978, España es una monarquía parlamentaria, con el rey ejerciendo como jefe del Estado y un sistema de gobierno encabezado por el presidente del Gobierno, quien ejerce el poder ejecutivo. Administrativamente, está dividida en 17 comunidades autónomas y 2 ciudades autónomas.

2.1. Historia

España antes de 1900

Antes del año 1900, España experimentó una serie de cambios económicos, políticos y sociales que la moldeó hasta el país que es hoy.

España aparece como unidad política por primera vez durante el Imperio Romano, conformando junto al territorio del actual Portugal la provincia romana de Hispania. Tras la caída del Imperio Romano, el territorio español sufrió una serie de invasiones, primero por

parte de pueblos germánicos como los suevos, vándalos y visigodos, y más tarde por parte de los musulmanes. La edad media española se caracterizó por las constantes guerras entre los reinos cristianos y musulmanes. Tras la conquista de la práctica totalidad de la península por parte de los árabes, Los reinos cristianos iniciaron un lento proceso de reconquista que culminaron los Reyes Católicos Isabel de Castilla y Fernando de Aragón en 1492 con la caída del Reino de Granada. Durante esta época, la economía estaba basada principalmente en la agricultura y el comercio.

Durante el reinado de los Reyes Católicos se unificaron los reinos de Castilla, Aragón y Navarra. A su vez, comenzó un largo período de expansión imperial. El descubrimiento de América en 1492 impulsó un auge económico basado en la extracción de metales preciosos y el comercio internacional, convirtiendo a España en una potencia mundial durante los siglos XVI y XVII.

Sin embargo, el esplendor de los siglos XVI y XVII se desmoronó en el siglo XVIII. La economía española sufrió debido a guerras constantes, luchas internas y el agotamiento de los recursos coloniales. La dinastía Borbónica ascendió al trono español en 1700 con Felipe V provocando la guerra de sucesión (1701-1714). El nuevo monarca trató de implementar reformas para modernizar la administración y la economía, así como cambios en la organización territorial, centralizando el poder (Decretos de Nueva Planta). El siglo XVIII también estuvo marcado por un crecimiento demográfico que comenzó a cambiar la estructura económica y social de España, con una población que creció lentamente, pero de manera continua.

El inicio de la edad contemporánea estuvo marcado por profundas transformaciones debido a las guerras napoleónicas y las Guerras de Independencia (1808-1814), que resultaron en conflictos internos y la pérdida de gran parte del imperio colonial. La independencia de las colonias americanas debilitó la economía española, y redujo dramáticamente su territorio. A pesar de esto, España emprendió un proceso de modernización que incluyó la introducción de nuevas industrias y la construcción de infraestructuras, aunque el desarrollo industrial fue lento y más tardío que en otros países europeos.

Hacia finales del siglo XIX, España comenzó a experimentar una transformación significativa en su estructura económica y demográfica. Aunque la economía seguía siendo predominantemente agrícola, el impacto de la industrialización y la urbanización comenzó a hacerse sentir, sentando las bases para el desarrollo económico y urbano del siglo XX.

España a partir de 1900

El comienzo del siglo XX en España estuvo marcado por la crisis del sistema de la Restauración y la creciente inestabilidad social y política. La monarquía de Alfonso XIII, que intentó equilibrar las tensiones entre conservadores y republicanos, se enfrentó a problemas como la Guerra del Rif y los continuos conflictos obreros. La dictadura de Primo de Rivera (1923-1930), a la que se apodó dictablanda, fue un intento fallido de estabilizar el

país, lo que llevó a la proclamación de la Segunda República tras la victoria de los partidos republicanos en las elecciones municipales de 1931.

La Segunda República introdujo reformas ambiciosas en el ámbito social, educativo y agrario, como el voto femenino o la reforma agraria, pero los conflictos entre la derecha y la izquierda llevaron a un clima de polarización política. La falta de consenso entre los distintos sectores de la población y la división ideológica desembocaron en un golpe de Estado en 1936 que desencadenó la Guerra Civil.

La Guerra Civil Española (1936-1939) enfrentó al bando republicano y al bando nacional o sublevado. Tras tres años de conflicto bélico, el bando nacional salió victorioso, instaurándose una dictadura militar bajo el mandato del general Francisco Franco. Esta guerra supuso consecuencias devastadoras para España, tanto en pérdidas humanas como económicas.

El régimen de Franco comenzó con un fuerte aislamiento internacional y una política de autarquía. Los primeros años del franquismo estuvieron marcados por el estancamiento económico y la represión social. Sin embargo, a partir de los años 50, con la firma de acuerdos como el Pacto de Madrid (1953) entre España y Estados Unidos, el régimen comenzó a recibir ayuda internacional y se produjo una gradual apertura económica. Durante la década de 1960, el "milagro económico español" transformó la economía, con tasas de crecimiento del PIB cercanas al 7% anual, gracias a la liberalización económica, la inversión extranjera y el auge del turismo.

En el año 1975, fallece Franco y comienza un período de transición hacia la democracia, que culminó con la aprobación de la Constitución de 1978. A pesar de la conflictividad social y eventos como el golpe de estado de 1981 o el terrorismo de ETA y otros grupos armados, España logró establecer un régimen democrático estable.

En 1986, España ingresó en la Comunidad Económica Europea, lo que aceleró su modernización y crecimiento económico. Durante las décadas siguientes, el país experimentó una transformación económica y social. Sin embargo, la crisis financiera de 2008 afectó gravemente al país, causando altas tasas de desempleo y medidas de austeridad. A partir de 2014, España comenzó a recuperarse económicamente, aunque persistieron desafíos políticos, como el movimiento independentista en Cataluña. En el año 2020, tanto España como todo el mundo sufrió un importante parón en su actividad debido a la pandemia del Covid-19.

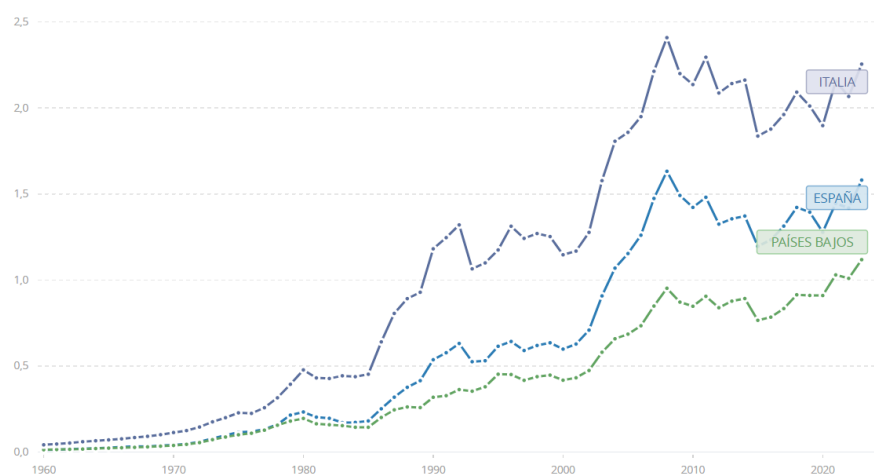
2.2. Evolución económica y demográfica

Una vez repasada la historia de España y los eventos más relevantes acontecidos en el país, vamos a centrarnos en el desarrollo económico y demográfico, exponiendo los datos más significativos y su evolución. Se analizarán los datos a partir de 1960, ya que, como se ha visto en el resumen histórico, es cuando España comienza a experimentar un notable cambio y crecimiento.

En el plano económico, podemos ver la evolución del PIB total de España y otros dos países de su entorno y pertenecientes a la OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico), Italia y Países Bajos (gráfica 2). Se pueden observar unas tendencias de crecimiento parecidas en los tres países. Esto es debido principalmente a la pertenencia de los tres países a bloques económicos como la UE, los ciclos económicos mundiales y a una estructura económica similar. Sin embargo, Italia es el país con el PIB más alto durante todo el período, mientras que España es el segundo y Países Bajos el tercero.

La tasa de crecimiento del PIB en España está representada en la gráfica 3. Podemos percibir unas tasas altas de crecimiento económico desde el año 1960 hasta mitad de los años 70. Esta es la ya mencionada época del “milagro económico español”. Sin embargo, la crisis del petróleo de 1973 afectó gravemente a la economía, reduciendo significativamente el crecimiento durante los años siguientes. Tras la Transición y la entrada de España en la Comunidad Económica Europea en 1986, aunque con altibajos, el país volvió a experimentar un crecimiento sólido durante los años 90 y principios de los 2000. Sin embargo, la crisis financiera global de 2008 golpeó duramente a España, llevándola a una recesión severa con una contracción del PIB que superó el 3% en 2009. Tras años de recuperación lenta, la economía volvió a crecer de manera estable hasta que la pandemia de COVID-19 en 2020 causó otra fuerte contracción, con una caída del PIB de alrededor del 10%, la mayor de la serie.

Gráfica 2: PIB total



Fuente: Banco Mundial

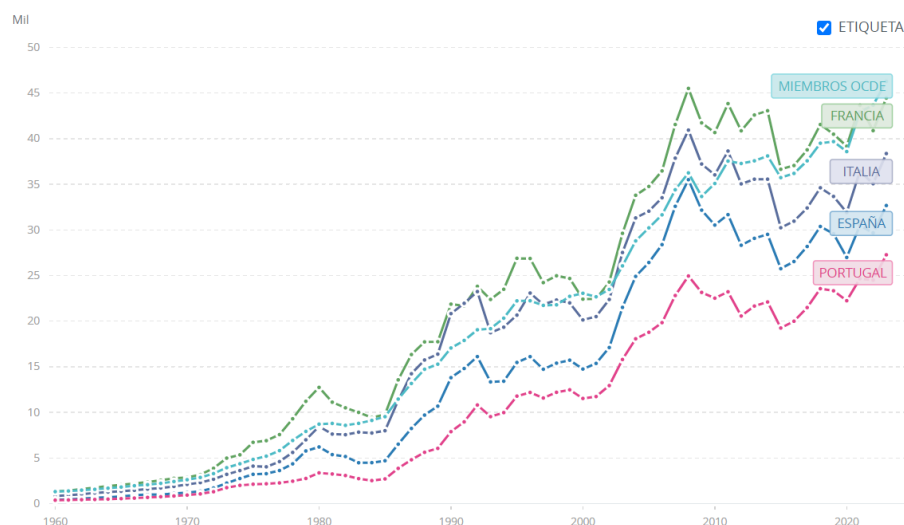
Gráfica 3: tasa anual de crecimiento del PIB



Fuente: Banco Mundial

En la gráfica 4, se puede apreciar el PIB per cápita de España y varios países de su entorno, así como la media de todos los países de la OCDE, durante los años a evaluar. Observamos una tendencia similar en todos los países, con un crecimiento sostenido del PIB per cápita hasta la crisis del 2008. A partir de ese año, comienza una etapa de inestabilidad, con años aumentado y años decreciendo. De hecho, el PIB per Cápita de España, Italia o Francia en el año 2023 es inferior al registrado en el año 2008, evidenciando un estancamiento en la economía de estos países de Europa Occidental. También podemos ver que Francia es el país con mayor PIB per cápita durante toda la serie, seguido de Italia, España y, por último, Portugal.

Gráfica 4: PIB per cápita



Centrándonos en la demografía, en la gráfica 5 podemos observar la evolución que ha experimentado el país en cuanto a población total. Se percibe una etapa de crecimiento sostenido desde el año 1960 hasta los años 80, cuando el crecimiento se comienza a estancar. No obstante, al inicio de la década de los 2000 hasta el estallido de la crisis económica del 2008, podemos observar una clara tendencia ascendente. Este crecimiento durante principios de siglo XX se debe principalmente a la inmigración.

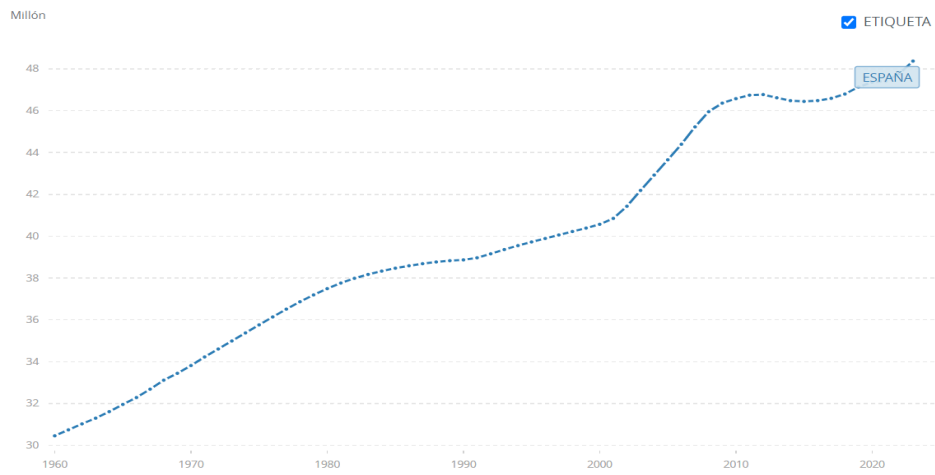
Como se puede apreciar en la gráfica 6, hasta los años 90, la migración neta en España es prácticamente 0 todos los años. A partir de 1990 el número aumenta a cerca de 200.000 personas anuales de saldo positivo migratorio. Como antes se ha mencionado, la migración neta aumenta significativamente a partir del año 2000, dando lugar a tasas de crecimiento demográfico no vistas hasta la época. El aumento en la inmigración es impulsado por el momento de bonanza económica que se vivía en aquella época y la creciente necesidad de mano de obra, ya que el desarrollo económico se basó principalmente en la promoción inmobiliaria.

Este saldo migratorio disminuye drásticamente a partir de la crisis de 2008, llegando a estar en negativo durante unos años. Durante la década siguiente, el indicador se recupera, ya que España es de nuevo un país receptor de inmigración.

Por otro lado, el crecimiento demográfico de los años 1960 a 1980 se debe principalmente a la alta tasa de fecundidad (gráfica 5), llegando a alcanzar los 3 hijos por mujer española en 1965. A partir de los años 80, la tasa de fecundidad fue descendiendo hasta su mínimo histórico en el año 2000, 1,1 hijos por mujer. Este descenso se produjo por diversas causas como la incorporación de la mujer al mercado laboral, el acceso a novedosos métodos anticonceptivos o a cambios en los valores sociales y las prioridades personales

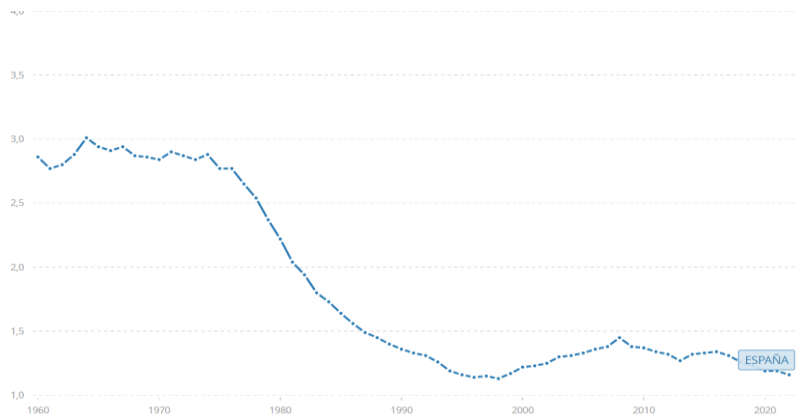
A partir del año 2000, este indicador experimenta una leve subida, encontrándose entre 1,2 y 1,4 hijos durante los años siguientes. Sin embargo, hoy en día la tendencia es nuevamente descendiente.

Gráfica 5: Población total



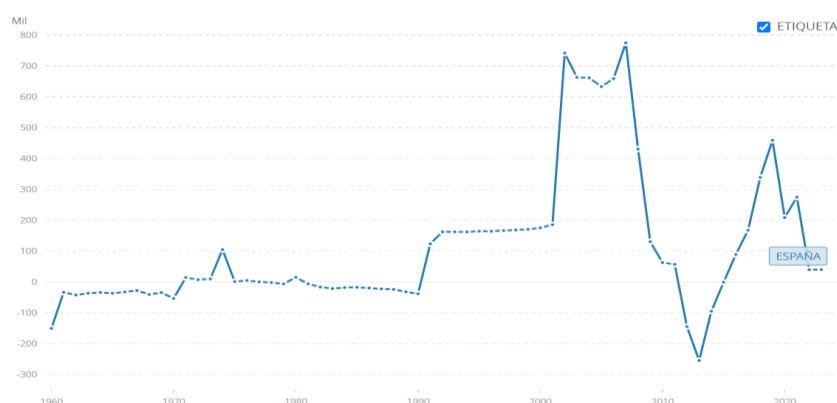
Fuente: Banco Mundial

Gráfica 5: Tasa de fecundidad



Fuente: Banco Mundial

Gráfica 6: migración neta



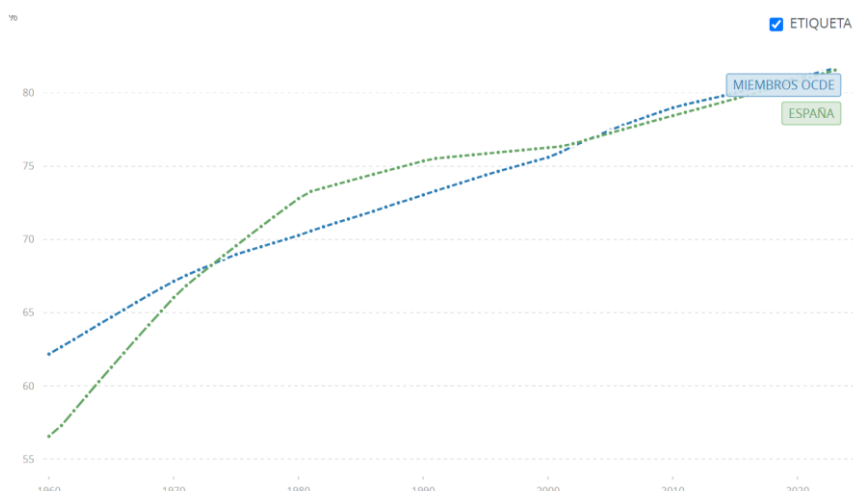
Fuente: Banco Mundial

En la gráfica 7 podemos observar el porcentaje de población urbana de España y el de la media de la OCDE. Desde 1960, la evolución de la población urbana en España ha mostrado una tendencia de crecimiento acelerado, en línea con el desarrollo económico y la urbanización generalizada. En la década de 1960, la urbanización en España estaba en proceso de aceleración debido a la industrialización y el crecimiento económico del país. De hecho, en los años 70, la tasa de urbanización española llega a superar a la de la media de los países de la OCDE, pese a empezar desde un punto bastante más bajo. Durante las décadas siguientes, especialmente desde los años 80, el porcentaje de población urbana en España creció de manera constante, alcanzando alrededor del 80% para finales del siglo XX y principios del XXI. Este aumento fue impulsado por el éxodo rural, la expansión de las ciudades y el desarrollo de infraestructuras.

En comparación, la media de la OCDE ha mostrado una tendencia similar hacia la urbanización, aunque con una tasa de crecimiento más moderada durante las décadas de 1960 y 1970. En general, todos los países de la OCDE han experimentado un aumento progresivo en la población urbana desde 1960, con un porcentaje de población urbana que también ha alcanzado niveles altos, alrededor del 80-85% en las últimas décadas.

En cuanto al futuro, El informe "Rural-Urban Linkages: New Evidence and Policy Directions" de la OCDE (2020) señala que la tendencia global hacia la urbanización seguirá intensificándose en las próximas décadas. Se espera que las áreas urbanas continúen expandiéndose a un ritmo más rápido que las áreas rurales, con un crecimiento poblacional importante. Además, la OCDE subraya que, para manejar esta expansión, es crucial desarrollar políticas que fortalezcan las conexiones entre zonas urbanas y rurales, promoviendo una planificación amplia que aborde desafíos como la infraestructura y el acceso a servicios.

Gráfica 7: Población urbana (%)



Fuente: Banco Mundial

En el siguiente mapa, podemos observar la variación poblacional en las provincias españolas entre 1950 y 1981. El mapa revela un gran aumento de población en las provincias más industrializadas y que albergan grandes ciudades, mientras que las provincias más rurales sufren una disminución en su población. Este éxodo rural se puede entender gracias a la teoría de los rendimientos crecientes y la geografía económica propuesta por *Paul Krugman (1991)*. Según Krugman, en mercados con rendimientos crecientes, las economías tienden a concentrarse en ciertos lugares debido a las ventajas acumulativas, como la mayor oferta de empleo y servicios en las áreas urbanas.

La centralización de la actividad económica y las oportunidades en las grandes ciudades y en las provincias costeras llevó a una migración interna hacia estos centros urbanos, reflejando las predicciones de Krugman sobre la desigual distribución de la población en regiones con economías de escala creciente.

Ilustración 1: variación de la población por provincias



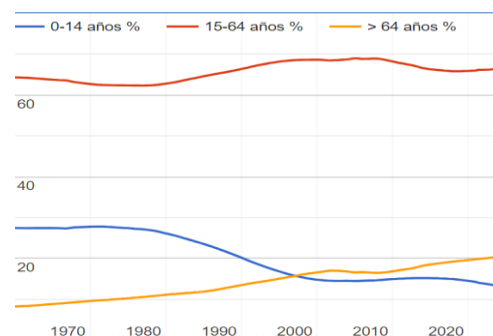
Fuente: Wikipedia

En cuanto a la estructura poblacional, el 51% de los españoles son mujeres, siendo el porcentaje algo mayor al de los hombres, que representan el 49% restante.

Centrándonos en a la edad de la población, España es un país envejecido, como muchos otros del continente europeo. La edad media de la población española en 2020 era de 44,9 años (statista). Sin embargo, esto no fue siempre así. En los años 60, España tenía una población media más joven debido al "baby boom" y a altas tasas de natalidad. En el año 1960, la media de edad española se situaba en 29,1 años.

Como podemos ver en la gráfica 8, el grupo de población más numeroso actualmente es el de persona de 15 a 64 años, seguido de los mayores de 64 años y, por último, los menores de 14 años.

Gráfica 8: evolución pirámide de población



Fuente: Datosmacro

3. Metodología, LA DISTRIBUCIÓN DE PARETO Y LA LEY ZIPF.

En este estudio, la metodología se va a basar en la aplicación de dos leyes fundamentales en el tamaño de las ciudades: la ya mencionada Ley de *Zipf* (1949) y la ley de *Pareto* (1896). Para evaluar la evolución de la estructura urbana en España desde 1900 hasta 2020, se analizarán las 10 ciudades más pobladas del país cada 10 años, aplicando estas leyes estadísticas que nos permitirán entender la relación entre el tamaño y el rango de las ciudades.

La ley de Pareto establece que, en muchos sistemas, una pequeña proporción de los sujetos (en este caso particular las ciudades) concentra una gran proporción del total (en este caso, población). Esta Ley se describe con la siguiente fórmula matemática:

$$P(\text{Tamaño} > S_R) = \alpha \cdot R^{-b}$$

Donde:

- S_R es la población o tamaño de una ciudad que se encuentra en un rango R . Por ejemplo, en el caso de España $R=1$ es para Madrid, $R=2$ Barcelona y $R=3$ Valencia.
- α es una constante
- b es el exponente de Pareto, que define la forma de la distribución

La ley de Zipf (1949) es un caso especial de ley de Pareto, donde el exponente de Pareto b se aproxima a 1. Esto quiere decir que el tamaño de una ciudad es inversamente proporcional a su rango en la lista de urbes más pobladas. Matemáticamente, si el exponente de Pareto es 1, la ley de Zipf se expresa de la siguiente manera:

$$\text{Tamaño} \sim \frac{1}{R}$$

En otras palabras, si una ciudad es la segunda más grande, su tamaño será aproximadamente la mitad de la población de la primera. Si es la tercera ciudad, su tamaño será un tercio, y así sucesivamente. El objetivo metodológico es comprobar si las ciudades españolas siguen este patrón a lo largo del tiempo.

Para verificar si las ciudades españolas siguen actualmente la distribución de Zipf, se realizará también una regresión lineal sobre los datos poblacionales. La fórmula que utilizaremos será la siguiente:

$$\ln(\text{Rango} - 0,5) = \alpha + b \ln(\text{Tamaño})$$

Donde:

- $\ln(\text{Rango} - 0,5)$ es el logaritmo natural del rango de la ciudad
- $\ln(\text{Tamaño})$ Es el logaritmo natural de la población de la ciudad
- α es el intercepto de la regresión

- b es la pendiente de la recta, en el caso de que la ley Zipf se cumpla, debe ser cercano a -1.

La regresión lineal permite verificar la relación entre el rango y el tamaño de las ciudades, evaluando el grado de ajuste a la ley de Zipf. Utilizando los datos poblacionales y de rango, calcularemos $\ln(Rango - 0,5)$ y $\ln(Tamaño)$ para cada ciudad. Los valores obtenidos se utilizarán para obtener la regresión lineal y estimar los coeficientes α y b .

Además, se calculará el coeficiente de determinación R^2 que indica el grado de ajuste de los datos al modelo. Si los valores obtenidos son cercanos a 1, la relación entre el rango y el tamaño de las ciudades seguirá el patrón propuesto.

4. Resultados y evolución

La tabla 2 es la base de datos en la que se va a basar este estudio. Todos los datos recogidos están sacados de los censos disponibles en el Instituto Nacional de Estadística, por lo tanto, tienen carácter oficial.

En ella podemos encontrar la población de las 10 ciudades más pobladas de España cada 10 años, desde 1900 a 2020, con la excepción de 1981, ya que fue el año que se realizó el censo oficial en vez de en 1980. Las ciudades están ordenadas de mayor a menor, y aparece el número total de habitantes, así como el porcentaje de población que tienen con respecto a la ciudad más poblada.

A partir de los datos aportados por la tabla 2, podemos empezar a intuir si se sigue la distribución de Pareto o no, así como la verificación del cumplimiento total o parcial de la ley de Zipf.

Las gráficas siguientes representan la población de las 10 urbes más grandes de España año a año. los puntos representan La población censada de cada ciudad, mientras que la línea de tendencia representa la que deberían tener de acuerdo con el sistema establecido por Zipf. Estas gráficas también serán de utilidad para la verificación del cumplimiento parcial o total de la ley, aportando una perspectiva más visual.

Tabla 2: 10 ciudades más pobladas de España 1900-2020

1900				1910				1920			
Rango	ciudad	población	% respecto a 1	Rango	ciudad	población	% respecto a 1	Rango	ciudad	población	% respecto a 1
1	Madrid	540109	100,00%	1	Madrid	599807	100,00%	1	Madrid	750896	100,00%
2	Barcelona	533000	98,68%	2	Barcelona	587411	97,93%	2	Barcelona	710335	94,60%
3	Valencia	213550	39,54%	3	Valencia	233348	38,90%	3	Valencia	251258	33,46%
4	Sevilla	148315	27,46%	4	Sevilla	158287	26,39%	4	Sevilla	205529	27,37%
5	Málaga	130109	24,09%	5	Málaga	136365	22,73%	5	Málaga	150584	20,05%
6	Murcia	111539	20,65%	6	Murcia	125057	20,85%	6	Zaragoza	141350	18,82%
7	Cartagena	103373	19,14%	7	Zaragoza	111704	18,62%	7	Murcia	141175	18,80%
8	Zaragoza	96118	18,35%	8	Cartagena	102542	17,10%	8	Bilbao	112819	15,02%
9	Bilbao	83306	15,42%	9	Bilbao	93536	15,59%	9	Granada	103368	13,77%
10	Granada	75900	14,05%	10	Granada	80511	13,42%	10	Cartagena	101613	13,53%

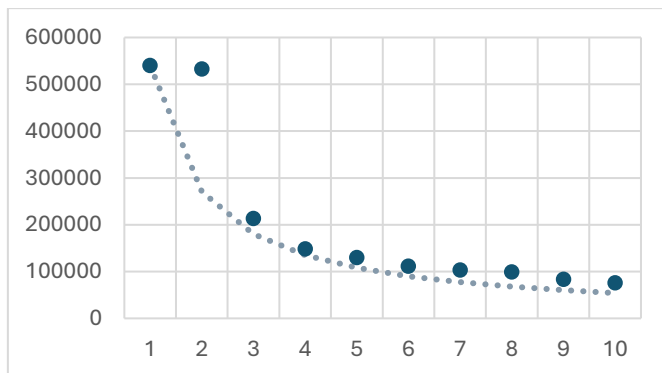
1930				1940				1950			
Rango	ciudad	población	% respecto a 1	Rango	ciudad	población	% respecto a 1	Rango	ciudad	población	% respecto a 1
1	Barcelona	1005565	100,00%	1	Madrid	1088647	100,00%	1	Madrid	1618435	100,00%
2	Madrid	952832	94,76%	2	Barcelona	1081175	99,31%	2	Barcelona	1280179	79,10%
3	Valencia	320195	31,84%	3	Valencia	450756	41,41%	3	Valencia	509075	31,45%
4	Sevilla	228729	22,75%	4	Sevilla	312123	28,67%	4	Sevilla	376627	23,27%
5	Málaga	188010	18,70%	5	Zaragoza	238601	21,92%	5	Málaga	276222	17,07%
6	Zaragoza	173987	17,30%	6	Málaga	238085	21,87%	6	Zaragoza	264256	16,33%
7	Bilbao	161987	16,11%	7	Bilbao	195186	17,93%	7	Bilbao	229234	14,16%
8	Murcia	158724	15,78%	8	Murcia	193731	17,80%	8	Murcia	218375	13,49%
9	Granada	118179	11,75%	9	Granada	155405	14,28%	9	Córdoba	165403	10,22%
10	Córdoba	103106	10,25%	10	Córdoba	143296	13,16%	10	Granada	154378	9,54%

1960				1970				1981			
Rango	ciudad	población	% respecto a 1	Rango	ciudad	población	% respecto a 1	Rango	ciudad	población	% respecto a 1
1	Madrid	2259931	100,00%	1	Madrid	3146071	100,00%	1	Madrid	3188297	1
2	Barcelona	1557863	68,93%	2	Barcelona	1745142	55,47%	2	Barcelona	1754900	0,550419236
3	Valencia	505066	22,35%	3	Valencia	653690	20,78%	3	Valencia	751734	0,235779164
4	Sevilla	442300	19,57%	4	Sevilla	548072	17,42%	4	Sevilla	653833	0,205072802
5	Zaragoza	326316	14,44%	5	Zaragoza	479845	15,25%	5	Zaragoza	590750	0,185287004
6	Málaga	301048	13,32%	6	Bilbao	410490	13,05%	6	Málaga	503251	0,1578432
7	Bilbao	297942	13,18%	7	Málaga	374452	11,90%	7	Bilbao	433030	0,135818589
8	Murcia	249738	11,05%	8	Las Palmas de GC	287038	9,12%	8	Las Palmas de GC	366454	0,114937222
9	Córdoba	198148	8,77%	9	Murcia	243759	7,75%	9	Valladolid	330242	0,103579434
10	Las palmas de GC	193862	8,58%	10	Valladolid	236341	7,51%	10	Palma	304422	0,095481067

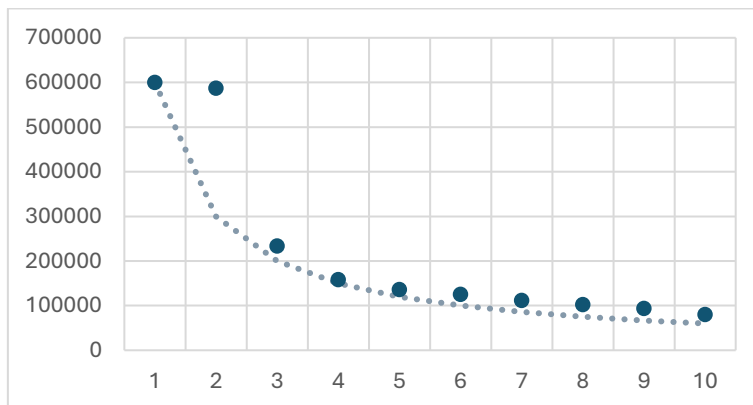
1990				2000				2010			
Rango	ciudad	población	% respecto a 1	Rango	ciudad	población	% respecto a 1	Rango	ciudad	población	% respecto a 1
1	Madrid	3120732	100,00%	1	Madrid	2882860	100,00%	1	Madrid	3273049	100,00%
2	Barcelona	1707286	54,71%	2	Barcelona	1496266	51,90%	2	Barcelona	1619337	49,47%
3	Valencia	758738	24,31%	3	Valencia	739014	25,63%	3	Valencia	809267	24,73%
4	Sevilla	678218	21,73%	4	Sevilla	700716	24,31%	4	Sevilla	704198	21,52%
5	Zaragoza	592686	18,99%	5	Zaragoza	604631	20,97%	5	Zaragoza	675121	20,63%
6	Málaga	560495	17,96%	6	Málaga	531565	18,44%	6	Málaga	568507	17,37%
7	Bilbao	383798	12,30%	7	Las Palmas de GC	358518	12,44%	7	Murcia	441345	13,48%
8	Las Palmas de GC	373846	11,98%	8	Murcia	357166	12,39%	8	Palma	404681	12,36%
9	Valladolid	333680	10,69%	9	Bilbao	354271	12,29%	9	Las Palmas de GC	383308	11,71%
10	Palma	325120	10,42%	10	Palma	333925	11,58%	10	Bilbao	353187	10,79%

2020			
Rango	ciudad	población	% respecto a 1
1	Madrid	3334730	100,00%
2	Barcelona	1664182	49,90%
3	Valencia	800215	24,00%
4	Sevilla	691395	20,73%
5	Zaragoza	681877	20,45%
6	Málaga	578460	17,35%
7	Murcia	459403	13,78%
8	Palma	422587	12,67%
9	Las Palmas de GC	381223	11,43%
10	Bilbao	350184	10,50%

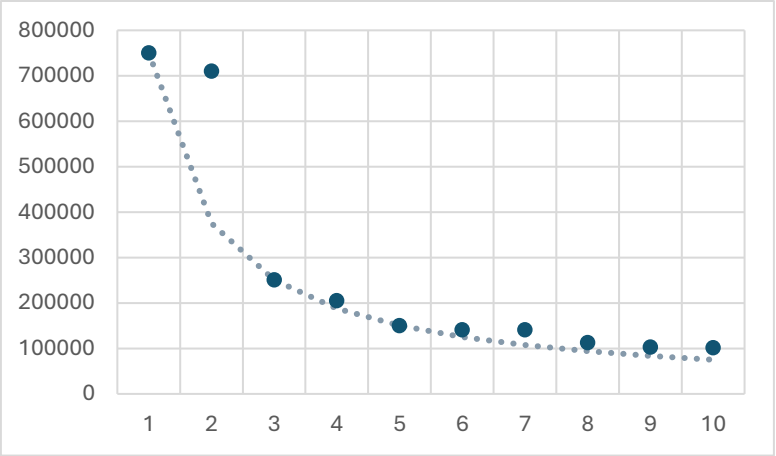
Gráfica 9: Año 1900



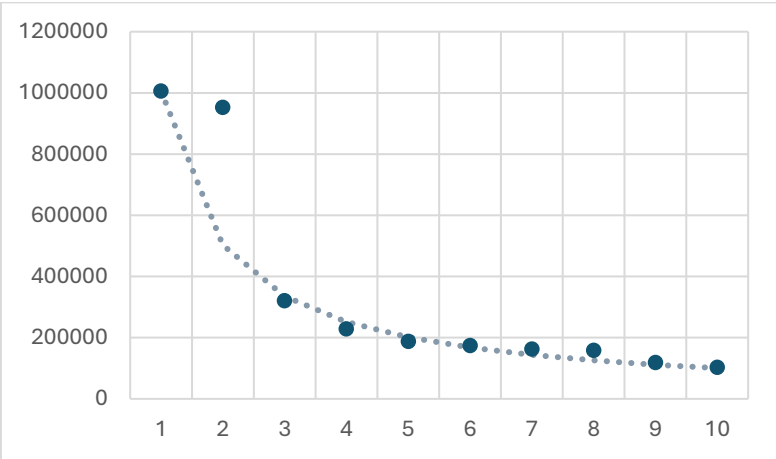
Gráfica 10: año 1910



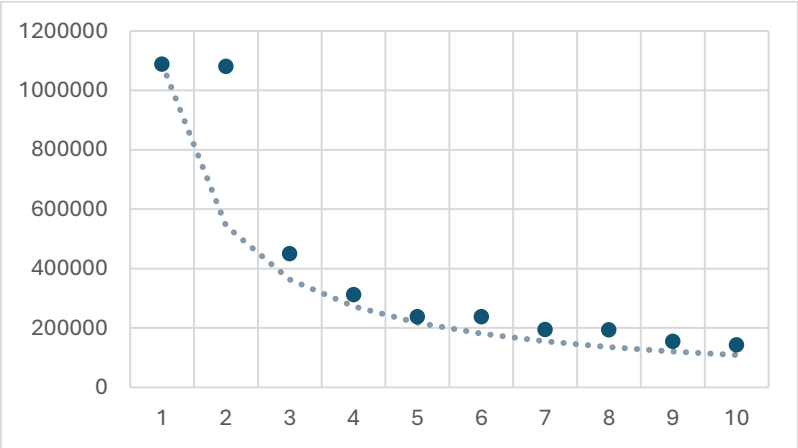
Gráfica 11: año 1920



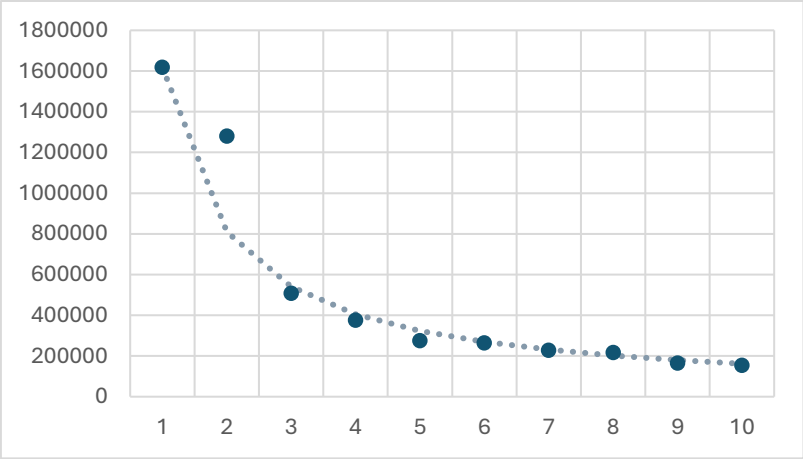
Gráfica 12: año 1930



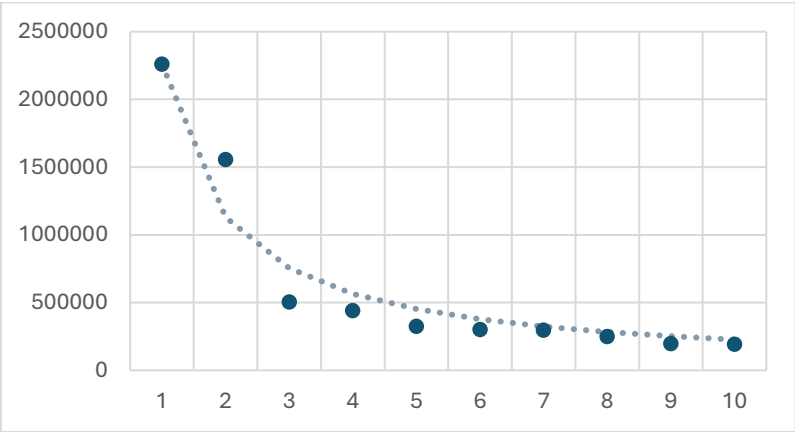
Gráfica 13: año 1940



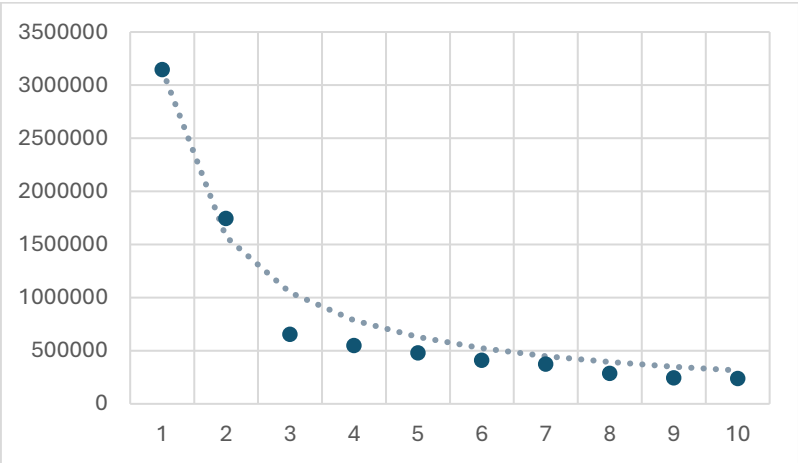
Gráfica 14: año 1950



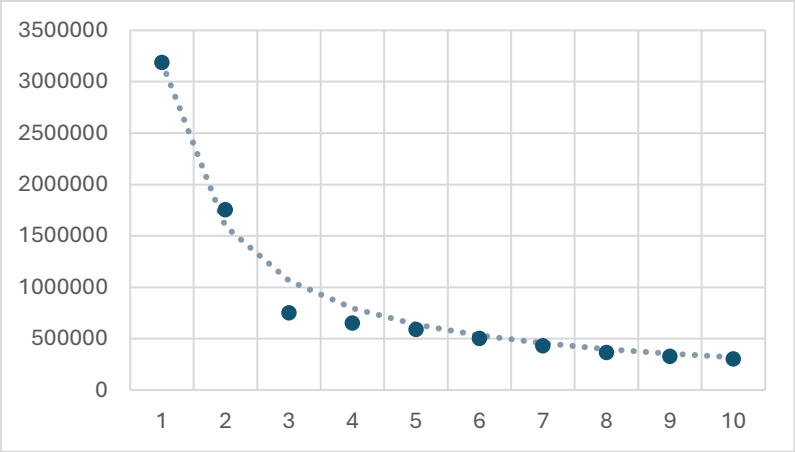
Gráfica 15: año 1960



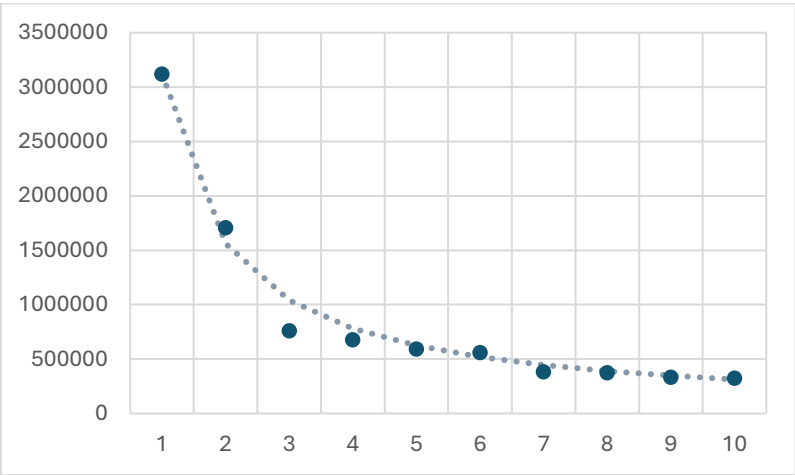
Gráfica 16: año 1970



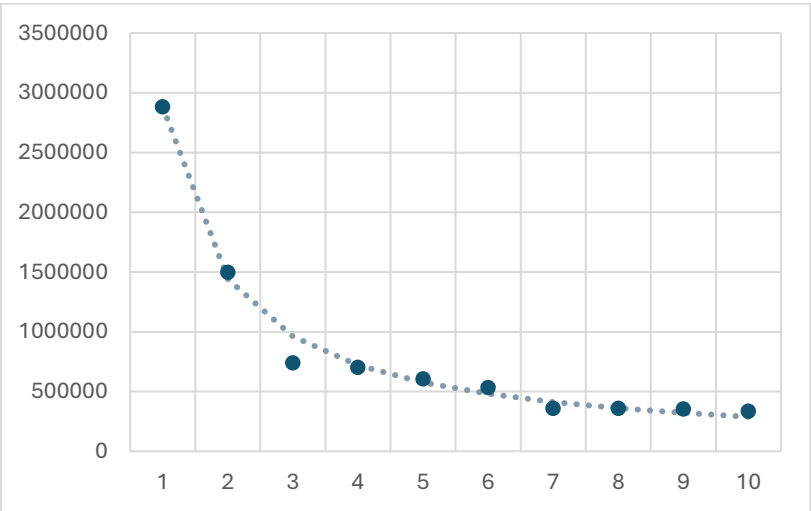
Gráfica 17: año 1981



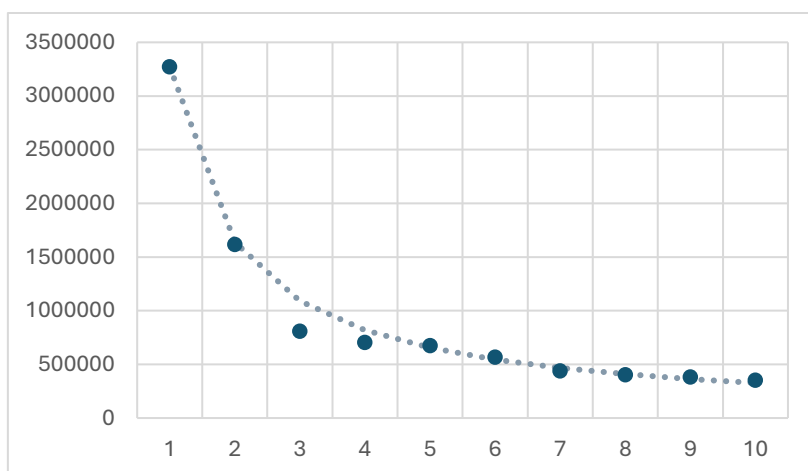
Gráfica 18: año 1990



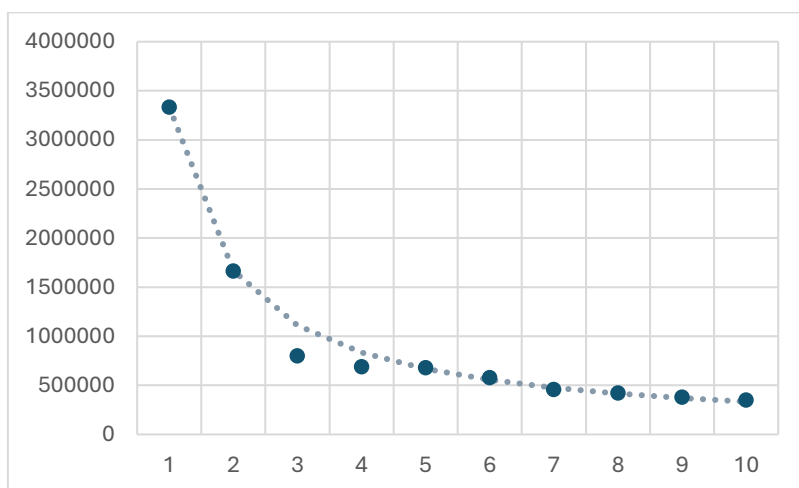
Gráfica 19: año 2000



Gráfica 20: año 2010



Gráfica 21: año 2020



4.1. Análisis gráfico y descriptivo de la evolución.

Al analizar los diez núcleos urbanos más poblados de España por cada década, si bien este enfoque no incluye toda la complejidad del panorama urbano, sí ofrece una herramienta valiosa para observar cómo se ajusta la distribución poblacional a la Ley de Zipf. Como se explicó anteriormente, esta ley es un intento de representar matemáticamente la relación entre el tamaño de las ciudades y su posición en un ranking poblacional. No obstante, la Ley de Zipf no explica cómo se origina la distribución en sí, sino que plantea qué comportamientos y dinámicas pueden satisfacer esta relación de proporcionalidad.

La Ley de Zipf predice que, para una distribución ideal, la población de las ciudades sigue una progresión decreciente, en la que la ciudad más grande es aproximadamente el doble que la segunda, el triple que la tercera, y así sucesivamente. Si esta ley se cumpliera de forma exacta en el contexto español, deberíamos observar una proporción poblacional que siga la secuencia de los primeros diez números naturales. Es decir, la segunda ciudad más poblada debería tener la mitad de la población que la primera, la tercera un tercio, y así

sucesivamente. Por lo tanto, en el rango k-ésimo, la población de cada centro urbano tiene que ser una k-ésima parte de la más poblada. En concreto, para el estudio de las 10 ciudades españolas más pobladas, tiene que seguir los valores de la siguiente tabla:

1	100,00%
2	50,00%
3	33,33%
4	25,00%
5	20,00%
6	16,67%
7	14,29%
8	12,50%
9	11,11%
10	10,00%

Al observar los datos disponibles en la tabla 2 y las gráficas siguientes para las principales ciudades de España a lo largo de las décadas, queda claro que esta relación no se cumple de manera estricta. Sin embargo, este tipo de estudio es útil para identificar patrones de concentración urbana y cómo la distribución poblacional responde a otras dinámicas sociales, económicas y geográficas que van más allá de la matemática pura.

A continuación, analizaremos en detalle la población de las ciudades en cada década, su evolución a lo largo del tiempo y su ajuste más o menos exacto a la ley de Zipf.

1900				1910				1920			
Rango	ciudad	población	% respecto a 1	Rango	ciudad	población	% respecto a 1	Rango	ciudad	población	% respecto a 1
1	Madrid	540109	100,00%	1	Madrid	599807	100,00%	1	Madrid	750896	100,00%
2	Barcelona	533000	98,68%	2	Barcelona	587411	97,93%	2	Barcelona	710335	94,60%
3	Valencia	213550	39,54%	3	Valencia	233348	38,90%	3	Valencia	251258	33,46%
4	Sevilla	148315	27,46%	4	Sevilla	158287	26,39%	4	Sevilla	205529	27,37%
5	Málaga	130109	24,09%	5	Málaga	136365	22,73%	5	Málaga	150584	20,05%
6	Murcia	111539	20,65%	6	Murcia	125057	20,85%	6	Zaragoza	141350	18,82%
7	Cartagena	103373	19,14%	7	Zaragoza	111704	18,62%	7	Murcia	141175	18,80%
8	Zaragoza	99118	18,35%	8	Cartagena	102542	17,10%	8	Bilbao	112819	15,02%
9	Bilbao	83306	15,42%	9	Bilbao	93536	15,59%	9	Granada	103368	13,77%
10	Granada	75900	14,05%	10	Granada	80511	13,42%	10	Cartagena	101613	13,53%

Durante la primera serie de datos, se observa que la población de todas las ciudades se encuentra por encima del rango de la ley de Zipf. Pese a que las ciudades se encuentran por encima de los rangos establecidos por la ley de Zipf, si que siguen un patrón descendente claro, a excepción de la población de Barcelona, que es casi idéntica a la de Madrid. Durante los dos registros siguientes, la situación es similar a la de el primero ya mencionado, aunque las series de datos ya se ajustan más a los porcentajes que teóricamente deberían seguir. Por ejemplo, en el año 1920, las poblaciones de las ciudades 3,4 y 5 (Valencia, Sevilla y Málaga, respectivamente) están prácticamente alineados con los valores de la tabla k-ésimo. La población de Barcelona sigue estando muy lejos del 50% requerido para el cumplimiento de dicha ley.

1930				1940				1950			
Rango	ciudad	población	% respecto a 1	Rango	ciudad	población	% respecto a 1	Rango	ciudad	población	% respecto a 1
1	Barcelona	1005565	100,00%	1	Madrid	1088647	100,00%	1	Madrid	1618435	100,00%
2	Madrid	952832	94,76%	2	Barcelona	1081175	99,31%	2	Barcelona	1280179	79,10%
3	Valencia	320195	31,84%	3	Valencia	450756	41,41%	3	Valencia	509075	31,45%
4	Sevilla	228729	22,75%	4	Sevilla	312123	28,67%	4	Sevilla	376627	23,27%
5	Málaga	188010	18,70%	5	Zaragoza	238601	21,92%	5	Málaga	276222	17,07%
6	Zaragoza	173987	17,30%	6	Málaga	238085	21,87%	6	Zaragoza	264256	16,33%
7	Bilbao	161987	16,11%	7	Bilbao	195186	17,93%	7	Bilbao	229234	14,16%
8	Murcia	158724	15,78%	8	Murcia	193731	17,80%	8	Murcia	218375	13,49%
9	Granada	118179	11,75%	9	Granada	155405	14,28%	9	Córdoba	165403	10,22%
10	Córdoba	103106	10,25%	10	Córdoba	143296	13,16%	10	Granada	154378	9,54%

En la serie del año 1930, como curiosidad, observamos que la ciudad más poblada de España es Barcelona en lugar de Madrid. A partir de este año, Madrid va a ocupar el primer puesto en todas las tablas, distanciándose cada vez más a lo largo del tiempo de la ciudad condal. En cuanto a el resto de los valores, del tercer puesto al octavo, los valores se acercan al cumplimiento, pero todavía hay una diferencia notable de unos cuantos puntos porcentuales. Sin embargo, Granada y Córdoba sí tienen unos porcentajes casi idénticos a los establecidos por la ley de Zipf. EN la serie del año 1940, vemos que los datos no son muy cercanos a los que deberían ser para el cumplimiento de la ley, a excepción de la población de Sevilla. En 1950, debido al gran aumento de la población en la capital del país, los porcentajes se empiezan a ajustar de nuevo. Por ejemplo, la población de Valencia supone más de un 31%, la de Sevilla más de un 23% o la de Zaragoza más de un 16% con respecto a la de Madrid. Barcelona sigue siendo segunda urbe más poblada de España, pero con una diferencia poblacional con respecto a Madrid ya considerable.

1960				1970				1981			
Rango	ciudad	población	% respecto a 1	Rango	ciudad	población	% respecto a 1	Rango	ciudad	población	% respecto a 1
1	Madrid	2259931	100,00%	1	Madrid	3146071	100,00%	1	Madrid	3188297	100,00%
2	Barcelona	1557863	68,93%	2	Barcelona	1745142	55,47%	2	Barcelona	1754900	55,04%
3	Valencia	505066	22,35%	3	Valencia	653690	20,78%	3	Valencia	751734	23,58%
4	Sevilla	442300	19,57%	4	Sevilla	548072	17,42%	4	Sevilla	653833	20,51%
5	Zaragoza	326316	14,44%	5	Zaragoza	479845	15,25%	5	Zaragoza	590750	18,53%
6	Málaga	301048	13,32%	6	Bilbao	410490	13,05%	6	Málaga	503251	15,78%
7	Bilbao	297942	13,18%	7	Málaga	374452	11,90%	7	Bilbao	433030	13,58%
8	Murcia	249738	11,05%	8	Las Palmas de GC	287038	9,12%	8	Las Palmas de GC	366454	11,49%
9	Córdoba	198148	8,77%	9	Murcia	243759	7,75%	9	Valladolid	330242	10,36%
10	Las palmas de GC	193862	8,58%	10	Valladolid	236341	7,51%	10	Palma	304422	9,55%

Debido al gran crecimiento de población de Madrid durante la década de los 50, la ciudad se distancia con respecto a las demás. Esto es debido al boom industrial que se empezaba a desarrollar en España, siendo la capital el principal motor de crecimiento económico y demográfico del país. Este crecimiento poblacional hace que el porcentaje del censo del resto de ciudades con respecto a la primera sea más bajo, haciendo que la ley de zipf no se cumpla prácticamente en ningún puesto. Esta tendencia se prolonga a lo largo de las 2 décadas siguientes, Destacando la palpable diferencia de población ya entre Madrid y Barcelona. La brecha entre ambas grandes ciudades se agranda, llegando a tener Barcelona alrededor de un 55% de habitantes con respecto a los de la capital. Este valor ya era bastante más cercano al 50% requerido para el cumplimiento de la ley de Zipf.

1990				2000				2010			
Rango	ciudad	población	% respecto a 1	Rango	ciudad	población	% respecto a 1	Rango	ciudad	población	% respecto a 1
1	Madrid	3120732	100,00%	1	Madrid	2882860	100,00%	1	Madrid	3273049	100,00%
2	Barcelona	1707286	54,71%	2	Barcelona	1496266	51,90%	2	Barcelona	1619337	49,47%
3	Valencia	758738	24,31%	3	Valencia	739014	25,63%	3	Valencia	809267	24,73%
4	Sevilla	678218	21,73%	4	Sevilla	700716	24,31%	4	Sevilla	704198	21,52%
5	Zaragoza	592686	18,99%	5	Zaragoza	604631	20,97%	5	Zaragoza	675121	20,63%
6	Málaga	560495	17,98%	6	Málaga	531565	18,44%	6	Málaga	568507	17,37%
7	Bilbao	383798	12,30%	7	Las Palmas de GC	358518	12,44%	7	Murcia	441345	13,48%
8	Las Palmas de GC	373846	11,98%	8	Murcia	357166	12,39%	8	Palma	404681	12,36%
9	Valladolid	333680	10,69%	9	Bilbao	354271	12,29%	9	Las Palmas de GC	383308	11,71%
10	Palma	325120	10,42%	10	Palma	333925	11,58%	10	Bilbao	353187	10,79%

2020			
Rango	ciudad	población	% respecto a 1
1	Madrid	3334730	100,00%
2	Barcelona	1664182	49,90%
3	Valencia	800215	24,00%
4	Sevilla	691395	20,73%
5	Zaragoza	681877	20,45%
6	Málaga	578460	17,35%
7	Murcia	459403	13,78%
8	Palma	422587	12,67%
9	Las Palmas de GC	381223	11,43%
10	Bilbao	350184	10,50%

En la serie de datos de 1990, Barcelona, con 1,707,286 habitantes, representa el 54.71% de la población de Madrid, reflejando de nuevo una notable concentración poblacional en la capital y en la segunda ciudad más poblada. Las ciudades que siguen, como Valencia y Sevilla, tienen poblaciones de 758,738 y 678,218 respectivamente, lo que las coloca en un rango que indica una clara jerarquía, aunque la ley de Zipf no se cumple a cabalidad, ya que los porcentajes son significativamente más altos de lo que teóricamente se esperaría. En el censo del año 2000, la población de Madrid y Barcelona disminuye. A pesar de esta disminución, la proporción entre ambas ciudades se mantiene bastante similar, con Barcelona representando el 51.90% de la población de Madrid. Este año, las ciudades de Valencia y Sevilla muestran una población que se aproxima al 25.63% y 24.31% respectivamente. Además, Zaragoza y Málaga, con poblaciones de 604,631 y 531,565, representan el 20.97% y el 18.44% de la población de Madrid. Esto indica un leve ajuste hacia la distribución esperada por la ley de Zipf, aunque aún hay una diferencia considerable.

En el censo del año 2010, las ciudades se ajustan más aún a la distribución poblacional de Zipf. Excepto Valencia y Sevilla, con unos porcentajes no adecuados a su posición en el ranking de 24,73% y 21,52% respectivamente con respecto a la población de Madrid, El resto de las ciudades se acercan a la distribución porcentual esperada según la ley de Zipf.

Para el último censo analizado, la población de Madrid asciende a 3,334,730, mientras que Barcelona alcanza 1,664,182, manteniendo un 49.90% de la población de la capital. Este ligero aumento en la proporción refuerza la tendencia hacia el cumplimiento de la ley de Zipf. Valencia se mantiene en un 24.00%, Sevilla en 20.73%, y Zaragoza en 20.45%, todas con un ajuste que indica un acercamiento progresivo a la jerarquía esperada. Además, Málaga representa el 17.35% y Murcia el 13.78% de la población de Madrid, mostrando así una creciente concentración en las grandes urbes, pero sin cumplir del todo con la ley.

4.2. Análisis estadístico del año 2020.

Una vez hecho el análisis gráfico de los resultados a lo largo del tiempo, vamos a trabajar con la serie de datos más reciente, comprobando si en 2020 el ranking de ciudades sigue

un patrón próximo al propuesto por la ley de Zipf. se va a realizar la regresión lineal sobre los datos poblacionales, utilizando la siguiente fórmula, ya mencionada anteriormente en la metodología:

$$\ln(Rango - 0,5) = \alpha + b\ln(Tamaño)$$

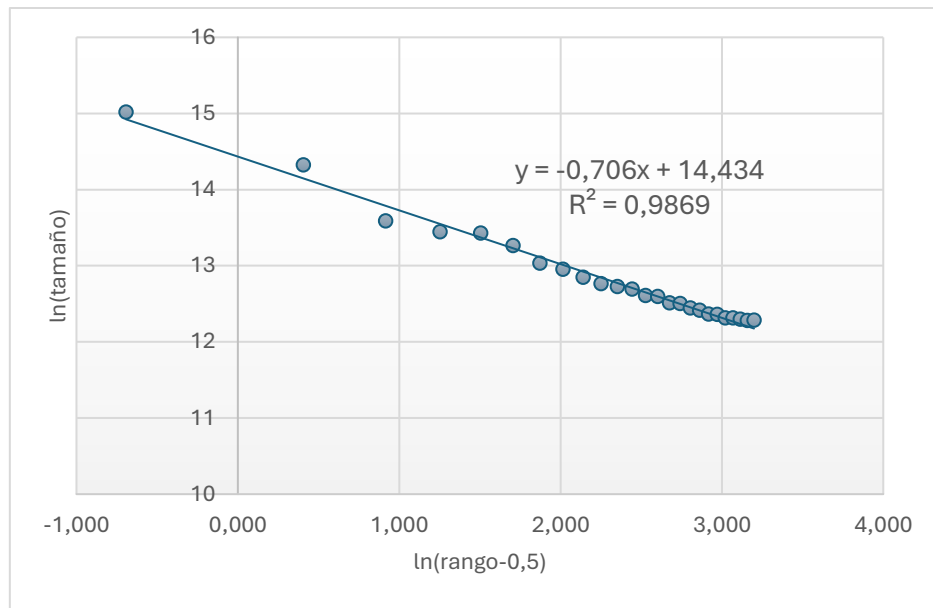
Además, no solo se van a tener en cuenta los datos de las 10 ciudades más pobladas, sino de las 25 más pobladas, para que los resultados sean más significativos. Las conclusiones extraídas seguirán sin ser totalmente significativas, pero nos permitirán hacernos una idea del funcionamiento de la ley de Zipf y de cómo ésta se puede ajustar y utilizar en la distribución de la población urbana.

Tabla 3: 25 ciudades más pobladas de España en 2020

Ciudad	Población	Rango	$\ln(Rango - 0.5)$	$\ln(Tamaño)$
Madrid	3334730	1	-0,693	15,01990227
Barcelona	1664182	2	0,405	14,32484427
Valencia	800215	3	0,916	13,59263572
Sevilla	691395	4	1,253	13,44646657
Zaragoza	681877	5	1,504	13,43260457
Málaga	578460	6	1,705	13,26812468
Murcia	459403	7	1,872	13,0376831
Palma	422587	8	2,015	12,95415062
Las Palmas	381223	9	2,140	12,85113978
Bilbao	350184	10	2,251	12,76621401
Alicante	337482	11	2,351	12,72926745
Córdoba	326039	12	2,442	12,69477229
Valladolid	299265	13	2,526	12,60908475
Vigo	296692	14	2,603	12,60044984
Gijón	271717	15	2,674	12,51251636
Hospitalet	269382	16	2,741	12,50388573
Vitoria	253996	17	2,803	12,4450738
La Coruña	247604	18	2,862	12,41958597
Elche	234765	19	2,918	12,36634029
Granada	233648	20	2,970	12,36157099
Tarrasa	223627	21	3,020	12,31773476
Badalona	223166	22	3,068	12,31567117
Oviedo	219910	23	3,114	12,30097365
Cartagena	216108	24	3,157	12,28353356
Sabadell	216520	25	3,199	12,2854382

Fuente: elaboración propia, basado en datos del INE

Gráfica 22: regresión lineal



A partir de los datos anteriores, realizaremos un contraste de hipótesis para concluir si el valor de b tiene una diferencia significativa con respecto a 1, teniendo en cuenta la varianza:

1. Hipótesis nula (H_0): el valor de 0,706 no es significativamente diferente de 1
2. Hipótesis alternativa (H_1): El valor de 0.706 es significativamente diferente de 1.

Dado que el valor de b es 0,706, la varianza estimada de $\ln(\text{tamaño})$ es 0,4432 y el tamaño de la muestra es 25, procedemos a calcular el estadístico t :

$$t = \frac{b - (-1)}{SE(b)}$$

Donde $SE(b)$ es el error estándar del coeficiente b , que se puede obtener a partir de la varianza y el tamaño de muestra.

Tras las operaciones matemáticas pertinentes, obtenemos que el valor de t es 2,206. Ahora, para determinar si la diferencia es significativa, comparamos el valor obtenido con el valor crítico t en una tabla de distribución T-Student con $n - 1 = 24$ grados de libertad. Para un nivel de significación típico del 5%, el valor crítico de t es aproximadamente 2,064.

Por lo tanto, teniendo en cuenta los datos anteriores, obtenemos las siguientes conclusiones de este estudio estadístico:

- Dado que el valor calculado de t es mayor que el valor crítico, podemos rechazar la hipótesis nula (H_0). Esto significa que el valor de $b = -0,706$ es significativamente diferente a -1. Por lo tanto, el patrón de distribución de las ciudades españolas no sigue exactamente la ley de Zipf.

- Sin embargo, El R^2 es muy alto y cercano a 1, con un valor aproximado de 0,9869. Según este criterio, la regresión explica bien la relación entre el rango y el tamaño de las ciudades.
- Teniendo en cuenta todo lo anterior, podemos afirmar que, aunque el modelo explica muy bien la distribución de las ciudades (R^2 alto), el análisis estadístico muestra que la distribución no cumple estrictamente con la ley de Zipf, ya que el exponente es significativamente diferente de -1. Por tanto, el modelo es útil y descriptivo, pero no es una representación perfecta de la ley de Zipf en este caso.

5. Conclusiones

El desarrollo urbano se refiere al proceso de crecimiento y expansión de las ciudades. A lo largo del tiempo, este fenómeno ha transformado pequeños asentamientos en grandes centros urbanos, caracterizados por una mayor densidad de población y actividades económicas diversificadas. La industrialización, la mejora en infraestructuras y la migración hacia las ciudades han sido motores clave de este desarrollo.

En concreto, el desarrollo de la estructura urbana de las ciudades españolas durante los siglos XX y XXI ha estado profundamente influenciado por diversos factores económicos, históricos y sociales. Además de estos, la demografía ha jugado un papel clave para comprender cómo y por qué se han desarrollado las principales áreas urbanas del país. A lo largo del tiempo analizado, hemos observado que la población ha tendido a concentrarse en grandes ciudades. Este fenómeno se debe, entre otras cosas, a una oferta de mayores oportunidades laborales, las economías de acumulación y una mejor calidad de vida. Sin embargo, otras urbes de menor tamaño se han visto menos beneficiadas, aunque también una parte de la población ha optado por ellas debido al potencial desarrollo futuro.

Hemos demostrado que el proceso de urbanización y el crecimiento económico de España están estrechamente relacionados. A medida que el país experimentaba una profunda transformación económica, especialmente desde la década de 1960 con el “milagro económico” y la fuerte industrialización del país, el panorama urbano español evolucionaba hacia una concentración de población en las grandes ciudades y áreas metropolitanas.

Sin embargo, este crecimiento urbano no ha sido uniforme, y otras áreas del país han sufrido despoblación, especialmente en zonas rurales. Este fenómeno plantea desafíos importantes para el futuro, ya que la concentración en grandes ciudades puede generar desequilibrios regionales y exacerbar las diferencias económicas y sociales.

Adicionalmente, hemos podido contrastar que un alto crecimiento de la población total de una ciudad viene de la mano con un proceso de urbanización y, en consecuencia, un profundo desarrollo urbano. Es decir, el aumento demográfico de las grandes ciudades no solo depende de el dinamismo económico y las oportunidades laborales, también es necesario el correspondiente proceso de urbanización.

Como consecuencia de el desarrollo económico, la industrialización y el proceso de urbanización, hemos observado que el porcentaje de población urbana en España ha aumentado significativamente durante la segunda mitad el siglo XX y principios del siglo XXI, pasando de cerca de un 57% de población urbana en 1960 a más de un 80% en 2020.

Por otra parte, se ha analizado la evolución de las características demográficas del país en su conjunto, y esto nos ha permitido analizar las tendencias seguidas en el pasado, las que

se están viviendo en el presente y las que acontecerán en el futuro. Entre ellas, es destacable:

- El crecimiento poblacional durante los años 60 y 70, debido principalmente a la alta tasa de natalidad de las familias españolas.
- El estancamiento de la población en los años siguientes, dado el descenso de la natalidad, provocado por cambios sociales o la introducción de métodos anticonceptivos, entre otros.
- La vuelta al crecimiento de la población en la década de los 2000, principalmente por el destacable saldo migratorio positivo.
- El envejecimiento general de la población experimentado en los últimos años. Se espera que esta tendencia continúe.

Además de todas las conclusiones arribadas anteriormente, se pretendía demostrar que el proceso de urbanización puede seguir un patrón matemático. En concreto, este trabajo se ha enfocado en la evolución de la estructura urbana de España desde principios del siglo XX hasta prácticamente la actualidad, y su coincidencia con la distribución de Pareto y la ley de Zipf.

En caso de que la distribución urbana siga la ley de Zipf, el rango de cada ciudad en el ranking de población es inversamente proporcional a su frecuencia. Es decir, la segunda ciudad más poblada del país debería tener la mitad de la población que la primera, la tercera un tercio y así sucesivamente.

Para demostrar lo anterior, se ha recurrido a una base de datos que incluía la población de las 10 ciudades más populosas de España durante el período mencionado, así como el porcentaje de población que supone cada una con respecto a la más poblada. Los datos fueron extraídos del Instituto Nacional de Estadística, que a su vez están basados en los censos oficiales de cada época estudiada.

A partir del análisis de esta base de datos se pueden extraer una serie de conclusiones:

- Madrid ha sido consistentemente la ciudad más poblada de España, a excepción del año 1930. Ha estado seguida muy de cerca por Barcelona durante las primeras décadas del siglo XX, pero, más adelante se ha ido distanciando hasta llegar a tener cerca del doble de la población que la ciudad condal.
- A lo largo del tiempo, se observa una alta concentración de población entre las dos primeras ciudades del ranking, con las ciudades en rangos más bajos manteniendo una proporción significativamente menor de habitantes. Esta tendencia sugiere un proceso de Hiper-urbanización en las áreas metropolitanas de Madrid y Barcelona.
- La ley de Zipf no se cumple con exactitud ningún año de la serie histórica, sin embargo, durante las últimas décadas podemos observar un ajuste más preciso al patrón descrito por Zipf. La población de Barcelona ronda el 50% de la población de Madrid entre el año 2000 y el año 2020. Además, otras ciudades del ranking también se aproximan mucho al porcentaje que deberían tener de acuerdo con la

ley mencionada. Por ejemplo, Málaga, Zaragoza, Las Palmas de Gran Canaria, Palma o Bilbao durante los años 2000, 2010 y 2020. Por otro lado, hay porcentajes de ciudades que aún se distancian bastante de los que deberían ser, como Valencia o Sevilla.

En conclusión, El desarrollo urbano en España durante los siglos XX y XXI ha transformado pequeñas localidades en grandes centros urbanos, impulsado por la industrialización, la mejora de infraestructuras y la migración. Este proceso ha llevado a una concentración de población en grandes ciudades, que ofrecen mejores oportunidades laborales y calidad de vida, mientras que las áreas rurales han enfrentado despoblación. A lo largo del tiempo, se ha evidenciado un vínculo estrecho entre el crecimiento económico y la urbanización, con un aumento significativo de la población urbana.

En cuanto al reparto de la población y la estructura urbana española, sí podemos apreciar un ajuste cada vez más aproximado a la ley de Zipf a lo largo del tiempo. Aunque no se cumpla con exactitud, sí nos proporciona una visión de cómo la población se concentra principalmente en las ciudades más grandes, y económicamente diversas, mientras que el resto de ciudades tienden a concentrar un porcentaje significativamente menor.

Teniendo en cuenta la tendencia, se espera que el desarrollo urbano siga este mismo rumbo en el futuro, concentrando cada vez más habitantes en las ciudades y continuando el proceso de urbanización. El crecimiento se seguirá dando especialmente en las ciudades más grandes, con más oportunidades y más internacionales, en el caso español, Barcelona y Madrid.

6. Bibliografía

Auerbach, F. (1913). Das Gesetz der Bevölkerungskonzentration. Petermanns Geographische Mitteilungen, 59, 74–76.

Banco de España. (2024). Informe anual 2024.

De Bartolo, S., Gallo, L., & Santini, A. (2006). Zipf's law in the flow of rivers. Physical Review E, 74(2), 026112.

Gibrat, R. (1931). Les Inégalités économiques. Paris: Librairie du Recueil Sirey.

Huberman, B. A., & Adamic, L. A. (1999). Growth dynamics of the World Wide Web. Nature, 401(6749), 131.

Krugman, P. (1991). Geography and trade. MIT Press.

OCDE. (2020). Rural-urban linkages. OECD Publishing.

Pareto, V. (1896). Cours d'économie politique. Lausanne: F. Rouge.

Price, D. J. (1965). Networks of scientific papers. Science, 149(3683), 510-515.

Zipf, G. K. (1949). Human behavior and the principle of least effort. Addison-Wesley Press.

Páginas web

- <https://datos.bancomundial.org/indicador/SP.POP.TOTL>
- <https://datos.bancomundial.org/indicador/SP.URB.TOTL.IN.ZS?end=2023&start=2023&view=map>
- https://es.wikipedia.org/wiki/Anexo:Evoluci%C3%B3n_demogr%C3%A1fica_de_los_municipios_de_Espa%C3%B1a

- <https://datos.bancomundial.org/pais/espana>
- <https://es.wikipedia.org/wiki/Espa%C3%B1a>
- https://es.wikipedia.org/wiki/Milagro_econ%C3%B3mico_espa%C3%B1ol#:~:text=%E2%80%8B%20Frente%20a%20la%20tasa,cerr%C3%B3%20con%20un%20cuantioso%20d%C3%A9ficit.
- <https://datosmacro.expansion.com/demografia/estructura-poblacion/espana>
<https://es.statista.com/estadisticas/487165/edad-media-de-la-poblacion-espanola-cada-cinco-anos/#:~:text=Esta%20estad%C3%ADstica%20refleja%20la%20edad,44%2C9%20a%C3%B1os%20en%202020.>