

Trabajo Fin de Grado

Patrones de generación y reciclaje de residuos urbanos en la UE-27

Patterns of municipal waste generation and recycling
in the EU-27

Autora:

Sijia Guo

Directora

Rosa Duarte Pac

Autora: Sijia Guo

Directora: Rosa Duarte Pac

Título: Patrones de generación y reciclaje de residuos urbanos en la UE-27

Title: Patterns of municipal waste generation and recycling in the EU-27

Titulación: Grado en Administración y Dirección de Empresas

Resumen

La globalización no ha impulsado sólo el desarrollo económico de todos los países, sino que repercute a su vez en el medio ambiente. La creciente producción y consumo han ocasionado una enorme cantidad de residuos sólidos, a los que se considera como una de las causas de los gases de efecto invernadero según los estudios. La mayoría de los estudios se enfocan en examinar la convergencia o divergencia económica entre países, en cambio apenas hay investigaciones sobre la convergencia o divergencia a nivel ambiental. Por este motivo, este documento emplea los principales conceptos utilizados en el análisis de la convergencia – convergencia sigma y convergencia beta – para analizar la producción y el reciclaje de residuos urbanos en los 27 países de la Unión Europea. Los resultados obtenidos muestran que existe convergencia beta y convergencia sigma en la generación y el reciclaje de residuos urbanos dentro de la Unión Europea durante las dos últimas décadas.

Palabras Clave: beta convergencia, sigma convergencia, residuos municipales, generación de residuos, reciclaje de residuos

Abstract

Globalization has not only boosted the economic development of all countries but also has an impact on the environment. Increasing production and consumption have resulted in an enormous amount of solid waste, which is considered to be one of the causes of greenhouse gases according to studies. Most studies focus on examining economic convergence or divergence between countries, but there is little research on convergence or divergence at the environmental level. For this reason, this paper applies the main concepts used in convergence analysis - sigma convergence and beta convergence - to analyze the generation and recycling of municipal waste in the 27 countries of the European Union. The results obtained show that there is beta convergence and sigma convergence in municipal waste generation and recycling within the European Union over the last two decades.

Keywords: beta convergence, sigma convergence, municipal waste, waste generation, waste recycling

ÍNDICE

| | |
|--|----|
| 1. INTRODUCCIÓN | 5 |
| 1.1. El problema del medio ambiente..... | 5 |
| 1.2. La generación y el tratamiento de residuos | 6 |
| 1.3. El objetivo del estudio y la motivación | 10 |
| 1.4. La estructura del trabajo | 10 |
| 2. TEORÍA DE CONVERGENCIA | 11 |
| 2.1. Breve historia de convergencia | 11 |
| 2.2. Convergencia sigma | 12 |
| 2.3. Convergencia beta | 13 |
| 3. ANÁLISIS DE CONVERGENCIA SIGMA | 14 |
| 3.1. Metodología | 14 |
| 3.2. Análisis descriptivo de convergencia sigma | 15 |
| 3.2.1. Generación de residuos municipales per cápita | 15 |
| 3.2.2. Tasa de reciclaje de residuos municipales sin Croacia y Lituania..... | 16 |
| 4. ANÁLISIS DE CONVERGENCIA BETA | 17 |
| 4.1. Metodología | 17 |
| 4.2. Análisis descriptivo de convergencia beta | 18 |
| 4.2.1. Generación de residuos municipales per cápita | 18 |
| 4.2.2. Tasa de reciclaje de residuos municipales sin Croacia y Lituania..... | 21 |
| 5. CONCLUSIÓN | 24 |
| 6. BIBLIOGRAFÍA..... | 26 |
| 6.1. Informes y libros | 26 |
| 6.2. Bibliografía web..... | 28 |

1. INTRODUCCIÓN

1.1. El problema del medio ambiente

La contaminación ambiental no es simplemente un problema para este ámbito, sino también para el ámbito social y el ámbito económico, ya que según Mebratu (1989), existe una interacción entre los tres ámbitos. Por ejemplo, el vertido o la incineración de desechos peligrosos provocan contaminación del suelo, del aire y del agua. La contaminación marina a causa de los residuos de plásticos genera un daño significativo a la ecología de los océanos y mares. Esto es una guerra invisible, una guerra sin tiros. La lucha contra la contaminación ambiental se ha convertido en uno de los temas más preocupantes para nuestra sociedad en las últimas décadas, porque sus consecuencias, como el cambio climático, el adelgazamiento de la capa de ozono o la falta de recursos, están amenazando la supervivencia de la humanidad.

Además del inevitable aumento de los residuos como un resultado del cambio demográfico mundial, el rápido crecimiento de la industria es el otro factor crucial de los problemas medioambientales. (Hernández Flechas, S. & Corredor González L. 2016). El modelo económico que hemos utilizado en las últimas décadas es un modelo económico lineal, el cual surgió por la necesidad de la transición de una economía rural a una economía urbana o industrializada. (Castelos Cuervas, L. 2020). Este modelo de consumo se caracteriza por la explotación irracional de los recursos y, con el motivo de reducir el coste, la producción masiva de los productos. Consecuentemente, el ciclo de los productos se acorta y se agrava el problema de la generación de residuos. Aunque la problemática de los residuos siempre ha existido en la sociedad humana, no se ha convertido realmente en una amenaza o preocupación hasta la sociedad contemporánea. (Guzmán Chávez, M. & Macías Manzanares, C. 2012)

Con el propósito de solucionar este fenómeno preocupante, el 11 de Diciembre de 2019, la Unión Europea presentó el Pacto Verde Europeo, un acuerdo global que abarca una serie de acciones con el objetivo de lograr cero emisiones netas de gases de efecto invernadero en 2050 y convertirse en el primer continente que consiga la neutralidad climática. (Comisión Europea, s.f.). Una de las prioridades del Pacto Verde Europeo es la protección del medio ambiente a través de mejorar la gestión de los residuos sólidos.

1.2. La generación y el tratamiento de residuos

Para entender mejor la problemática de la basura, es necesario definir el término de residuos. Henry y Heinke (1999) definen los residuos sólidos como *“aquellos desperdicios que no son transportados por agua y que han sido rechazados porque no se van a utilizar. Estos desechos incluyen diversos materiales combustibles como plástico, papel, textiles, madera, etc. y no combustibles como metal, vidrio y otros.”* En nuestro caso, intentamos realizar un estudio sobre los residuos sólidos urbanos (RSU). Según Eurostat, la oficina estadística de la Comisión Europea, los RSU abarcan en su mayor parte los residuos domésticos, aunque se incluyen también residuos similares provenientes de instituciones públicas y empresas. Los RSU se tratan de los desechos recogidos y eliminados por las autoridades municipales mediante los sistemas de gestión de residuos.

En 2012, *«What a Waste: A Global Review of Solid Waste Management»* hizo una estimación sobre la producción anual de residuos de todo el mundo, el informe señaló que la producción mundial de residuos alcanzó las 1.300 millones de toneladas al año. Sobre la base de los últimos datos obtenidos, el informe estima la generación mundial de residuos en 2.010 millones de toneladas en 2016 y 3.400 millones de toneladas en 2050.

Como se puede observar en la figura 1, los países que producen más residuos son los de las regiones de Asia Oriental y Pacífico, los cuales generan en total 468 millones de toneladas de desechos al año, representando un 23% de la cantidad total. Los países de Europa y Asia Central ocupan el segundo puesto, con 392 millones de toneladas (19%), seguido por los países de Asia Meridional (17%). Comparando los países desarrollados y los países en vías de desarrollo, aquellos que son subdesarrollados, en especial el continente africano, representan una cantidad relativamente pequeña de generación de residuos en un año.

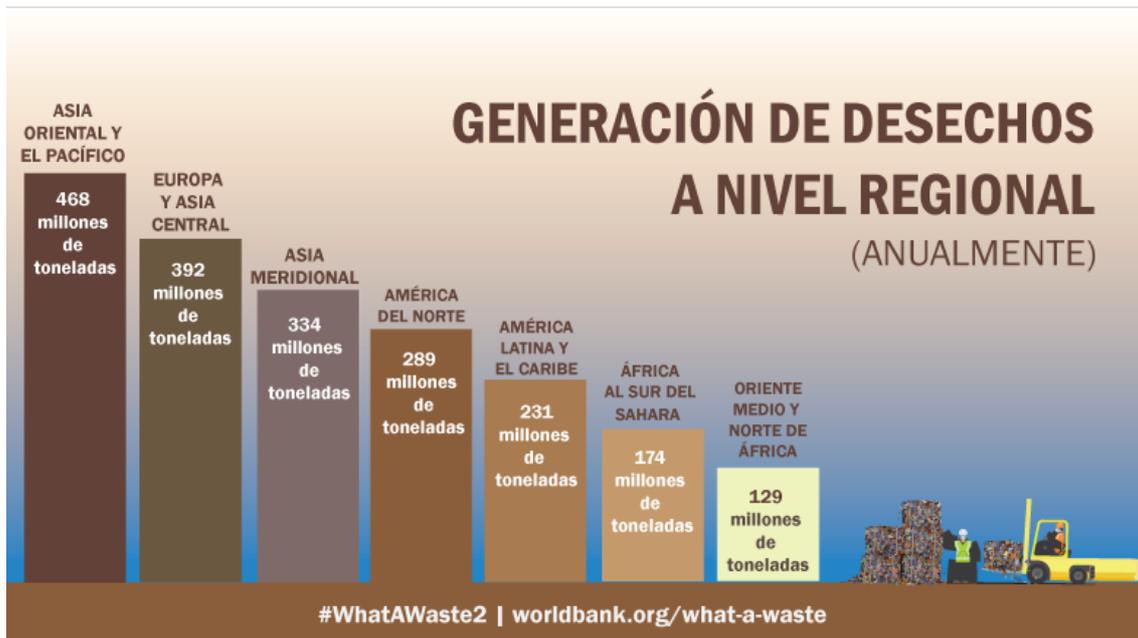
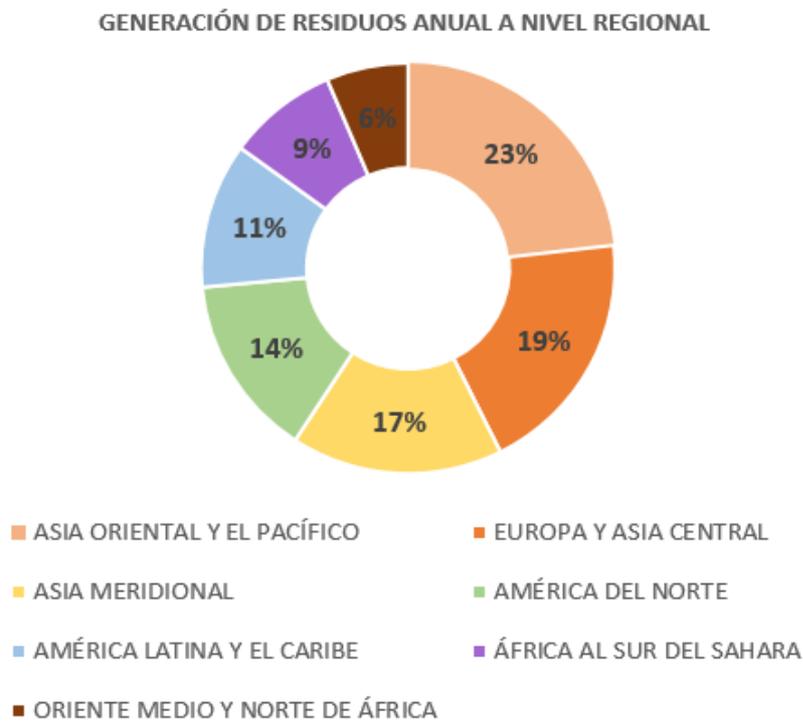


Figura 1: Generación de desechos a nivel regional anualmente

Fuente: Worldbank, 2018



Gráfica 1: Generación de residuos anual a nivel regional en porcentaje

Fuente: Elaboración propia a partir de Worldbank (2018)

Como se ha mencionado anteriormente, la generación de residuos aumentará en función del desarrollo económico, el crecimiento demográfico y la urbanización. A ello contribuye también el comercio internacional, la globalización está influyendo en el comportamiento de los consumidores. Estos cambios en las estructuras económicas tienen un impacto significativo en el medio ambiente. (Bolea, L. & Duarte, R. & Sánchez-chóliz, J. 2019). Esto se debe a que el medio ambiente no existe como un ámbito independiente, sino que depende de la economía y la sociedad. Por tanto, a medida que los niveles económicos convergen, es muy probable que los países de nivel de renta bajo y medio experimenten un crecimiento considerable de los residuos. Según las estimaciones del Banco Mundial (2018), África al sur de Sahara y Asia meridional serán las regiones que crecerán más rápido en términos de residuos, donde se espera que el total de residuos se triplicará y se duplicará para 2050 respectivamente.

El nivel económico, el patrón de consumo y el entorno cultural de cada país son los factores que determinan la generación de residuos, mientras que el nivel de renta y el nivel de desarrollo del país tienen un efecto en la gestión de los residuos. Los países de renta alta y media-alta tienen sistemas de gestión más avanzados y más completos; en cambio, los países de renta baja no son capaces de gestionar sus residuos generados de forma eficaz debido a la falta de presupuesto y la técnica inmadura. (Guzmán Chávez, M. & Macías Manzanares, C. 2012)

No fue hasta mediados de la década de 1990, con la convocación de la Cumbre de la Tierra en Río de Janeiro en 1992, que llegaron por primera vez los acuerdos internacionales para promover la prevención a la contaminación especialmente en la gestión de residuos sólidos. (Guzmán Chávez, M. & Macías Manzanares, C. 2012).

Gracias a la investigación y los avances tecnológicos, se han mejorado y completado los sistemas de gestión de residuos sólidos en la actualidad. La regla de las “3R” es una propuesta más conocida por las personas al día de hoy, la cual consiste en reducir los residuos, reutilizar los productos y reciclar los residuos. Ecoembes, una organización destinada a promover y gestionar el reciclaje de los residuos, ha perfeccionado esta propuesta con 4 reglas más. Las 7Rs de Ecoembes abarcan rediseñar, reducir, reutilizar, reparar, renovar, recuperar y reciclar.



Figura 2: Las 7Rs, Reducir, Reutilizar y Reciclar, ¿pero conoces las otras cuatro?

Fuente: Ecoembes

En la guía de “*Jerarquía de manejo de los residuos*”, se proponen otras soluciones para la gestión de residuos como el compostaje o la biodegradación. (Guzmán Chávez, M. & Macías Manzanares, C. 2012). Los vertederos y la incineración también cobran importancia en el tratamiento de residuos urbanos. (Eurostat, s.f.)

En Europa, según los datos estadísticos ofrecidos por el Parlamento Europeo (2018), el reciclaje es una de las formas más comunes con respecto al tratamiento de residuos sólidos, hay un 46% de los residuos sólidos urbanos se gestionan mediante reciclaje o compostaje. No obstante, existe una diferencia en el tratamiento de residuos entre los distintos países europeos. En los países noroccidentales como Austria, Alemania, Bélgica, Dinamarca, Finlandia, Países Bajos y Suecia, apenas utilizan los vertederos, se priorizan la incineración y el reciclaje de residuos; mientras que los vertederos siguen siendo el tratamiento principal de residuos municipales en el este y el sur de Europa. (Parlamento Europeo, 2018)

Según el paquete legislativo sobre economía circular que aprobó el Parlamento Europeo (2018), los Estados miembros deben alcanzar una tasa de reciclaje de al menos el 55% en el año 2025, y del 66% y 65% en los años 2030 y 2035 respectivamente. (Miteco, 2018)

1.3. El objetivo del estudio y la motivación

El objetivo principal de este trabajo consiste en estudiar si existe una convergencia en la generación y la tasa de reciclaje de residuos municipales de los países UE-27 entre los años 2000 y 2020.

La razón de la elección de este trabajo consiste en que existe una abundante cantidad de documentos de investigación sobre la convergencia a nivel económico, como los estudios de los ingresos per cápita, los estudios sobre la tasa de desempleo de la población, etc. En cambio, los estudios sobre la convergencia de los niveles ambientales son relativamente menos numerosos. Teniendo en cuenta que la contaminación ambiental y la protección del medio ambiente ya se han convertido en problemas a los que deben enfrentarse los ciudadanos de hoy en día, se cree que el estudio en este ámbito es necesario y pertinente.

1.4. La estructura del trabajo

En el segundo apartado del trabajo, intentaremos explicar brevemente el concepto de convergencia.

En la tercera parte, con los datos de Eurostat, realizaremos primero un análisis descriptivo de convergencia sigma sobre la generación y la tasa de reciclaje de residuos municipales para los 27 países de la UE en el periodo 2000 - 2019. El objetivo consiste en conocer si existen diferencias sobre la producción y el reciclaje de residuos urbanos entre los países europeos.

En la cuarta sección, explicaremos de forma descriptiva el análisis de convergencia beta de los 27 países de la UE para el periodo 2000 – 2020. Se discutirá los resultados obtenidos para saber si se podría hablar de una convergencia, o un medio ambiente más limpio en la UE.

Por último, con la conclusión se terminará este Trabajo de Fin de Grado.

2. TEORÍA DE CONVERGENCIA

2.1. Breve historia de convergencia

Desde finales del siglo pasado, la explicación de las diferencias de niveles económicos entre países de todo el mundo se ha convertido en un tema de interés en el mundo académico, y han proliferado numerosos estudios de análisis de convergencia sobre este tema. Cabe señalar que estos análisis se basan en los modelos de crecimientos que fueron planteados a mediados del siglo XX.

En general, la teoría de crecimiento se divide en dos corrientes principales. En primer lugar, el modelo neoclásico del crecimiento económico, cuyo representante y pionero fue Robert Solow (1956), sostiene que los países o las regiones pobres tendrán una tasa de crecimiento económico más alta que las economías ricas debido a una economía de estado estacionario, independientemente de las condiciones iniciales. Como resultado, las tasas de crecimiento y los niveles per cápita tenderán a converger. (Tinizhañay Peralta, J.P. 2020)

Por otro lado, está la teoría de crecimiento endógeno, propuesto por Paul Romer en 1986. Romer señaló la inconsistencia del modelo anterior, ya que el modelo de Solow supone que el nivel de tecnología es un factor exógeno y que las diferencias se disminuirán, en otras palabras, los países convergerán; esto se debe a que este modelo considera que las economías se encuentran en un estado estacionario. El modelo de crecimiento endógeno, en cambio, sugiere que no habrá convergencia en un estado estacionario, sino más bien divergencia, es decir, que las economías ricas crecerán a un ritmo mayor que las pobres. La razón que explica este fenómeno radica en que el modelo de crecimiento endógeno tiene en cuenta el desarrollo tecnológico como un factor endógeno que conduce a un crecimiento sostenible de la renta per cápita a largo plazo. (Barreto Moreno, G.M. 2017)

En 1990, Sala-i-Martin junto a Barro ofrecieron en sus publicaciones dos tipos de convergencia, que son dos conceptos famosos de convergencia tipo beta y tipo sigma. Posteriormente, estos dos conceptos han sido mencionados y utilizados reiteradamente por los economistas. (Parra Rodríguez, M. 2020).

2.2. Convergencia sigma

Decimos que se produce convergencia sigma o σ convergencia, cuando la dispersión de la renta per cápita tiende a disminuir con el tiempo. Este concepto se utiliza para mostrar la relación entre la dispersión de la renta per cápita y el tiempo. (Claure, B. C., & Martínez, R. C. 2016)

La medición de la dispersión se puede obtener a partir de varias formas, entre ellas, la desviación estándar de la muestra y el coeficiente de variación son los dos métodos más utilizados para calcularla. (Barreto Moreno, G.M. 2017)

Este trabajo mide la convergencia sigma entre los UE – 27 entre los años 2000 y 2019 a través de calcular la desviación estándar del logaritmo de los residuos municipales per cápita.

$$\sigma_t = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (\ln(y_{i,t}) - u_t)^2}{N}}$$

(Ecuación 1)

Donde σ_t : sigma convergencia; $y_{i,t}$: residuo municipal per cápita del país i en el momento t; u_t : promedio de logaritmo de residuo municipal per cápita en el momento t y N: número de países muestreados.

Se entenderá que, cuando la varianza inicial sea mayor que el valor de varianza de estado estacionario, se producirá la convergencia sigma. Y cuando la varianza vaya creciendo en el tiempo, hablamos que existe divergencia.

Cabe destacar que los dos tipos de convergencia están íntimamente relacionados entre sí como demostraron Barro y Sala-i-Martin (1992), de forma que la convergencia β es una condición necesaria pero no suficiente para la convergencia σ . Si β es un valor inferior a 0, la σ tenderá a crecer sin límite

2.3. Convergencia beta

La convergencia β mide la correlación entre la tasa de crecimiento y su valor inicial. Este tipo de convergencia se produce cuando existe una relación inversa entre la tasa de crecimiento de los ingresos per cápita y el nivel inicial de la misma. Por ende, se utiliza la convergencia tipo β para analizar si el atraso tiende a disminuirse con el tiempo en un periodo de tiempo determinado. En otras palabras, si se observa que existe convergencia beta, indicaría que la tasa de crecimiento de las economías más pobres sitúa por encima de la de las economías más ricas. El momento en el que se produce convergencia beta se denomina estado estacionario, a partir del cual todos los países que consigan el estado estacionario crecerán a una misma tasa constante de progreso tecnológico y técnico. (Sánchez, J.C. 2019)

El análisis de convergencia beta es indispensable para contrastar la hipótesis de convergencia. (Manzanares Delgado, J.R. 2015) Para cuantificarla, se loglinealiza el modelo neoclásico de la ecuación Cobb-Douglas, en la que se supone que la tasa de ahorro y el progreso técnico son factores exógenos, mientras que el crecimiento del PIB per cápita es endógeno.

$$\frac{1}{T} \log\left(\frac{y_{i,t}}{y_{i,t-T}}\right) = a - \frac{b \log(y_{i,t-T})}{T} + u_t^i$$

(Ecuación 2)

Donde “a” representa los factores determinantes en el estado estacionario, como el PIB per cápita y la tasa de crecimiento de progreso técnico. Cabe destacar que el parámetro “a” depende de cada país de sus culturas, sus instituciones y sus costumbres. (Sánchez, J. C. 2019) El parámetro “ $b = (1 - e^{\beta T})$ ” es la relación entre el efecto del PIB per cápita inicial y la tasa media de crecimiento en un periodo determinado. Finalmente, u_t^i recoge todas las perturbaciones.

El cálculo de β se obtiene de la siguiente división:

$$\beta = - \frac{\log(1 - b)}{T}$$

(Ecuación 3)

El valor de β tiene que ser un número mayor que cero, pero menor que uno, sino no se produce la convergencia. Si $\beta > 1$, las economías más pobres tendrán una tasa de crecimiento superior a la de las economías más ricas, y volverán a ser superadas en el siguiente periodo, a esto se lo denomina como una “recuperación sistemática”. (Frutos Jimeno, E. D. 2016)

Cabe mencionar que la convergencia beta que hemos discutido hasta ahora se entiende como convergencia absoluta creada a partir del modelo neoclásico. (Manzanares Delgado, J.R. 2015) Este tipo de convergencia supone que todos los países son tecnológicamente idénticos y que todas las economías comparten un mismo estado estacionario.

La convergencia condicional, en cambio, incorporan las variables como el crecimiento demográfico, las tasas de ahorro y el progreso tecnológico, estos son los elementos relacionado íntimamente con la economía, de modo que las distintas condiciones de partida conducen a distintos estados estacionarios. (Barreto Moreno, G.M. 2017)

3. ANÁLISIS DE CONVERGENCIA SIGMA

3.1. Metodología

Con el fin de poder llevar a cabo el análisis de la convergencia sigma, en primer lugar, hemos visitado la página de Eurostat, la oficina estadística de la Comisión Europea, donde se encuentran datos sobre la producción de residuos municipales, así como de la tasa de reciclaje de dichos residuos de los 27 países de la UE entre los años 2000 y 2019.

Los 27 países que hemos seleccionado, por el orden alfabético, son Alemania, Austria, Bélgica, Bulgaria, Chipre, República Checa, Croacia, Dinamarca, Eslovaquia, Eslovenia, España, Estonia, Finlandia, Francia, Grecia, Hungría, Irlanda, Italia, Letonia, Lituania, Luxemburgo, Malta, Países Bajos, Polonia, Portugal, Rumania y Suecia.

Como los datos de residuos urbanos ya son datos per cápita y los datos de reciclaje están expresados en porcentaje, ambos han podido ser utilizados directamente para este trabajo.

Con el apoyo de Excel hemos calculado la desviación estándar de la muestra para cada año, utilizando la ecuación descrita anteriormente para calcular la convergencia sigma.

(Véase la ecuación 1). Tras obtener la desviación típica de ambos datos, hemos elaborado dos gráficas, una para la generación de residuos municipales per cápita y otra para la tasa de reciclaje de residuos. De esta forma, podremos realizar un análisis descriptivo de la convergencia sigma.

3.2. Análisis descriptivo de convergencia sigma

3.2.1. Generación de residuos municipales per cápita

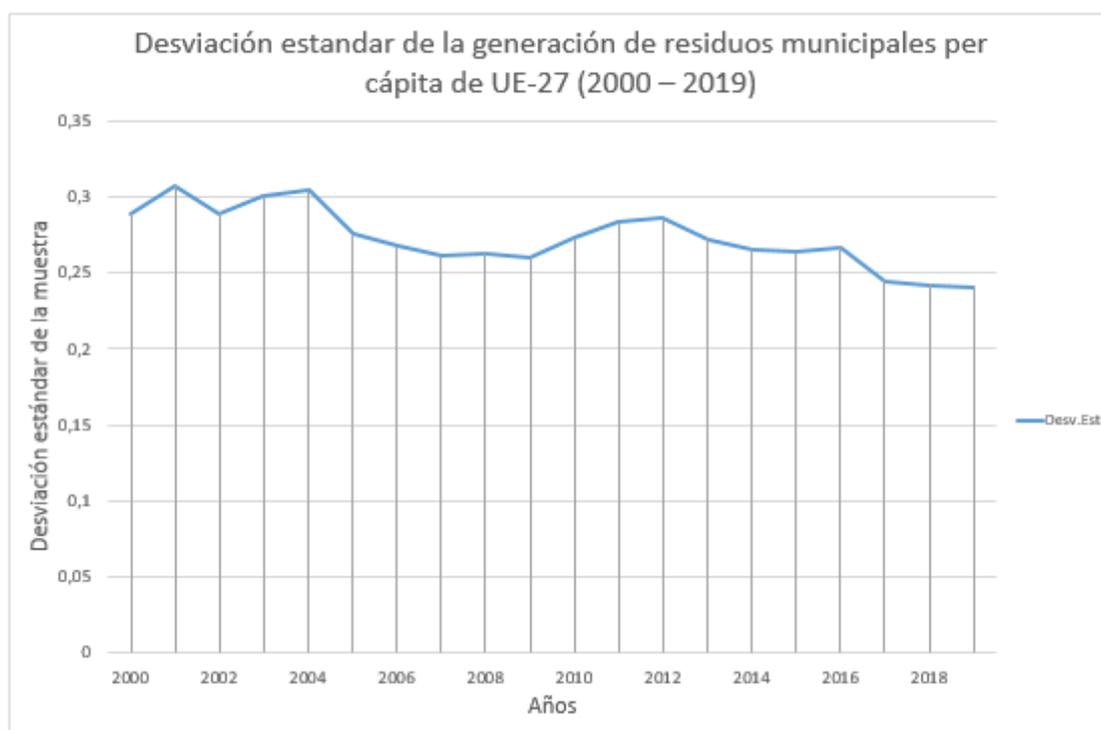


Gráfico 2: Desviación estándar de la generación de residuos municipales per cápita de UE-27 en el periodo 2000 – 2019

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de Eurostat

El gráfico 2 presenta la evolución de la desviación estándar de la muestra de la generación de residuos municipales per cápita para cada año entre 2000 a 2019. El eje de ordenadas representa los valores de la desviación típica y el eje de abscisas representa los años.

Como se puede observar en el gráfico 2, aunque no es obvio, hay una tendencia de decrecimiento generalizada de la desviación típica. Si observamos atentamente, se puede ver que el gráfico se divide en tres tendencias diferentes:

De 2000 a 2009, la desviación típica disminuye de forma relativamente estable, por ende, se puede hablar de una convergencia tipo sigma. Durante los 3 años de 2010 a 2012, la desviación típica presenta una subida continuada, por lo que la convergencia sigma se ve interrumpida durante este periodo. No obstante, de 2013 a 2019, la desviación estándar vuelve a mostrar una tendencia decreciente, de esta manera, se produce de nuevo la convergencia sigma.

Para determinar definitivamente la existencia de convergencia, se necesita combinar este resultado con el análisis de convergencia beta que se realizará posteriormente (Véase el gráfico 4).

3.2.2. Tasa de reciclaje de residuos municipales sin Croacia y Lituania

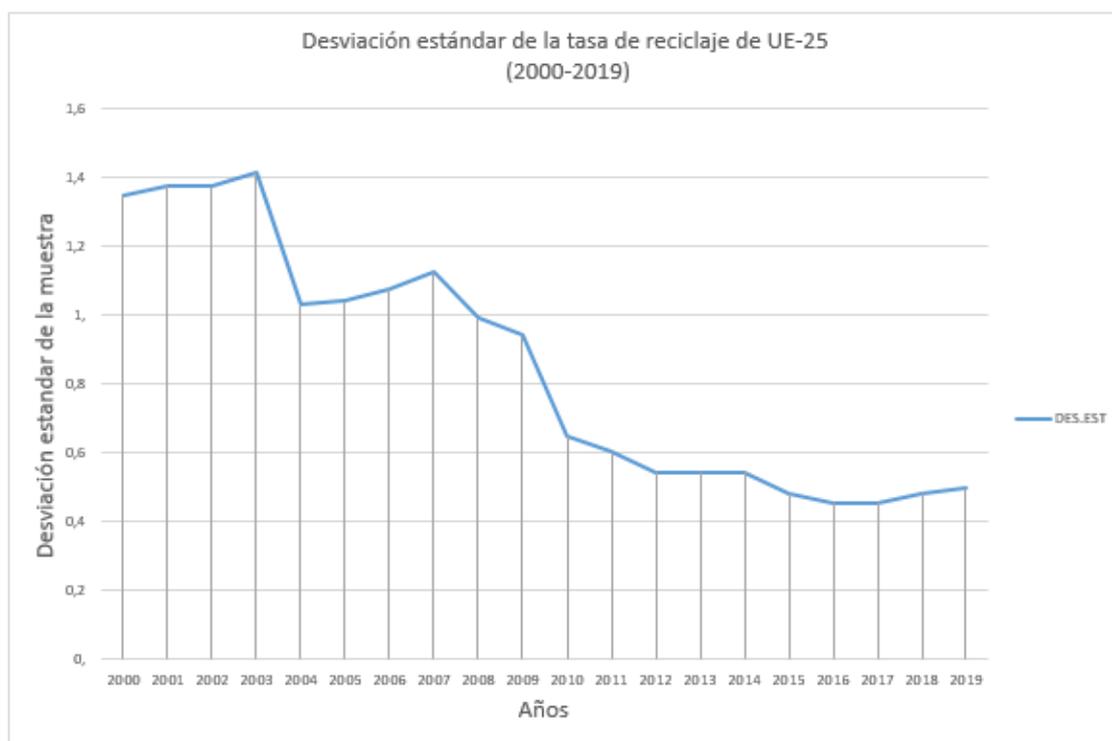


Gráfico 3: Desviación estándar de la tasa de reciclaje de residuos municipales de UE-25 en el periodo 2000 – 2019

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de Eurostat

El gráfico 3 se obtiene a partir de la desviación estándar de la tasa de reciclaje de residuos municipales entre 2000 – 2019. Cabe explicar que, dado que los datos de Lituania y Croacia están incompletos y es difícil realizar las estimaciones en este caso, decidimos eliminar a Lituania y Croacia de este análisis.

A diferencia del gráfico 2, el gráfico 3 presenta claramente una tendencia al alza de la desviación estándar, se puede concluir que existe la convergencia sigma entre los países a nivel de reciclaje.

Esta convergencia puede atribuirse a la aplicación de la legislación europea, la Directiva 62/1994 sobre envases y residuos de envases obliga a los Estados miembros a reciclar al menos el 50% de todos los envases comercializados en 2001, y el 60% para 2008.

No obstante, este resultado debe ser complementado con el análisis de la convergencia beta del mismo dato, cuyos resultados se presentarán a continuación.

4. ANÁLISIS DE CONVERGENCIA BETA

4.1. Metodología

Como se ha mencionado anteriormente, la convergencia sigma y la convergencia beta están íntimamente relacionadas, ya que la convergencia beta es la condición necesaria pero no suficiente para la convergencia sigma.

Para averiguar si existe la convergencia entre la producción de residuos y la tasa de reciclaje de los mismos, debemos realizar un análisis de convergencia beta. Para dicho objetivo, necesitamos los datos del PIB per cápita de los países y así poder calcular la tasa media de crecimiento anual, junto a esta tasa, calculamos también los valores logarítmicos de los datos de residuos. Los datos de PIB per cápita son proporcionados por Eurostat.

La fórmula para obtener la tasa media de crecimiento anual (TMCA) es la siguiente:

$$TMCA_{I,t,i+T} = \left(\left(\frac{PIB\ pc_{i,t+T}}{PIB\ pc_{i,t}} \right)^{\frac{1}{T}} - 1 \right) * 100$$

(Ecuación 3)

Donde T: número de periodos de tiempo

Una vez obtenida la tasa de crecimiento de todos los países y sus datos de residuos y reciclajes expresados de forma logarítmica, se elaborarán los diagramas de dispersión, utilizando el software de hoja de cálculo Microsoft Excel, para realizar un análisis descriptivo.

Si el gráfico de dispersión presenta una tendencia decreciente, entonces se confirma que existe convergencia. Y cuando se observa que haya una tendencia creciente, significará que no se produce una convergencia e incluso puede existir divergencia.

En primer lugar, realizaremos un análisis de convergencia para un periodo de tiempo entero, de 2000 a 2020. Luego, lo dividiremos en dos subperiodos, de 2000 a 2010 y de 2010 a 2020.

4.2. Análisis descriptivo de convergencia beta

4.2.1. Generación de residuos municipales per cápita

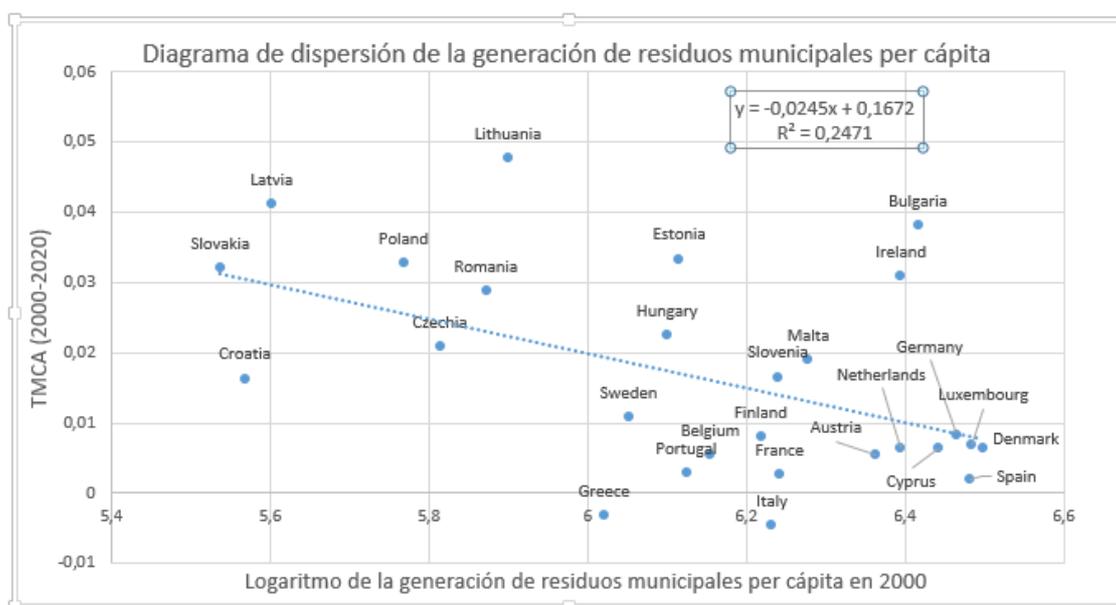


Gráfico 4: Diagrama de dispersión de la generación de residuos municipales per cápita 2000-2020

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de Eurostat

El gráfico 4 es un diagrama de dispersión de la generación de residuos municipales per cápita, donde las coordenadas verticales representan la tasa media de crecimiento anual y las horizontales representan el logaritmo de la producción de residuos.

A partir de este gráfico se puede concluir que, durante el periodo del 2000 hasta el 2020, existe una convergencia en los 27 países de la UE en término de generación de residuos urbanos, ya que la línea de tendencia representada en el diagrama es decreciente y la beta es negativa. De tal forma, la convergencia sigma de la producción de residuos está verificada.

Se observa también en el gráfico que, el país con la tasa de crecimiento más alta es Lituania, es decir, Lituania es el país que ha experimentado el aumento más rápido de la producción de residuos urbanos. El impacto del aumento de los niveles económicos en el problema de desechos urbanos ha sido discutido anteriormente, el crecimiento económico da lugar a un aumento de producción de productos y, consecuentemente, el aumento de residuos.

En cambio, los países que comparten una tasa de crecimiento baja son aquellos reconocidos como economías ricas, como Dinamarca, Luxemburgo, Alemania, Países Bajos, etc. Este resultado está en concordancia con la teoría de la convergencia beta, ya que según esta, los países o regiones atrasadas conseguirán un crecimiento económico más rápido que los países avanzados.

- **Subperiodo 1: Generación de residuos municipales per cápita 2000 – 2010**

En el primer subperíodo (Véase el gráfico 5), la pendiente de la línea de tendencia es claramente decreciente, de aquí se confirma que hubo convergencia durante este periodo de tiempo. El gráfico de dispersión de este subperíodo se asemeja al del periodo entero. El país con la mayor tasa de crecimiento media anual (TCMA) sigue siendo Lituania (5.11%), esto indica que este país experimentó un gran crecimiento de la producción de residuos per cápita durante los diez años. Los países con una baja TCMA en la parte inferior del diagrama son de nuevo los países más avanzados en la Unión Europea, como Dinamarca (0.34%), España (0.64%), Alemania (0.91%) o Luxemburgo (1.06%). cuyas tasas de crecimiento de la generación de residuos son bajas en comparación con los niveles iniciales.

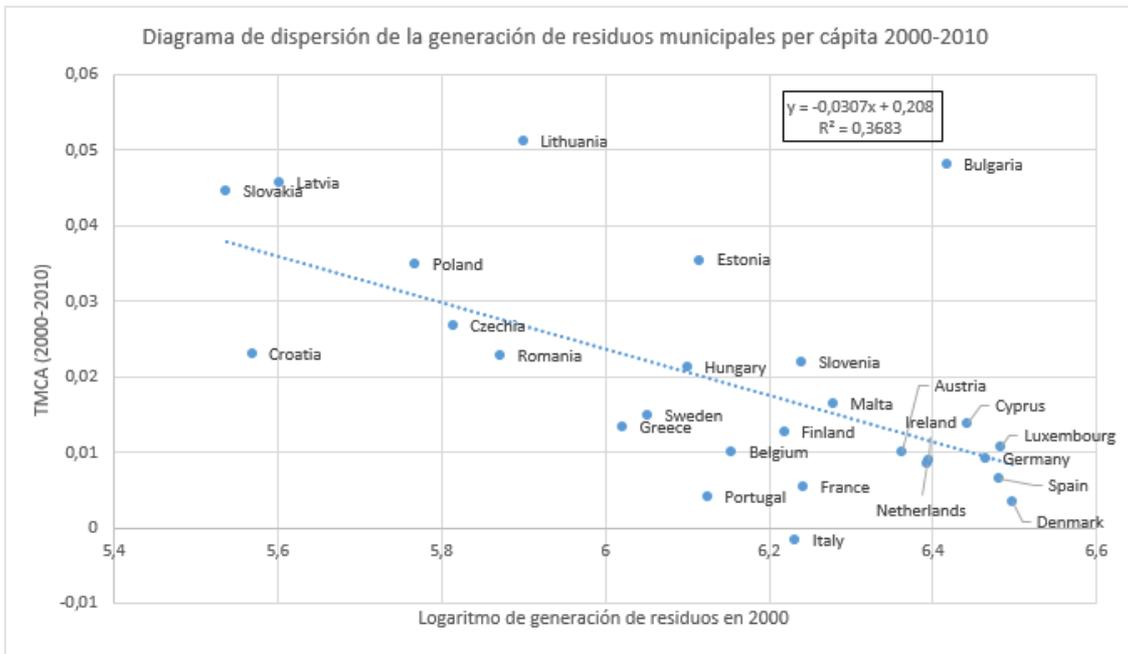


Gráfico 5: Diagrama de dispersión de la generación de residuos municipales per cápita 2000-2010

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de Eurostat

- **Subperiodo 2: Generación de residuos municipales per cápita 2010-2020**

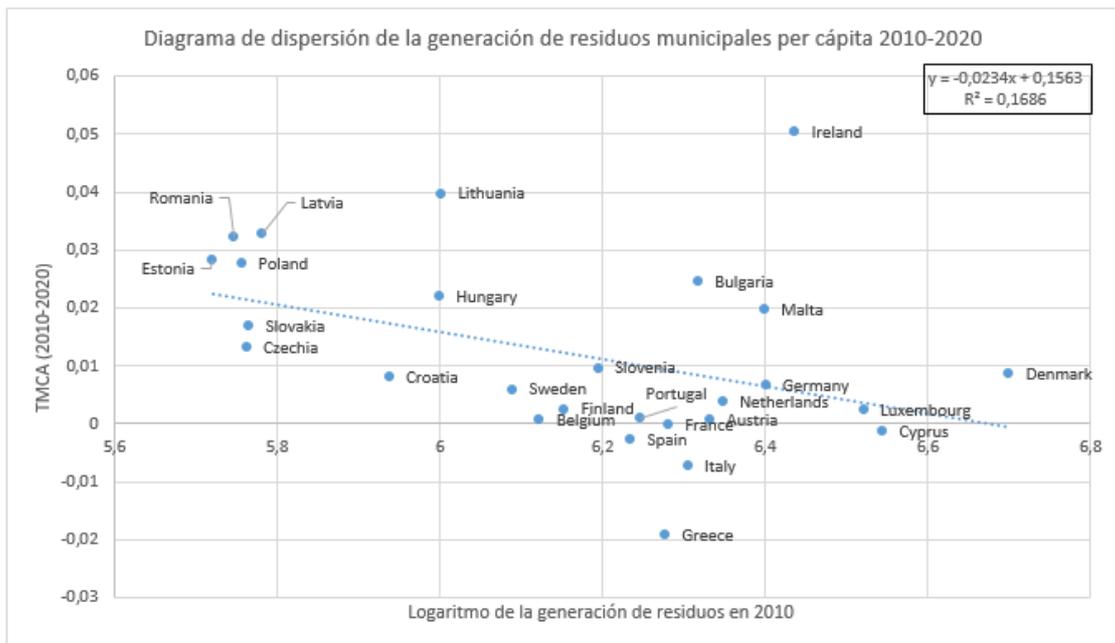


Gráfico 6: Diagrama de dispersión de la generación de residuos municipales per cápita 2010-2020

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de Eurostat

En el segundo subperiodo del análisis de convergencia beta sobre la generación de residuos, la línea de tendencia presenta una pendiente negativa, por ende, esto significa que existió convergencia entre los países en los últimos 10 años. Lamentablemente, el coeficiente de determinación se ha disminuido de un 36.83% en el subperiodo 1 a un 16.86% en el segundo subperiodo, esto da lugar a una reducción en la fiabilidad del modelo.

4.2.2. Tasa de reciclaje de residuos municipales sin Croacia y Lituania

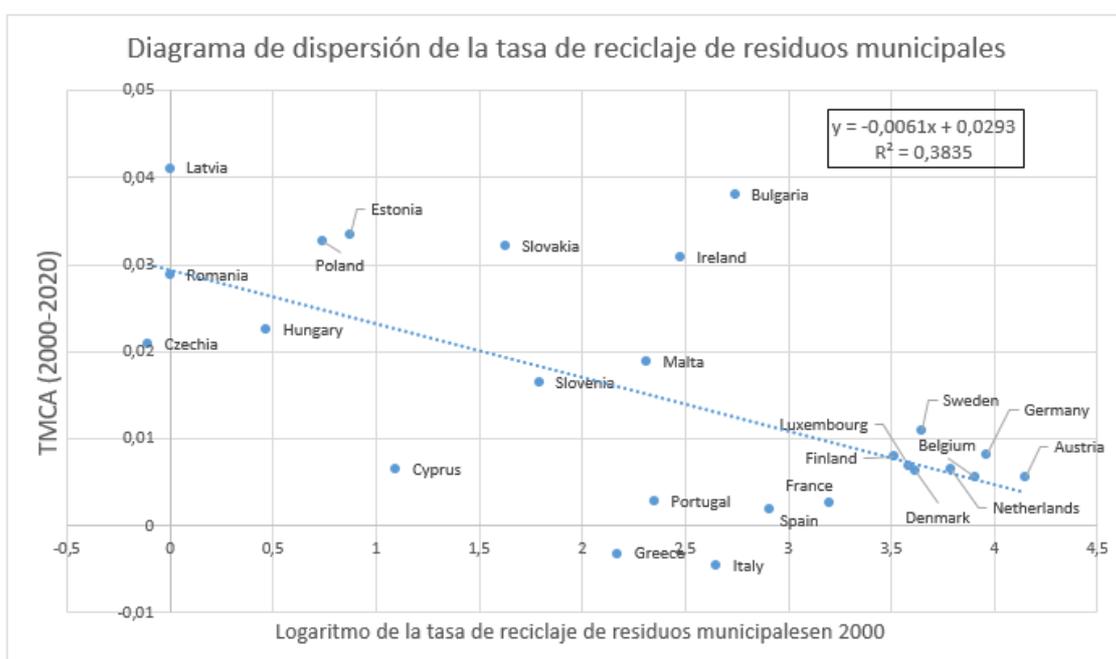


Gráfico 7: Diagrama de dispersión de la tasa de reciclaje de residuos municipales 2000-2020

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de Eurostat

El gráfico 7 es un diagrama de dispersión que muestra la relación entre la tasa media de crecimiento anual de 2000 a 2020 (eje vertical) y el logaritmo de la tasa de reciclaje de residuos de los UE-25 en 2000 (eje horizontal). Los valores son calculados a partir de los datos ofrecidos por Eurostat. Debido a la falta de datos de los países como Croacia y Lituania, no se registrarán sus datos en este análisis de convergencia beta.

Se puede concluir del siguiente gráfico que existe una convergencia en el nivel de reciclaje de los UE-25 durante los últimos 20 años, ya que el valor β es un valor negativo, lo que hace que el diagrama tenga una línea de tendencia decreciente.

Se observa que Letonia es el país con mayor crecimiento en la tasa de reciclaje de residuos municipales, seguido por Bulgaria, con TCMA de 4.1% y 3.8% respectivamente. Por otro lado, los países más avanzados y más prósperos, como Austria, Alemania, los Países Bajos y Dinamarca, son los que registran un aumento más lento en la tasa de reciclaje, lo que puede atribuirse al hecho de que estos países desarrollados tenían los sistemas de gestión de residuos bien establecidos hace dos décadas. Las TMCA en el año 2000 eran de un 0.55% para Austria, un 0.81% para Alemania, un 0.64% para los Países Bajos y un 0.63% para Dinamarca.

- **Subperiodo 1: Tasa de reciclaje de residuos municipales 2000-2010 sin Croacia y Lituania**

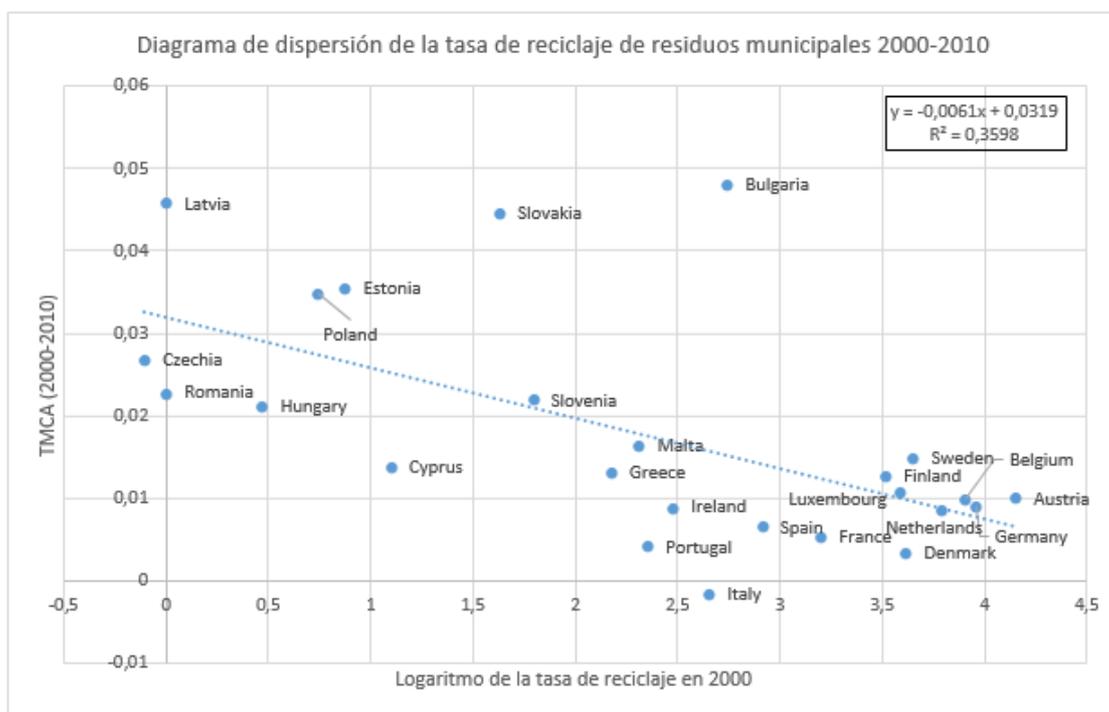


Gráfico 8: Diagrama de dispersión de la tasa de reciclaje de residuos municipales 2000-2010 sin Croacia y Lituania

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de Eurostat

Este primer subperiodo es básicamente semejante al periodo entero, cuenta con una línea de tendencia negativa. Letonia y Bulgaria son los países que tienen mayores TCMA entre 2000 y 2010, 4.5% y 4.8% respectivamente. Por otro lado, el país con menor TCMA que encontramos es Italia con un -0.16%.

- **Subperiodo 2: Tasa de reciclaje de residuos municipales 2010-2020 sin Croacia y Lituania**

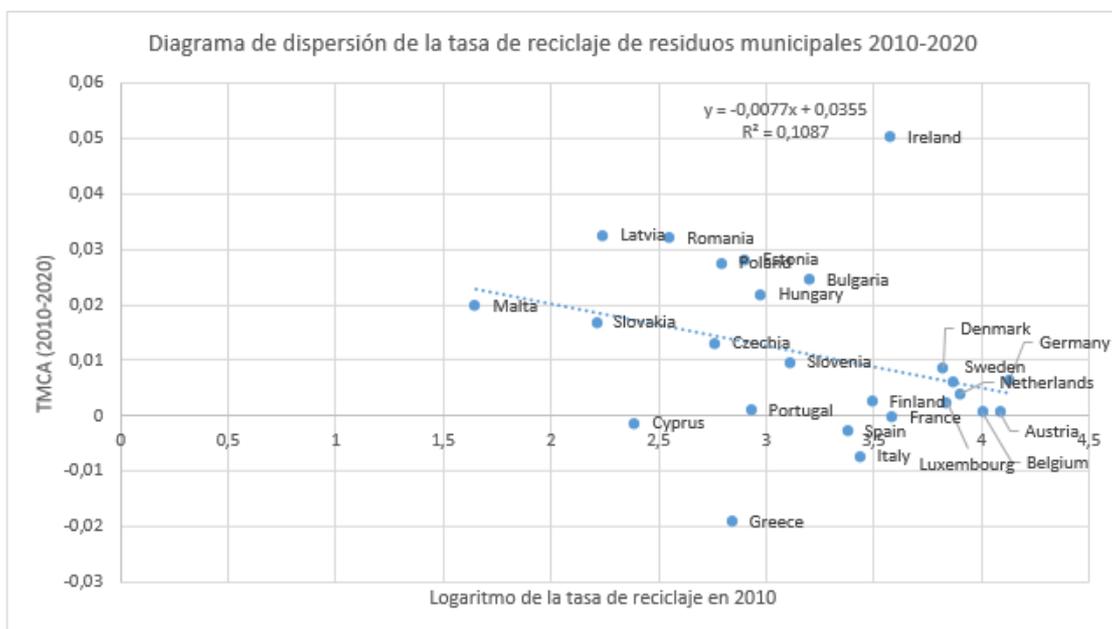


Gráfico 9: Diagrama de dispersión de la tasa de reciclaje de residuos municipales 2010-2020 sin Croacia y Lituania

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de Eurostat

Como se puede observar en el gráfico 9, el coeficiente de determinación para el segundo subperiodo es bastante bajo, 10.87%, resulta que este modelo tiene un nivel de confianza muy bajo. Al igual que en el gráfico 7 y el gráfico 8, en este periodo sigue habiendo convergencia.

Es interesante señalar que, a diferencia de lo que ocurría en el primer subperiodo, Irlanda superó a Letonia y a Bulgaria convirtiéndose en el país con mayor TCMA de 5.03% para el periodo de 2010 a 2020, esto significa que Irlanda obtuvo el crecimiento más rápido en

la tasa de reciclaje, lo que coincide con el informe de Repak (2019), la organización líder en el reciclaje y la sostenibilidad de los residuos de Irlanda. Según éste, Irlanda logró la mayor tasa de reciclaje de su historia en 2019, superando todos los objetivos de reciclaje que había fijado la UE. La tasa global de reciclaje estuvo un 13% por encima del objetivo de la UE y fue uno de los países con mejor desempeño en Europa.

5. CONCLUSIÓN

En esta sección presentamos una conclusión de este Trabajo de Fin de Grado.

Las investigaciones que se centran en el estudio de la convergencia económica pretenden averiguar si las economías convergen o divergen a lo largo del tiempo en cuanto a desarrollo económico. En cambio, este trabajo trata de comprender si existe un consenso entre los países para crear un entorno más limpio en términos de contaminación y protección del medio ambiente.

En primer lugar, los resultados obtenidos a partir del análisis de convergencia sigma muestran que la convergencia se produjo tanto en la producción como en el reciclaje de residuos entre los años 2000 y 2019. En particular, la evolución de la desviación típica de la tasa de reciclaje de residuos se caracteriza por una clara tendencia decreciente, y esta convergencia sigma hay que atribuirle a las políticas aplicadas por la UE en los últimos años en el ámbito ambiental.

Debido a que la convergencia beta es una condición necesaria para la existencia de la convergencia sigma, los resultados del análisis de ésta deben complementarse con los resultados del análisis de convergencia beta. Cabe informar que la convergencia beta no llega a ser una condición suficiente para la convergencia sigma y la existencia de esta última no puede confirmarse completamente. Ya que en el proceso de reducción de la desigualdad de ingresos, el desarrollo del país se ve influenciado por varios elementos de carácter estocástico.

En la generación de residuos municipales per cápita, tanto en el periodo entero como en los subperiodos, líneas de tendencia son decreciente y, por tanto, se confirma la convergencia. La producción de convergencia en este caso se explica por el hecho de que los países con menor TCMA pertenecen a los países desarrollados como Alemania,

Chipre, Dinamarca, España o Luxemburgo. Los países menos desarrollados, como Letonia y Lituania, se encuentran entre los que presentan mayores tasas de crecimiento.

Una vez obtenidos los resultados, tras analizar la convergencia beta de la tasa de reciclaje, se concluyó que hubo convergencia entre los países de la muestra, al tener la línea de tendencia decreciente. Esta convergencia se traduce en que los países de la UE poseen una actitud proactiva respecto a la recuperación de desechos urbanos. Esta convergencia es atribuida a que los países con mayores TCMA son los mismos que contaban con menores tasas de reciclaje hace 20 años y a lo largo de este periodo han logrado un importante desarrollo en este ámbito.

En este estudio, hemos confirmado que los países de la UE-27 comparten una visión común con respecto a la protección del medio ambiente y, por ende, convergen en este camino. Aunque la falta de datos en algunos países impide una interpretación de resultados con alta precisión, en mi opinión personal, la crisis causada por la contaminación global ha llamado la atención de todo el mundo, y la convergencia en crear un medio ambiente limpio y sano es inevitable y esencial para la prosperidad de la humanidad.

6. BIBLIOGRAFÍA

6.1. Informes y libros

Barreto Moreno, G. M., & Barcenilla Visús, S. (2017) Convergencia económica en América Latina. Un análisis para el periodo 1990-2015.

Barro, R. J., & Sala-i-Martin, X. (1990). Economic growth and convergence across the United States.

Barro, R. J., & Sala-i-Martin, X. (1992). Convergence. *Journal of political Economy*, 100(2), 223-251.

Bolea, L., Duarte, R., & Chóliz, J. S. (2018). From convergence to divergence? Some new insights into the evolution of the European Union. *Structural Change and Economic Dynamics*, 47, 82-95.

Castelos Cuevas, L. (2020). Economía circular y residuos plásticos. El caso de la Directiva (UE) 2019/904.

Claire, B. C., & Martínez, R. C. (2016). Sigma convergencia, convergencia beta y condicional en Bolivia, 1990-2011. *Economía Coyuntural, Revista de temas de perspectivas y coyuntura*, 1(1), 25-59.

Flechas, S. H., & González, L. R. C. (2016). Reflexiones sobre la importancia económica y ambiental del manejo de residuos en el siglo XXI. *Revista de Tecnología*, 15(1), 57-76.

Frutos Jimeno, E. D. (2016). Convergencia o divergencia de las tasas de paro: un análisis provincial.

Guzmán Chávez, M., & Macías Manzanares, C. H. (2012). El manejo de los residuos sólidos municipales: un enfoque antropológico. El caso de San Luis Potosí, México. *Estudios sociales (Hermosillo, Son.)*, 20(39), 235-262.

Heinke, G. A. R. Y., & Henry, G. (1999). Ingeniería ambiental. *Editorial Prentice Hall*.

Kaza, S., Yao, L., Bhada-Tata, P., & Van Woerden, F. (2018). *What a waste 2.0: a global snapshot of solid waste management to 2050*. World Bank Publications.

Manzanares Delgado, J. R., & Barcenilla Visús, S. (2015) La convergencia económica en Europa. Un análisis para el periodo 1995-2014.

Mebratu, D. (1998). Sustainability and sustainable development: historical and conceptual review. *Environmental impact assessment review*, 18(6), 493-520.

Parra Rodríguez, M. (2020). ¿Convergen los países de la Unión Europea en renta per cápita?: análisis de beta y sigma convergencia (2002-2018).

Romer, P. M. (1986). Increasing returns and long-run growth. *Journal of political economy*, 94(5), 1002-1037.

Sánchez, J. C. (2019) Análisis de convergencia sobre el uso de energía en Europa para el período 1990-2017.

Solow, R. M. (1956). A contribution to the theory of economic growth. *The quarterly journal of economics*, 70(1), 65-94.

Tinizhañay Peralta, J. P. (2020). Análisis de convergencia para el caso ecuatoriano a nivel cantonal en el período: 2007-2017. RETOS. *Revista de Ciencias de la Administración y Economía*, 10(19), 167-186.

6.2. Bibliografía web

Banco mundial (2018). Los desechos: un análisis actualizado del futuro de la gestión de los desechos sólidos

<https://www.bancomundial.org/es/news/immersive-story/2018/09/20/what-a-waste-an-updated-look-into-the-future-of-solid-waste-management>

Ecoembes. Reducir, Reutilizar y Reciclar, ¿pero conoces las otras cuatro?

<https://ecoembesdudasreciclaje.es/las-3rs/>

Eurostat (2021) Real GDP per capita

https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/sdg_08_10/default/table?lang=en

Eurostat (2021) Generation of municipal waste per capita

https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/cei_pc031/default/table?lang=en

Eurostat (2021) Recycling rate of municipal waste

https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/cei_wm011/default/table?lang=en

Eurostat (2021) Municipal waste statistics

https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Municipal_waste_statistics#Municipal_waste_generation

Evelyn Ring (2019) Ireland achieves highest recycling rate to surpass EU targets

<https://www.irishexaminer.com/news/arid-30933466.html>

Comisión europea. Un Pacto Verde Europeo

https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_es#thematicareas

Parlamento europeo (2018). Reciclaje y residuos de plástico en la UE: hechos y cifras

<https://www.europarl.europa.eu/news/es/headlines/society/20181212STO21610/reciclaje-y-residuos-de-plastico-en-la-ue-hechos-y-cifras>

Parlamento europeo (2018). Gestión de residuos en la UE: hechos y cifras (Infografía)

<https://www.europarl.europa.eu/news/es/headlines/priorities/economia-circular/20180328STO00751/gestion-de-residuos-en-la-ue-hechos-y-cifras-infografia>

Miteco (2018). Principales objetivos de la UE para una economía baja en residuos y circular

<https://www.miteco.gob.es/es/ceneam/carpeta-informativa-del-ceneam/novedades/objetivos-ue-economia-circular.aspx>

Miteco. Estrategia Española de Economía Circular y Planes de Acción

<https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/economia-circular/estrategia/>