



**Universidad de Valladolid**



**ESCUELA DE INGENIERÍAS  
INDUSTRIALES**

**UNIVERSIDAD DE VALLADOLID**

**ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES**

**Grado en Ingeniería en Organización Industrial**

**IDENTIFICACIÓN DE LA CIRCULARIDAD A PARTIR  
DE VARIABLES ECONÓMICAS E INDUSTRIALES**

**Autor:**

**Ibáñez Herranz, Sandra**

**Tutores:**

**Castillo Rivera, Salvador,**  
Instituto de Física de Cantabria. CSIC,  
*Universidad de Cantabria*

**Sanz Angulo, Pedro,**  
Departamento de Organización  
de Empresas y CIM.  
*Universidad de Valladolid*

**Valladolid, Julio 2020**



**Universidad de Valladolid**



**ESCUELA DE INGENIERÍAS  
INDUSTRIALES**

# Índice de contenido

<b>CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>11</b>
1.1 <i>Introducción .....</i>	12
1.2 <i>Contexto y justificación .....</i>	12
1.3 <i>Objetivo y alcance .....</i>	13
1.4 <i>Estructura .....</i>	14
<b>CAPÍTULO II: ESTADO DEL ARTE .....</b>	<b>11</b>
2.1 <i>Orígenes de la EC .....</i>	12
2.2 <i>Historia de la Economía circular .....</i>	12
2.3 <i>Historia de los indicadores .....</i>	16
2.3.1 <i>Definición de indicador .....</i>	16
2.3.2 <i>Evolución de los indicadores paralela a la EC .....</i>	17
2.3.3 <i>Indicadores para el control de la EC .....</i>	19
2.3.4 <i>Indicador de Circularidad de Material .....</i>	21
<b>CAPÍTULO III: METODOLOGÍA .....</b>	<b>17</b>
3.1 <i>Problema base .....</i>	18
3.2 <i>Herramienta utilizada .....</i>	18
3.3 <i>Selección de datos .....</i>	21
3.3.1 <i>Hipótesis .....</i>	24
3.3.2 <i>Restricciones .....</i>	26
3.3.3 <i>Contextualización .....</i>	28
<b>CAPÍTULO IV: RESULTADOS (MODELO) .....</b>	<b>41</b>
4.1 <i>Planteamiento del modelo .....</i>	42
4.1.1 <i>Selección del modelo .....</i>	45
4.1.2 <i>Identificación Puntos de Influencia .....</i>	48
4.1.3 <i>Validación del modelo .....</i>	50
4.2 <i>Discusión de resultados .....</i>	59
<b>CAPÍTULO V: ESTUDIO ECONÓMICO .....</b>	<b>61</b>
5.1 <i>Introducción .....</i>	62
5.1.1 <i>Jerarquía del proyecto .....</i>	62
5.2 <i>Pasos del desarrollo .....</i>	63
5.3 <i>Estudio económico .....</i>	64
5.3.1 <i>Horas efectivas anuales y tasas por hora .....</i>	64
5.3.2 <i>Amortización equipo informático .....</i>	65
5.3.3 <i>Coste del material consumible .....</i>	66
5.3.4 <i>Costes indirectos .....</i>	67
5.3.5 <i>Horas-persona dedicadas a cada paso .....</i>	67
5.4 <i>Costes asociados a cada paso del proyecto .....</i>	67
5.4.1 <i>Costes Paso 1 .....</i>	67
5.4.2 <i>Costes Paso 2 .....</i>	68
5.4.3 <i>Costes Paso 3 .....</i>	69



5.4.4	Costes Paso 4 .....	69
5.4.5	Costes Paso 5 .....	70
5.4.6	Costes Paso 6 .....	70
5.4.7	Costes Paso 7 .....	71
5.4.8	Costes Paso 8 .....	71
5.4.9	Costes Paso 9 .....	72
5.5	<i>Coste total</i> .....	72
<b>CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES .....</b>		<b>73</b>
6.1	<i>Conclusiones y futuras líneas de trabajo</i> .....	74
<b>APÉNDICE A: DATOS .....</b>		<b>77</b>
<b>APÉNDICE B: INSTALACIÓN DE RSTUDIO Y PRIMEROS PASOS.....</b>		<b>91</b>
B.1	<i>Instalación</i> .....	92
<b>APÉNDICE C: UTILIZACIÓN DE LA PÁGINA WEB EUROSTAT .....</b>		<b>97</b>
C.1	<i>Entorno Eurostat</i> .....	98
C.2	<i>Historia</i> .....	101
C.3	<i>Crear una base de datos</i> .....	101
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>		<b>105</b>

# Índice de figuras

Figura 2.1. Procesos hacia la sostenibilidad .....	14
Figura 2.2. Flujos de materia y energía .....	16
Figura 2.3. N.º de artículos.....	18
Figura 2.4. Flujo Material.....	20
Figura 2.5. Certificación Cradle to Cradle.....	21
Figura 3.1. Entorno RStudio .....	19
Figura 3.2. Fichero R.....	19
Figura 3.3. Consola R .....	20
Figura 2.4. Historial R. ....	20
Figura 3.5. Gráficos R. ....	20
Figura 3.6. Ruta de acceso.....	21
Figura 3.7. Datos Eurostat.....	22
Figura 3.8. Tablas en Eurostat. ....	22
Figura 3.9. Filtración de los datos.....	23
Figura 3.10. Estudio base .....	25
Figura 3.11. MCI (%) .....	28
Figura 3.12. Deuda de corporaciones no financieras (% del PIB).....	29
Figura 3.13. PIB (%) .....	30
Figura 3.14. Tasa de desempleo (%) .....	31
Figura 3.15. PIIN (% del PIB) .....	32
Figura 3.16. Gasto interno bruto I+D (% del PIB).....	33
Figura 3.17. RHTC (% Población activa) .....	34
Figura 3.18. Residuos municipales per cápita (Kg/cápita) .....	35
Figura 3.19. Exportaciones (% del PIB).....	36
Figura 3.20. Emisiones medias de CO <sub>2</sub> (g CO <sub>2</sub> ).....	37
Figura 3.21. Productividad ajustada al salario (%) .....	38
Figura 3.22. Valor añadido de la industria agrícola (millones €) .....	39
Figura 4.1. Conjunto de datos. ....	44
Figura 4.2. Generación del Modelo.....	45
Figura 4.3. Modelo inicial. ....	46
Figura 4.4. Método stepwise.....	46
Figura 4.5. Código modelo final. ....	47
Figura 4.6. Modelo final.....	47
Figura 4.0.7. Código diagrama distribución residuos estudentizados .....	48
Figura 4.8. Diagrama distribución residuos estudentizados.....	49
Figura 4.9. Código Puntos de Influencia .....	49
Figura 4.10. Puntos de Influencia.....	50
Figura 4.11. Código comprobación homocedasticidad. ....	51
Figura 4.12. Diagrama Residuos vs Valores ajustados .....	52
Figura 4.13. Test de Breusch-Pagan.....	52
Figura 4.14. Código Independencia.....	53
Figura 4.15. Diagrama de residuos .....	53
Figura 4.16. Test de Durbin-Watson. ....	54
Figura 4.17. Código Normalidad. ....	54
Figura 4.18. Test de Shapiro-Wilks. ....	55
Figura 4.19. Test de Kolmogorov-Smirnov .....	55
Figura 4.20. Histograma de los residuos.....	56
Figura 4.21. Histograma de los residuos.....	57
Figura 4.22. Código No Multicolinealidad. ....	57
Figura 4.23. Matriz de Correlación .....	58
Figura 4.24. R cuadrado, modelo sin Prod. sal y Emisión, .....	60
Figura B.1. Página inicial RStudio .....	92
Figura B.2. Página de descarga Rstudio.....	93



Figura B.3. Última versión RStudio .....	93
Figura B.4. Sistemas Operativos compatibles.....	94
Figura B.5. Instalación librerías.....	94
Figura B.6. Búsqueda del paquete .....	95
Figura C.1. Página Inicial Eurostat .....	99
Figura C.2. Entrada base de datos.....	102
Figura C.3. Sección tablas. ....	102
Figura C.4. Selección de tabla.....	103
Figura C.5. Página de los datos en forma de tabla. ....	103
Figura C.6. Formatos para exportar los datos. ....	104

# Índice de tablas

Tabla 2.1. Nomenclatura MCI. . . . .	23
Tabla 2.2. Interpretación del MCI. . . . .	25
Tabla 3.1. Variables seleccionadas. . . . .	24
Tabla 3.2. Países estudiados. . . . .	27
Tabla 4.1. Variables en el modelo. . . . .	42
Tabla 4.2. Estadísticas descriptivas. . . . .	45
Tabla 4.4. Hipótesis estadísticas . . . . .	59
Tabla 5.1. Días efectivos anuales. . . . .	76
Tabla 5.2. Semanas efectivas anuales. . . . .	77
Tabla 5.3. Coste equipo profesional. . . . .	77
Tabla 5.4. Amortización Hardware. . . . .	78
Tabla 5.5. Amortización software. . . . .	78
Tabla 5.6. Costes consumibles. . . . .	79
Tabla 5.7. Costes indirectos. . . . .	79
Tabla 5.8. Horas-persona. . . . .	79
Tabla 5.9. Costes Paso 1. . . . .	80
Tabla 5.10. Costes Paso 2. . . . .	81
Tabla 5.11. Costes Paso 3. . . . .	81
Tabla 5.12. Costes Paso 4. . . . .	82
Tabla 5.13. Costes Paso 5. . . . .	83
Tabla 5.14. Costes Paso 6. . . . .	83
Tabla 5.15. Costes Paso 7. . . . .	84
Tabla 5.16. Costes Paso 8. . . . .	85
Tabla 5.17. Costes Paso 9. . . . .	85
Tabla 5.18. Costes totales. . . . .	86
Tabla A.1. Set de datos MCI . . . . .	78
Tabla A.2. Set de datos Deuda del sector privado. . . . .	79
Tabla A.3. Set de datos PIB. . . . .	80
Tabla A.4. Set de datos Tasa de desempleo. . . . .	81
Tabla A.5. Set de datos PIIN. . . . .	82
Tabla A.6. Set de datos Gasto interno en I+D. . . . .	83
Tabla A.7. Set de datos RHTC. . . . .	84
Tabla A.8. Set de datos Generación de residuos municipales. . . . .	85
Tabla A.9. Set de datos Exportaciones de bienes y servicios. . . . .	86
Tabla A.11. Set de datos Emisiones medias de CO2 por Km de nuevos coches. . . . .	87
Tabla A.11. Set de datos Productividad laboral ajustada al salario. . . . .	88
Tabla A.12. Set de datos Valor añadido de la industria agrícola. . . . .	89
Tabla A.13. Set de datos finales. . . . .	90
Tabla C.1. Secciones Eurostat. . . . .	113



## Resumen

El problema de la escasez de recursos materiales y la creciente concienciación del impacto de la contaminación sobre el medio ambiente está derivando en un modelo socioeconómico e industrial cuyo objetivo es desarrollar un modelo de consumo responsable y sostenible. El presente trabajo estudia los indicadores de Economía Circular, ya que son herramientas fundamentales para la supervisión y el control de dicha economía. Además, el trabajo aborda uno de los mayores problemas al que se enfrenta este campo, como es el reducido número de datos para su análisis. Como solución se ha usado la base de datos Eurostat, lo que ha permitido el acceso a la información económica de 28 países de la Unión Europea. El uso del software libre que permita realizar el estudio estadístico se ha llevado a cabo por medio de RStudio. Finalmente, el análisis de regresión lineal múltiple ha permitido establecer un modelo de evaluación de la dependencia estadística de variables asociadas a indicadores de EC y otro tipo de variables que, en principio, no han sido definidas como tal.

**Palabras claves:** Economía Circular, Indicador, Regresión lineal múltiple.



## Abstract

The problem of the scarcity of material resources and the growing awareness of the impact of pollution on the environment is leading to a socio-economic and industrial model. The objective is to develop a model of responsible and sustainable consumption. This work studies the indicators of Circular Economy. The motivation is that they are fundamental tools for the supervision and control of this economy. The work deals with one of the basic problems of this field, how is the reduced number of data for analysis. The Eurostat database has been used to collect with data from 28 countries of the European Union. The statistical study has been done using free software as RStudio. Finally, multiple linear regression analysis has established a model for evaluating the statistical dependence of variables associated with Circular Economy indicators and other types of variables which were not defined as such.

**Keywords:** Circular Economy, Indicator, Multiple Linear Regression.



# ***CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN***



## 1.1 Introducción

En la actualidad, la preocupación por la sostenibilidad y el medio ambiente es una de las mayores inquietudes tanto de la sociedad como de las empresas, lo que hace que sea cada vez más relevante la necesidad de conseguir procesos circulares. Ya que la política actual de usar y tirar no es sostenible, lo que hace que el modelo lineal sea cada vez más difícil de aplicar.

Con la idea de poder desarrollar un trabajo de investigación en este campo surge la necesidad de valorar las herramientas de trabajo, como, los paquetes de software que permitan llevar a cabo esta labor sin necesidad de tener que recurrir a licencias de uso que son costosas en muchos casos. Por otro lado, existe la necesidad de obtener un conjunto de datos que permitan realizar la investigación de una manera adecuada. Teniendo en cuenta estas premisas, este trabajo aborda un estudio en el ámbito de la Economía Circular (EC), con el uso de software libre y de bases de datos que sean de acceso no restringido.

## 1.2 Contexto y justificación

Hoy en día, la mayor parte de las contribuciones científicas que se publican se hacen bajo el amparo de proyectos subvencionados por instituciones autonómicas, nacionales o internacionales. Sin embargo, trabajos de investigación que pueden o quieran ser desarrollados por estudiantes de grado en sus trabajos fin de grado y trabajos fin de máster quedan limitados en muchas ocasiones por restricciones económicas al no existir un presupuesto que haga frente a los posibles gastos que se puedan realizar durante la investigación. Con esto, el estudio aquí presentado plantea el uso de determinadas herramientas informáticas y de bases de datos que permitan desarrollar un trabajo en el ámbito socioeconómico reduciendo en la medida de lo posible las restricciones de presupuesto y de acceso restringido a los datos.

El ámbito en el que esta investigación se va a desarrollar surge de la necesidad de implementar un nuevo modelo de economía basado en la circularidad de los procesos, reduciendo la generación de desechos y promoviendo la entrada de materia prima virgen. De forma paralela al surgimiento de la EC, ha nacido la

exigencia de crear herramientas para controlar y detectar el estado de implementación de esta economía. De este modo, han aparecido los primeros indicadores (p.ej. Tasa de entrada de reciclaje al final de la vida útil, EOL-RIR, Indicador de Circularidad Material del producto, MCI) o datos exactos (p.ej. Tasas de reciclaje o Tasas de generación de desechos, con datos disponibles en Eurostat y OVAM). Estas herramientas buscan determinar el grado de implantación de la circularidad en la sociedad y la industria, ayudando a la toma de decisiones al estar basadas en variables cuantitativas para reducir la subjetividad de los análisis. En el establecimiento de nuevas medidas, no se podría determinar el grado de acierto y eficiencia sin una herramienta de control continua.

El desarrollo de los indicadores de EC se inició a finales del siglo XX y principios del siglo XXI, a manos de (Zhijun & Nailing, 2007); a partir de este momento surgieron una infinidad de propuestas diferentes llevando a una falta de estandarización de indicadores, además de una falta de datos al respecto. Todo esto abrió la puerta a la búsqueda de la circularidad en variables sin esa base, realizando una revisión bibliográfica y buscando así un acceso fácil y amplio a la información necesaria.

### 1.3 Objetivo y alcance

El principal objetivo es realizar un estudio dentro del campo de la EC en el que, por medio del uso de un software libre y el acceso a bases de datos abiertas de carácter socioeconómico, se pueda estudiar la dependencia estadística entre variables asociadas a la EC; como pueden ser los indicadores de EC, y otro tipo de variables económicas y de carácter industrial.

Para ello, se realizará una amplia revisión de los trabajos publicados en la literatura especializada hasta la redacción de este documento.

El alcance de este proyecto tiene diferentes etapas:

- Realizar un estudio de los indicadores de EC.
- Estudiar la dependencia estadística por medio de una regresión lineal múltiple de indicadores de EC con otro tipo de variables económicas e industriales.



- Análisis de los modelos estadísticos obtenidos con el fin de evaluar el software libre usado. La utilidad de la base de datos de acceso libre elegida, y las dependencias estadísticas que se puedan derivar del conjunto de datos seleccionados.

## 1.4 Estructura

Teniendo en cuenta los objetivos descritos anteriormente, el trabajo se estructura de la siguiente manera:

Capítulo I: Introducción. Este capítulo presenta el contexto, las motivaciones y los objetivos que conducen a este trabajo.

Capítulo II: Estado del Arte. El capítulo lleva a cabo un amplio estudio del estado del arte asociado a la EC; así como de las herramientas de control de dicha economía. Haciendo énfasis en el Indicador de Circularidad de Material (MCI).

Capítulo III: Metodología. El propósito de este capítulo es proporcionar una descripción general del principal software usado en este trabajo, Rstudio; y de la base de datos Eurostat.

Capítulo IV: Resultados (Modelo). El capítulo presenta el estudio estadístico realizado con factores asociadas a indicadores de EC y variables económicas, así como de carácter industrial.

Capítulo V: Conclusiones. El capítulo contiene las principales conclusiones del Trabajo Fin de Grado, así como futuras líneas de trabajo.

Apéndice A: Datos. El apéndice presenta los principales datos usados en este estudio. Con el objetivo de facilitar al lector su uso, no solo en la comprobación de los datos utilizados sino también para futuras búsquedas.

Apéndice B: Instalación de RStudio y primeros pasos. El apéndice presenta a modo de breve tutorial, una guía de instalación y de los primeros pasos para la utilización del programa RStudio. Las opciones ofrecidas por el software con sus diferentes

librerías para facilitar el tratamiento de los datos y el desarrollo de estudios estadísticos.

Apéndice C: Utilización de la página web Eurostat. El apéndice trata sobre el entorno web Eurostat, de la historia de esta base de datos y de cómo crear una base propia a partir de los datos ofrecidos.





# ***CAPÍTULO II: ESTADO DEL ARTE***



## 2.1 Orígenes de la Economía Circular

Para conocer los orígenes de esta nueva estrategia productiva nos tenemos que remontar a 1987, donde la Comisión Brundtland abogaba por la creación de nuevos caminos para conseguir un desarrollo sostenible, desarrollándose una amplia variedad de indicadores para contralar el grado de consecución de este objetivo, (Zdan, 1997). Actualmente, la implementación de los modelos de EC es una opción relevante para cumplir con esto, como indicaron (Schroeder, Anggraeni, & Weber, 2019). En este trabajo se hace referencia a los modelos de suministros circulares y de recuperación de recursos como “una caja de herramientas” para la consecución de los objetivos del desarrollo sostenible.

Del mismo modo, las instituciones gubernamentales de los Estados Unidos de América lo consideran un posible camino para incrementar la sostenibilidad del sistema económico (Elia, Gnoni, & Tornese, 2017). Por otro lado, el análisis de 114 definiciones en el ámbito de la EC por (Kirchherr, Reike, & Hekkert, 2017), supone una evidencia cuantitativa de la multitud de opiniones diferentes en este campo. Siendo imprescindible los indicadores para llevar la circularidad a un nivel de reconocimiento real (Geissdoerfer, Savaget, Bocken, & Hultink, 2017). Por ejemplo, los estándares para la evaluación de los indicadores pueden resultar clave para la integración profunda de la EC por la industria, pudiendo cuantificar los objetivos vinculados a estrategias relacionadas con esta economía.

## 2.2 Historia de la Economía Circular

La EC surge dentro de las diferentes escuelas de pensamiento de desarrollo sostenible. (Pearce & Turner, 1991) introdujeron el concepto en base a diferentes estudios económicos ecologistas siendo el principal el presentado por (Boulding, 2013). Este último recogía el concepto de economía sostenible como un modelo circular (un ciclo cerrado sin casi intercambios de materias con el exterior).

En el caso de (Pearce & Turner, 1991) indicaron que la transición del modelo lineal tradicional a la EC tiene su base en la primera ley de la termodinámica, es decir, la

energía no se crea ni se destruye solo se transforma. (Georgescu-Roegen, 2011) introdujeron el concepto de degradación de la materia y energía. Dentro de sus teorías se encuentra el concepto de la vida natural como un sistema económico. La provisión de recursos, el desecho de residuos y la contaminación son actividades económicas que tendrían un precio y mercado asociado. Aunque en la realidad, no existe un mercado continuo para bienes naturales (como la calidad del agua o los derechos de contaminación) tienen un valor simple y un alto grado de utilidad para personas jurídicas y sociedades en el ejercicio de su actividad.

Por otro lado, también encontramos una base de la EC en la denominada ecología industrial (Preston, 2012) y la teoría general de sistemas (Bertalanffy, 1950). En otra corriente encontramos el planteamiento basado en la teoría newtoniana de la “Simplicidad Organizada”, proponiendo la consideración de la totalidad de organismos como sistemas relacionados entre sus propios componentes, residiendo el mayor grado de interdependencia en las relaciones de las organizaciones con el entorno. La mayor restricción se encontraba en la imposibilidad de conectar propiedades a través del análisis de sus elementos, al estar constituidos de manera aislada.

En resumen, el comportamiento del todo rige la manera de actuar de las partes, y no a la inversa, por eso la manera de actuar de un agente económico debe ser objeto de estudio dentro del sistema creado por las relaciones económicas entre los agentes (Gallegati & Gatti, 2018). La Teoría General de Sistemas promueve el pensamiento sistémico, la complejidad, la educación basada en la organización y el desarrollo de los recursos humanos; pudiendo considerarla uno de los principales antecesores de la EC (Chandler, 1998; Laser, 2002).

En oposición a la corriente de estudio del impacto ambiental con la separación entre el sistema industrial como fuente y el medio ambiente como el perjudicado, surgió la **Ecología Industrial**. Se desarrollaron diferentes posiciones partiendo del análisis del impacto medioambiental como un ecosistema en el que coexisten el sector industrial y el medio ambiente. Siendo las principales relaciones, los flujos de materia, energía e información como suministro de recursos proveniente de la Biosfera (Erkman, 1997). Los pilares de la Ecología Industrial son (Chiu & Yong, 2004) :

1. Análisis del funcionamiento industrial y su relación con la Biosfera.
2. Metodología de regulación de esa relación (Ayres, 1989).
3. Proactividad (Van Berkel, Fujita, Hashimoto, & Geng, 2009), las compañías deberán utilizar la Ecología Industrial en sus políticas y estrategias para el desarrollo. Derivando en el desarrollo sostenible, como se muestra en la Figura 2.1.

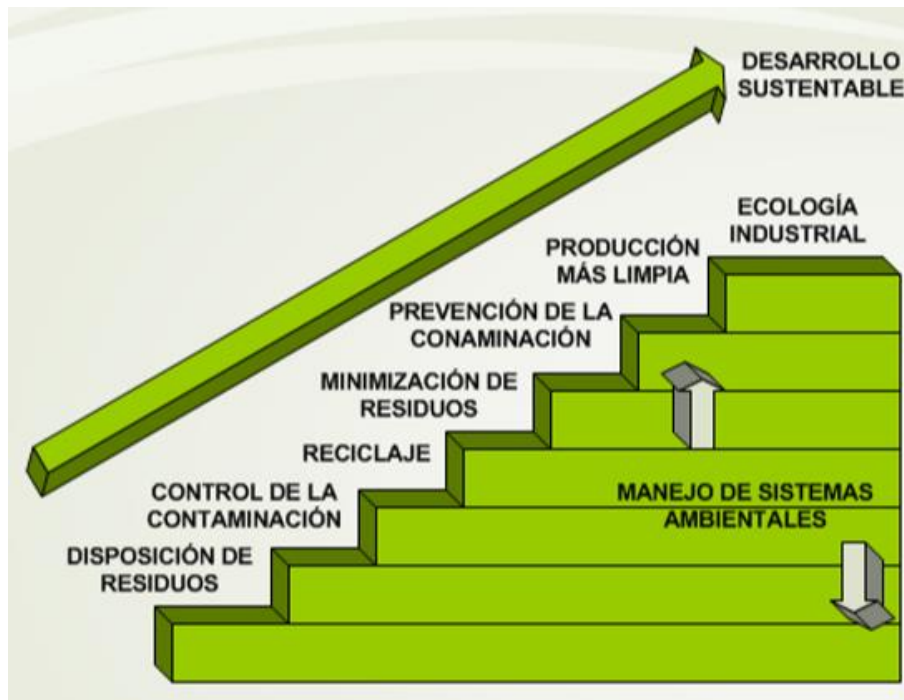


Figura 2.1. Procesos hacia la sostenibilidad. Fuente: (Basu & van Zyl, 2006).

Sobre estas bases, además de la mayor eficiencia en la conversión de las materias primas vírgenes, se resalta la importancia del correcto procesamiento de los residuos y su incorporación al sistema productivo industrial como materia y energía (Frosch, 1992). Esta corriente busca la transformación de los flujos abiertos de materia y energía, hacia los bucles cerrados mediante procesos con un menor índice de derroche (Chiu & Yong, 2004; Ehrenfeld & Gertler, 1997; Frosch, 1992).

La EC se construyó sobre los cimientos de la Ecología Industrial para el estudio de los sistemas de producción industrial (metabolismo industrial) y la optimización de todos los procesos (lung & Levrat, 2014), unificándolo todo en un único sistema que

persiga el establecimiento de una nueva corriente económica de desarrollo, distribución, producción y reutilización de productos.

Los procesos y productos tienen que sufrir un procedimiento de rediseño para conseguir la maximización de su valor de reutilización a través de todo el desarrollo económico, siempre con la finalidad del propio crecimiento económico y la prolongación de los usos de los materiales (UTS, 2015).

También cabe destacar, el estudio de la implementación de la EC tiene sus raíces en la premisa de la Ecología Industrial de estudiar el beneficio con respecto al flujo de dinero (Mathews & Tan, 2011). Es importante incorporar el beneficio derivado del reciclaje hasta el punto de seguir produciendo un beneficio neto, sin caer en modelos excesivamente caros tanto económicamente como en impacto medio ambiental.

En efecto la EC no puede proveer una reutilización y reciclaje del 100%, como señaló (Daly, 1977) como recoge también la ley de la entropía al ser inalcanzable la conversión de la energía y materia a su estado inicial.

Dentro de los modelos económicos chinos (Geng, Zhu, & Haight, 2007) se instaura la concepción de la EC como un sistema económico estacionario, siendo el principal factor, el corriente flujo de capital natural en estas regiones. Al contrario que el resto de los países desarrollados no establecen restricciones en los recursos naturales dentro de la fase inicial de su correspondiente modelo industrial. Instaurando así la economía neoclásica como base para el estudio de la EC, siendo incompatible con el modelo actual asiático y la economía en un futuro cercano.

En la actualidad la institución que lidera el estudio de la EC es la (Ellen Macarthur Foundation, 2013), según la cual, esta economía se rige por tres principios:

1. Eliminar residuos y polución desde el diseño
2. Mantener productos y materiales en uso
3. Regeneración de sistemas naturales

Al igual que rescata los flujos estipulados en la Ecología Industrial, como se observa en la Figura 2.2.

Where does this company sit within the circular economy?

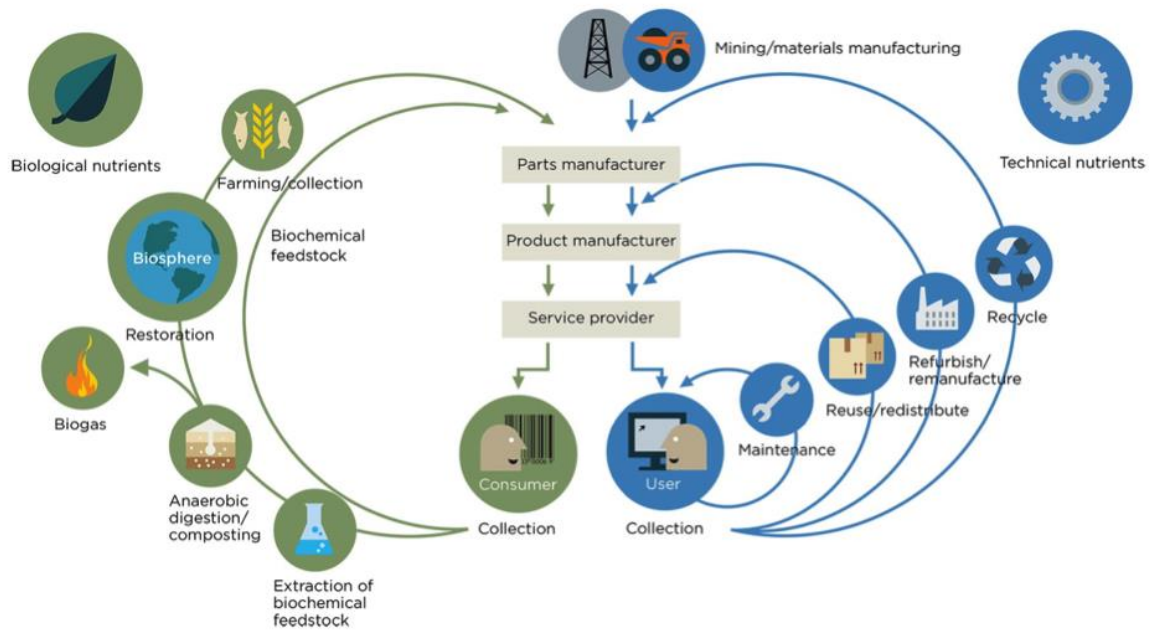


Figura 2.2. Flujos de materia y energía. Fuente: (Ellen MacArthur Foundation, 2013).

## 2.3 Historia de los indicadores

Este apartado trata la definición de indicador de EC, su evolución y otros aspectos relevantes asociados con los indicadores

### 2.3.1 Definición de indicador

El término “indicador” ha tenido varias acepciones en la literatura especializada (OECD, 2014; Park & Kremer, 2017; Singh, Murty, Gupta, & Dikshit, 2012) sin llegar a un establecimiento formal en materia académica de la significación correcta. En este trabajo se seguirá la visión de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OECD, 2014), en la que un indicador se establece como "un factor o variable cuantitativa o cualitativa que proporciona un medio simple y confiable para medir el logro, reflejar los cambios relacionados con una intervención o ayudar a evaluar el desempeño de un actor de desarrollo".

También, es importante el establecimiento de otros términos relacionados con el desarrollo de herramientas de control y seguimiento, como “medidas” e “índices”. La

aportación de sinónimos efectivos durante la investigación es esencial para conseguir una identificación efectiva de los indicadores creados previamente. Aunque se perciben pequeñas variaciones semánticas, los diferentes investigadores los usan de la misma manera, por lo que en este trabajo se utilizaran como sinónimos.

### 2.3.2 Evolución de los indicadores paralela a la EC

La búsqueda de un modelo de circularidad cuantificable ha ido aumentando recientemente, reflejándose en un amplio abanico de posiciones: centrado en la transición a la EC (Bocken, Olivetti, Cullen, Potting, & Lifset, 2017), comparando con la economía lineal (EASAC, 2016), en su aplicación en los negocios y la economía (Geissdoerfer et al., 2017) dentro de sistemas productivos (Linder, Sarasini, & van Loon, 2017), etc.

De acuerdo con (EASAC, 2015), las compañías se han tenido que enfrentar a la falta de información y confianza a la hora de afrontar el paso a la EC, debido a la ausencia de indicadores aplicables, desconocimiento de las opciones de circularidad, así como, la falta de formación en todos los niveles de educación. De hecho, la transferencia de información se establece como una de las principales limitaciones para la implementación de la EC, (Winans, Kendall, & Deng, 2017). Sin una evaluación o apoyo a la industria, las iniciativas de EC no son sostenibles. Al efectuar un análisis de los indicadores que podrían considerarse válidos, (Kovacic, Strand, & Völker, 2019) resaltó que el conocimiento actual de este campo está bastante dividido, siendo fundamental la generación de una información más organizada, coincidiendo con (Haas, Krausmann, Wiedenhofer, & Heinz, 2015), que defienden una estructura fija para poder controlar el seguimiento de las mejoras.

Siguiendo esta línea, es conocido que, para promover la EC, la incorporación de herramientas de control y evaluación como los indicadores para cuantificar el progreso es esencial (Acampora, Preziosi, Merli, & Lucchetti, 2017; Åkerman, 2016; Cayzer, Griffiths, & Beghetto, 2017; Di Maio & Rem, 2015; Geng, Fu, Sarkis, & Xue, 2012).

Actualmente, la Comisión Europea ha reconocido la necesidad de indicadores de circularidad para la aplicación de su plan para la EC (EC, 2015). Estableciendo que

"para evaluar el progreso hacia una economía más circular y la eficacia de la acción a nivel nacional y de la UE, es importante contar con un conjunto de indicadores confiables". También, (Wisse, 2016) resaltó la importancia de cuantificar la efectividad de las estrategias de EC establecidas a nivel local, regional y nacional. Por consiguiente, se está produciendo un aumento cada vez mayor de intentos de generación de indicadores en el ámbito de EC. Este aumento queda reflejado en el Figura 2.3, recogiendo el número total de artículos relacionados con indicadores de EC y su posterior separación entre indicadores Socioeconómicos e Industriales.

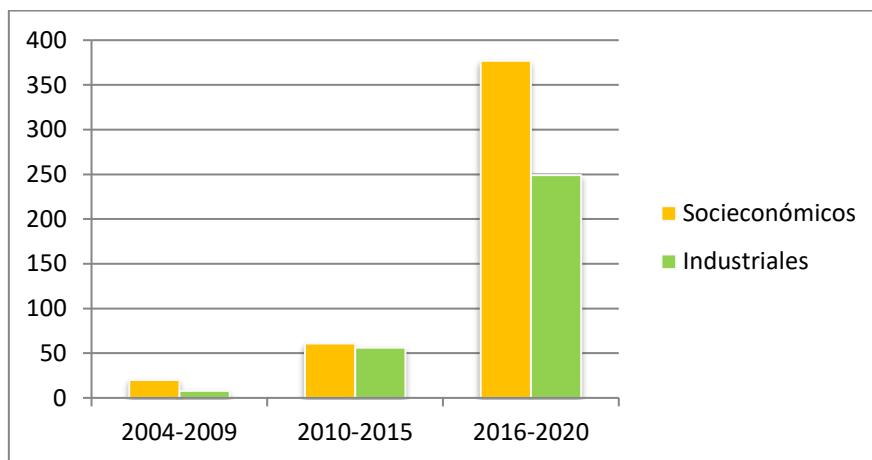


Figura 2.3. N.º de artículos. Fuente: Elaboración propia.

Se puede percibir un aumento muy significativo en el periodo de 2016 al 2020 de 61 artículos socioeconómicos sobre indicadores de EC y 56 de carácter industrial, a 377 y 249 respectivamente. Pudiendo concluir que es un tema de actualidad y de suma importancia.

El aumento tan rápido de la literatura relacionada con la EC ha llevado a un problema. (Bell & Morse, 2008) alegaron que "ahora hemos desarrollado tantos indicadores que tenemos que preguntarnos qué estamos midiendo exactamente". Sería necesario aclarar la finalidad de todos los indicadores, es decir, saber exactamente que están midiendo y controlando. Aunque el ámbito de investigación de los indicadores crece rápidamente y se están creando debates dentro de la literatura académica, aún existe la necesidad de una investigación concisa sobre la clasificación, complementariedad, integridad y las probabilidades de aplicación a



nivel social, económico e industrial. Una de las principales causas reside en el paradigma de la EC, en concreto, la encontramos en el gran abanico de corrientes dentro de la EC. Algunos indicadores no recogen de manera explícita que miden o no están relacionados de manera fija con un principio de la EC. Todo ello lleva a una infinidad de problemas de interpretación y aplicación.

Las terminologías de la EC han sido objeto de diferentes estudios (Homrich, Galvão, Abadia, & Carvalho, 2018), los cuales resaltaron la falta de unión en las definiciones entre los profesionales, políticos y académicos que estudian las discrepancias y complementariedades dentro de la literatura de la EC, en una muestra de 327 artículos. Al igual, (Kirchherr et al., 2017) hicieron una revisión de 114 definiciones recogidas en 17 diferentes dimensiones. Dentro de este trabajo se recupera la definición sintetizada que propusieron, incorporándola una serie de modificaciones dentro de su clasificación: “La EC se define como un sistema económico que reemplaza el concepto de final de la vida útil con la reducción, alternativamente reutilización, reciclaje y recuperación de materiales en producción, distribución y consumo procesos”. En su clasificación podemos distinguir tres tipos, los cuales quedan englobados en la clasificación realizada en este trabajo:

- *Tipo micro*: empresas, productos y consumidores; queda englobado en el panorama *socioeconómico*.
- *Tipo meso*: parques eco industriales; queda englobado en el panorama *industrial*.
- *Tipo macro*: región, ciudad, nación, internacional; queda englobado en el panorama *socioeconómico*.

La terminología de clasificación ha sido utilizada para dividir un conjunto grande de datos en secciones más reducidas, siguiendo varias restricciones o buscando similitudes (DAVIDSON, 1952). La clasificación genera heurísticas efectivas y supone una base sistemática para la realización comparaciones.

### 2.3.3 Indicadores para el control de la EC

El estudio del grado de implantación y consecución de la EC a nivel práctico, como el caso de una empresa determinada, se encuentra fuertemente unido a la continua

toma de decisiones. Se convierte por ello en un proceso paralelo a la propia actividad de la empresa, lo que conlleva que las herramientas y métodos impuestos para el control tengan gran relevancia.

Las corrientes actuales en la generación de indicadores tienen una clara tendencia a la media de la circularidad utilizando como unidad de medida el producto. Entre ellos se puede diferenciar varios tipos:

- Indicador de Circularidad de Material: conocido como **MCI** por sus siglas en inglés, mide si el flujo de material (véase Figura 2.4) utilizado para un producto es restaurativo. Aportando el valor de reducción de material de entrada y del uso de recursos naturales, al igual que el grado de pérdida de valor del material y el incremento de utilización de recursos renovables y reciclables aportando durabilidad al valor del producto. Nos centraremos posteriormente en este indicador al ser uno de los más utilizados en la actualidad.

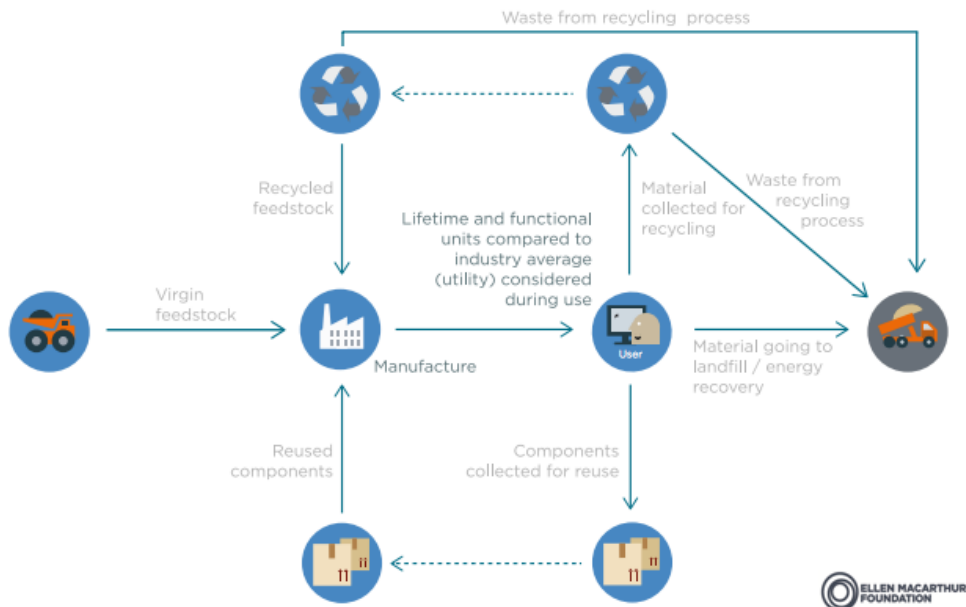


Figura 2.4. Flujo Material. Fuente: (Ellen MacArthur Foundation, 2013).

- Índice de Economía Circular (CEI): basado en la relación entre la cantidad de material reciclado de los productos en su última etapa en su ciclo de vida, y

el valor total de material reciclado para la producción posterior. Mide la eficiencia del proceso de reciclaje.

- Certificación del estándar de producción de la cuna a la cuna: basada en la consecución de cinco pilares (Figura 2.5).
  1. Justicia social
  2. Uso de energías renovables en el sistema productivo
  3. Reutilización del material
  4. Selección material
  5. Uso responsable del agua



*Figura 2.5. Certificación Cradle to Cradle.*

- Métrica de circularidad al nivel del producto: su objetivo es incorporar como valor económico el uso de material reciclado y mezclarlo con material no reciclado para obtener un producto de alto valor.

#### 2.3.4 Indicador de Circularidad de Material

El MCI tiene su origen en las teorías desarrolladas por la fundación Ellen MacArthur en colaboración con Grata Design, y su utilización alcanza el nivel industrial (Azevedo, Godina, & Matias, 2017; Franconi, E.; Bridgeland, B.; Webster, 2016). Su aplicación es exclusiva a los ciclos técnicos, es decir, a los materiales, productos y procesos que se reintroducen en el mercado con la máxima calidad posible y en la mayor duración de tiempo. Su base reside en el mantenimiento, la restauración, la reutilización, los materiales renovables y el reciclaje.

### 2.3.4.1 Nomenclatura

Con fin de simplificar las nomenclaturas, las siglas utilizadas quedan recogidas en la Tabla 2.1, al igual que las unidades en las que se utilizan:

Tabla 2.1. Nomenclatura MCI. Fuente: Elaboración propia.

Nomenclatura	Definición	Unidades
$C_R$	Parte del producto recogido para un posterior proceso de reciclaje	Porcentaje (%)
$C_U$	Parte del producto recogido para reusar	Porcentaje (%)
$E_c$	Eficiencia del proceso de reciclado de la $C_R$	Porcentaje (%)
$E_F$	Eficiencia del proceso de reciclado usado para alimentar al proceso productivo	Porcentaje (%)
$F_R$	Materia prima procedente de material reciclado	Porcentaje (%)
$F_U$	Materia prima procedente de material reusado	Porcentaje (%)
$F(X)$	Factor de utilidad del producto (función de $X$ de un producto exacto)	Porcentaje (%)
$L_{av}$	Media de vida de los productos similares del mercado	Tiempo (min/horas/años)
$L$	Media de vida del producto	Tiempo (min/horas/años)
$LFI$	Índice de flujo lineal	Porcentaje (%)
$M$	Masa del producto	Kilogramos (kg)
$U_{av}$	Media de unidades funcionales logradas durante el uso de un tipo similar de producto del mercado	Unidades funcionales (ud)
$U$	Media de unidades funcionales logradas durante el uso del producto	Unidades funcionales (ud)
$V$	Masa de materia prima virgen	Kilogramos (kg)
$W$	Masa de desechos asociados al producto	Kilogramos (kg)

$W_O$	Masa de desechos generados en la producción, pérdida de energía, materiales irrecuperables y en los procesos de distribución	Kilogramos (kg)
$W_C$	Masa de desechos irrecuperable generado en el proceso de reciclaje de las partes del producto	Kilogramos (kg)
$W_F$	Masa de desechos irrecuperable generado en el proceso de reciclaje para alimentar el proceso productivo	Kilogramos (kg)
$X$	Utilidad del producto	Porcentaje (%)

### 2.3.4.2 Procedimiento

El cálculo del *MCI* se realiza mediante una consecución de pasos, y cuyo resultado final se encuentra entre 0 (indica linealidad) y 1 (producto completamente circular).

PASO 1. Cálculo de materia prima virgen

$$V = M (1 - F_R - F_U)$$

PASO 2. Cálculo de desechos

$$W_O = M (1 - C_R - C_U)$$

PASO 3. Cálculo de desechos generados en el proceso de reciclaje

$$W_C = M (1 - E_C) C_R$$



PASO 4. Cálculo de desechos generados en el proceso de reciclaje para alimentar el sistema

$$W_F = M \frac{(1 - E_F) F_R}{(E_F)}$$

PASO 5. Desechos totales

$$W = W_O + \frac{W_C + W_F}{2}$$

PASO 6. Índice de linealidad del flujo

$$LFI = \frac{V + W}{2M + \frac{W_F - W_C}{2}}$$

PASO 7. Cálculo de la utilidad

$$X = \left( \frac{L}{L_{av}} \right) \left( \frac{U}{U_{av}} \right)$$
$$F(X) = \frac{0.9}{X}$$

PASO 8. Índice de circularidad del material

$$MCI = 1 - LFI * F(X)$$

### 2.3.4.3 Análisis de los resultados

Mediante este indicador se obtiene información sobre la procedencia de los materiales utilizados en la producción, al igual que la generación de desechos y las zonas donde se produce una mayor pérdida de eficiencia. La interpretación de su valor queda recogida en la Tabla 2.2.

*Tabla 2.2. Interpretación del MCI. Fuente: Elaboración propia.*

Resultado	Significado
0 - 50%	La utilidad casi no se tiene en cuenta. El producto es generado con un proceso prácticamente lineal y un exceso de desechos. Sería necesario un rediseño de producto, una búsqueda de nuevos materiales o el cambio de sistema productivo.
50 - 100%	El factor utilidad tiene un peso relevante. El proceso productivo es adecuado, pero con posibilidad de mejora. No es necesario el rediseño del producto, pero sería aconsejable un rediseño del sistema productivo como una mayor incorporación al flujo de materiales reusados o reciclados.
100%	Se constituye como un producto completamente sostenible, sujeto a un flujo restaurativo con la menor cantidad de desecho posible, siendo completamente independiente del factor utilidad.

Cabe destacar la imposibilidad de su utilización con productos de masa variable durante su vida útil, es decir, productos en los que alguna de sus partes se consume con su uso. También asume que no se produce la pérdida de material en el proceso de recolección para reusar los productos como materia prima. Por lo que su utilización no se puede extender a todas las empresas, siendo este hecho una posible fuente de mejora.



**Universidad de Valladolid**



**ESCUELA DE INGENIERÍAS  
INDUSTRIALES**



# ***CAPÍTULO III: METODOLOGÍA***



### 3.1 Problema base

La búsqueda de datos para poder realizar el estudio es uno de los principales problemas a los que hay que enfrentarse para poder trabajar con indicadores de EC a nivel práctico. Siendo esto uno de los obstáculos más destacados para alcanzar los objetivos fijados para este trabajo.

La dificultad en la transición de la economía lineal a la circular se podría abordar usando indicadores utilizados tradicionalmente. Este trabajo se centra mayormente en indicadores económicos, ya que ha quedado demostrado el impacto significativo de la EC en el crecimiento económico, destacando las investigaciones y artículos (M. Busu & Gyorgy, 2016; M. Busu & Trica, 2019).

Tras la premisa ya estudiada de la relación estadística entre el crecimiento económico y la EC, se realiza un cambio en el orden para los análisis. Lo que significa que, en lugar de centrarse en los indicadores de EC, se estudiarán los utilizados en los modelos de economía lineal. El objetivo principal se alcanzará cuando se establezca la relación entre variables lineales y el indicador de EC impuesto como variable dependiente.

### 3.2 Herramienta utilizada

El programa elegido para el desarrollo del análisis estadístico ha sido RStudio versión 1.3.1056, un software de carácter libre GNU con la función de cálculo estadístico y creación de gráficas. Cuenta con amplio número de librerías al igual que un lenguaje y entorno propios, todo diseñado para una rápida adaptación con ejercicios sencillos y el soporte de la ayuda.

Su primer lanzamiento se produjo en 1993 firmado por Ross Ihaka y Robert Gentleman, integrantes del Departamento de Estadística de la Universidad de Auckland. Diseñaron un lenguaje dirigido a objetos y con interpretaciones gráficas lo que supuso un avance en el tratamiento de datos complejos. Sus diferentes entornos los podemos observar en la Figura 3.1.

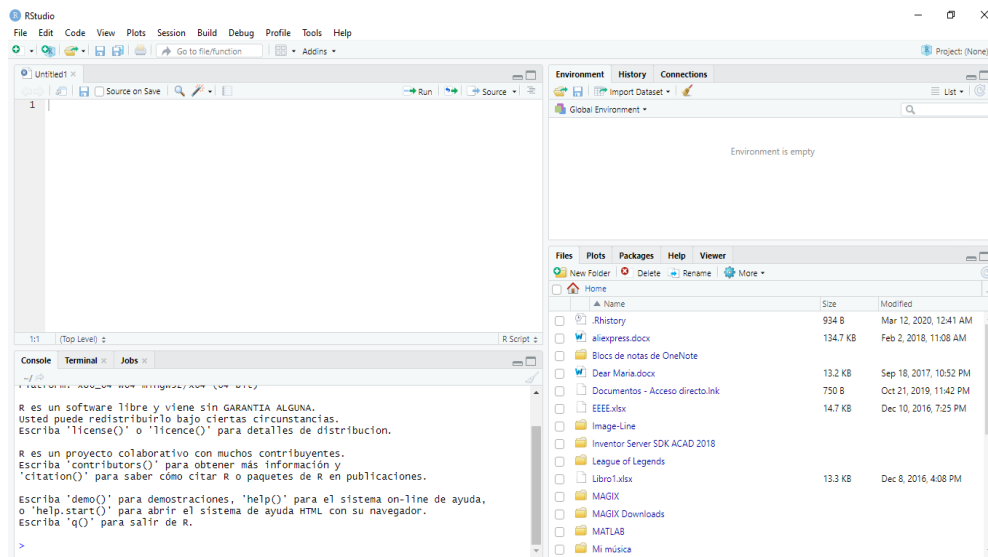


Figura 3.1. Entorno RStudio. Fuente: Elaboración propia.

La elección final de esta herramienta se basa en la apertura del sistema, al ser un software de acceso gratuito no tiene restricción en sus funcionalidades, en contraposición de otros programas estadísticos como SPSS o Statgraphics entre otros. Además, la elección viene dada por el conocimiento previo de este software, ya que fue usado durante el grado en las prácticas de alguna asignatura.

En su entorno encontramos diferentes áreas en las que se recogerán los datos, operaciones y resultados a realizar. Por orden de aparición encontramos:

- Ficheros (Untitled): se introducen los datos y formulas, para ejecutarlos se pulsa el boton de run arriba a la derecha.(Figura 3.2).

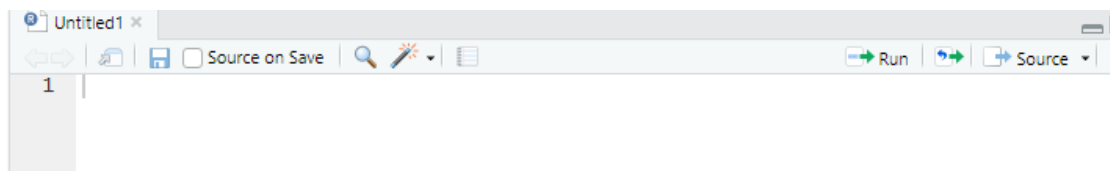


Figura 3.2. Fichero R. Fuente: Elaboración propia.

- Consola/ Terminal/ Jobs: escribimos los comandos a ejecutar. Al igual que las opciones de modificación para los gráficos. (Figura 3.3).

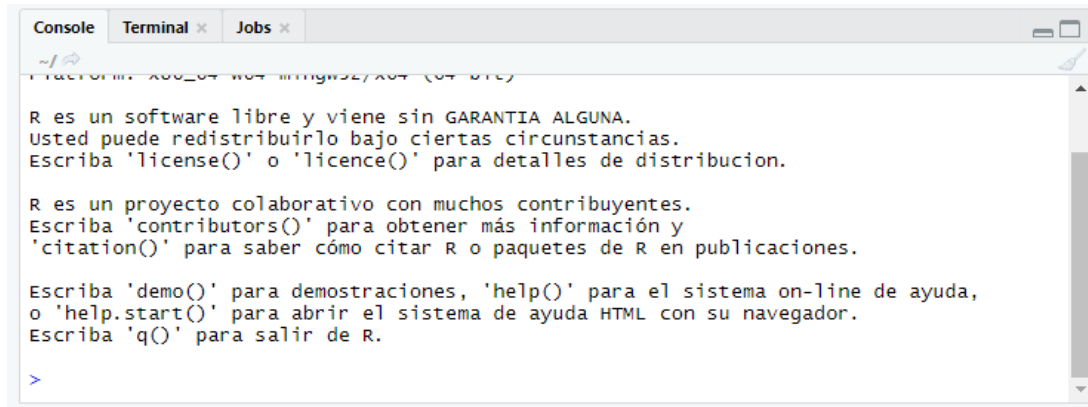


Figura 3.3. Consola R. Fuente: Elaboración propia.

- History/ Environment/ Connections: se agrupan la base de datos generada, mediante tablas o vectores, al igual que las variables generadas (Figura 3.4).



Figura 3.4. Historial R. Fuente: Elaboración propia.

- Files/ Plots/ Packages/ Help/ Viewer: es el área para los resultados, generando gráficos según los comandos establecidos en la consola o en el fichero. También, recoge el historial de paquetes utilizados y el apartado de ayuda. (Figura 3.5)

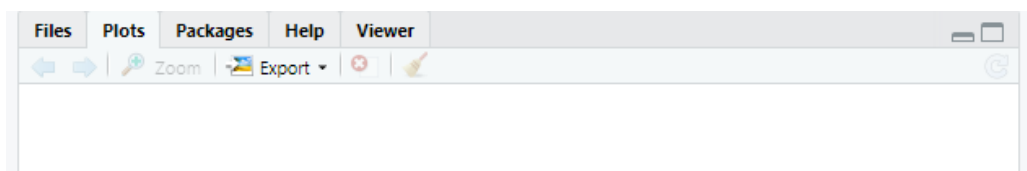


Figura 3.5. Gráficos R. Fuente: Elaboración propia.

Ante la poca utilización de RStudio a este nivel académico durante el grado, y con la finalidad de facilitar la comprobación de los resultados gráficos y agilizar la escritura

de comandos, se incluye el Apéndice B (al final de este trabajo). En él se presenta una breve guía a seguir para la instalación de RStudio y los diferentes paquetes que se usan como principiante.

### 3.3 Selección de datos

La base de datos creada para este trabajo, mediante tablas de Excel, tiene su procedencia en la base de datos europea disponible en la página [Web Eurostat](#) siguiendo la siguiente ruta para acceder, Figura 3.6. Esta base es elegida porque permite alcanzar los objetivos marcados para este trabajo.

**European Commission > Eurostat > Data > Database**

*Figura 3.6. Ruta de acceso. Fuente: Elaboración propia.*

En la cual podemos encontrar datos que englobarían indicadores socioeconómicos y medioambientales, y destaca también un archivo zip con datos propios de diferentes indicadores de EC, Figura 3.7.



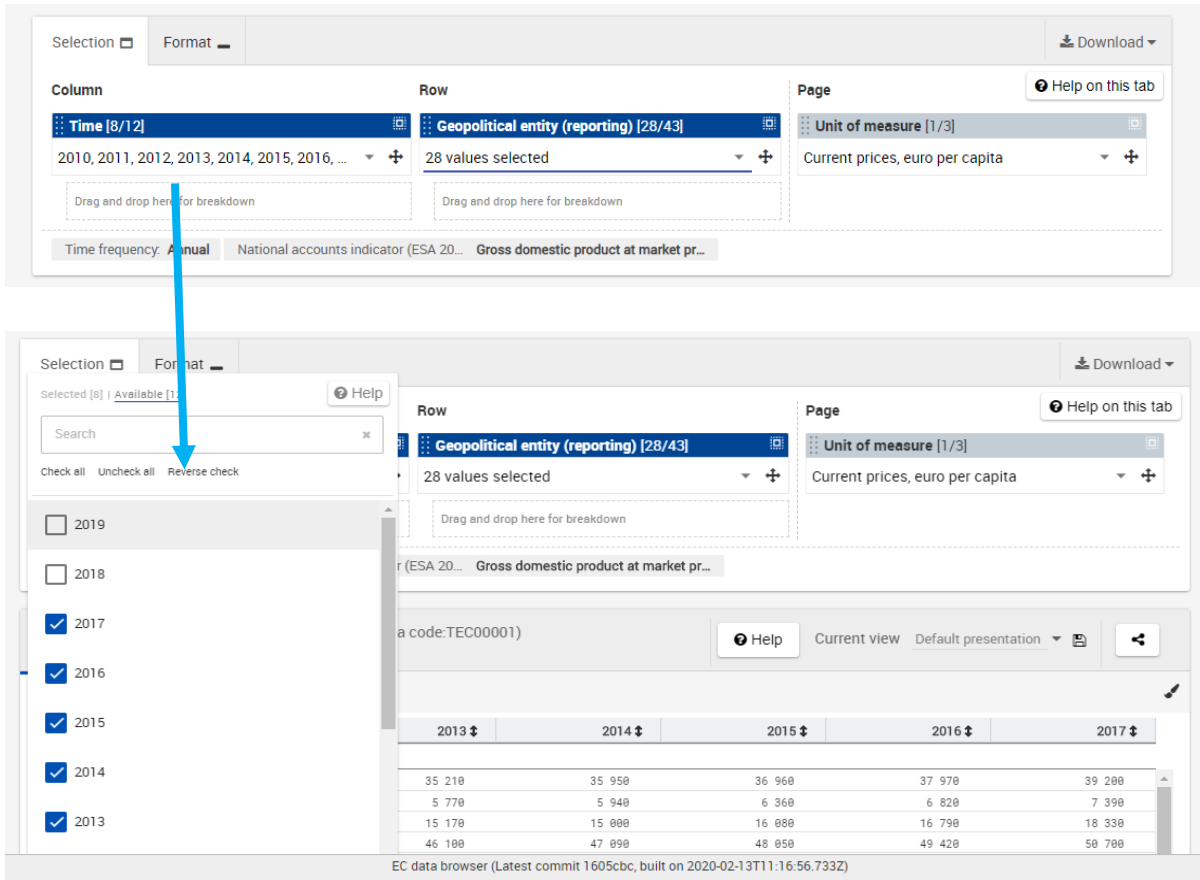
Figura 3.7. Datos Eurostat. Fuente: Elaboración propia.

La elección de esta base de datos nos ofrece información a nivel europeo en aspectos tanto económicos como medioambientales, resultando por eso la mejor elección.

Nos centramos en el apartado de datos por tablas (Figura 3.8), también pudiendo encontrar graficas en la página. Después se realizará una filtración para conseguir cumplir las restricciones recogidas en el apartado 3.3.2., y por último lo exportaremos a Excel.



Figura 3.8. Tablas en Eurostat. Fuente: Elaboración propia.



The screenshot illustrates the EC data browser interface. The top section shows the configuration for the data view, including the 'Column' (Time [8/12]), 'Row' (Geopolitical entity (reporting) [28/43]), and 'Page' (Unit of measure [1/3]) sections. The 'Time' column is set to '2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, ...'. The 'Row' column is set to '28 values selected'. The 'Page' column is set to 'Current prices, euro per capita'. The 'Time frequency' is set to 'Annual' and the 'National accounts indicator' is 'Gross domestic product at market pr...'. A blue arrow points from the 'Time' column to the 'Reverse check' filter in the bottom panel.

The bottom panel shows the 'Reverse check' filter applied to the 'Time' column. The 'Selected' list includes 2013, 2014, 2015, 2016, and 2017, which are checked. The 'Available' list includes 2019, 2018, 2017, 2016, 2015, 2014, and 2013, which are unchecked. The 'Reverse check' button is highlighted. The table below shows the data for the years 2013 to 2017.

	2013 ↓	2014 ↓	2015 ↓	2016 ↓	2017 ↓
	35 210	35 950	36 960	37 970	39 200
	5 770	5 940	6 360	6 820	7 390
	15 170	15 000	16 080	16 790	18 330
	46 100	47 090	48 050	49 420	50 700

EC data browser (Latest commit 1605cbc, built on 2020-02-13T11:16:56.733Z)

Figura 3.9. Filtración de los datos. Fuente: Elaboración propia.

Para conseguir una muestra que englobará indicadores económicos, industriales y de EC, se han seleccionado finalmente 12 variables, como se puede ver en la Tabla 3.1.

Tabla 3.1. Variables seleccionadas. Fuente: Elaboración propia.

Variable	Unidades
MCI	Porcentaje (%)
Deuda del sector privado	Porcentaje del PIB (% del PIB)
PIB a precios de mercado	Porcentaje (%)
Tasa de desempleo	Porcentaje (%)
Posición de inversión internacional neta (PIIN)	Porcentaje del PIB (% del PIB)
Gasto interno bruto en I+D	Porcentaje del PIB (% del PIB)
Recursos humanos en departamentos tecnológicos y científicos	Porcentaje de la población activa
Generación de residuos municipales per cápita	Kilogramos per cápita
Exportaciones de bienes y servicios	Porcentaje del PIB (% del PIB)
Emisiones medias de CO <sub>2</sub> por km de nuevos coches	Gramos de CO <sub>2</sub> por Kilometro
Productividad laboral ajustada al salario	Porcentaje (%)
Valor añadido de la industria agrícola	Millón de euros

Para agilizar las consultas de las diferentes variables quedan recogidos los enlaces: [MCI](#), [Deuda](#), [PIB](#), [Tasa de desempleo](#), [PIIN](#), [Gasto interno bruto en I+D](#), [Recursos humanos](#), [Generación de residuos](#), [Exportaciones](#), [Emisiones de CO<sub>2</sub>](#), [Productividad ajustada al salario](#), [Valor añadido](#).

### 3.3.1 Hipótesis

Diferentes trabajos han mostrado que existe correlación entre la EC con el desarrollo económico e industrial (M. Busu & Gyorgy, 2016; Mihail Busu & Trica, 2019; Mitchell & James, 2015). Siendo el segundo artículo citado uno de los pilares fundamentales de este trabajo, en el cual podemos encontrar un estudio de regresión lineal múltiple cuya variable dependiente era un indicador económico tan usado como el PIB, y las variables independientes, indicadores actualmente establecidos de EC (MCI, RRMW y porcentaje de recursos reutilizados) llegando a un modelo capaz de reflejar la variable económica en un 77,7%. La base de datos utilizada para ese estudio



también fue Eurostat, abarcando un margen temporal de 8 años y un margen territorial de 27 países. El estudio queda resumido en la Figura 3.10.

	Coefficient	Standard Error	t-Statistic	Probability
Total panel observations: 216				
GDP_CAPITA_GROWTH = C(1) + C(2) × CIRCULAR_MATERIAL + C(3) × MUNICIPAL_WASTE + C(4) × TRADE_MATERIALS + C(5) × LABOR_PROD + C(6) × ENVIRON_TAXES + C(7) × RESOURCE_PROD				
C	-12.9335	1.245	2.875409	0.0284
CIRCULAR_MATERIAL	0.107652	0.930	3.765092	0.0073
MUNICIPAL_WASTE	0.118950	0.848	2.987650	0.0053
TRADE_MATERIALS	0.108709	0.872	3.679802	0.0027
LABOR_PROD	0.203765	0.459	2.897695	0.0231
ENVIRON_TAXES	0.097522	0.073	3.098783	0.0089
RESOURCE_PROD	0.178292	0.109		
R-squared	0.776552	Mean dependent var		4.8762
Adjusted R-squared	0.687378	SD dependent var		0.8954
Standard error (SE) of regression	2.195433	Akaike info criterion		1.9034
Sum squared residual	14.45673	Schwarz criterion		1.9835
Log likelihood	82.38760	Hannan-Quinn criterion		1.6902
Durbin-Watson statistic	2.187454			

Figura 3.10. Estudio base. Fuente: (Mihail Busu & Trica, 2019).

En conclusión, el estudio econométrico realizado demuestra una fuerte correlación entre variables circulares y una variable económica.

Desde esta premisa surge una pregunta básica para esta investigación, “¿Hay una relación significativa entre indicadores utilizados tradicionalmente y los nuevos modelos de EC?”. Ya que, si los datos económicos se pueden explicar mediante los indicadores de EC, se plantea la posibilidad de explicar los indicadores de EC mediante los indicadores económicos tradicionales. Esto permitirá evaluar la utilidad de la base de datos elegida Eurostat para los propósitos fijados en este trabajo y, a la vez, establecer algún tipo de entre variables asociadas a indicadores de EC y otro tipo de variables socioeconómicas e industriales.

El principal objetivo es llevar a cabo un análisis de las 11 variables explicativas recogidas en este proyecto, es decir, deuda del sector privado, el PIB, tasa de desempleo, posición de inversión internacional neta, gasto interno bruto en investigación, IPCA y el porcentaje de exportaciones. La selección de los posibles

indicadores a estudio (Hipótesis), han constituido una mezcla entre el sector privado y público, sobre todo a nivel macroeconómico.

Se inicia el estudio con la formulación de 11 contrastes de hipótesis, con los que se busca aceptar las hipótesis no nulas y conseguir demostrar la relación del MCI con cada una de las diferentes variables independientes.

$$\left\{ \begin{array}{l} H_0 = \text{No existe correlación} \\ H_i = (X_i \text{ está fuertemente} \\ \text{correlacionada con el ciclo del MCI}) \end{array} \quad i = 1, \dots, 11 \right.$$

Para la validación de la totalidad de las 11 hipótesis no nulas posibles, se realizará un modelo de regresión lineal múltiple recogido en el Capítulo IV.

### 3.3.2 Restricciones

Los datos seleccionados se transformarán para su correcta introducción en la base de datos generada, mediante las siguientes limitaciones:

- Margen temporal de 7 años, comenzando en el 2010 y finalizando en el 2017. En el modelo se introducirá la media entre todos los años.
- Datos de carácter anual.
- Sin distinción dentro de los géneros (masculino/femenino) en los diferentes sectores y ámbitos.
- El margen territorial será de 28 países dentro de Europa, recogidos en la Tabla 3.2. También queda recogido la nomenclatura que se utilizará en los posteriores capítulos para resaltar los datos y análisis de dichos países.

Tabla 3.2. Países estudiados. Fuente: Elaboración propia.

Países	Nomenclatura
Bélgica	BE
Bulgaria	BG
Chequia	CZ
Dinamarca	DK
Alemania	DE
Estonia	EE
Irlanda	IE
Grecia	EL
España	ES
Francia	FR
Croacia	HR
Italia	IT
Chipre	CY
Letonia	LV
Lituania	LT
Luxemburgo	LU
Hungría	HU
Malta	MT
Países Bajos	NL
Austria	AT
Polonia	PL
Portugal	PT
Rumania	RO
Eslovenia	SI
Eslovaquia	SK
Finlandia	FI
Suecia	SE
Reino unido	UK

### 3.3.3 Contextualización

Para la mejor comprensión de los análisis posteriores se realizará un breve resumen del alcance de los indicadores propuestos, al igual que una mirada inicial de los datos a estudio, incluyendo las mediciones del MCI.

Las Figuras 3.11 a 3.22 reflejan la evolución de los indicadores del 2010 al 2017. El primer análisis es el de la variable dependiente en el estudio, MCI, en la Figura 3.11.

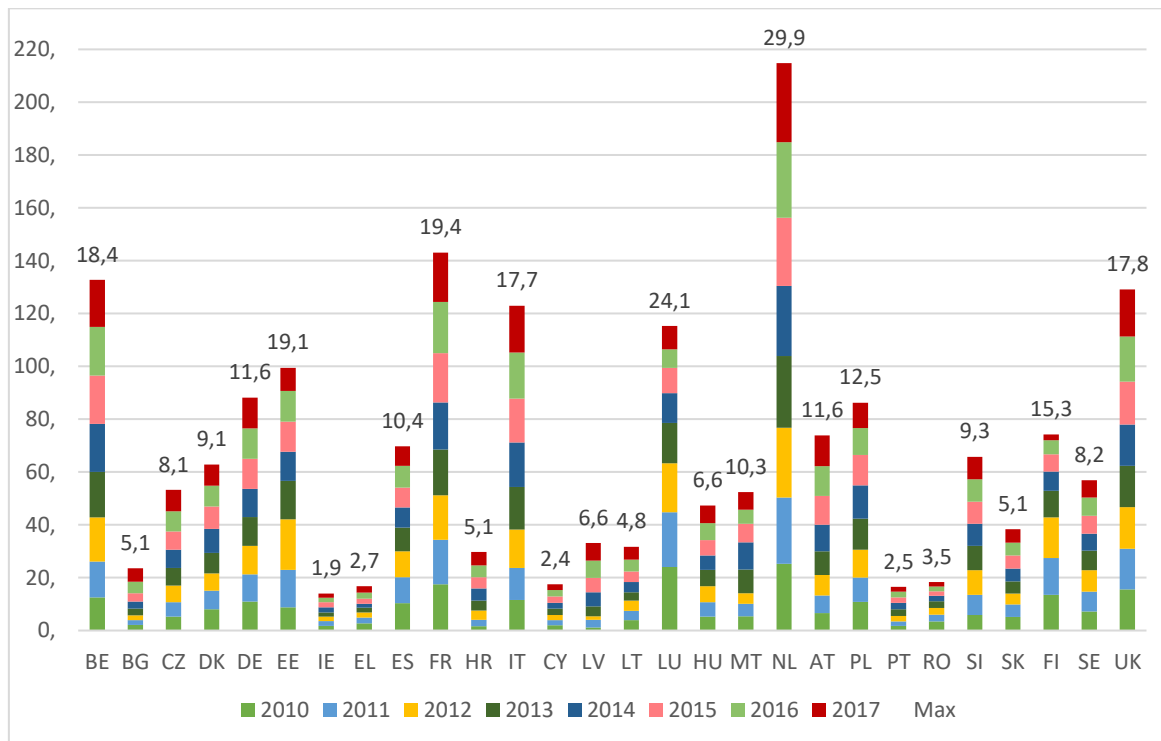


Figura 3.11. MCI (%). Fuente: Elaboración propia con datos Eurostat, 2020.

Podemos observar que de los resultados máximos entre todos los años se encuentra en cabeza Países Bajos (29,9%) seguido de Francia (19,4%), con una diferencia mínima con Estonia (19,1%). En el lado contrario esta Irlanda (1,9%) seguido por Chipre (2,4%).

Otra variable analizada es la deuda del sector privado ( $H_1$ ) que recoge el saldo de pasivos de los préstamos de corporaciones de carácter no financieros (nos

centraremos en esté en el proyecto), los hogares y las instituciones sin ánimo de lucro. Los títulos de deuda constituyen herramientas financieras negociables cuya utilidad es dejar constancia de la deuda adquirida, representados en este proyecto en términos consolidados (no incluyen las transacciones dentro de un mismo sector). Su evolución se observa en la Figura 3.12.

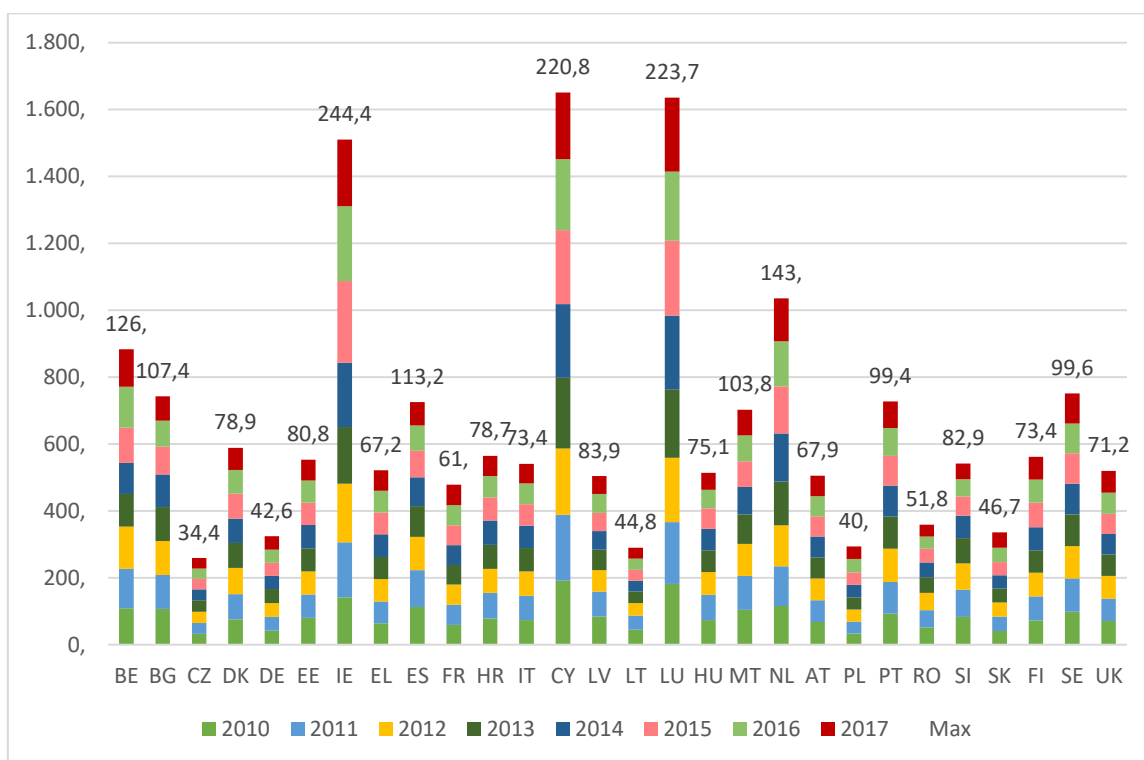


Figura 3.12. Deuda de corporaciones no financieras (% del PIB). Fuente: Elaboración propia con datos Eurostat, 2020.

En este caso observamos que el país con el máximo de deuda en el sector privado es Irlanda (244%), estando muy próximo Luxemburgo (223,7%). En el caso de la deuda máxima adquirida en términos mínimos es Chequia con solo un 34,4 %.

El PIB a precios de mercado ( $H_2$ ) constituye el resultado último de la producción. Se explica como el valor de la totalidad de los bienes y servicios producidos menos el valor de los bienes y servicios utilizados en la producción. Puede recurrirse a ESA 2010 (Sistema Europeo de Cuentas) para una imagen más concreta de esta metodología. Las unidades escogidas para los datos será volúmenes encadenados con el cambio porcentual con respecto al periodo anterior, para homogeneizar los

por la disparidad del valor de un millón en cada moneda nacional. En la Figura 3.13, se observa sus cambios entre 2010 y 2017.

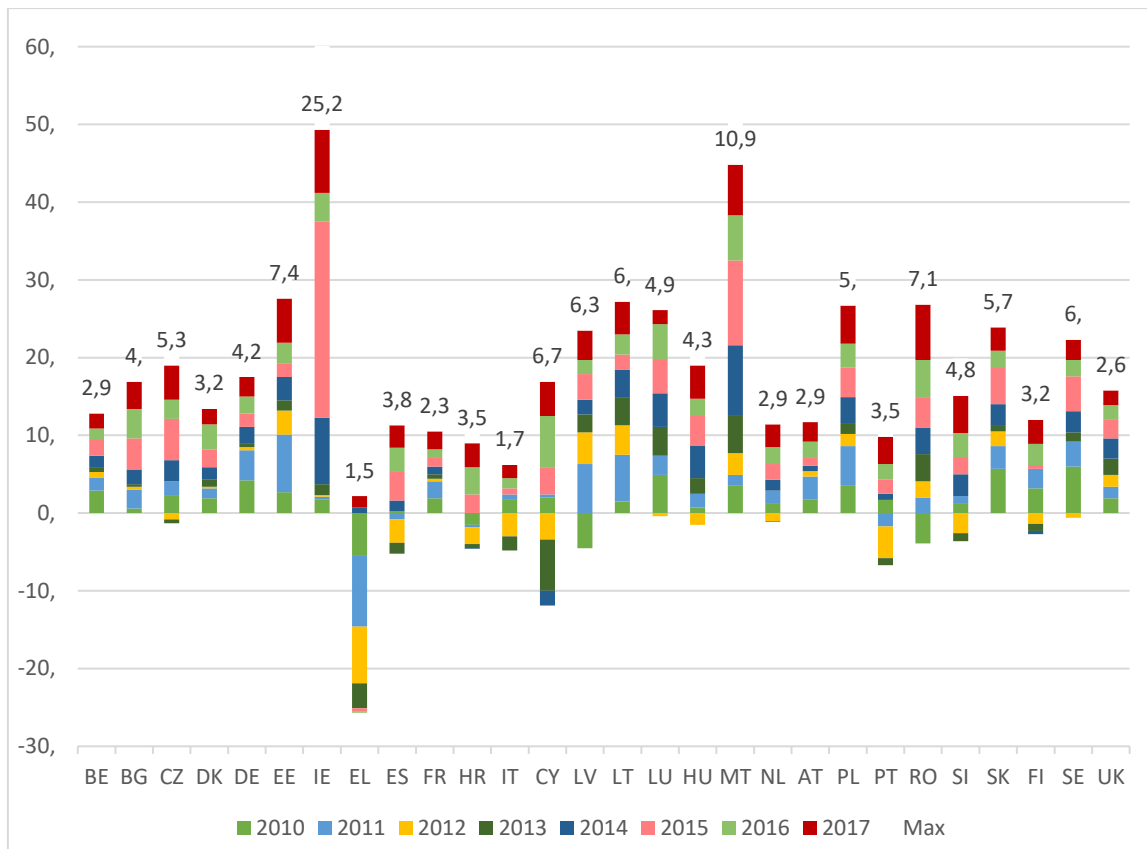


Figura 3.13. PIB (%). Fuente: Elaboración propia con datos Eurostat, 2020.

Se observa una evolución positiva en Irlanda siendo su máximo cambio de 25,2% en 2015, en cambio Grecia destaca por la tendencia negativa siendo el máximo porcentaje de mejora en el PIB de 1,5% en 2017.

En el caso de la hipótesis propuesta de tasa de desempleo ( $H_3$ ) hace referencia al porcentaje de personas desempleadas de la fuerza laboral, recogida sus parámetros en la Oficina Internacional del Trabajo (OIT). La fuerza laboral queda definida como el número total de personas desempleadas de entre 15 y 74 años que cumplen las siguientes características:

- No poseen trabajo durante la semana elegida como referencia.
- Tienen disponibilidad de incorporarse al mundo laboral en las dos semanas siguientes.

- Han realizado una búsqueda exhaustiva de empleo en las últimas cuatro semanas
- Si han encontrado un trabajo comenzará en algún momento durante los siguientes tres meses.

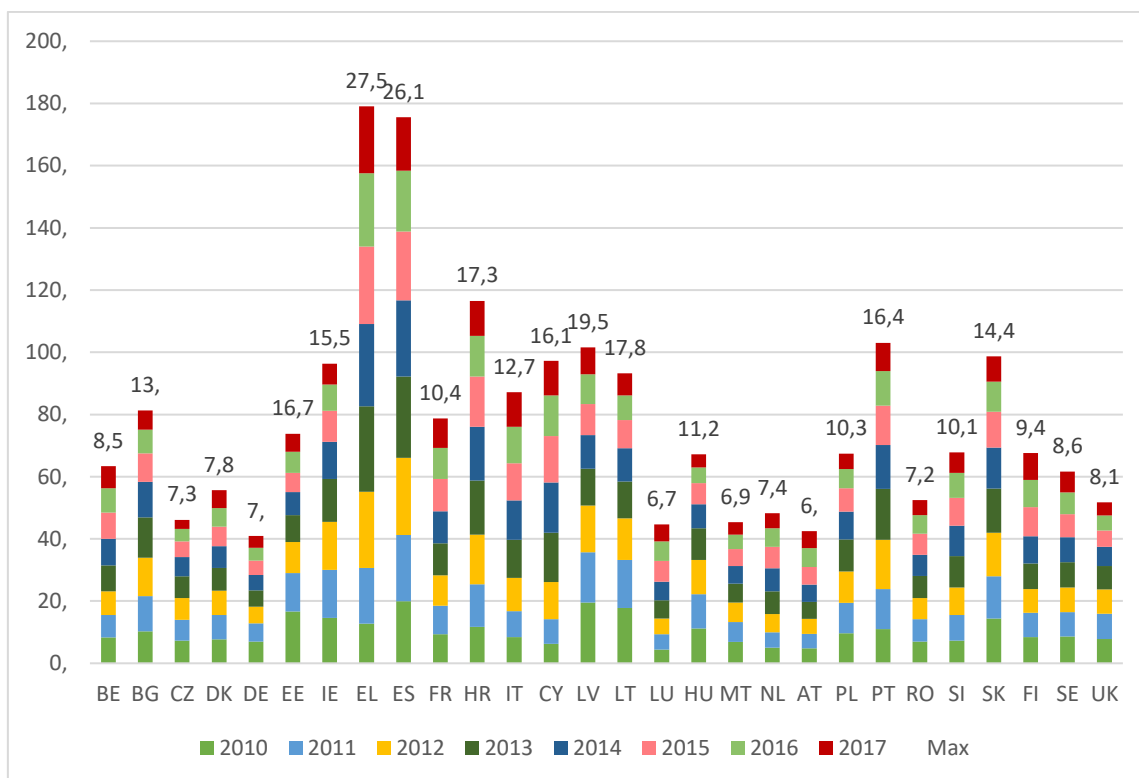


Figura 3.14. Tasa de desempleo (%). Fuente: Elaboración propia con datos Eurostat, 2020.

En la Figura 3.14, destaca la alta tasa de desempleados en Grecia (27,5 %) y España (26,1%) registradas en 2013. En el lado opuesto encontramos a Austria cuya máxima tasa de desempleo solo alcanza el 6% en 2016.

En la cuarta hipótesis encontramos la posición de inversión internacional neta (PIIN), que parte de la posición de inversión internacional (PII) definida como el valor y composición de activos financieros y pasivos de residentes de una economía obtenidos tras análisis estadísticos. Estos activos son derechos sobre no residentes y lingotes de oro considerados activos de reserva. La diferencia de los activos financieros externos con respecto al pasivo constituye la PIIN de la economía del país, pudiendo ser positivo (aumento de la inversión) o negativo (disminución de la inversión). El PIIN además proporciona una imagen del flujo de existencias hacia el

exterior del país. Al ser referenciado con respecto al PIB se calcula como:  $(PIINt / PIBt) * 100$ . Los datos se quedan expuestos en la Figura 3.15.

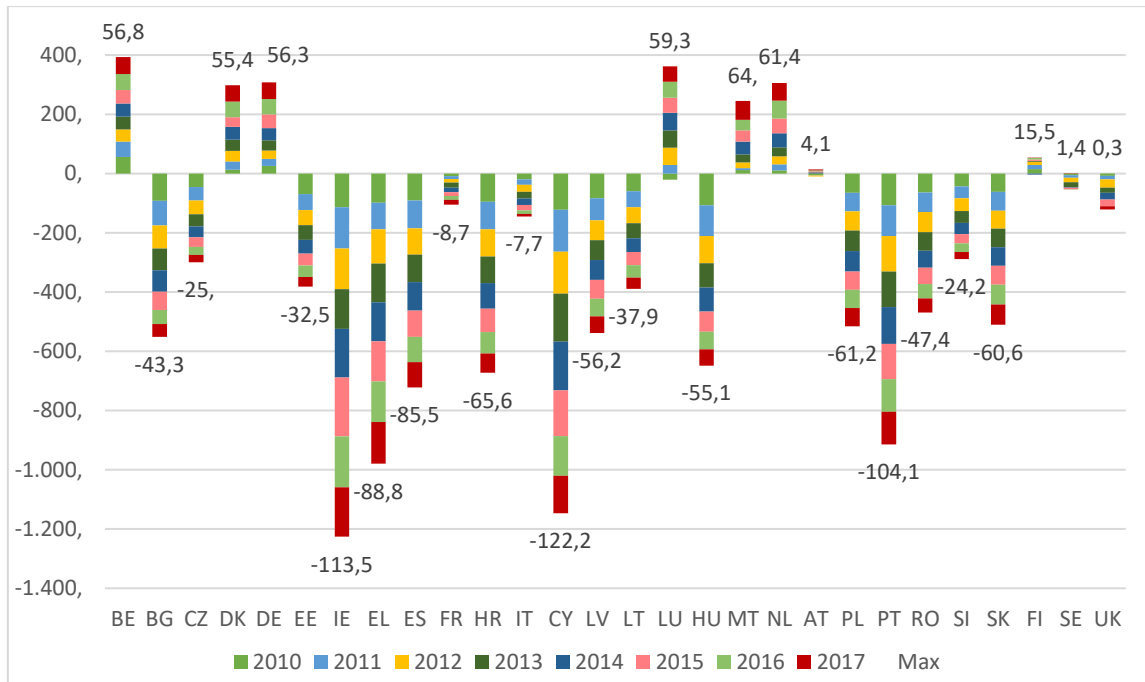


Figura 3.15. PIIN (% del PIB). Fuente: Elaboración propia con datos Eurostat, 2020.

Destaca la caída constante generalizada de la inversión, encontrándose el máximo en Chipre (-122,2 %). El máximo al alza entre los pocos países restantes se encuentra en Países Bajos (64%).

La investigación y desarrollo (I+D) engloba las actividades encaminadas a la creación o mejora de nuevos productos o procedimientos mediante la investigación científica. También se introducirán en el gasto interno bruto en investigación y desarrollo ( $H_5$ ) las actividades cuya finalidad sea aumentar el conocimiento cultural, siempre que se haya realizado de forma sistemática. El PIB usado en el denominador para calcular este indicador, tiene su origen en el programa de transmisión de 2010 SEC (Sistema europeo de cuentas). La Figura 3.16 refleja este indicador.



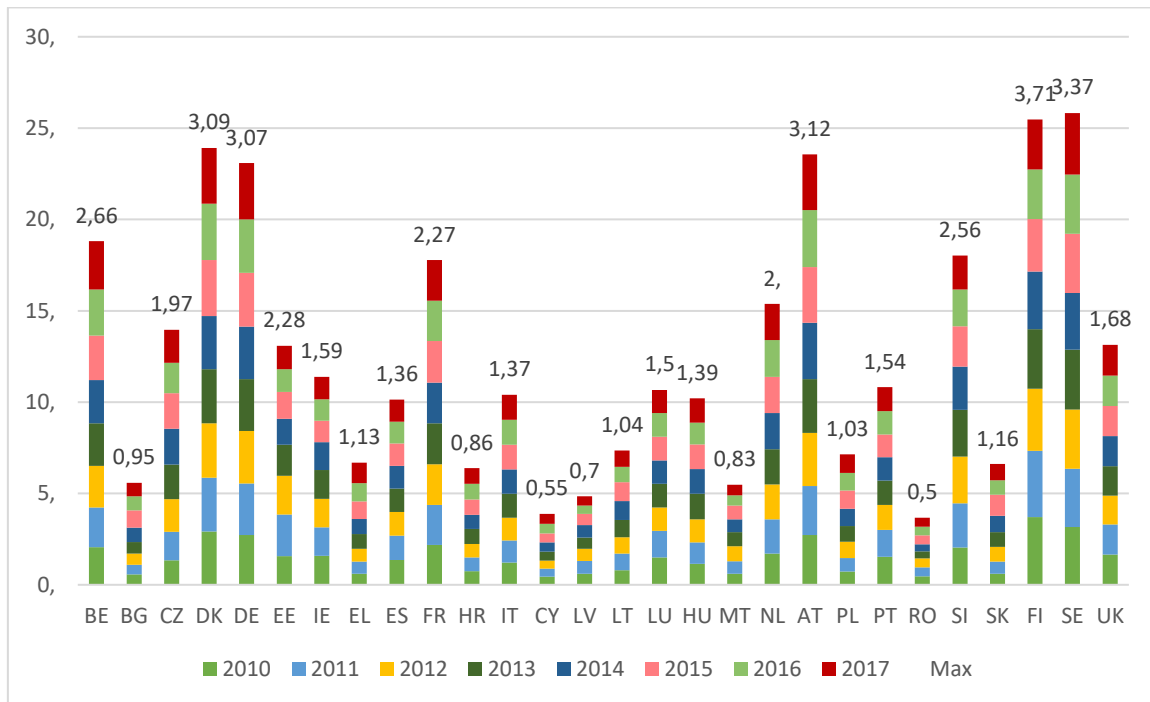


Figura 3.16. Gasto interno bruto I+D (% del PIB). Fuente: Elaboración propia con datos Eurostat, 2020.

Finlandia se posiciona como el país con la mayor apuesta por la investigación y desarrollo con un aumento de 3,71 % en 2010, estando muy próximo Suecia con 3,37% en 2017. En cambio, Rumanía se sitúa al final de la escala con una inversión máxima de 0,5 % en 2011 y 2017, casi idéntica al gasto en inversión de 0,55 % de Chipre.

En el sexto lugar de las hipótesis se encuentran los recursos humanos en departamentos tecnológicos y científicos (RHTC). Se abarca un margen de la población activa desde los 25 a los 64 años, que hayan realizado una educación terciaria o estén desarrollando una actividad profesional en el sector de ciencia y tecnología. Los RHTC se estipulan principalmente siguiendo las definiciones y conceptos estipulados en el Manual de Canberra. Quedan recogidos en la Figura 3.17.

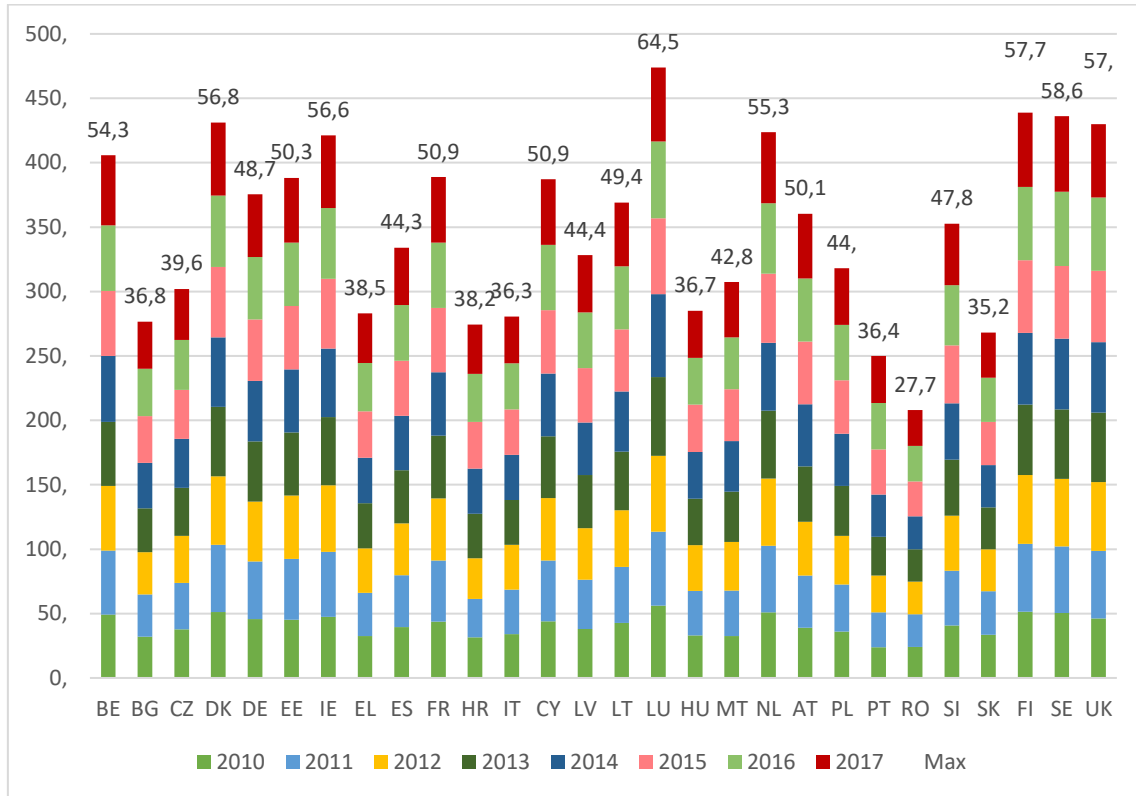


Figura 3.17. RHTC (% Población activa). Fuente: Elaboración propia con datos Eurostat, 2020.

En cabeza encontramos a Luxemburgo con un 64,5 % de su población activa dedicada a la rama científica y tecnológica. Destaca la gran diferencia con respecto al mínimo de los máximos de 27,7% de Rumanía, reflejando la diferencia en el desarrollo de los países.

La generación de residuos municipales per cápita recoge la cantidad de residuos recolectados por autoridades municipales o bajo su dirección, y posteriormente siendo eliminados por los sistemas de gestión de residuos correspondientes. Agrupa los desechos producidos en los hogares, comercios, oficinas e instituciones públicas, siendo los más números los primeros. Quedan recogidos en la Figura 3.18.

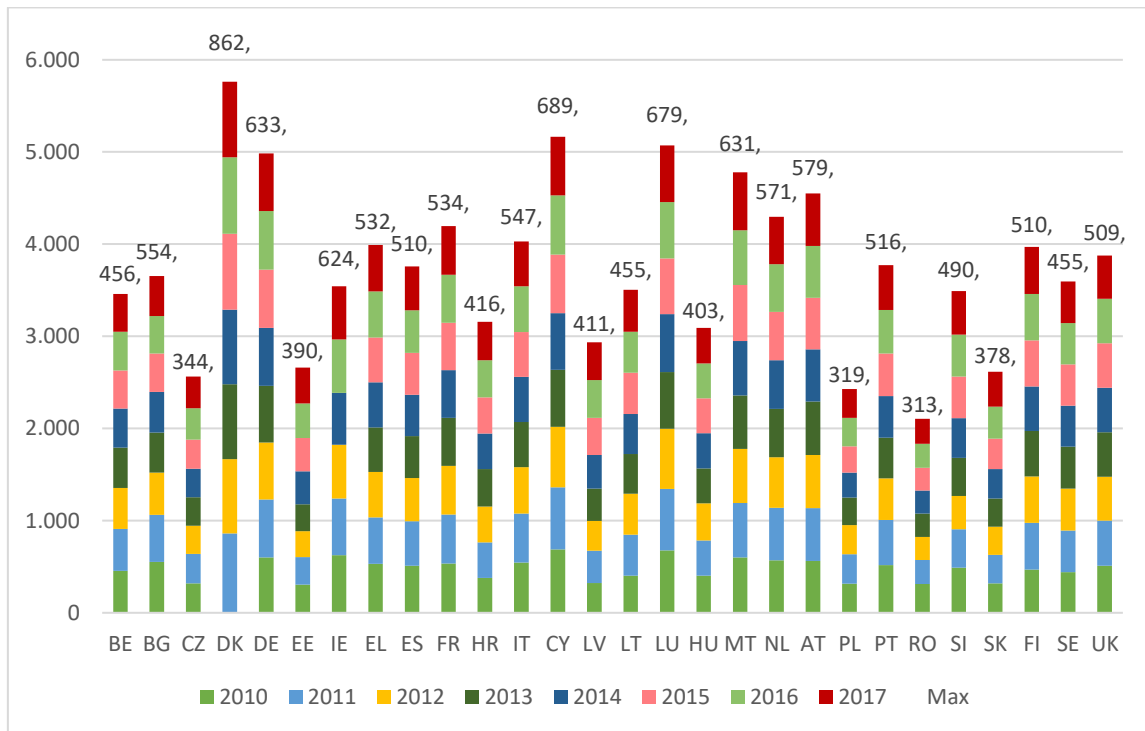


Figura 3.18. Residuos municipales per cápita (Kg/cápita). Fuente: Elaboración propia con datos Eurostat, 2020.

Destaca el alto valor de Dinamarca (862 kg), superando en más de 100 unidades al siguiente, República Checa. En el lado contrario encontramos a Rumanía con solo 313 Kg de máxima seguida por Polonia con 319 kg.

En siguiente puesto está el valor de las exportaciones de bienes y servicios entre el PIB en precios actuales. Reflejado en la Figura 3.19.

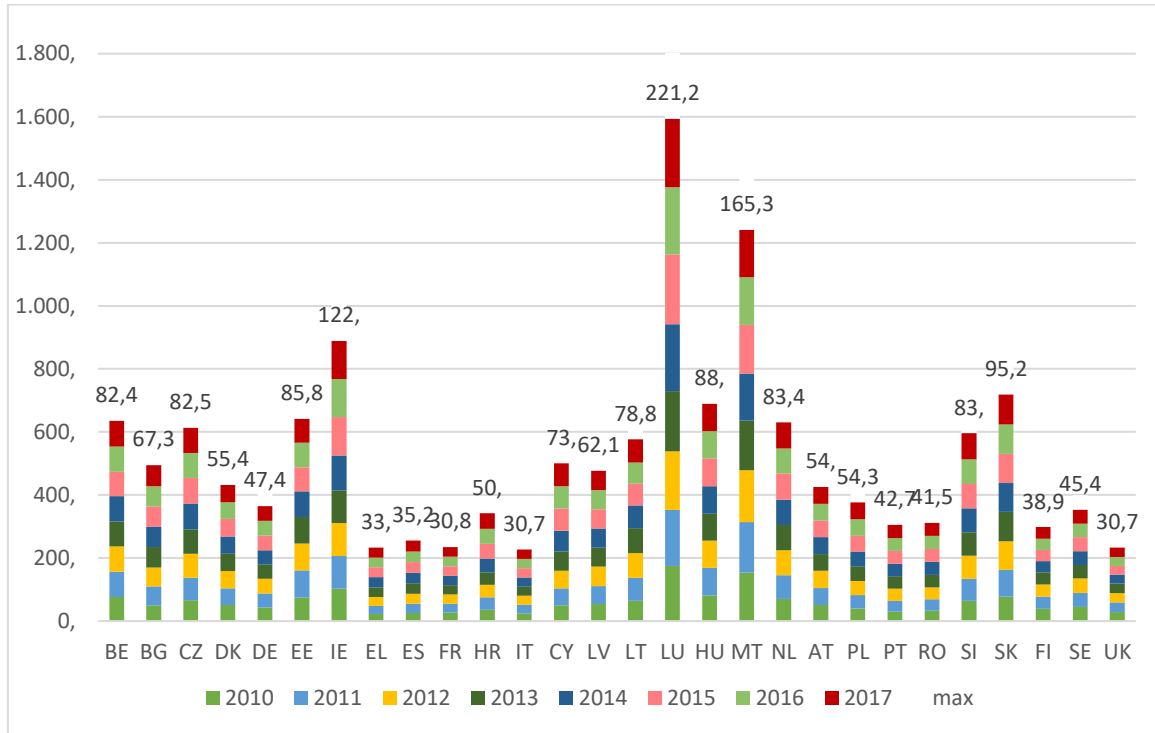


Figura 3.19. Exportaciones (% del PIB). Fuente: Elaboración propia con datos Eurostat, 2020.

Luxemburgo resalta en el grado de exportaciones, pudiendo deberse a las políticas de evasión fiscal lo que produce que empresas multinacionales como Pepsi, Ikea o Heinz se instauren en el país para ahorrar impuestos. En el lado contrario, encontramos a Italia y Reino Unido.

Las emisiones medias de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) por kilómetro por nuevos automóviles, recoge el promedio de emisiones de los vehículos nuevos de un determinado año. Las fuentes de estos datos son la Agencia Europea de Medio Ambiente (EEA), y la Dirección General de la Comisión Europea por la Acción climática (DG CLIMA). Los resultados se presentan en la Figura 3.20.

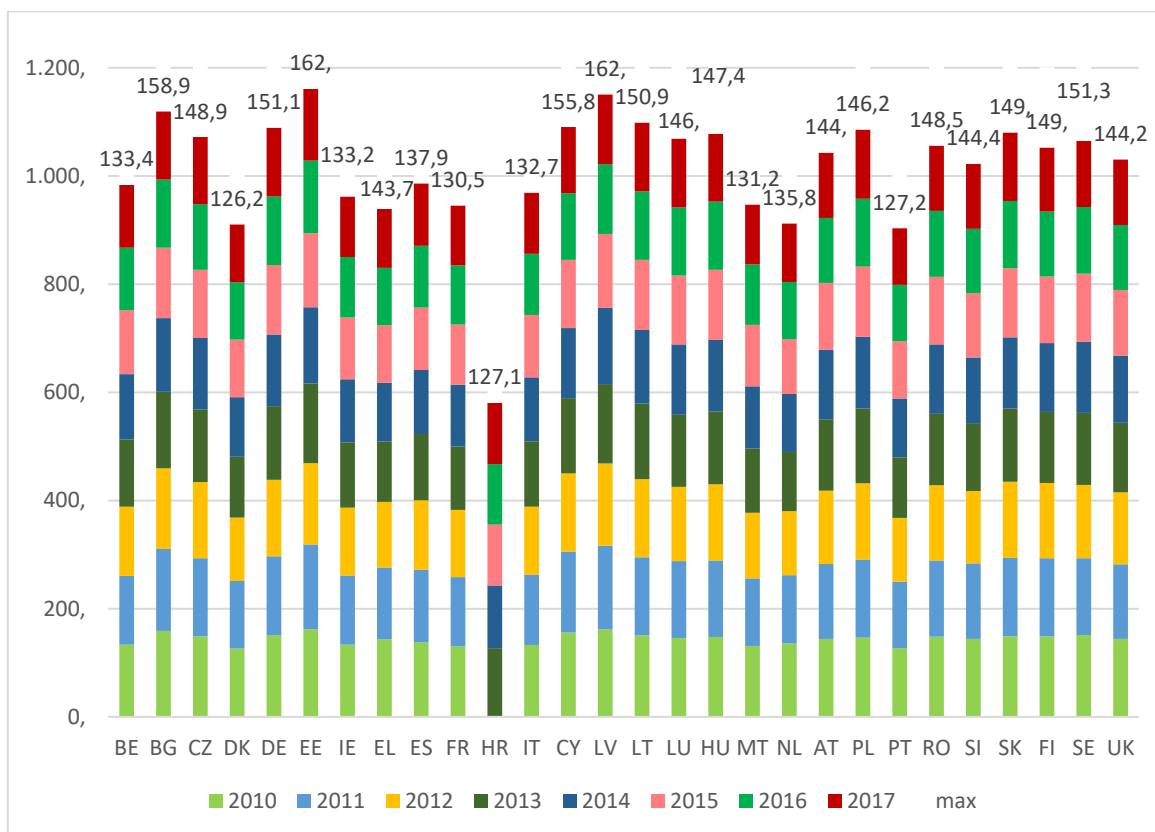


Figura 3.20. Emisiones medias de CO<sub>2</sub> (g CO<sub>2</sub>). Fuente: Elaboración propia con datos Eurostat, 2020.

Se observa una homogeneidad en los resultados, estando la mayoría de los máximos entorno a los 130 gramos de CO<sub>2</sub>. Los países con las máximas emisiones son Estonia y Letonia con 162 g de CO<sub>2</sub> por Km por automóvil nuevo.

El índice de productividad laboral ajustado al salario se utiliza como indicador en las estadísticas estructurales de las empresas, formando parte del proceso de toma de decisiones. Se calcula dividiendo el valor agregado entre el coste de personal, y a su vez dividiendo por el número total de empleados (%). Su evolución se refleja en la Figura 3.21.

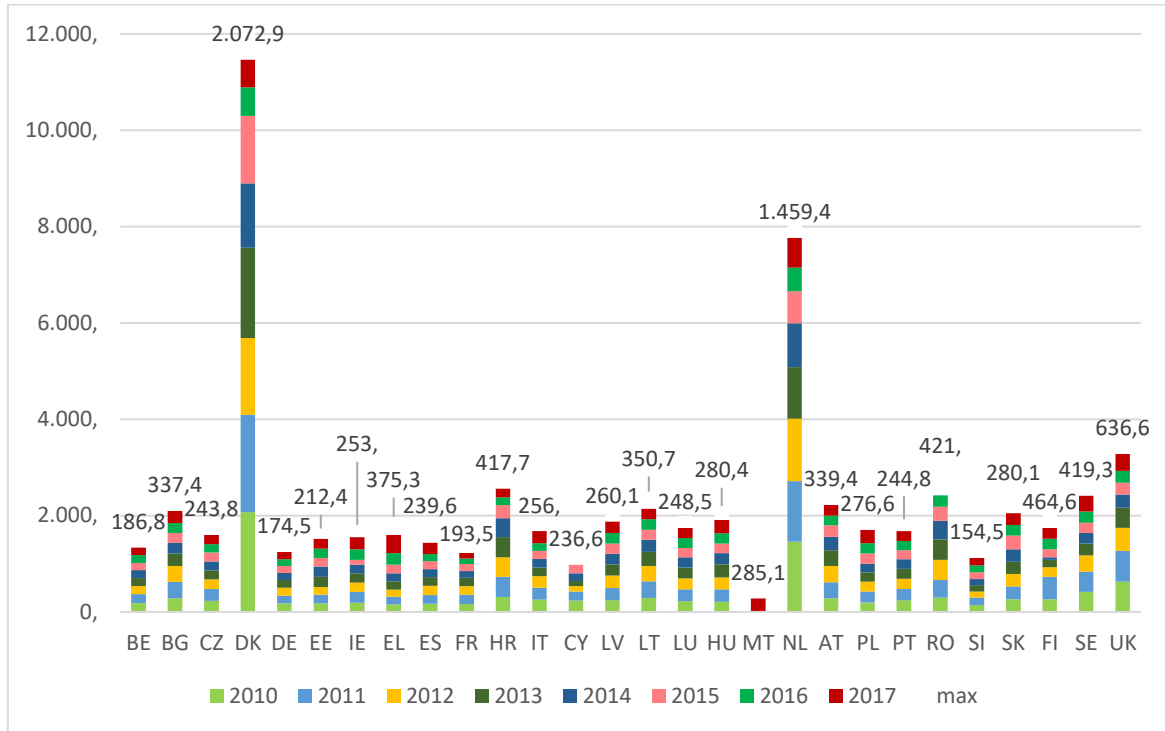


Figura 3.21. Productividad ajustada al salario (%). Fuente: Elaboración propia con datos Eurostat, 2020.

Destaca Dinamarca con un 2072,9% de máximo pudiendo deberse a la gran cantidad de contratos a tiempo parcial o por cuenta propia (en Dinamarca no paga impuesto por ser autónomo, depende exclusivamente de las ganancias). En el otro extremo se encuentra Eslovenia con un 154,5 %, reflejando las políticas tan diferentes que desarrollan a nivel laboral.

En el último lugar encontramos el valor añadido bruto en la agricultura, calculándose mediante la resta del valor producido menos lo que ha costado los consumos intermedios. Todo medido en los precios que recibe el productor tras quitar impuestos y sumar subvenciones (precio básico), los datos recogidos se encuentran en millones de euros. Queda reflejado en la Figura 3.22.

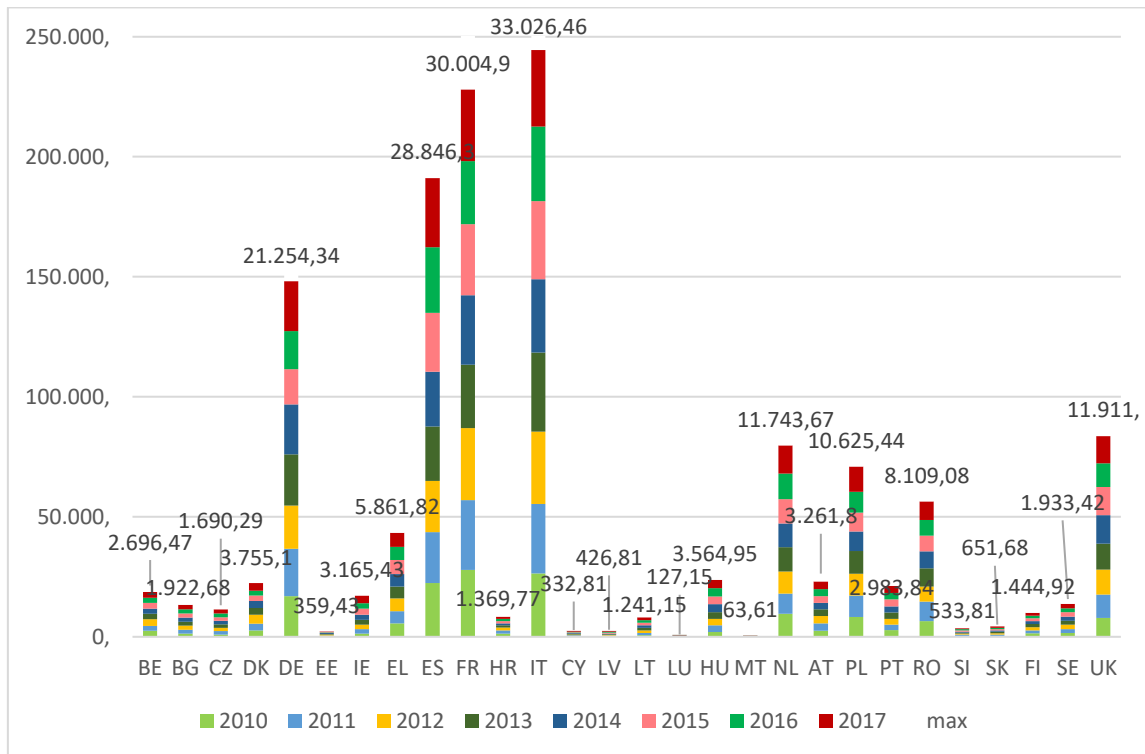


Figura 3.22. Valor añadido de la industria agrícola (millones €). Fuente: Elaboración propia con datos Eurostat, 2020.

Podemos observar los países como una industria agrícola potente, como es el caso de Italia (33 026,46 millones €) con sus amplios terrenos de olivos y cultura del vino. También, España y Francia estarían en los puestos más altos con 28 846,3 y 30004,9 millones de €, respectivamente.





***CAPÍTULO IV:  
RESULTADOS (MODELO)***

#### 4.1 Planteamiento del modelo

En este trabajo se han designado once factores con objeto de conseguir describir la EC. En el modelo los once indicadores propuestos constituyen los factores independientes de la regresión. En la Tabla 4.3 se recoge la variable dependiente del modelo (Y) y las once variables independientes ( $X_1 - X_{11}$ ):

Tabla 4.1. Variables en el modelo. Fuente: Elaboración propia.

Nomenclatura	R códigos	Variable	Unidades
Y	MCI	MCI	Porcentaje (%)
$X_1$	Deuda	Deuda del sector privado	Porcentaje del PIB (% del PIB)
$X_2$	PIB	PIB a precios de mercado	Porcentaje (%)
$X_3$	Des.	Tasa de desempleo	Porcentaje (%)
$X_4$	PIIN	Posición de inversión internacional neta (PIIN)	Porcentaje del PIB (% del PIB)
$X_5$	Gasto	Gasto interno bruto en I+D	Porcentaje del PIB (% del PIB)
$X_6$	Recur.	Recursos humanos en departamentos tecnológicos y científicos	Porcentaje de la población activa
$X_7$	Resid.	Generación de residuos municipales per cápita	Kilogramos per cápita
$X_8$	Expor.	Exportaciones de bienes y servicios	Porcentaje del PIB (% del PIB)
$X_9$	Emisión	Emisiones medias de CO <sub>2</sub> por km de nuevos coches	Gramos de CO <sub>2</sub> por Kilometro
$X_{10}$	Prod. sal	Productividad laboral ajustada al salario	Porcentaje (%)
$X_{11}$	Valor	Valor añadido de la industria agrícola	Millón de euros

Esta regresión lineal múltiple tendrá como objeto principal estudiar la influencia de los predictores o variables independientes en la variable respuesta (teniendo

cuidado en no malinterpretar los resultados con el fenómeno causa-efecto). Los modelos de regresión lineal múltiple se configuran con la siguiente ecuación:

$$Y_i = (\beta_0 + \beta_1 X_{1i} + \beta_2 X_{2i} + \dots + \beta_n X_{ni}) + e_i$$

- $\beta_0$ : constituye la ordenada en el origen, es decir, el valor de Y cuando todas las variables independientes (X) valen 0.
- $\beta_i$  : coeficientes parciales de regresión, indican el efecto promedio del incremento de una unidad de la variable independiente  $X_i$  sobre la variable dependiente Y.
- $e_i$ : error o residuo, constituye la diferencia entre el valor observado y el estimado del modelo.

Cabe destacar que la magnitud de cada  $\beta_i$  dependerá de las unidades utilizadas en cada variable, por lo que su magnitud no estará unida con la importancia de cada variable independiente. Con fin de obtener el impacto que produce cada una de las variables en el modelo, se utilizarán coeficientes parciales estandarizados, obtenidos al estandarizar las  $X_i$  (sustrayendo la media y dividiendo entre la desviación estándar) antes de ajustar el modelo.

Para este análisis se introduce la tabla de datos denominada TFG\_datos que recoge siguiente información:

- Variables: GEO, MCI, PIB, Desempleo, Gasto, PIIN, Recur., Resid, Deuda, Exportac, Prod. sal., Valor, Emisión.
- GEO: lista con los 28 países europeos recogidos en este proyecto.
- La media de los valores recogidos de 2010 a 2017 de todas las variables.

Por lo que obtenemos una tabla con 28 observaciones y 12 variables. Lo observamos en la Figura 4.1.

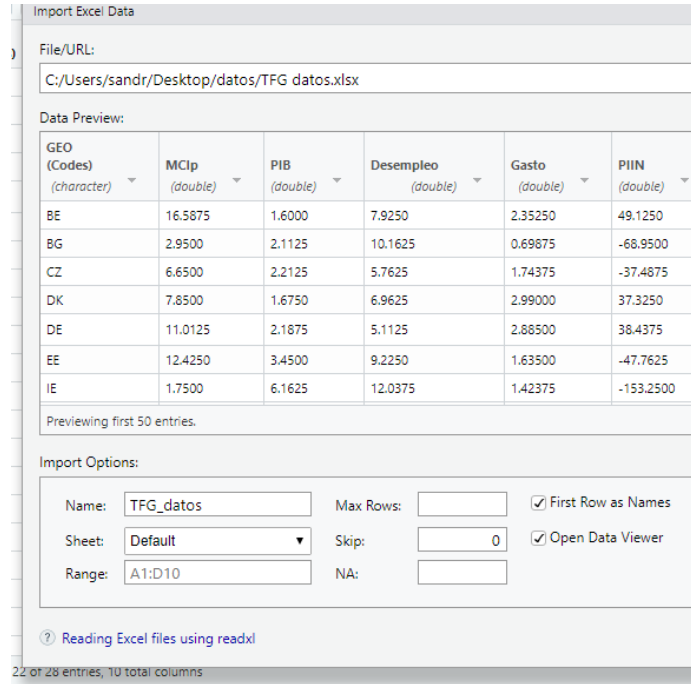


Figura 4.1. Conjunto de datos. Fuente: Elaboración propia.

Una primera aproximación estadística queda recogida en la Tabla 4.2, se recoge el máximo, mínimo, media y desviación estándar de todas las variables introducidas.

Tabla 4.2. Estadísticas descriptivas. Fuente: Elaboración propia.

Variable	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar	N
Y	1,75	26,85	8,60	6,05	28
X <sub>1</sub>	32,36	206,36	83,13	47,01	28
X <sub>2</sub>	-2,94	6,16	2,01	1,70	28
X <sub>3</sub>	5,11	22,39	9,84	4,39	28
X <sub>4</sub>	-153,25	49,13	-39,00	57,72	28
X <sub>5</sub>	0,46	3,23	1,58	0,87	28
X <sub>6</sub>	25,99	59,25	43,74	8,68	28
X <sub>7</sub>	263,25	823,00	477,71	123,92	28
X <sub>8</sub>	28,48	199,24	65,62	38,76	28
X <sub>9</sub>	112,96	145,13	128,36	9,45	28
X <sub>10</sub>	140,34	1433,45	300,78	269,50	28
X <sub>11</sub>	58,44	30555,15	6045,72	8731,26	28

Podemos observar las diferentes unidades de las variables yendo desde una sola cifra hasta la que contiene cuatro cifras, lo que veremos reflejado después en los coeficientes de la regresión.

#### 4.1.1 Selección del modelo

Generamos el modelo mediante la función `lm`, al principio incluimos todas las variables y vamos a emplear un método *stepwise* mixto para depurar la muestra y conseguir los mejores predictores (X), Figura 4.2. Este método consiste en una serie de procedimientos de selección automática, basado en la introducción o exclusión de las variables del modelo de manera secuencial. Es decir, RStudio va a realizar automáticamente las diferentes dependencias y vamos a obtener la mejor.

```
#Fijamos la base de datos
attach(TFG_datos)

#Modelo inicial
RM<- lm(MCI~PIB+Des.+Gasto+PIIN+Deuda+Expor.+Valor+Prod.sal+Recur.+Resid.+Emision)
RM
summary(RM)

#Método stepwise mixto
step(object = RM, direction = "both", trace = 1)
```

Figura 4.2. Generación del Modelo. Fuente: Elaboración propia. Nota 1: comando `lm` para realizar la regresión. Nota 2: comando `step` para optimizar la regresión.

Obtenemos inicialmente el modelo con todas las variables (Figura 4.3), nos fijamos en el “Adjusted R-squared” (cuadrado naranja), es el porcentaje de la variabilidad que explica el modelo. También destacamos el P-valor (cuadrado verde) tiene que ser menor de 0,05 para que el estudio se pueda considerar significativo, es decir, no funciona por el azar y al menos uno de los coeficientes de la regresión es distinto de cero.

```
Call:
lm(formula = MCI ~ PIB + Des. + Gasto + PIIN + Deuda + Expor. +
  Valor + Prod.sal + Recur. + Resid. + Emision)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-4.2547 -0.9357  0.0860  1.0878  3.9227

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  2.262e+01  1.071e+01   2.112 0.050797 .
PIB          -1.381e+00  4.776e-01  -2.891 0.010638 *
Des.         -4.859e-01  2.108e-01  -2.305 0.034894 *
Gasto        -1.315e+00  1.114e+00  -1.180 0.255192
PIIN         2.639e-02  2.012e-02   1.311 0.208264
Deuda        7.605e-03  2.131e-02   0.357 0.725808
Expor.       4.461e-02  2.848e-02   1.566 0.136860
Valor        4.143e-04  8.013e-05   5.171 9.29e-05 ***
Prod.sal     4.111e-03  2.626e-03   1.565 0.137097
Recur.       4.805e-01  1.200e-01   4.003 0.001026 **
Resid.      -3.022e-02  6.361e-03  -4.751 0.000217 ***
Emision     -1.343e-01  7.366e-02  -1.823 0.087063 .
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 2.479 on 16 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.9005, Adjusted R-squared:  0.8321
F-statistic: 13.16 on 11 and 16 DF, p-value: 5.139e-06

> |
```

Figura 4.3. Modelo inicial. Fuente: Elaboración propia. Nota: están recogidas las 12 variables.

El modelo tiene un R cuadrado alto siendo capaz de explicar el 83,21 % de la variabilidad del MCI. En el caso del P-valor lo podemos dar también por válido al ser mucho menor de 0,05.

Tras realizar automáticamente el método stepwise RStudio nos saca por pantalla la estimación óptima de las variables de la regresión (cuadrado naranja).

```
Call:
lm(formula = MCI ~ PIB + Des. + Gasto + PIIN + Expor. + Valor +
  Prod.sal + Recur. + Resid. + Emision)
```

Coefficients:	
(Intercept)	22.8955599
PIB	-1.4459479
Des.	-0.5130373
Gasto	-1.4361613
PIIN	0.0224982
Expor.	0.0493157
Valor	0.0004167
Prod.sal	0.0039599
Recur.	0.5082447
Resid.	-0.0295531
Emision	-0.1421877

Figura 4.4. Método stepwise. Fuente: Elaboración propia.

Por último, para generar el modelo repetimos la función lm, pero con las variables finales seleccionadas. Nos volvemos a fijar en el R cuadrado (cuadrado naranja) y el P-valor (cuadrado verde) para la aceptación del modelo final. Lo primero que aparecerá son los residuos (diferencia entre el valor medido y el valor predicho) siendo importante que en el intervalo total quede recogido en torno a 0 (cuadrado amarillo), como es este caso. Los residuos se dividen en cuartiles, es decir, el 25% de los datos está entre el Min y el 1Q, el 25 % siguiente entre 1Q y Median (representa el 2Q), el 25 % siguiente entre Median y 3Q y el ultimo 25% entre 3Q y el Max.

```
#Modelo final
RM<- lm(MCI~PIB+Des.+Gasto+PIIN+Expor.+Valor+Prod.sal+Recur.+Resid.+Emision)
RM
summary(RM)
```

Figura 4.5. Código modelo final. Fuente: Elaboración propia.

```
Residuals:
  Min       1Q   Median       3Q      Max
-3.9971 -0.9340  0.0288  1.1367  4.0870

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  2.290e+01  1.041e+01   2.200  0.041905 *
PIB          -1.446e+00  4.299e-01  -3.364  0.003687 **
Des.         -5.130e-01  1.915e-01  -2.679  0.015849 *
Gasto       -1.436e+00  1.034e+00  -1.389  0.182671
PIIN         2.250e-02  1.648e-02   1.365  0.189902
Expor.       4.932e-02  2.459e-02   2.006  0.061092 .
Valor        4.167e-04  7.777e-05   5.358  5.22e-05 ***
Prod.sal     3.960e-03  2.525e-03   1.568  0.135194
Recur.       5.082e-01  8.905e-02   5.708  2.57e-05 ***
Resid.      -2.955e-02  5.923e-03  -4.990  0.000112 ***
Emision     -1.422e-01  6.841e-02  -2.079  0.053120 .

---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 2.414 on 17 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.8997, Adjusted R-squared:  0.8407
F-statistic: 15.25 on 10 and 17 DF, p-value: 1.331e-06
```

Figura 4.6. Modelo final. Fuente: Elaboración propia.

Comprobamos que ya tenemos un modelo adecuado para realizar el análisis de regresión lineal, destacando el alto valor de  $R^2$ , 0.8407. Este valor implica que

cuanto más cerca de la unidad más se asemeja el ajuste del modelo a la variable dependiente, por lo que representa mucho más de lo que no representa. El P-valor: 1.331 e-06 cumple la condición de ser menor de 0,05.

Finalmente, planteamos la fórmula del modelo, encontrando los valores del vector  $\beta$  en la columna "Estimate" (cuadrado morado) de los coeficientes de la regresión.

$$Y_i = (\beta_0 + \beta_1 X_{1i} + \beta_2 X_{2i} + \dots + \beta_n X_{ni}) + e_i$$

$$Y = (22,9 - 1,44 * PIB - 0,513 * Des. - 1,43 * Gasto. + 0,00396 * Prod. sal - 0,0225 * PIIN + 0,04932 * Expor. + 0,0004167 * Valor. + 0,5802 * Recur. - 0,02955 * Resid. - 0,01422 * Emision)$$

#### 4.1.2 Identificación Puntos de Influencia

Antes de comprobar las diferentes condiciones para validar el modelo realizamos un estudio de valores atípicos y puntos de influencia para evitar variaciones en los siguientes análisis, producidas por la información irrelevante para el objetivo del trabajo. Comenzamos observando el diagrama de los residuos estandarizados buscando residuos estandarizados absolutos con un valor superior a 3 (puntos rojos), lo que indicaría que son valores atípicos.

```
#Puntos con valor atípico
library(dplyr)
library(ggplot2)
TFG_datos$studentized_residual <- rstudent(RM)
ggplot(data = TFG_datos, aes(x = predict(RM), y = abs(studentized_residual))) +
  geom_hline(yintercept = 3, color = "red", linetype = "dashed") +
  # se identifican en rojo observaciones con residuos estandarizados absolutos > 3
  geom_point(aes(color = ifelse(abs(studentized_residual) > 3, 'red', 'black'))) +
  scale_color_identity() +
  labs(x = "predicción modelo") +
  theme_bw() + theme(plot.title = element_text(hjust = 0.5))
```

Figura 4.7. Código diagrama distribución residuos estandarizados. Fuente: Elaboración propia.



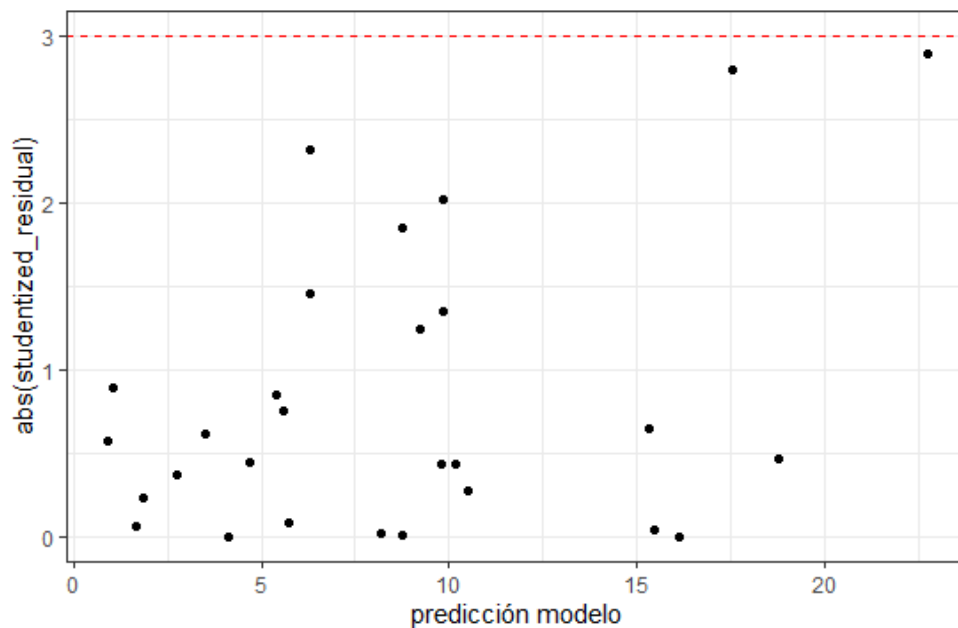


Figura 4.8. Diagrama distribución residuos estudentizados. Fuente: Elaboración propia.

Nota 1:  $abs(studentized\_residual)$ , residuos estudentizados, se calcula dividiendo el residuo entre la desviación estándar. Nota 2: Predicción modelo, valores generados con la regresión.

Observamos que ningún punto está por encima de 3 por lo que no existen ninguna observación con un valor atípico. El siguiente paso será comprobar los posibles puntos de influencia (Figura 4.9).

```
#Puntos de Influencia
summary(influence.measures(RM))
```

Figura 4.9. Código Puntos de Influencia. Fuente: Elaboración propia. Nota 1: el comando `summary` muestra los resultados. Nota 2: `influence.measures`, calcula los puntos de influencia.

Se genera una tabla con las posibles observaciones que son significativamente influyentes (cuadrado naranja) en al menos una de todas las variables, habiendo una columna para cada variable (Figura 4.10). Tenemos que fijarnos en las dos últimas columnas “Hat” (cuadrado verde) y “Cook.d” (cuadrado amarillo).

- En la columna “Hat” buscaremos las observaciones que tengan un valor superior a  $2,5((10+1) / 28) = 0,98$ , siendo 10 el número de variables independientes y 28 el número de observaciones. Si se cumple esta condición es un punto de influencia.

- En la columna “Cook.d” miramos los valores superiores a 1, si se cumplen esta condición la observación es un punto de influencia (con que se cumpla una de las dos condiciones se establece el punto de influencia).

	fb.1	dfb.PIB	dfb.Des.	dfb.Gast	dfb.PIIN	dfb.Exp.	dfb.Valr	dfb.Prud.	dfb.Rcr.	dfb.Rsd.	dfb.Emsn	dffit	cov.r	cook.d	hat
4	0.96	-0.45	-0.66	-0.73	-0.01	0.06	0.19	-2.44_*	0.89	-1.09_*	-0.71	-4.07_*	0.81	1.28_*	0.80
5	0.09	0.04	0.01	0.05	0.05	-0.03	0.05	-0.07	-0.11	0.15	0.11	0.25	3.36_*	0.01	0.45
7	0.01	0.05	0.00	0.03	-0.06	0.01	0.01	0.00	0.02	0.00	-0.04	0.12	8.69_*	0.00	0.78
8	0.02	0.16	-0.12	0.01	-0.03	-0.03	0.07	0.03	0.02	-0.02	0.02	-0.38	3.67_*	0.01	0.52
9	0.01	0.00	-0.01	0.00	0.00	0.00	-0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.02	4.45_*	0.00	0.56
12	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	-0.02	0.00	0.01	0.00	0.00	-0.03	3.24_*	0.00	0.40
13	0.06	-0.11	-0.13	-0.13	-0.10	-0.05	-0.04	-0.06	0.10	0.15	0.05	0.32	5.22_*	0.01	0.64
16	0.94	1.81_*	0.34	0.21	0.16	-2.50_*	-0.95	-0.05	-0.86	0.25	-0.62	-4.24_*	0.08	1.17_*	0.70
18	0.48	0.65	0.21	-0.39	0.69	-0.26	-0.44	-0.50	-0.37	0.54	-0.43	1.30	4.01_*	0.16	0.70
19	0.64	-1.08_*	-0.79	-0.40	-0.46	0.81	0.87	1.66_*	1.18_*	-1.54_*	-0.76	2.94_*	0.04	0.55	0.51
28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.16_*	0.00	0.38

Figura 4.10. Puntos de Influencia. Fuente: Elaboración propia.

Vemos que la observación 4 y la 16 tienen un valor de Cook superior a 1, son puntos de influencia, corresponden a los países de Dinamarca y Luxemburgo. Si nos fijamos se corresponden con las medidas de productividad en el caso de Dinamarca y de exportaciones en Luxemburgo, coincidiendo con las políticas fiscales especiales citadas en el apartado 2.3.3. (la eliminación del impuesto de autónomos de Dinamarca y las políticas de evasión fiscal de Luxemburgo).

Al ser el principal objetivo del modelo obtener información de EC en las variables, se convierte en aconsejable no eliminar estas observaciones ya que muestran información económica.

#### 4.1.3 Validación del modelo

Tras obtener el modelo, se deberá realizar la comprobación de cuatro hipótesis para establecer la validez de este. Si alguna falla se procederá al ajuste y nuevo planteamiento del modelo:

- Homogeneidad de la varianza: varianzas constantes de los errores, para todo  $i$  las varianzas son constantes a medida que aumenta el valor predicho.

$$Var(\varepsilon_i) = \sigma^2$$

- Independencia: ausencia de covarianza o correlación entre los errores.

$$Cov(\varepsilon_i, \varepsilon_j) = 0 \quad si \quad i \neq j$$

- Normalidad: los residuos deberían tener una distribución normal con media cero.
- No multicolinealidad: no exista una relación de dependencia lineal fuerte entre dos o más variables explicativas. Es decir, no puede haber una correlación alta entre cada par de variables.

Para comprobar la **homogeneidad de la varianza** empezaremos con el diagrama de residuos frente a valores ajustados. Los residuos tienen que distribuirse de manera aleatoria en torno a cero, manteniendo una variabilidad parecida a lo largo del eje X. Tenemos que buscar que no se dé ningún patrón cónico o con mayor dispersión de los extremos, Figura 4.12.

```
#Homocedasticidad
ggplot(data = TFG_datos, aes(RM$fitted.values, RM$residuals)) +
  geom_point() +
  geom_smooth(color = "blue", se = FALSE) +
  geom_hline(yintercept = 0) +
  theme_bw()

#Prueba de Breusch-Pagan
library(lmtest)
bptest(RM)
```

Figura 4.11. Código comprobación homocedasticidad. Fuente: Elaboración propia.

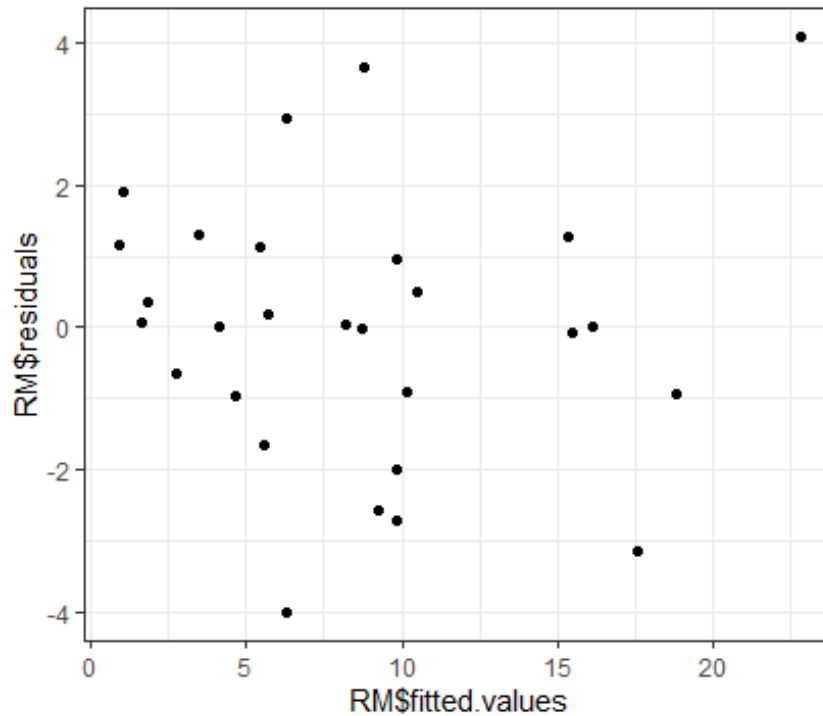


Figura 4.12. Diagrama Residuos vs Valores ajustados. Fuente: Elaboración propia. Nota 1:  $RM\$residuals$  son los residuos, diferencia entre valores de la variable dependiente y los correspondientes generados en la recta de regresión. Nota 2:  $RM\$fitted.values$  son los valores ajustados.

Podríamos intuir una forma cónica por lo que tendremos que utilizar otros análisis. Para asegurar la homocedasticidad desarrollamos el test de Breusch-Pagan. Si el P-valor (cuadrado verde) es mayor que 0,05 no se rechaza la hipótesis nula de homocedasticidad (Figura 4.13 )

```
studentized Breusch-Pagan test
data: RM
BP = 12.716, df = 10, p-value = 0.24
```

Figura 4.13. Test de Breusch-Pagan. Fuente: Elaboración propia.

Como  $0,24 > 0,05$  queda demostrado que la varianza de los residuos es homocedasticidad.

La **independencia** o no autocorrelación se puede comprobar con diferentes pruebas, siendo el más utilizado el contraste de Durbin- Watson. Prueba estadística que

estudia el grado de autocorrelación (relación entre valores distanciados entre sí mediante un intervalo de tiempo) entre los residuos.

Iniciamos el análisis con el método gráfico realizando el diagrama de los residuos del modelo en búsqueda de patrones (Figura 4.15), su existencia indicaría la falta de independencia.

```
#Independencia
library(lmtest)
residuales<-resid(RM)
ggplot(data = TFG_datos, aes(x = seq_along(residuales), y = residuales)) +
  geom_point(color = 'blue3', size=3) +
  labs(x = "index", y = "residuo") +
  geom_hline(yintercept = 0) +
  theme(plot.title = element_text(hjust = 0.5), legend.position = "none")
dwtest(RM, alternative='two.side')
```

Figura 4.14. Código Independencia. Fuente: Elaboración propia.

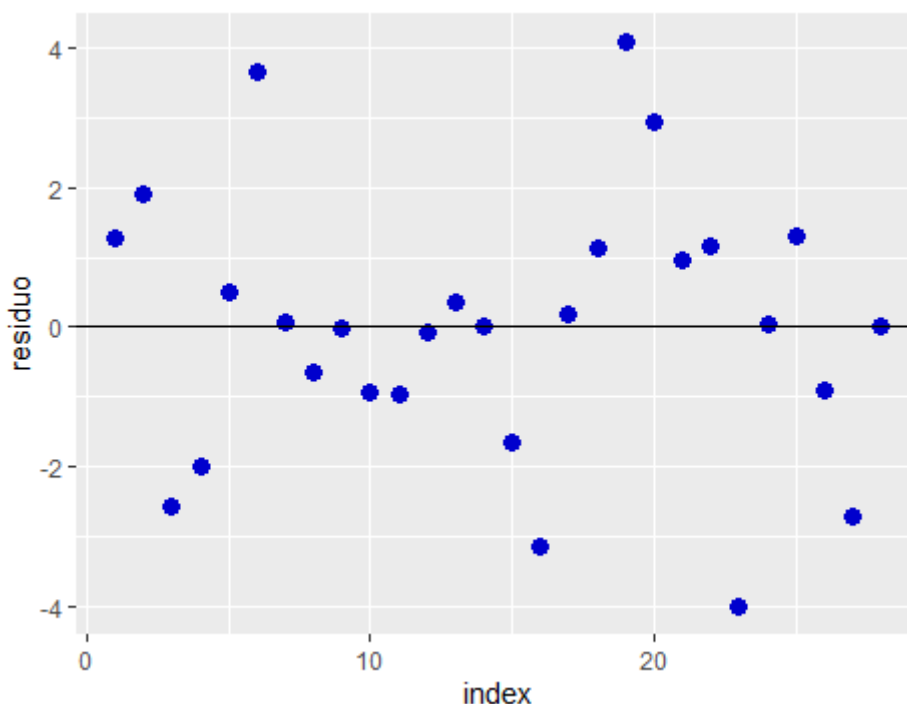


Figura 4.15. Diagrama de residuos. Fuente: Elaboración propia. Nota 1: residuos, estimación mínima cuadrática de los residuos. Nota 2: index, valor absoluto de los errores.

No se percibe ningún patrón por lo que se podría aceptar la hipótesis de independencia, se comprobará con el test de Durbin -Watson (Figura 4.16) con el que buscamos que el P-valor (cuadrado verde) sea mayor que 0,05, indicando que no hay autocorrelación.

```
Durbin-watson test
data: RM
DW = 1.4488, p-value = 0.1123
alternative hypothesis: true autocorrelation is not 0
```

Figura 4.16. Test de Durbin-Watson. Fuente: Elaboración propia.

Encontramos un P-valor mayor que 0,05 rechazando así la hipótesis no nula de autocorrelación y quedando validado el criterio de independencia.

Para comprobar la **normalidad** utilizaremos el test de Shapiro-Wilks y Kolmogorov-Smirnov, en los cuales la hipótesis nula es que los residuos siguen una distribución normal (buscamos no rechazarla, es decir, un P-valor > 0,05).

```
#Normalidad
shapiro.test(resid(RM))
ks.test(resid(RM),"pnorm")
residuos<-residuals(RM)
ggplot(data = TFG_datos,
        mapping = aes(x = residuos)) +
  geom_histogram(aes(y =..density..),
                 bins = 9, color = "blue",
                 position = 'identity') +
  stat_function(fun = dnorm, color = "red",size=3,
               args = list(mean = mean(residuos),
                           sd = sd(residuos)))
```

Figura 4.17. Código Normalidad. Fuente: Elaboración propia.

El coeficiente del Test de Shapiro-Wilks (cuadrado naranja) se calcula mediante la siguiente fórmula, (estando su valor entre 0 y 1 buscando que sea alto para demostrar la normalidad), Figura 4.18. También nos fijamos en el P-valor (cuadrado verde) buscando que sea > 0,05.

$$W = \frac{(\sum_{i=1}^n a_i x_{(i)})^2}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

```

shapiro-wilk normality test
data: resid(RM)
w = 0.97601 p-value = 0.7464

```

Figura 4.18. Test de Shapiro-Wilks. Fuente: Elaboración propia.

P - valor mayor que 0,05 no rechazamos  $H_0$ , la distribución es normal. Al igual que vemos un coeficiente muy próximo a uno, 0.97601.

En el caso de la prueba K-S es un test no paramétrico y menos fuerte que el de Shapiro-Wilks al ser más sensible ante valores próximos a la mediana. Nos fijamos en el P-valor (cuadrado verde), Figura 4.19.

```

one-sample kolmogorov-smirnov test
data: resid(RM)
D = 0.1634, p-value = 0.4002
alternative hypothesis: two-sided

```

Figura 4.19. Test de Kolmogorov-Smirnov, Fuente: Elaboración propia.

P-valor mayor que 0,05, indica normalidad.

De manera gráfica desarrollamos el histograma de los residuos (Figura 4.20), grabándolos previamente. Dibujamos en el gráfico una línea roja que se corresponde con una distribución normal, buscando así que se parezca la distribución a esta línea.

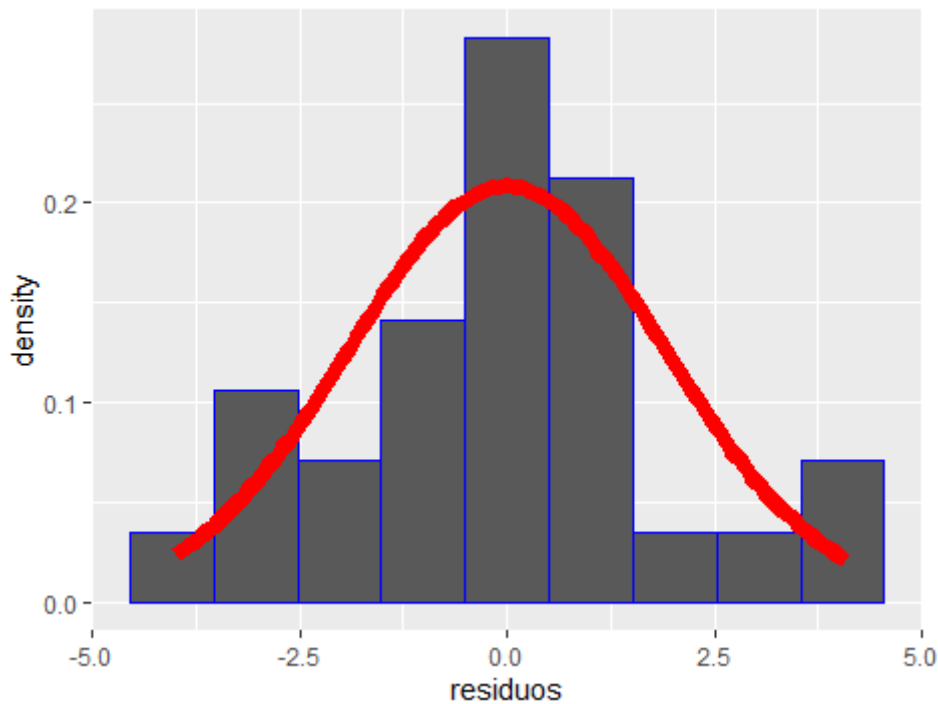


Figura 4.20. Histograma de los residuos. Fuente: Elaboración propia. Nota 1: En el eje X encontramos los residuos y en el eje y la densidad.

Vemos que los valores más altos se sitúan en el centro, y decreciendo en los extremos. Podemos decir que se cumple la condición de normalidad.

Cabe destacar que por el software de Rstudio al programar que aparezca la línea de la normal para una interpretación fácil de los resultados, en el eje y encontramos la densidad en vez de la frecuencia. A modo de reflejar que se mantiene la forma hemos programado un histograma (o diagrama de frecuencia) sin la línea de la normal, que se muestra en la Figura 4.20.



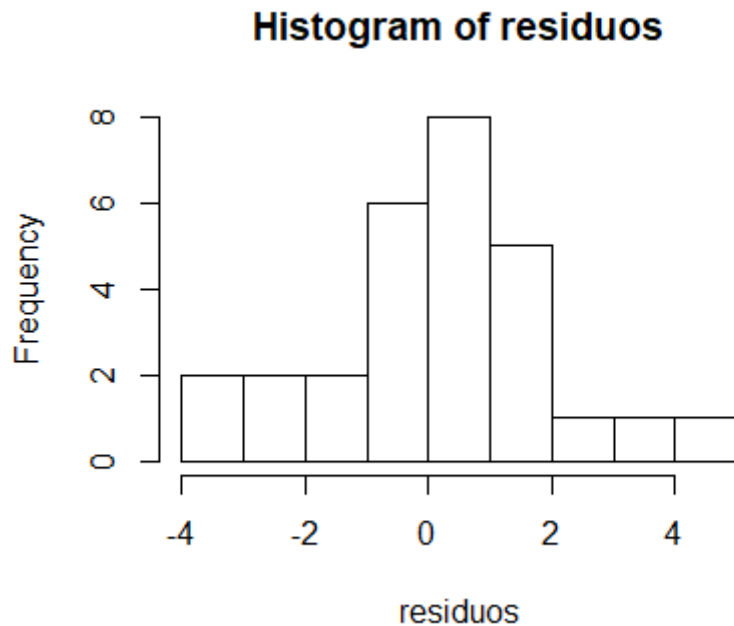


Figura 4.21. Histograma de los residuos. Fuente: Elaboración propia.

La forma se mantiene, pudiendo validar así el histograma con la línea de la normal.

La Matriz de Correlaciones representa las relaciones entre cada par de variables, evaluando la fuerza y dirección entre las variables. Un valor positivo y alto indica que las variables miden la misma característica o destreza, es decir, multicolinealidad. Buscaremos índices de correlación bajos para validar la condición.

```
#Multicolinealidad
library(car)
vif(RM)
#matriz correlación
library(ggplot2)
library(corrplot)
corrplot(cor(dplyr::select(TFG_datos, PIB, Des., Gasto, PIIN, Expor.
                          , Valor, Prod. sal, Recur., Resid., Emision)),
          method = "number", tl.col = "black", tl.srt = 45)
corrplot(TFG_datos.corround(TFG_datos.cor, digits = 1)#redondeo a 1 número
```

Figura 4.22. Código No Multicolinealidad. Fuente: Elaboración propia.

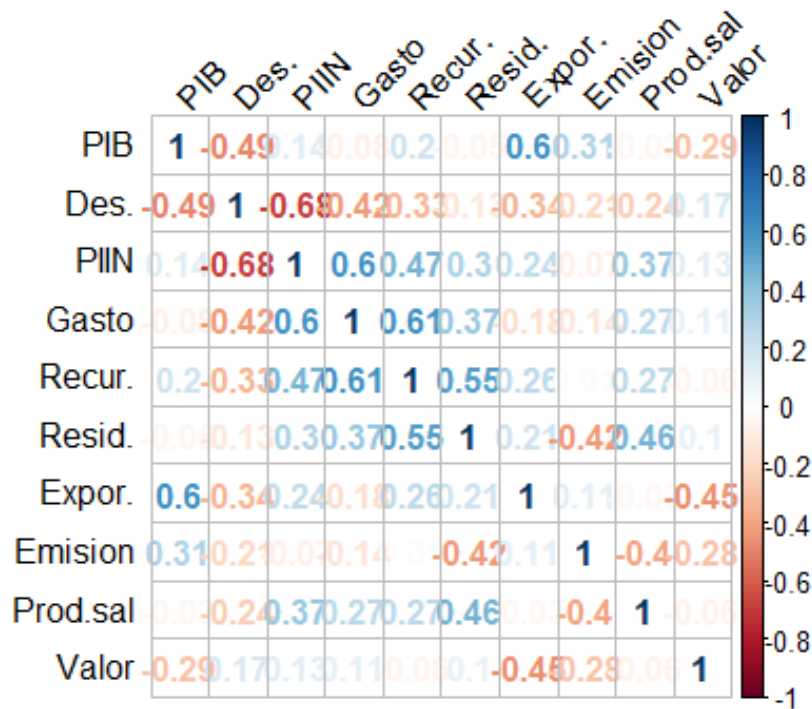


Figura 4.23. Matriz de Correlación. Fuente: Elaboración propia. Nota: formada por los valores de los coeficientes de correlación.

Vemos que el índice de correlación más alto es de 0,61 (cuadrado verde), es un poco elevado por lo que realizaremos el estudio VIF, el cual se analiza mediante las siguientes condiciones:

- $VIF = 1$ , ausencia total de multicolinealidad
- $1 < VIF < 5$ , se acepta la no multicolinealidad
- $5 < VIF < 10$ , motivo de preocupación, existencia de una fuerte multicolinealidad.

PIB	Des.	Gasto	PIIN	Expor.	Valor	Prod.sal	Recur.	Resid.	Emision
2.488500	3.277037	3.755135	4.189175	4.208287	2.135817	2.144550	2.768591	2.495677	1.934643

Figura 4.23. VIF. Fuente: Elaboración propia.

Vemos que ningún valor está por encima del 5 por lo que se aprueba la condición de no multicolinealidad y el modelo queda completamente validado.

Podemos resumir finalmente la aceptación y rechazo de las hipótesis del modelo planteadas en el apartado 3.3.1 en la Tabla 4.3.

Tabla 4.3. Hipótesis estadísticas

Hipótesis	Válida (Sí/No)
$H_1$	No
$H_2$	Sí
$H_3$	Sí
$H_4$	Sí
$H_5$	Sí
$H_6$	Sí
$H_7$	Sí
$H_8$	Sí
$H_9$	Sí
$H_{10}$	Sí
$H_{11}$	Sí

Se ha llegado a un modelo válido capaz de explicar un indicador de EC mediante variables sin base en la circularidad.

#### 4.2 Discusión de resultados

Del modelo de regresión lineal múltiple podemos destacar diferentes puntos. En primer lugar, resalta la diferencia en valores numéricos de algunos coeficientes. Pudiendo observarse en la ecuación final del modelo (apartado 2.4.1),

$$Y = (22,9 - 1,44 * X_2 - 0,513 * X_3 - 0,0225 * X_4 - 1,43 * X_5 + 0,5802 * X_6 - 0,02955 * X_7 + 0,04932 * X_8 - 0,0142 * X_9 + 0,00396 * X_{10} + 0,0004167 * X_{11})$$

Esta diferencia en los valores numéricos se debe a las unidades de los valores. Si se observa la Tabla 4.2, vemos que tenemos valores como la media de  $X_{11}$  de 6045,72 y valores mucho más pequeños como 1,58 de la  $X_5$ . Recordando que se calcula el MCI (ronda valores de solo una cifra), se tiene que producir un ajuste con los coeficientes.

También se ha obtenido que el valor de R cuadrado de 84,07 % lo que es un valor muy alto, reflejando que los factores exógenos explican casi por completo la variable



endógena. El 15,93 que faltaría por explicar se podría conseguir añadiendo otros indicadores sin base circular que no han sido incluidos en este modelo.

Por otro lado, se podría realizar una reducción de las variables finales del modelo para reflejar de manera más explícita que existe la relación que se busca. Por ejemplo, se eliminan las variables Prod. sal y Emisión, y se obtiene un R cuadrado también alto, ver Figura 4.26.

**Adjusted R-squared: 0.7629**

*Figura 4.24. R cuadrado, modelo sin Prod. sal y Emisión. Fuente: Elaboración propia.*

Al seguir teniendo una significancia elevada podemos depreciar la idea de que el modelo refleja un R cuadrado tan alto debido al gran número de variables. En este trabajo no hemos reducido el número de variables buscando así la mayor significancia y por ser la solución automática producida R (en este trabajo buscamos conseguir tener un control del software), en trabajos futuros se podría depurar la fórmula.

# ***CAPÍTULO V: ESTUDIO ECONÓMICO***



## 5.1 Introducción

En este proyecto podemos encontrar el desarrollo de un modelo estadístico en búsqueda de responder a la necesidad de la falta de datos sobre los indicadores de economía circular. Además de adquirir las capacidades para trabajar con el software RStudio versión 1.3.1056 y una base de datos a nivel europeo, como es Eurostat. En apéndices posteriores también se intenta transmitir dichas capacidades mediante la creación de breves guías de estas dos herramientas.

Constituye un proyecto de desarrollo de modelos estadísticos y gestión de datos, por lo que, en los costes de desarrollo queda despreciado los costes de locales, siendo los relevantes el coste del equipo informático y el de las horas empleadas. En conclusión, el producto resultante tendrá un carácter teórico no material.

En los siguientes apartados se expondrán los puntos más relevantes en la gestión de este proyecto.

### 5.1.1 Jerarquía del proyecto

Ajustando los diferentes roles generalmente encontrados en un proyecto, definimos las personas involucradas con los siguientes puestos:

- Tutor externo (director del proyecto).
- Responsable de desarrollar del trabajo.
- Asesor.
- Tutor interno en la institución.
- Auxiliar Administrativo.

El director será el responsable de la gestión del proyecto, desde su planificación hasta la comprobación de la consecución de los objetivos. También se encargará de dirigir la realización del modelo y establecerá los requerimientos que tendrá que superar el proyecto para constituirse como válido

El responsable de desarrollar los modelos estadísticos se encargará de la implementación de los modelos recogidos en el trabajo, siendo imprescindible que

tenga un manejo ágil y adquiera experiencia con el software utilizado. Su labor tendrá el apoyo del director en la materia de desarrollo, y del auxiliar administrativo en la elaboración de la documentación para la presentación del trabajo.

Por último, el tutor interno y asesor comprobarán que se cumplan los criterios indicados para un trabajo científico y marcarán las correcciones a realizar correspondientes.

## 5.2 Pasos del desarrollo

La ejecución del proyecto se ha realizado mediante etapas, siguiendo un orden cronológico de ejecución:

- PASO 1.* Revisión de los trabajos anteriores, fase donde se crea un contexto para el desarrollo del proyecto recopilando información para tener una idea general de la situación actual.
- PASO 2.* Necesidad y generación de la idea, tras realizar la revisión bibliográfica el responsable y el director analizan las necesidades actuales (escasez de datos) y plantean la idea del proyecto para satisfacerlas.
- PASO 3.* Planteamiento de modelos, se tendrán que barajar los posibles modelos a realizar y cual cumple las condiciones para demostrar la idea establecida en la fase anterior.
- PASO 4.* Creación base de datos, se realiza una búsqueda de datos verídicos en páginas con reputación. Después se generará una base de datos con la creación de tablas y fórmulas para tratar los datos hasta poder introducirlos en el modelo.
- PASO 5.* Generación del modelo, se desarrolla el análisis elegido programando en el software especializado todos los procedimientos, consiguiendo así el desarrollo de la capacidad de manejo de RStudio.
- PASO 6.* Validación del modelo, se realizarán diferentes análisis para estipular la validez del modelo y pasar a la siguiente fase. Se revisará por el director y, si sus conclusiones son negativas, se tendrá que generar un modelo nuevo.



PASO 7. Discusión de resultados, siendo el modelo aceptable se resaltan las ideas importantes y se genera un informe para la interpretación del modelo a todos los integrantes, sin tener que poseer conocimientos estadísticos.

PASO 8. Presentación de conclusiones, por último, se redactan las conclusiones. Se estipula si la necesidad ha sido cubierta y los objetivos intermedios.

PASO 9. Presentación del trabajo, mediante el auxiliar administrativo el responsable presentará la documentación necesaria para su exposición.

### 5.3 Estudio económico

Recoge el desglose de los costes asociados a cada actividad desarrollada en este proyecto, concluyendo con los costes totales. Se establece la diferenciación de los costes por actividades para poder observar la influencia de cada etapa y si fuera necesario optimizar el modelo en otros proyectos similares.

#### 5.3.1 Horas efectivas anuales y tasas por hora

Se calcula en primer lugar las horas trabajadas anualmente (Tabla 5.1), después semanalmente (Tabla 5.2) y, por último, se aplican las tasas correspondientes a cada puesto (Tabla 5.3).

Tabla 5.1. Días efectivos anuales. Fuente: Elaboración propia.

Concepto	Días
Año medio	365,25
Sábados y domingos (365 *2/7)	-104,29
Vacaciones	-20
Festivos reconocidos	-12
Media días perdidos por baja	-15
Cursos de formación, etc.	-4
Total días efectivos	210
<b>Total horas efectivas (8h/días)</b>	<b>1680</b>



Tabla 5.2. Semanas efectivas anuales. Fuente: Elaboración propia.

Concepto	Semanas
Año medio	52
Vacaciones y festivos	-5
Enfermedad	-2
Formación	-1
<b>Total semanas</b>	<b>41</b>

En el proceso de fabricación del modelo el director trabajará como superior ante el responsable de la creación del modelo. En resultado de ese procedimiento pasará en última instancia al asesor y tutor interno para validar los resultados, si la respuesta es positiva volverá al responsable para que desarrolle una discusión de resultados. Se registrará todo en la institución a manos de un auxiliar administrativo. El director coordinará todas las etapas y desarrollará la idea inicial. La tasa semanal de cada integrante del equipo se recoge en la Tabla 5.3.

Tabla 5.3. Coste equipo profesional. Fuente: Elaboración propia.

Concepto	Director	Responsable	Asesor	Tutor	Auxiliar
Sueldo	25.500 €	16.000€	25.500,00 €	25.500,00 €	18.700€
SS	8.925€	5.600€	8.925 €	8.925€	6.545€
Total	34.425 €	21.600 €	34.425,00 €	34.425,00 €	25.245€
Coste horario	20,49 €	12,86 €	20,49 €	20,49 €	15,03 €
Coste semanal	839,63 €	526,83 €	839,63 €	839,63 €	615,73 €

### 5.3.2 Amortización equipo informático

Se estipula una amortización a 6 años, mediante cuota lineal. En el equipo se diferencia entre software y hardware, resaltando el coste nulo del programa principal utilizado.

Tabla 5.4. Amortización Hardware. Fuente: Elaboración propia.

Concepto	Coste	UD	Coste total
Portátil ASUS F540MA-GQ271T 64 RAM Intel Celeron N4000	499,00 €	1	499 €
Escáner HP Scanjet N6350 - Ethernet	489,99 €	1	490 €
Impresora HP LASER 107W 1200 X 1200 DPI A4 WIFI	96,86 €	1	97 €
Total a amortizar			1.086 €
Amortización	Mensual		15,08 €
	Diaria		0,50 €

Tabla 5.5. Amortización software. Fuente: Elaboración propia.

Concepto	Coste	UD	Coste total
Microsoft Windows 10	150 €	1	150 €
Microsoft Word (2016)	99 €	1	99 €
Microsoft Excel (2016)	99 €	1	99 €
Total a amortizar			348 €
Amortización	Mensual		4,83 €
	Diaria		0,16 €

### 5.3.3 Coste del material consumible

Se fija un consumo medio por hora de trabajo y persona. Queda reflejado en la Tabla 5.6.

Tabla 5.6. Costes consumibles. Fuente: Elaboración propia.

Concepto	Coste
Papelería	180 €
Tinta impresora	350 €
USB y CD	35 €
Otros	479 €
<b>Coste anual por persona total</b>	<b>1044</b>
<b>Cote horario por persona</b>	<b>0,62</b>

### 5.3.4 Costes indirectos

Incluyen los gastos secundarios como teléfono, electricidad o alquiler (Tabla 5.7).

Tabla 5.7. Costes indirectos. Fuente: Elaboración propia.

Concepto	Coste
Alquiler	500 €
Electricidad	100 €
Teléfono	45 €
Otros	550 €
<b>Coste anual por persona total</b>	<b>1195</b>
<b>Cote horario por persona</b>	<b>0,71</b>

### 5.3.5 Horas-persona dedicadas a cada paso

Se realizará un estudio de tiempos para conseguir resumir la dedicación temporal de cada integrante del proyecto. (Tabla 5.8)

Tabla 5.8. Horas-persona. Fuente: Elaboración propia.

	Pasos								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Personal									
Director	30	15	30	14	27	23	34	43	0
Responsable	30	27	42	26	39	35	46	55	1,5
Asesor	2	3	4	2	0	0	2	10	3
Tutor	2	3	4	6	0	0	3	12	3
Auxiliar	0	0	0	0	0	0	0	0	3
<b>TOTAL</b>	<b>65</b>	<b>50</b>	<b>83</b>	<b>52</b>	<b>71</b>	<b>64</b>	<b>92</b>	<b>128</b>	<b>19,5</b>

## 5.4 Costes asociados a cada paso del proyecto

Para asociar cada coste se tendrán en cuenta las horas trabajadas en el paso correspondiente, las tasas salariales y las amortizaciones, al igual que, costes materiales, consumibles e indirectos.

### 5.4.1 Costes Paso 1

En esta etapa se realiza una revisión bibliográfica por parte del responsable y el director del proyecto. Los costes se resumen en la Tabla 5.9.

Tabla 5.9. Costes Paso 1. Fuente: Elaboración propia.

	Concepto	Horas	Coste hora	Coste Total
Personal	Director	30	20,49 €	614,84 €
	Responsable	30	12,86 €	385,78 €
	Asesor	2	20,49 €	40,99 €
	Tutor	2	20,49 €	40,99 €
	Auxiliar	0	15,03 €	- €
Amortización	Hardware	65	0,06 €	4,03 €
	Software	0	0,02	- €
Consumibles	Varios	65	0,8	52,00 €
Costes indirectos		65	65	0,65
<b>COSTE TOTAL</b>				<b>1.180,87 €</b>

#### 5.4.2 Costes Paso 2

El siguiente paso consistirá en el planteamiento de la idea por parte del director y el responsable, esta es la base del proyecto. (Tabla 5.10).

Tabla 5.10. Costes Paso 2. Fuente: Elaboración propia.

	Concepto	Horas	Coste hora	Coste Total
Personal	Director	15	20,49 €	307,42 €
	Responsable	27	12,86 €	347,20 €
	Asesor	3	20,49 €	61,48 €
	Tutor	3	20,49 €	61,48 €
	Auxiliar	0	15,03 €	- €
Amortización	Hardware	50	0,06 €	3,10 €
	Software	25	0,02	0,50 €
Consumibles	Varios	50	0,8	40,00 €
Costes indirectos		65	50	42,25 €
<b>COSTE TOTAL</b>				<b>853,68 €</b>

### 5.4.3 Costes Paso 3

Planteamientos del modelo que cumple las condiciones para demostrar la idea establecida en la fase anterior. (Tabla 5.11)

Tabla 5.11. Costes Paso 3. Fuente: Elaboración propia.

	Concepto	Horas	Coste hora	Coste Total
Personal	Director	30	20,49 €	614,84 €
	Responsable	42	12,86 €	540,09 €
	Asesor	4	20,49 €	81,98 €
	Tutor	4	20,49 €	81,98 €
	Auxiliar	0	15,03 €	- €
Amortización	Hardware	78	0,06 €	4,83 €
	Software	45	0,02	0,89 €
Consumibles	Varios	83	0,8	66,40 €
Costes indirectos		65	0,65	42,25 €
<b>COSTE TOTAL</b>				<b>1.444,96 €</b>

### 5.4.4 Costes Paso 4

Creación de la base de datos en páginas con reputación como Eurostat. Se generarán tablas y fórmulas para tratar los datos hasta poder introducirlos en el modelo. (Tabla 5.12)

Tabla 5.12. Costes Paso 4. Fuente: Elaboración propia.

	Concepto	Horas	Coste hora	Coste Total
Personal	Director	14	20,49 €	286,92 €
	Responsable	26	12,86 €	334,34 €
	Asesor	2	20,49 €	40,99 €
	Tutor	6	20,49 €	122,97 €
	Auxiliar	0	15,03 €	- €
Amortización	Hardware	50	0,06 €	3,10 €
	Software	50	0,02	0,99 €
Consumibles	Varios	52	0,8	41,60 €
Costes indirectos		52	0,65	33,80 €
<b>COSTE TOTAL</b>				<b>864,71 €</b>

### 5.4.5 Costes Paso 5

Generación del modelo programando en el software especializado todos los procedimientos, consiguiendo así el desarrollo de la capacidad de manejo de RStudio. (Tabla 5.13)

Tabla 5.13. Costes Paso 5. Fuente: Elaboración propia.

	Concepto	Horas	Coste hora	Coste Total
Personal	Director	27	20,49 €	553,35 €
	Responsable	39	12,86 €	501,51 €
	Asesor	0	20,49 €	- €
	Tutor	0	20,49 €	- €
	Auxiliar	0	15,03 €	- €
Amortización	Hardware	58	0,06 €	3,59 €
	Software	50	0,02	0,99 €
Consumibles	Varios	71	0,8	56,80 €
Costes indirectos		71	0,65	46,15€
<b>COSTE TOTAL</b>				<b>1.162,40 €</b>

### 5.4.6 Costes Paso 6

Validación del modelo mediante diferentes análisis para estipular la validez de este y pasar a la siguiente fase. Se revisará por el director. (Tabla 5.14)

Tabla 5.14. Costes Paso 6. Fuente: Elaboración propia.

	Concepto	Horas	Coste hora	Coste Total
Personal	Director	23	20,49 €	471,37 €
	Responsable	35	12,86 €	450,08 €
	Asesor	0	20,49 €	- €
	Tutor	0	20,49 €	- €
	Auxiliar	0	15,03 €	- €
Amortización	Hardware	64	0,06 €	3,97 €
	Software	54	0,02	1,07 €
Consumibles	Varios	64	0,8	51,20 €
Costes indirectos		64	0,65	41,60 €
<b>COSTE TOTAL</b>				<b>1.444,96 €</b>

#### 5.4.7 Costes Paso 7

Discusión de resultados resaltando las ideas importantes y generando un informe para la interpretación del modelo a todos los integrantes. (Tabla 5.15)

Tabla 5.15. Costes Paso 7. Fuente: Elaboración propia.

	Concepto	Horas	Coste hora	Coste Total
Personal	Director	34	20,49 €	614,84 €
	Responsable	46	12,86 €	540,09 €
	Asesor	2	20,49 €	81,98 €
	Tutor	3	20,49 €	81,98 €
	Auxiliar	0	15,03 €	- €
Amortización	Hardware	92	0,06 €	4,83 €
	Software	89	0,02	0,89 €
Consumibles	Varios	92	0,8	66,40 €
Costes indirectos		92	0,65	59,80 €
<b>COSTE TOTAL</b>				<b>1.531,69 €</b>

#### 5.4.8 Costes Paso 8

Se redactan las conclusiones. Se estipula si la necesidad ha sido cubierta y los objetivos intermedios conseguidos. (Tabla 5.16)

Tabla 5.16. Costes Paso 8. Fuente: Elaboración propia.

	Concepto	Horas	Coste hora	Coste Total
Personal	Director	43	20,49 €	881,27 €
	Responsable	55	12,86 €	707,26 €
	Asesor	10	20,49 €	204,95 €
	Tutor	12	20,49 €	245,93 €
	Auxiliar	0	15,03 €	- €
Amortización	Hardware	128	0,06 €	7,93 €
	Software	128	0,02	2,54 €
Consumibles	Varios	128	0,8	102,40 €
Costes indirectos		128	0,65	83,20 €
<b>COSTE TOTAL</b>				<b>2.235,48 €</b>

## 5.5 Costes Paso 9

Presentación del trabajo en la institución mediante el auxiliar administrativo. (Tabla 5.17)

Tabla 5.17. Costes Paso 9. Fuente: Elaboración propia.

	Concepto	Horas	Coste hora	Coste Total
Personal	Director	0	20,49 €	- €
	Responsable	1,5	12,86 €	19,29 €
	Asesor	3	20,49 €	61,48 €
	Tutor	3	20,49 €	61,48 €
	Auxiliar	3	15,03 €	45,09 €
Amortización	Hardware	19,5	0,06 €	1,21 €
	Software	3	0,02	0,06 €
Consumibles	Varios	19,5	0,8	15,60 €
Costes indirectos		19,5	0,65	12,68 €
<b>COSTE TOTAL</b>				<b>216,89 €</b>

## 5.6 Coste total

Por último, se realizó un resumen de todos los costes de todos los pasos con sus horas correspondientes, Tabla 5.18.

Tabla 5.18. Costes totales. Fuente: Elaboración propia.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	TOTAL
Horas	65	50	83	52	71	64	92	128	19,5	<b>624,5</b>
Coste por actividad	1181	854	1445	865	1162	1445	1532	2235	217	<b>10936</b>





# ***CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES***



## 6.1 Conclusiones y futuras líneas de trabajo

La motivación de este trabajo nace a partir de la dificultad que debe afrontar un estudiante de grado cuando realiza trabajos de investigación bajo determinadas condiciones, como pueden ser las serias limitaciones en el presupuesto económico o el acceso restringido para la obtención de datos tanto a nivel teórico como experimental. Lo cual marca de manera significativa las futuras líneas de investigación que pueda desarrollar el joven investigador en su incipiente carrera. Ya que en algunos casos los trabajos fin de grado son el primer paso para un trabajo fin de máster y estos pueden derivar a su vez en una tesis doctoral. Con el objetivo de iniciar con este trabajo una carrera investigadora en el campo de la Economía Circular, se ha hecho una primera aproximación a la idea de poder desarrollar un trabajo de investigación con un reducido presupuesto económico y una colaboración nula con empresas del sector privado. El reducido número de datos de carácter económico a los que puede acceder un estudiante sin estar becado por una empresa supone una merma significativa. Por otro lado, la confidencialidad del sector industrial añade otra dificultad en la compleja tarea de la obtención de datos. Considerando este contexto, pero con el propósito firme de sentar las bases de futuros trabajos de investigación, se han llevado a cabo las siguientes acciones.

- I. Se ha realizado un estudio de los indicadores de la EC. Para ello, se ha llevado a cabo una amplia revisión del estado del arte en este campo.
- II. Se ha estudiado la dependencia estadística por medio de regresiones lineales múltiples de indicadores de EC con variables económicas e industriales.
- III. Se han analizado los resultados obtenidos.

Una de las principales contribuciones ha sido establecer unas directrices para alcanzar las acciones anteriormente señaladas. Intentando que el procedimiento sea accesible a cualquier investigador, que desee iniciarse en este campo con una limitación presupuestaria reducida y un limitado acceso a bases de datos. Teniendo esto en mente se ha elegido el software RStudio, que opera bajo licencia en abierto, para realizar el estudio estadístico. Cabe señalar en este punto que la búsqueda y la

elección de este software han venido marcada por la experiencia adquirida durante los estudios de grado. Donde hubo contacto con RStudio a través de las prácticas realizadas en una asignatura cursada en los últimos años del grado. No siendo la búsqueda y el estudio comparativo de este software, con otros que puedan existir en el mercado, uno de los objetivos a desarrollar extensamente en este trabajo. Ya que, entre otros motivos, se pudo comprobar desde el principio de esta investigación el programa informático permitía alcanzar los objetivos inicialmente fijados.

Por otro lado, la elección de Eurostat no fue especialmente complicada, debido al reducido número de bases de datos con acceso abierto, siendo aún más reducido si se exige que contengan información sobre indicadores de EC. Aunque en este caso existe una diferencia con respecto a la elección de software, y es que no había un conocimiento previo en este tipo de materia. Así se pueden señalar dos premisas principales:

- a. El programa informático RStudio reúne las características y posee las librerías suficientes para poder realizar un estudio estadístico con indicadores de EC y variables económicas e industriales.
- b. La base de datos que facilita la Unión Europea de acceso abierto llamada Eurostat permite la obtención de valores asociados a indicadores de EC para un amplio conjunto de países, con la característica de estar clasificados por años.

Estas premisas han constituido las herramientas para alcanzar los objetivos marcados. Ya que han permitido desarrollar un modelo que evalúa la dependencia estadística de variables asociadas a indicadores de EC y otro tipo de variables que, en principio, no han sido definidas como indicadores de circularidad. Una novedad importante de esta investigación ha sido el análisis de datos económicos de 28 países de la Unión Europea, donde se ha buscado la interrelación entre la EC y valores socioeconómico e industriales.

Una de las limitaciones del trabajo viene del reducido número de indicadores de EC con los que se ha podido trabajar, en este caso ha sido sólo MCI. Otra limitación es el periodo temporal de los datos que abarca un intervalo de 7 años, desde el 2010



al 2017. Siendo esta restricción temporal una de las tareas que se fijan como futuros trabajos. Una mayor ventana de datos en el tiempo permitirá mejorar los resultados del análisis aquí presentado. Al tiempo que mejorará las interdependencias entre las diferentes variables de estudios. En especial aquellas asociadas a la EC, las cuales están siendo más consideradas a nivel europeo en los últimos años.

Como consecuencia de los resultados obtenidos con el análisis econométrico realizado, se puede afirmar que algunas variables económicas e industriales pueden estar interrelacionadas con indicadores de EC, como es el MCI. El estudio ha mostrado un valor de R cuadrado de 84,07 %, lo que pone de manifiesto que teniendo en cuenta la importancia actual de la EC y su reciente desarrollo, cobra relevancia la búsqueda de factores que permitan establecer dependencias entre variables a priori definidas como indicadoras de circularidad y otro conjunto de ellas que sean económicas e industriales. Lo que abre la puerta a nuevos estudios y análisis, que puedan determinar dependencias entre indicadores macroeconómicos y otros de EC que no sean MCI.

Como futuros trabajos cabe destacar la implementación de estudios similares usando otros programas informáticos de acceso libre. Poder ampliar la ventana temporal de los datos usados, si fuera posible con datos proporcionados por organismos de otros continentes que no sea el europeo. Ampliar el conjunto de variables económicas e industriales y realizar nuevos estudios con MCI y otros indicadores de EC. Con el objetivo de ayudar a conseguir un mejor entendimiento de la implementación y desarrollo de la EC, hecho fundamental para la gestión tanto medio ambiental como de la productividad.



# ***APÉNDICE A: DATOS***

**Indicador de circularidad material (MCI)**, fórmula aplicada a los ciclos técnicos, es decir, procesos que se reintroducen en el mercado buscando la máxima calidad posible y en la mayor duración de tiempo. Su base reside en el mantenimiento, la reutilización, los materiales renovables, la restauración y el reciclaje. Los valores se encuentran en un rango entre 1 y 20 %.

*Tabla A.1. Set de datos MCI. Fuente: Elaboración propia.*

GEO	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	Max	Media
BE	12,6	13,5	16,7	17,2	18,2	18,3	18,4	17,8	18,4	16,6
BG	2,1	1,8	1,9	2,5	2,7	3,1	4,4	5,1	5,1	3,0
CZ	5,3	5,4	6,3	6,7	6,9	6,9	7,6	8,1	8,1	6,7
DK	8	7,1	6,5	7,8	9,1	8,4	7,9	8	9,1	7,9
DE	11	10,3	10,7	10,9	10,7	11,4	11,5	11,6	11,6	11,0
EE	8,8	14,2	19,1	14,6	11	11,4	11,6	8,7	19,1	12,4
IE	1,7	1,9	1,7	1,6	1,9	1,9	1,7	1,6	1,9	1,8
EL	2,7	2,2	1,9	1,9	1,4	2	2,3	2,4	2,7	2,1
ES	10,4	9,8	9,8	8,9	7,7	7,5	8,2	7,4	10,4	8,7
FR	17,5	16,8	16,9	17,3	17,8	18,7	19,4	18,6	19,4	17,9
HR	1,6	2,4	3,6	3,7	4,6	4,3	4,4	5,1	5,1	3,7
IT	11,6	12,1	14,5	16,2	16,8	16,6	17,5	17,7	17,7	15,4
CY	2	1,9	2	2,4	2,2	2,4	2,4	2,2	2,4	2,2
LV	1,2	2,9	1,3	3,8	5,3	5,4	6,6	6,6	6,6	4,1
LT	3,9	3,6	3,8	3,2	3,8	4,1	4,5	4,8	4,8	4,0
LU	24,1	20,7	18,5	15,3	11,2	9,6	7	8,9	24,1	14,4
HU	5,3	5,4	6,1	6,2	5,4	5,8	6,5	6,6	6,6	5,9
MT	5,4	4,7	4	9	10,3	7	5,3	6,7	10,3	6,6
NL	25,3	25	26,5	27,1	26,6	25,8	28,6	29,9	29,9	26,9
AT	6,6	6,7	7,7	9	10	10,9	11,3	11,6	11,6	9,2
PL	10,8	9,2	10,6	11,8	12,5	11,6	10,2	9,5	12,5	10,8
PT	1,8	1,7	2	2,5	2,5	2,1	2,1	1,8	2,5	2,1
RO	3,5	2,5	2,6	2,5	2,1	1,7	1,7	1,8	3,5	2,3
SI	5,9	7,6	9,3	9,2	8,4	8,4	8,5	8,5	9,3	8,2
SK	5,1	4,8	4,1	4,6	4,8	5	4,9	5,1	5,1	4,8
FI	13,5	14	15,3	10,1	7,3	6,5	5,3	2,2	15,3	9,3
SE	7,2	7,5	8,2	7,3	6,5	6,8	6,9	6,5	8,2	7,1
UK	15,6	15,4	15,7	15,7	15,6	16,2	17,1	17,8	17,8	16,1

**Deuda del sector privado**, está formado por el saldo de pasivos de los préstamos de corporaciones de carácter no financieros, los hogares y las instituciones sin ánimo de lucro. Los valores se encuentran en un rango entre 30 y 250.

*Tabla A.2. Set de datos Deuda del sector privado. Fuente: Elaboración propia.*

GEO	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	Max	Media
BE	108,9	118,3	126	97,5	93	105,5	121,7	112,3	126,	110,4
BG	107,4	101,3	101,5	101,6	97,4	83,2	77,6	73	107,4	92,875
CZ	32,5	32,2	33,7	34,4	33	30,9	31,1	31,1	34,4	32,3625
DK	75,7	75,4	78,9	74	73,5	73,9	71,4	65,7	78,9	73,5625
DE	41,9	41,4	40,8	42,6	39,2	39,2	39,2	40,3	42,6	40,575
EE	80,8	69,3	69,2	69	69,9	66,7	66,1	62,6	80,8	69,2
IE	141,4	164,9	175,2	169,1	192,1	244,4	224,5	198,2	244,4	188,725
EL	64,1	65	66,9	66,6	67,2	65,8	64,8	60,9	67,2	65,1625
ES	113,2	109,5	99,6	92,3	86,1	79,6	75	70,3	113,2	90,7
FR	59,2	60,8	60	58,7	58,9	59,6	60,4	61	61,	59,825
HR	78,7	76,5	71,6	71,5	72,8	68,8	64,3	60,3	78,7	70,5625
IT	73,4	72,9	73	69,3	67	64,4	62,2	58,7	73,4	67,6125
CY	191,1	197,5	198	211,1	220,8	220,6	212,9	198,9	220,8	206,3625
LV	83,9	74,9	64	61,3	55,4	55,1	55,9	53,8	83,9	63,0375
LT	44,8	42,7	37,3	34,1	32,5	32,7	33,4	32,4	44,8	36,2375
LU	181,9	184,7	191,9	205,3	220,4	223,7	206,8	221,4	223,7	204,5125
HU	73,8	75,1	68,2	65,3	63,9	61,7	55,3	50,9	75,1	64,275
MT	103,8	101,9	95,6	88,6	82	76,9	77,5	75,9	103,8	87,775
NL	115,5	119,1	122,5	131,4	143	140,4	135,1	128,9	143,	129,4875
AT	67,9	65,5	64,6	63,5	61,5	61,1	60,1	60,7	67,9	63,1125
PL	33,2	35,9	35,9	36,2	37,5	38	40	37,1	40,	36,725
PT	92,3	95,3	99,4	96,7	92,3	88,2	83,6	79,6	99,4	90,925
RO	51,8	51,5	51,4	47,5	44	40,6	36,9	34,7	51,8	44,8
SI	82,9	81,2	79,4	75,6	67	56,9	51,6	46,9	82,9	67,6875
SK	41,3	42,7	42,3	41,8	39,2	39,1	43,2	46,7	46,7	42,0375
FI	72,8	71,5	70,6	67,8	68,5	73,4	69,2	68,4	73,4	70,275
SE	98,2	99,6	96,9	94,8	92,1	91	88,3	90,4	99,6	93,9125
UK	71,2	66,7	67,6	64,4	61,2	60,4	63,3	65	71,2	64,975

**PIB a precios de mercado**, es el resultado último de la producción. Se formula como el valor de la totalidad de los bienes y servicios producidos menos el valor de los bienes y servicios utilizados en la producción.

*Tabla A.3. Set de datos PIB. Fuente: Elaboración propia.*

GEO	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	Max	Media
BE	2,9	1,7	0,7	0,5	1,6	2	1,5	1,9	2,9	1,6
BG	0,6	2,4	0,4	0,3	1,9	4	3,8	3,5	4,	2,1125
CZ	2,3	1,8	-0,8	-0,5	2,7	5,3	2,5	4,4	5,3	2,2125
DK	1,9	1,3	0,2	0,9	1,6	2,3	3,2	2	3,2	1,675
DE	4,2	3,9	0,4	0,4	2,2	1,7	2,2	2,5	4,2	2,1875
EE	2,7	7,4	3,1	1,3	3	1,8	2,6	5,7	7,4	3,45
IE	1,8	0,3	0,2	1,4	8,6	25,2	3,7	8,1	25,2	6,1625
EL	-5,5	-9,1	-7,3	-3,2	0,7	-0,4	-0,2	1,5	1,5	-2,9375
ES	0,2	-0,8	-3	-1,4	1,4	3,8	3	2,9	3,8	0,7625
FR	1,9	2,2	0,3	0,6	1	1,1	1,1	2,3	2,3	1,3125
HR	-1,5	-0,3	-2,2	-0,5	-0,1	2,4	3,5	3,1	3,5	0,55
IT	1,7	0,7	-3	-1,8	0	0,8	1,3	1,7	1,7	0,175
CY	2	0,4	-3,4	-6,6	-1,9	3,4	6,7	4,4	6,7	0,625
LV	-4,5	6,3	4,1	2,3	1,9	3,3	1,8	3,8	6,3	2,375
LT	1,5	6	3,8	3,6	3,5	2	2,6	4,2	6,	3,4
LU	4,9	2,5	-0,4	3,7	4,3	4,3	4,6	1,8	4,9	3,2125
HU	0,7	1,8	-1,5	2	4,2	3,8	2,2	4,3	4,3	2,1875
MT	3,5	1,4	2,8	4,9	9	10,9	5,8	6,5	10,9	5,6
NL	1,3	1,6	-1	-0,1	1,4	2	2,2	2,9	2,9	1,2875
AT	1,8	2,9	0,7	0	0,7	1	2,1	2,5	2,9	1,4625
PL	3,6	5	1,6	1,4	3,3	3,8	3,1	4,9	5,	3,3375
PT	1,7	-1,7	-4,1	-0,9	0,8	1,8	2	3,5	3,5	0,3875
RO	-3,9	2	2,1	3,5	3,4	3,9	4,8	7,1	7,1	2,8625
SI	1,3	0,9	-2,6	-1	2,8	2,2	3,1	4,8	4,8	1,4375
SK	5,7	2,9	1,9	0,7	2,8	4,8	2,1	3	5,7	2,9875
FI	3,2	2,5	-1,4	-0,9	-0,4	0,5	2,7	3,1	3,2	1,1625
SE	6	3,2	-0,6	1,2	2,7	4,5	2,1	2,6	6,	2,7125
UK	1,9	1,5	1,5	2,1	2,6	2,4	1,9	1,9	2,6	1,975



**Tasa de desempleo**, es el porcentaje de personas desempleadas de la fuerza laboral comprendidas entre los 15 y 74 años.

*Tabla A.4. Set de datos Tasa de desempleo. Fuente: Elaboración propia.*

GEO	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	Max	Media
BE	8,3	7,2	7,6	8,4	8,5	8,5	7,8	7,1	8,5	7,925
BG	10,3	11,3	12,3	13	11,4	9,2	7,6	6,2	13,	10,1625
CZ	7,3	6,7	7	7	6,1	5,1	4	2,9	7,3	5,7625
DK	7,7	7,8	7,8	7,4	6,9	6,3	6	5,8	7,8	6,9625
DE	7	5,8	5,4	5,2	5	4,6	4,1	3,8	7,	5,1125
EE	16,7	12,3	10	8,6	7,4	6,2	6,8	5,8	16,7	9,225
IE	14,6	15,4	15,5	13,8	11,9	10	8,4	6,7	15,5	12,0375
EL	12,7	17,9	24,5	27,5	26,5	24,9	23,6	21,5	27,5	22,3875
ES	19,9	21,4	24,8	26,1	24,5	22,1	19,6	17,2	26,1	21,95
FR	9,3	9,2	9,8	10,3	10,3	10,4	10	9,4	10,4	9,8375
HR	11,7	13,7	16	17,3	17,3	16,2	13,1	11,2	17,3	14,5625
IT	8,4	8,4	10,7	12,2	12,7	11,9	11,7	11,2	12,7	10,9
CY	6,3	7,9	11,9	15,9	16,1	15	13	11,1	16,1	12,15
LV	19,5	16,2	15	11,9	10,8	9,9	9,6	8,7	19,5	12,7
LT	17,8	15,4	13,4	11,8	10,7	9,1	7,9	7,1	17,8	11,65
LU	4,4	4,9	5,1	5,9	5,9	6,7	6,3	5,5	6,7	5,5875
HU	11,2	11	11	10,2	7,7	6,8	5,1	4,2	11,2	8,4
MT	6,9	6,4	6,2	6,1	5,7	5,4	4,7	4	6,9	5,675
NL	5	5	5,8	7,3	7,4	6,9	6	4,9	7,4	6,0375
AT	4,8	4,6	4,9	5,4	5,6	5,7	6	5,5	6,	5,3125
PL	9,7	9,7	10,1	10,3	9	7,5	6,2	4,9	10,3	8,425
PT	11	12,9	15,8	16,4	14,1	12,6	11,2	9	16,4	12,875
RO	7	7,2	6,8	7,1	6,8	6,8	5,9	4,9	7,2	6,5625
SI	7,3	8,2	8,9	10,1	9,7	9	8	6,6	10,1	8,475
SK	14,4	13,6	14	14,2	13,2	11,5	9,7	8,1	14,4	12,3375
FI	8,4	7,8	7,7	8,2	8,7	9,4	8,8	8,6	9,4	8,45
SE	8,6	7,8	8	8,1	8	7,4	7	6,7	8,6	7,7
UK	7,8	8,1	7,9	7,5	6,1	5,3	4,8	4,3	8,1	6,475

**Posición de inversión internacional neta (PIIN)**, es la diferencia de los activos financieros externos menos el pasivo, pudiendo ser positivo (aumento de la inversión) o negativo (disminución de la inversión). También, proporciona una imagen del flujo de existencias hacia el exterior del país

*Tabla A.5. Set de datos PIIN. Fuente: Elaboración propia.*

GEO	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	Max	Media
BE	56,3	51,4	40,8	43,2	44,8	45,2	54,5	56,8	56,8	49,125
BG	-92,4	-82,8	-77,7	-73,5	-72,2	-61,8	-47,9	-43,3	-43,3	-68,95
CZ	-46	-45,2	-45,9	-41,4	-36,6	-32,9	-26,9	-25	-25	-37,4875
DK	12,8	27,8	36,1	37,2	43,3	33,4	52,6	55,4	55,4	37,325
DE	25,8	23,3	28,7	34,7	40,8	46,5	51,4	56,3	56,3	38,4375
EE	-69,4	-54	-50,7	-49,7	-46,7	-39,9	-39,2	-32,5	-32,5	-47,7625
IE	-113,5	-139,3	-137,8	-133,4	-164,7	-198,4	-171,7	-167,2	-113,5	-153,25
EL	-99	-88,8	-115,9	-130,4	-131,9	-135,4	-137,6	-140,7	-88,8	-122,4625
ES	-91	-93,8	-88,9	-92,8	-95,9	-88,9	-85,5	-85,5	-85,5	-90,2875
FR	-9,3	-8,7	-12,8	-16,6	-15,6	-12,9	-13	-16,6	-8,7	-13,1875
HR	-95,4	-93,1	-91,6	-89,5	-86,8	-78,4	-72,4	-65,6	-65,6	-84,1
IT	-20,1	-18,2	-23	-23,3	-21	-19,3	-11,9	-7,7	-7,7	-18,0625
CY	-122,2	-141,9	-141,1	-162,5	-163,8	-154,5	-134,2	-126,5	-122,2	-143,3375
LV	-83	-74,7	-67,5	-66,7	-67,1	-64,1	-59	-56,2	-56,2	-67,2875
LT	-60	-53,6	-54,3	-50,6	-46,8	-43,6	-42,9	-37,9	-37,9	-48,7125
LU	-20,4	28,9	58,4	58,9	59,3	50	54,6	51,8	59,3	42,6875
HU	-106,7	-104,2	-92,2	-82,2	-80,4	-67,9	-59,6	-55,1	-55,1	-81,0375
MT	12,1	6,3	19,6	27	43	37,5	35,4	64	64	30,6125
NL	11	20,1	26,7	30,7	48	48,9	61,4	59,4	61,4	38,275
AT	-5,2	-1,9	-3,2	1,3	3,4	2,2	4,1	2,8	4,1	0,4375
PL	-65,1	-62,4	-65,3	-68,9	-69,1	-62,1	-61,6	-61,2	-61,2	-64,4625
PT	-107,2	-104,1	-119,3	-120,2	-123,8	-118,9	-110,5	-110,4	-104,1	-114,3
RO	-64,1	-66,1	-67,6	-63,2	-57,1	-54,7	-49,1	-47,4	-47,4	-58,6625
SI	-43,1	-39,8	-44	-39,3	-38,4	-31,2	-28,9	-24,2	-24,2	-36,1125
SK	-61,5	-63,9	-60,6	-62,2	-63,5	-63,9	-66,8	-68,3	-60,6	-63,8375
FI	15,5	13,9	10,6	3	-3,1	4,8	5,2	0,1	15,5	6,25
SE	-5,5	-8,3	-15,5	-15,9	-2,3	-5,2	-1,9	1,4	1,4	-6,65
UK	-7,9	-11,6	-28,1	-17,8	-22,8	-22,7	0,3	-10	0,3	-15,075

**Gasto interno bruto en I+D**, recoge los gastos asociados a actividades encaminadas a la creación o mejora de nuevos productos o procedimientos mediante la investigación científica. También las actividades destinadas a aumentar el conocimiento cultural, realizadas de forma sistemática.

Tabla A.6. Set de datos Gasto interno en I+D. Fuente: Elaboración propia.

GEO	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	Max	Media
BE	2,06	2,17	2,28	2,33	2,37	2,43	2,52	2,66	2,66	2,3525
BG	0,57	0,53	0,6	0,64	0,79	0,95	0,77	0,74	0,95	0,69875
CZ	1,34	1,56	1,78	1,9	1,97	1,93	1,68	1,79	1,97	1,74375
DK	2,92	2,94	2,98	2,97	2,91	3,06	3,09	3,05	3,09	2,99
DE	2,73	2,81	2,88	2,84	2,88	2,93	2,94	3,07	3,07	2,885
EE	1,57	2,28	2,11	1,71	1,42	1,46	1,25	1,28	2,28	1,635
IE	1,59	1,56	1,56	1,57	1,52	1,18	1,17	1,24	1,59	1,42375
EL	0,6	0,67	0,7	0,81	0,83	0,96	0,99	1,13	1,13	0,83625
ES	1,36	1,33	1,3	1,28	1,24	1,22	1,19	1,21	1,36	1,26625
FR	2,18	2,19	2,23	2,24	2,23	2,27	2,22	2,21	2,27	2,22125
HR	0,74	0,75	0,75	0,81	0,78	0,84	0,86	0,86	0,86	0,79875
IT	1,22	1,2	1,26	1,3	1,34	1,34	1,37	1,37	1,37	1,3
CY	0,44	0,45	0,44	0,49	0,51	0,48	0,52	0,55	0,55	0,485
LV	0,61	0,7	0,66	0,61	0,69	0,62	0,44	0,51	0,7	0,605
LT	0,79	0,91	0,9	0,95	1,03	1,04	0,84	0,9	1,04	0,92
LU	1,5	1,46	1,27	1,3	1,27	1,3	1,3	1,27	1,5	1,33375
HU	1,14	1,19	1,26	1,39	1,35	1,35	1,19	1,33	1,39	1,275
MT	0,61	0,67	0,83	0,77	0,71	0,74	0,57	0,58	0,83	0,685
NL	1,7	1,88	1,92	1,93	1,98	1,98	2	1,98	2	1,92125
AT	2,73	2,67	2,91	2,95	3,08	3,05	3,12	3,05	3,12	2,945
PL	0,72	0,75	0,88	0,87	0,94	1	0,96	1,03	1,03	0,89375
PT	1,54	1,46	1,38	1,32	1,29	1,24	1,28	1,32	1,54	1,35375
RO	0,46	0,5	0,48	0,39	0,38	0,49	0,48	0,5	0,5	0,46
SI	2,05	2,41	2,56	2,56	2,37	2,2	2,01	1,87	2,56	2,25375
SK	0,61	0,66	0,8	0,82	0,88	1,16	0,79	0,89	1,16	0,82625
FI	3,71	3,62	3,4	3,27	3,15	2,87	2,72	2,73	3,71	3,18375
SE	3,17	3,19	3,24	3,27	3,11	3,23	3,25	3,37	3,37	3,22875
UK	1,65	1,65	1,58	1,62	1,64	1,65	1,66	1,68	1,68	1,64125

**Recursos humanos en departamentos tecnológicos y científicos**, recoge un margen de la población activa desde los 25 a los 64 años, que hayan realizado una educación terciaria o estén desarrollando una actividad profesional en el sector de ciencia y tecnología.

Tabla A.7. Set de datos RHTC. Fuente: Elaboración propia.

GEO	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	Max	Media
BE	49,3	49,6	50,3	49,6	51,1	50,5	51,1	54,3	54,3	50,725
BG	32,1	32,7	32,8	34	35,4	36,3	36,8	36,5	36,8	34,575
CZ	37,8	35,9	36,6	37,2	38,1	38,1	38,7	39,6	39,6	37,75
DK	51,2	52,1	53,3	53,8	54,1	54,6	55,3	56,8	56,8	53,9
DE	45,7	44,8	46,4	46,8	47	47,7	48,4	48,7	48,7	46,9375
EE	45,2	47,3	49,2	48,9	48,9	49,3	49,1	50,3	50,3	48,525
IE	47,5	50,3	51,9	52,8	53,1	54,2	54,9	56,6	56,6	52,6625
EL	32,5	33,7	34,3	35,1	35,4	36,1	37,4	38,5	38,5	35,375
ES	39,6	40,1	40,4	41,2	42,2	42,7	43,4	44,3	44,3	41,7375
FR	43,8	47,4	48,1	48,9	49,1	50	50,6	50,9	50,9	48,6
HR	31,6	29,8	31,5	34,5	35,1	36,2	37,4	38,2	38,2	34,2875
IT	34	34,6	34,7	34,8	35	35,5	35,7	36,3	36,3	35,075
CY	44	47,1	48,5	47,9	48,8	49,3	50,6	50,9	50,9	48,3875
LV	38	38,2	40,1	41,2	40,7	42,4	43,3	44,4	44,4	41,0375
LT	42,7	43,6	43,9	45,6	46,5	48,2	49,1	49,4	49,4	46,125
LU	56,2	57,3	58,9	61,1	64,5	58,8	59,6	57,6	64,5	59,25
HU	33	34,6	35,6	36	36,3	36,7	36,3	36,5	36,7	35,625
MT	32,6	35,3	37,6	39	39,5	40,2	40,3	42,8	42,8	38,4125
NL	50,9	51,8	52,1	52,7	52,8	53,6	54,6	55,3	55,3	52,975
AT	39,1	40,4	41,7	43	48,3	48,6	49,1	50,1	50,1	45,0375
PL	35,9	36,6	37,7	39	40,4	41,6	42,8	44	44,	39,75
PT	23,9	26,9	28,7	30	33	34,8	36,2	36,4	36,4	31,2375
RO	24	25,4	25,5	25,1	25,6	27	27,6	27,7	27,7	25,9875
SI	40,8	42,4	42,8	43,5	43,7	45,1	46,5	47,8	47,8	44,075
SK	33,5	33,9	32,5	32,5	32,9	33,5	34,2	35,2	35,2	33,525
FI	51,4	52,6	53,6	54,6	55,6	56,5	56,9	57,7	57,7	54,8625
SE	50,3	51,7	52,6	53,8	55,1	56,2	57,9	58,6	58,6	54,525
UK	46,3	52,4	53,3	54,1	54,6	55,5	56,8	57	57,	53,75



**Generación de residuos municipales per cápita**, es la cantidad de residuos recolectados por autoridades municipales, y eliminada posteriormente por los sistemas de gestión de residuos correspondientes.

*Tabla A.8. Set de datos Generación de residuos municipales. Fuente: Elaboración propia.*

GEO	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	Max	Media
BE	456	455	445	436	425	412	419	411	456,	<b>432,375</b>
BG	554	508	460	432	442	419	404	435	554,	<b>456,75</b>
CZ	318	320	308	307	310	316	339	344	344,	<b>320,25</b>
DK	:	862	806	813	808	822	830	820	862,	<b>823</b>
DE	602	626	619	615	631	632	633	627	633,	<b>623,125</b>
EE	305	301	280	293	357	359	376	390	390,	<b>332,625</b>
IE	624	616	585	:	562	:	581	576	624,	<b>590,6666667</b>
EL	532	503	495	482	488	488	498	504	532,	<b>498,75</b>
ES	510	485	468	454	448	456	463	473	510,	<b>469,625</b>
FR	534	534	527	520	517	516	521	526	534,	<b>524,375</b>
HR	379	384	391	404	387	393	403	416	416,	<b>394,625</b>
IT	547	529	504	491	488	486	497	488	547,	<b>503,75</b>
CY	689	672	657	618	614	638	640	637	689,	<b>645,625</b>
LV	324	350	323	350	364	404	410	411	411,	<b>367</b>
LT	404	442	445	433	433	448	444	455	455,	<b>438</b>
LU	679	666	652	616	626	607	609	615	679,	<b>633,75</b>
HU	403	382	402	378	385	377	379	385	403,	<b>386,375</b>
MT	601	589	590	579	591	606	593	631	631,	<b>597,5</b>
NL	571	568	549	526	527	523	520	513	571,	<b>537,125</b>
AT	562	573	579	578	565	560	564	570	579,	<b>568,875</b>
PL	316	319	317	297	272	286	307	315	319,	<b>303,625</b>
PT	516	490	453	440	453	460	474	487	516,	<b>471,625</b>
RO	313	259	251	254	249	247	261	272	313,	<b>263,25</b>
SI	490	415	362	414	432	449	457	471	490,	<b>436,25</b>
SK	319	311	306	304	320	329	348	378	378,	<b>326,875</b>
FI	470	505	506	493	482	500	504	510	510,	<b>496,25</b>
SE	441	453	454	455	443	451	447	452	455,	<b>449,5</b>
UK	509	491	477	482	482	483	483	468	509,	<b>484,375</b>

**Exportaciones de bienes y servicios**, calculado dividiendo el número de exportaciones por el valor del PIB a precios actuales.

*Tabla A.9. Set de datos Exportaciones de bienes y servicios. Fuente: Elaboración propia.*

GEO	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	Max	Media
BE	75,9	80,7	80,4	79,3	79,8	77,8	79,4	82,4	82,4	<b>79,4625</b>
BG	50,4	59,1	60,7	64,8	64,8	64	64,1	67,3	67,3	<b>61,9</b>
CZ	66	71,3	76,2	76,9	82,5	81	79,6	79,7	82,5	<b>76,65</b>
DK	50,5	53,8	54,6	54,8	54,6	55,4	53,4	55,1	55,4	<b>54,025</b>
DE	42,6	45,1	46,3	45,4	45,6	46,8	46	47,4	47,4	<b>45,65</b>
EE	74,4	85,8	85,6	84	81,3	76,9	77,5	76,1	85,8	<b>80,2</b>
IE	103	103,8	104,5	103,7	110	122	120,8	121	122,	<b>111,1</b>
EL	22,1	25,5	28,7	30,4	32,4	31,6	30,1	33	33,	<b>29,225</b>
ES	26	29,5	31,5	33	33,5	33,6	33,9	35,2	35,2	<b>32,025</b>
FR	26,8	28,4	29,2	29,4	29,7	30,6	30,2	30,8	30,8	<b>29,3875</b>
HR	36,2	38,9	39,5	40,4	43,3	46,4	47,6	50	50,	<b>42,7875</b>
IT	25,1	26,9	28,4	28,6	29,1	29,7	29,3	30,7	30,7	<b>28,475</b>
CY	50,4	53,5	55,3	61,4	66,1	70,3	70,8	73	73,	<b>62,6</b>
LV	53,6	57,8	61,2	60,3	61,2	60,7	60,4	62,1	62,1	<b>59,6625</b>
LT	64,1	73,1	78,4	78,8	72,3	68,8	67,6	73,6	78,8	<b>72,0875</b>
LU	174,5	178	186,4	190,6	212,6	221,2	213	217,6	221,2	<b>199,2375</b>
HU	81,8	86,6	86,3	85,6	87,4	88	87,2	87,1	88,	<b>86,25</b>
MT	153,3	160,4	165,3	157	148,9	154,2	152	149,7	165,3	<b>155,1</b>
NL	69,8	75,5	79,5	79,9	80,6	82,7	79,5	83,4	83,4	<b>78,8625</b>
AT	51,3	53,9	54	53,4	53,4	53,1	52,5	54	54,	<b>53,2</b>
PL	40,1	42,6	44,4	46,3	47,6	49,5	52,2	54,3	54,3	<b>47,125</b>
PT	30,1	34,5	37,8	39,6	40,2	40,6	40,2	42,7	42,7	<b>38,2125</b>
RO	32,4	37	37,4	39,9	41,2	41	41,2	41,5	41,5	<b>38,95</b>
SI	64,3	70,2	72,9	74,2	76,2	77,1	78	83	83,	<b>74,4875</b>
SK	77,3	85	91	93,6	91,5	92	93,7	95,2	95,2	<b>89,9125</b>
FI	38,4	38,9	38,8	38	36,5	35,4	34,8	37,7	38,9	<b>37,3125</b>
SE	44,7	45,4	45,2	42,8	43,6	44,3	43,3	44,4	45,4	<b>44,2125</b>
UK	28,3	30,7	30	30	28,5	27,7	28,4	30,4	30,7	<b>29,25</b>

**Emisiones medias de CO2 por km de nuevos coches, incluye el promedio de emisiones de los vehículos nuevos de un determinado año.**

*Tabla A.11. Set de datos Emisiones medias de CO2 por Km de nuevos coches. Fuente: Elaboración propia.*

GEO	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	Max	Media
BE	133,4	127,2	128	124	121,3	117,9	115,9	115,9	133,4	<b>122,95</b>
BG	158,9	151,4	149,2	141,7	135,9	130,3	125,8	126,2	158,9	<b>139,925</b>
CZ	148,9	144,5	140,8	134,6	131,6	126,3	121,2	124,1	148,9	<b>134</b>
DK	126,2	125	117	112,7	110,2	106,2	106	107,1	126,2	<b>113,8</b>
DE	151,1	145,6	141,6	136,1	132,5	128,3	126,9	127,2	151,1	<b>136,1625</b>
EE	162	156,9	150,3	147	140,9	137,2	133,9	132,8	162,	<b>145,125</b>
IE	133,2	128,3	125,1	120,7	117,1	114,1	112	111,6	133,2	<b>120,2625</b>
EL	143,7	132,7	121,1	111,9	108,2	106,4	106,3	108,8	143,7	<b>117,3875</b>
ES	137,9	133,8	128,7	122,4	118,6	115,3	114,4	115	137,9	<b>123,2625</b>
FR	130,5	127,7	124,4	117,4	114,2	111	109,8	110,4	130,5	<b>118,175</b>
HR	:	:	:	127,1	115,8	112,8	111,5	113,1	127,1	<b>116,06</b>
IT	132,7	129,6	126,2	121,1	118,1	115,2	113,3	113,3	132,7	<b>121,1875</b>
CY	155,8	149,9	144,3	139,2	129,8	125,7	123,5	122,2	155,8	<b>136,3</b>
LV	162	154,4	152	147,1	140,4	137,1	128,9	128,8	162,	<b>143,8375</b>
LT	150,9	144,4	144,2	139,8	135,8	130	126,2	127,4	150,9	<b>137,3375</b>
LU	146	142,2	137	133,4	129,9	127,5	126,1	127	146,	<b>133,6375</b>
HU	147,4	141,6	140,8	134,4	133	129,6	125,9	125,6	147,4	<b>134,7875</b>
MT	131,2	124,7	121,5	118,7	115,3	113,3	111,8	111	131,2	<b>118,4375</b>
NL	135,8	126,1	118,6	109,1	107,3	101,2	105,9	108,3	135,8	<b>114,0375</b>
AT	144	138,7	135,7	131,6	128,5	123,7	120,4	120,7	144,	<b>130,4125</b>
PL	146,2	144,5	141,3	138,1	132,9	129,3	125,8	127,6	146,2	<b>135,7125</b>
PT	127,2	122,8	117,6	112,2	108,8	105,7	104,7	104,7	127,2	<b>112,9625</b>
RO	148,5	140,7	139	132,1	128,2	125	122	120,6	148,5	<b>132,0125</b>
SI	144,4	139,7	133,4	125,6	121,3	119,2	119	119,6	144,4	<b>127,775</b>
SK	149	144,9	141	135,1	131,7	127,6	124,8	126,1	149,	<b>135,025</b>
FI	149	144	139,1	131,8	127,4	123	120	118,2	149,	<b>131,5625</b>
SE	151,3	141,8	135,9	133,2	131	126,3	123,1	122,3	151,3	<b>133,1125</b>
UK	144,2	138	132,9	128,3	124,6	121,3	120,1	121,1	144,2	<b>128,8125</b>

**Productividad laboral ajustada al salario**, sirve como indicador en las estadísticas estructurales de las empresas. Se formula dividiendo el valor agregado entre el coste de personal, y a su vez dividiendo por el número total de empleados.

*Tabla A.11. Set de datos Productividad laboral ajustada al salario. Fuente: Elaboración propia.*

GEO	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	Max	Media
BE	187	180	171	167	165	147	163	161	187	167
BG	284	337	335	258	219	209	206	249	337	262
CZ	230	244	205	184	187	187	171	195	244	200
DK	2073	2018	1593	1875	1339	1401	592	577	2073	1433
DE	175	159	168	158	151	143	141	153	175	156
EE	178	178	162	212	209	182	193	204	212	190
IE	192	221	198	190	182	97	223	253	253	194
EL	158	157	144	177	168	177	242	375	375	200
ES	168	185	190	177	167	165	149	240	240	180
FR	166	194	180	168	144	144	116	117	194	153
HR	308	418	411	417	390	275	160	183	418	320
IT	256	248	239	179	180	168	158	251	256	210
CY	237	186	110	112	158	176	:	:	237	163
LV	245	251	260	234	216	215	216	245	260	235
LT	288	351	313	292	257	207	216	223	351	268
LU	223	249	225	226	214	192	204	213	249	218
HU	213	257	247	272	229	203	212	280	280	239
MT	:	:	:	:	:	:	:	285	285	285
NL	1459	1255	1299	1067	911	667	492	616	1459	971
AT	281	336	339	320	283	236	202	228	339	278
PL	196	226	206	194	184	210	211	277	277	213
PT	245	231	213	205	202	185	193	204	245	210
RO	300	364	420	421	386	293	242	:	421	346
SI	145	149	130	129	129	140	146	155	155	140
SK	262	266	257	255	262	280	223	247	280	257
FI	262	465	202	151	52	168	218	231	465	219
SE	419	419	334	249	222	207	238	333	419	302
UK	630	637	476	422	271	250	242	352	637	410





**Valor añadido de la industria agrícola**, es la resta del valor producido menos lo que ha costado los consumos intermedios. Medido en los precios que recibe el productor tras quitar impuestos y sumar subvenciones.

*Tabla A.12. Set de datos Valor añadido de la industria agrícola. Fuente: Elaboración propia.*

<b>GEO</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>	<b>Max</b>	<b>Media</b>
<b>BE</b>	2491	2105	2696	2293	2142	2394	2155	2385	2696	<b>2333</b>
<b>BG</b>	1356	1609	1662	1694	1732	1621	1777	1923	1923	<b>1672</b>
<b>CZ</b>	966	1441	1352	1427	1486	1423	1690	1675	1690	<b>1433</b>
<b>DK</b>	2665	2795	3755	2800	2975	2170	2103	3113	3755	<b>2797</b>
<b>DE</b>	16910	19810	17989	21254	20831	14718	15849	20882	21254	<b>18530</b>
<b>EE</b>	235	310	359	333	344	277	151	278	359	<b>286</b>
<b>IE</b>	1389	1869	1783	2001	2174	2472	2360	3165	3165	<b>2152</b>
<b>EL</b>	5617	5116	5276	4964	5194	5862	5471	5807	5862	<b>5413</b>
<b>ES</b>	22366	21249	21329	22619	22896	24538	27328	28846	28846	<b>23897</b>
<b>FR</b>	27862	29114	30005	26381	28979	29615	26284	29826	30005	<b>28508</b>
<b>HR</b>	1370	1297	1172	1006	786	885	968	975	1370	<b>1058</b>
<b>IT</b>	26448	28915	30087	33026	30471	32610	31035	31850	33026	<b>30555</b>
<b>CY</b>	315	325	333	321	268	274	319	321	333	<b>309</b>
<b>LV</b>	236	259	323	255	298	400	333	427	427	<b>316</b>
<b>LT</b>	651	901	1169	1058	1022	1121	998	1241	1241	<b>1020</b>
<b>LU</b>	97	90	112	103	127	101	100	121	127	<b>106</b>
<b>HU</b>	1970	2891	2571	2895	3219	3238	3438	3565	3565	<b>2973</b>
<b>MT</b>	58	58	54	56	55	63	64	59	64	<b>58</b>
<b>NL</b>	9589	8476	9083	10139	9941	10158	10653	11744	11744	<b>9973</b>
<b>AT</b>	2597	3054	3017	2783	2751	2734	2884	3262	3262	<b>2885</b>
<b>PL</b>	8236	8956	9131	9398	8189	7859	8589	10625	10625	<b>8873</b>
<b>PT</b>	2736	2378	2303	2654	2596	2879	2672	2984	2984	<b>2650</b>
<b>RO</b>	6591	8109	6209	7621	7110	6501	6538	7714	8109	<b>7049</b>
<b>SI</b>	404	477	388	407	475	534	482	440	534	<b>451</b>
<b>SK</b>	361	534	578	598	602	474	626	652	652	<b>553</b>
<b>FI</b>	1445	1260	1340	1277	1272	1085	1151	1132	1445	<b>1245</b>
<b>SE</b>	1548	1698	1794	1626	1700	1849	1642	1933	1933	<b>1724</b>
<b>UK</b>	7811	9752	10416	10839	11911	11755	9854	11340	11911	<b>10460</b>

Datos finales introducidos en Rstudio con el nombre TFG-datos, recoge la media de las diferentes variables.

Tabla A.13. Set de datos finales. Fuente: Elaboración propia.

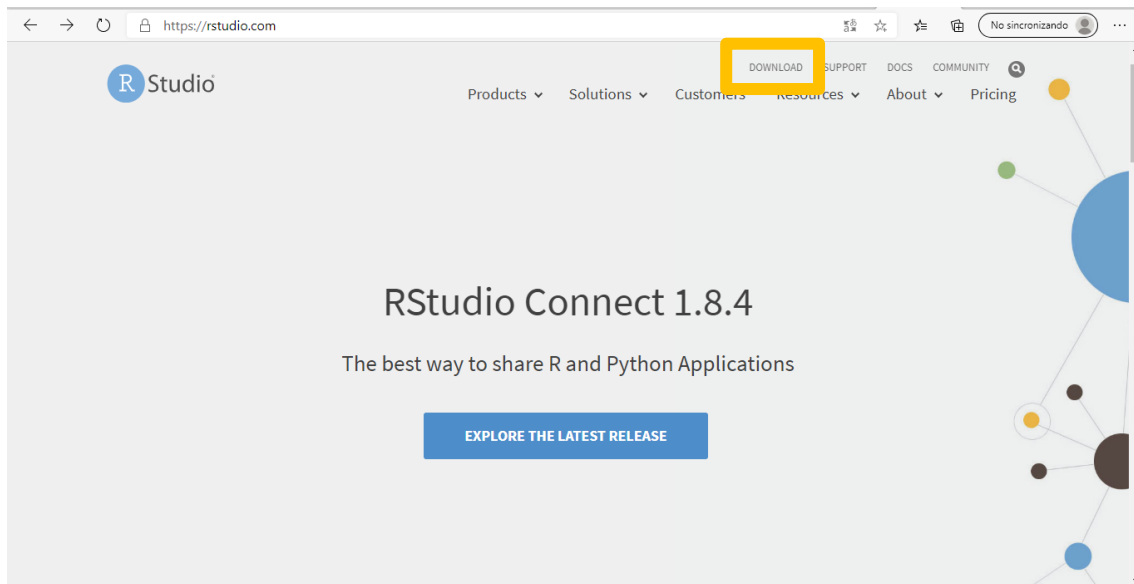
GEO	MCI	PIB	Des.	Gasto	PIIN	Recur.	Resid	Deuda	Expor.	Emision	Prod.sal	Valor
BE	17	110	2	8	49	2	51	432	79	123	167	2333
BG	3	93	2	10	-69	1	35	457	62	140	262	1672
CZ	7	32	2	6	-37	2	38	320	77	134	200	1433
DK	8	74	2	7	37	3	54	823	54	114	1433	2797
DE	11	41	2	5	38	3	47	623	46	136	156	18530
EE	12	69	3	9	-48	2	49	333	80	145	190	286
IE	2	189	6	12	-153	1	53	591	111	120	194	2152
EL	2	65	-3	22	-122	1	35	499	29	117	200	5413
ES	9	91	1	22	-90	1	42	470	32	123	180	23897
FR	18	60	1	10	-13	2	49	524	29	118	153	28508
HR	4	71	1	15	-84	1	34	395	43	116	320	1058
IT	15	68	0	11	-18	1	35	504	28	121	210	30555
CY	2	206	1	12	-143	0	48	646	63	136	163	309
LV	4	63	2	13	-67	1	41	367	60	144	235	316
LT	4	36	3	12	-49	1	46	438	72	137	268	1020
LU	14	205	3	6	43	1	59	634	199	134	218	106
HU	6	64	2	8	-81	1	36	386	86	135	239	2973
MT	7	88	6	6	31	1	38	598	155	118	285	58
NL	27	129	1	6	38	2	53	537	79	114	971	9973
AT	9	63	1	5	0	3	45	569	53	130	278	2885
PL	11	37	3	8	-64	1	40	304	47	136	213	8873
PT	2	91	0	13	-114	1	31	472	38	113	210	2650
RO	2	45	3	7	-59	0	26	263	39	132	346	7049
SI	8	68	1	8	-36	2	44	436	74	128	140	451
SK	5	42	3	12	-64	1	34	327	90	135	257	553
FI	9	70	1	8	6	3	55	496	37	132	219	1245
SE	7	94	3	8	-7	3	55	450	44	133	302	1724
UK	16	65	2	6	-15	2	54	484	29	129	410	10460

***APÉNDICE B:  
INSTALACIÓN DE RSTUDIO  
Y PRIMEROS PASOS***

## B.1 Instalación

RStudio se define como IDE (entorno de desarrollo integrado) con un lenguaje propio de programación llamado R. Su finalidad es la generación de computación estadística y la creación de diagramas y gráficos, estando disponible para Linux, Mac, Windows y de manera remota mediante el navegador entrando en RStudio Server.

El primer paso por realizar para su descarga será acudir al enlace <https://rstudio.com/> donde se encontrará página principal, siendo esta la Figura B.1:



*Figura B.1. Página inicial RStudio*

El siguiente paso será pulsar la opción “Download” (Figura B.2), teniendo la opción de seguir mediante una aplicación de escritorio o con el ya mencionado RStudio Server mediante conexión de internet.

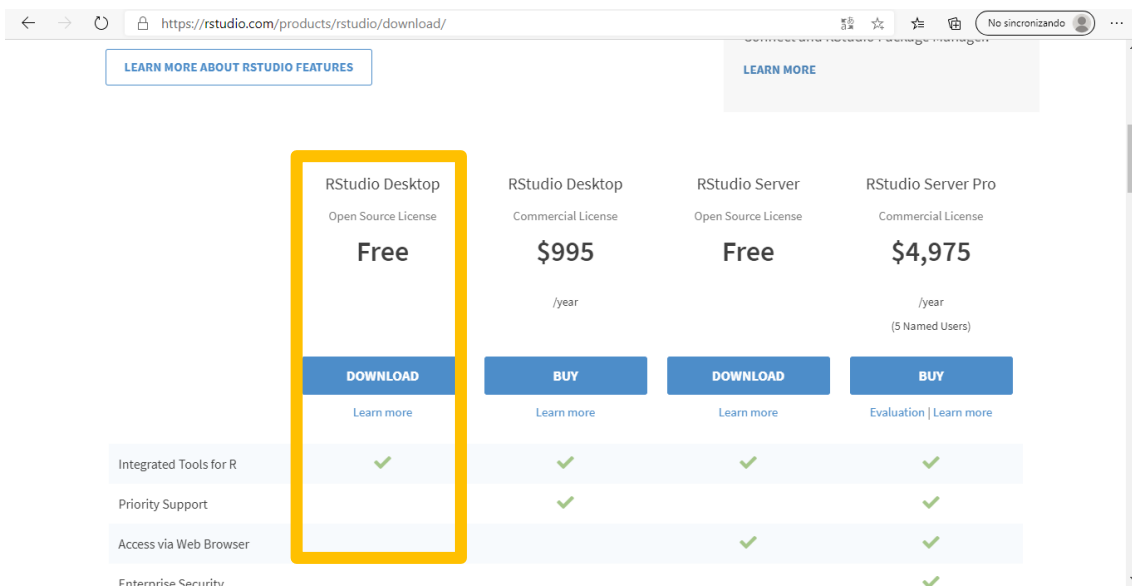


Figura B.2. Página de descarga Rstudio

Podemos observar la existencia de cuatro extensiones diferentes dos de ellas de pago y dos completamente gratuitas. Las versiones gratuitas permiten análisis estadísticos más que suficientes a un nivel alto de manejo, siendo una de las grandes ventajas de este programa.

La última versión disponible es 1.3.1056, pudiendo elegir más abajo el sistema operativo más adecuado (Figura B.4).

### RStudio Desktop 1.3.1056 - Release Notes

1. Install R. RStudio requires R 3.0.1+.
2. Download RStudio Desktop. Recommended for your system:



Requires Windows 10/8/7 (64-bit)



Figura B.3. Última versión RStudio

OS	Download	Size	SHA-256
Windows 10/8/7	RStudio-1.3.1056.exe	171.62 MB	a8f1fee5
macOS 10.13+	RStudio-1.3.1056.dmg	148.64 MB	f343c77d
Ubuntu 16	rstudio-1.3.1056-amd64.deb	124.56 MB	cbd5e5e5
Ubuntu 18/Debian 10	rstudio-1.3.1056-amd64.deb	126.50 MB	cd1a9e17
Fedora 19/Red Hat 7	rstudio-1.3.1056-x86_64.rpm	146.86 MB	0b1576bb
Fedora 28/Red Hat 8	rstudio-1.3.1056-x86_64.rpm	150.95 MB	bc4b3f44
Debian 9	rstudio-1.3.1056-amd64.deb	126.65 MB	3fb317e5
SLES/OpenSUSE 12	rstudio-1.3.1056-x86_64.rpm	119.17 MB	1be3540b
OpenSUSE 15	rstudio-1.3.1056-x86_64.rpm	128.14 MB	0e881257

Figura B.4. Sistemas Operativos compatibles

Una vez instalado el primer paso será instalar dentro del programa las librerías a utilizar, RStudio cuenta con un sistema directo para esa instalación,



Figura B.5. Instalación librerías

Se buscará el nombre de la librería, pulsaremos “Install” y el proceso de instalación de los paquetes se iniciará automáticamente.

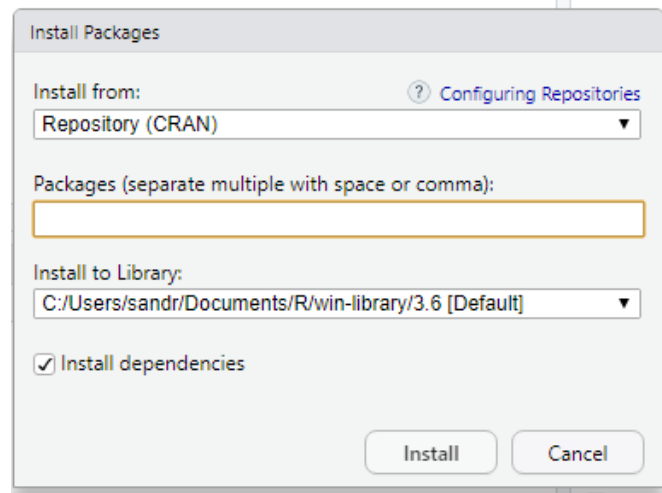


Figura B.6. Búsqueda del paquete

Las librerías o paquetes más utilizados lo podemos dividir según su funcionalidad:

- Carga de datos
  - **Foreign**, para introducir datos desde programas externos como SPSS o Statgraphics.
  - **RODBC**, **RSQLite**, **RPostgresSQL** y **SQLdf**, descargar una base de datos.
- Manipulación de datos
  - **Lubridate**, facilita trabajar con variables que sean fechas.
  - **Stringr**, permite manejar extensas cadenas de texto.
  - **Plyr**, se utiliza para introducir datos y desarrollar funciones por grupos.
  - **Reshape2**, vuelve sencillo la transformación de datos al formato correcto.
- Creación de gráficos
  - **Ggplot2**, introduce nuevas capas y opciones para la mejor presentación de gráficos.
  - **Rgl**, genera gráficos interactivos y formas geométricas en 3D.
- Modelización
  - **Randomforest**, en el machine learning permite un aprendizaje tanto supervisado como no.
  - **Car**, para realizas tablas ANOVA tipo II y III.
  - **Caret**, recoge análisis para el control de la calidad de los datos, selección de variables y generación de modelos predictivos.



- **Qcc**, para procesos de control de calidad, destacando la observación de hechos anómalos fuera de los estándares.
- **Forecast**, en series temporales formatea los datos y genera modelos de predicción.
- Presentación de resultados
  - **Knitr**, para elaborar informes en Markdown.
  - **Shiny**, útil para desarrollo web al representar los resultados con gráficos interactivos.
  - **Xtable**, exporta tablas procedentes de dataframes a Latex o HTML





# ***APÉNDICE C: UTILIZACIÓN DE LA PÁGINA WEB EUROSTAT***



## C.1. Entorno Eurostat

Eurostat constituye la Oficina Europea de Estadística, cuya finalidad principal es la elaboración de estadísticas de sus países miembros. La sede actual se sitúa en Luxemburgo y está dirigida por Walter Radermacher, bajo el cargo de Director General, en colaboración con otros siete directores encargados de los diferentes sectores de actividad dentro de la agencia:

1. Métodos estadísticos
2. Estadísticas regionales y económicas
3. Estadísticas de la Sociedad de la Información y sociales
4. Estadísticas ambientales y agrícolas
5. Recursos Doin
6. Cuentas europeas y nacionales
7. Estadísticas empresariales

En la página inicial podemos encontrar diferentes secciones a destacar, las diferenciaremos por colores (Figura C.1), y recogeremos su explicación en la Tabla C.1.



Figura C.1. Página Inicial Eurostat. Fuente: Elaboración propia. Nota: Fecha de entada en la página 16/07/2020

Tabla C.1. Secciones Eurostat. Fuente: Elaboración propia.

Zona	Contenido
	<p>Menú principal, podemos acceder a noticias y publicaciones a nivel europeo al igual que a una extensa base de dato que recoge todas las variables socioeconómicas e industriales de los países miembros. Por si fuera necesario tambien encontramos el apartado ayuda.</p>
	<p>Noticiero actualizado diariamente, la página web esta en continuo cambio y mejora, demostrando así la calidad de su información al no quedarse en ningún momento obsoleta.</p>
	<p>Uno de los apartados más importantes para este trabajo al recoger los diferentes indicadores europeos. Cabe destacar la división específica de indicadores de EC.</p>
	<p>División de las estadísticas en 9 áreas temáticas, siendo estas: estadísticas generales y regionales, población y condiciones sociales, comercio y servicios, comercio exterior, transporte y medio ambiente, agricultura y pesca, economía y finanzas, industria y energía</p>
	<p>Acceso directo a la base de datos, pudiendo ver las tablas más populares y los gráficos para la mejor interpretación de los resultados. Destaca la actualización de los datos tanto su introducción cada año como la revisión de datos anteriores pudiendo percibir cambios si se han utilizado los mismos datos de un año para otro.</p>
	<p>Gráfico de tendencias, podemos seleccionar entre las variables más utilizadas para tener una idea general de la situación europea (PIB, Inflación, Desempleo...). Siendo los datos más recientes de dos meses anteriores a la consulta.</p>

## C.2. Historia

Eurostat nació en 1953 para satisfacer las necesidades de la Comunidad del Carbón y el Acero. A lo largo de los años, el alcance de su trabajo ha ido aumentando y cuando se instauró en 1958 la Comunidad Europea, paso a ser una Dirección General de la Comunidad Europea. Hoy en día, Eurostat está incluida en la cartera de Paolo Gentiloni, Comisario de Economía. Su objetivo principal es suministrar estadísticas a otras direcciones generales, además de datos a otras instituciones europeas y a la Comisión para que puedan establecer, controlar y analizar las políticas comunitarias.

Eurostat tiene un amplio catálogo de datos importantes y actuales que las empresas, los gobiernos, la prensa, el sector educativo y el público utilizan para su vida diaria y su trabajo.

Ante el desarrollo de las diferentes políticas comunitarias, Eurostat ha sufrido cambios. Actualmente, la recopilación de datos para satisfacer al UEM y la ejecución de análisis estadísticos de los países candidatos a unirse a la Unión Europea tienen un papel más relevante que diez años atrás.

## C.3. Crear una base de datos

La utilización en este trabajo de la página web ha sido principalmente con el objetivo de crear una base de datos. Los pasos por seguir serían los siguientes:

*PASO 1.* Entrada en la base de datos de Eurostat. (Figura C.2)

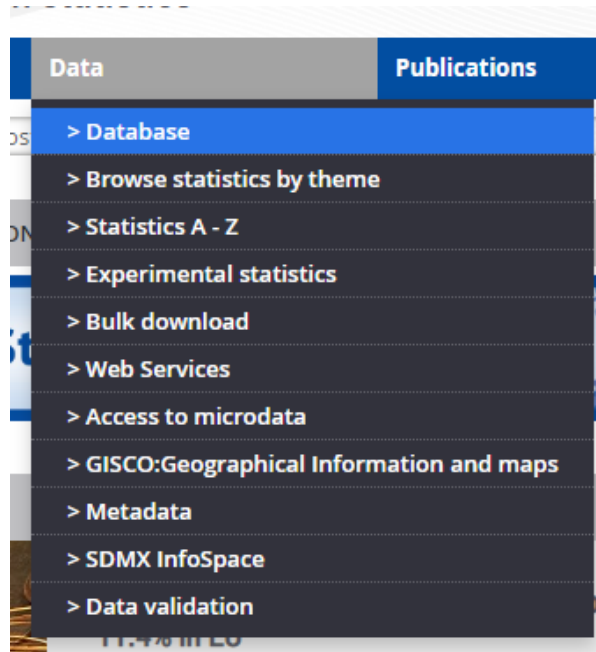


Figura C.2. Entrada base de datos. Fuente: Elaboración propia.

PASO 2. Dirigirse a la sección de tablas, también existen la opción de mirar gráficos finales, pero al trabajar con los datos y con finalidad de hacer análisis estadísticos propios tiene mayor utilidad las tablas. (Figura C.3)



Figura C.3. Sección tablas. Fuente: Elaboración propia.

PASO 3. Desplegar las tablas de las variables deseadas, seleccionando en el icono de la tabla, siendo el icono de la derecha para mostrar gráficos. (Figura C.4)

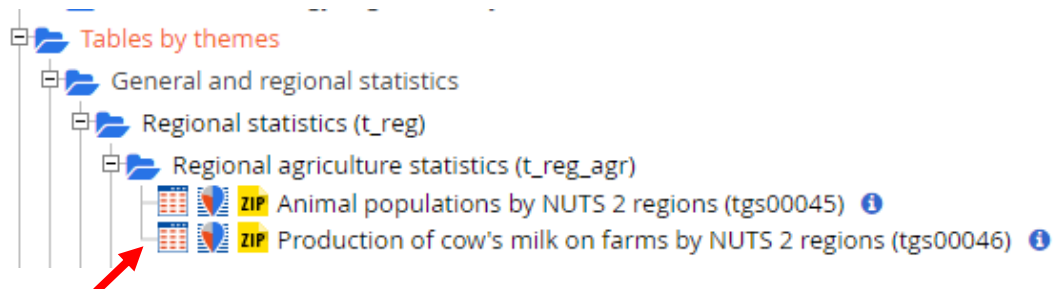


Figura C.4. Selección de tabla. Fuente: Elaboración propia.

PASO 4. Exportar al formato deseado, se redirigirá a la página específica de la tabla donde se podrá filtrar antes de descargarse. (Figura C.5)

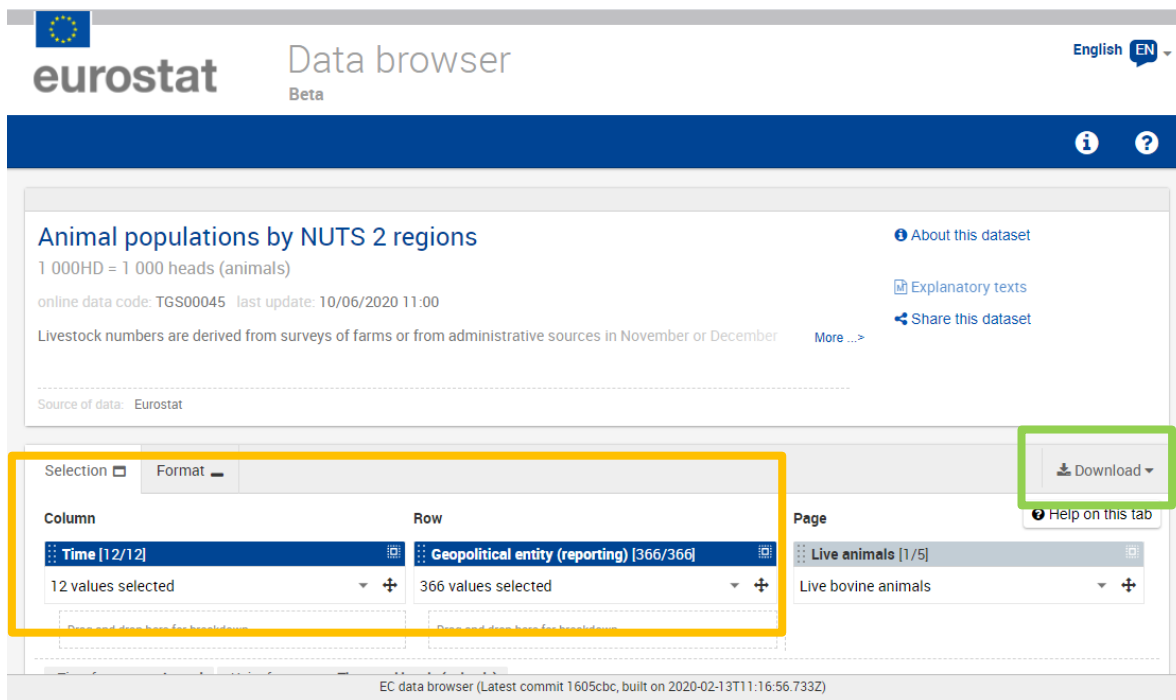


Figura C.5. Página de los datos en forma de tabla. Fuente: Elaboración propia.

Los apartados de la Web envueltos en el cuadrado naranja serán utilizados para filtrar los datos dependiendo del margen temporal y territorial que desee el usuario. El botón “Download” (cuadrado verde) servirá para exportar la tabla final. Los diferentes formatos de destino disponibles se recogen en la Figura C.6:

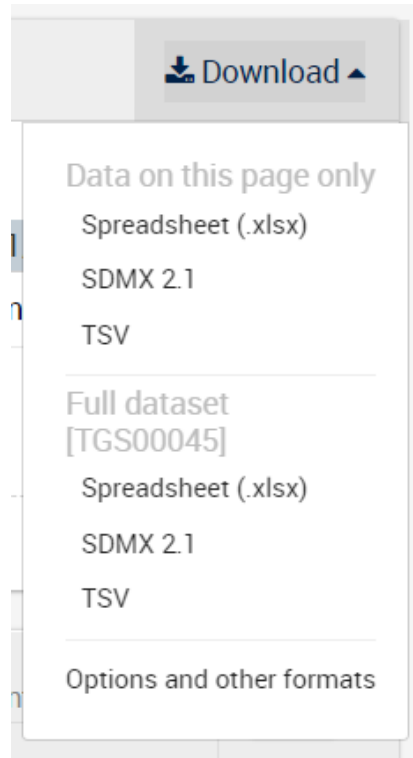


Figura C.6. Formatos para exportar los datos. Fuente: Elaboración propia.

Tras esto se confirmará el deseo de exportar los datos y se iniciará automáticamente la descarga, finalizando así la generación de una base de datos propia del usuario.



## Bibliografía

- Acampora, A., Preziosi, M., Merli, R., & Lucchetti, C. (2017). Environmental Management Systems in the Wine Industry: Identificaiton of Best Practices toward a Circular Economy. In *23rd International Sustainable Development Research Society Conference*.
- Åkerman, E. (2016). Development of Circular Economy Core Indicators for Natural Resources: Analysis of Existing Sustainability Indicators as a Baseline for Developing Circular Economy Indicators. *Development of Circular Economy Core Indicators for Natural Resources*.
- Ayres, R. U. (1989). Industrial metabolism. *Technology and Environment*, 23–49.
- Azevedo, S. G., Godina, R., & Matias, J. C. O. (2017). Proposal of a sustainable circular index for manufacturing companies. *Resources*, 6(4).  
<https://doi.org/10.3390/resources6040063>
- Basu, A. J., & van Zyl, D. J. A. (2006). Industrial ecology framework for achieving cleaner production in the mining and minerals industry. *Journal of Cleaner Production*, 14(3), 299–304.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2004.10.008>
- Bell, S., & Morse, S. (2008). Sustainability Indicators: Measuring the Immeasurable. *Second Ed. Earthscan London*.
- Bertalanffy, L. V. (1950). An outline of general system theory. *British Journal for the Philosophy of Science*, 1(2), 134–165. <https://doi.org/10.1093/bjps/l.2.134>
- Bocken, N. M. P., Olivetti, E. A., Cullen, J. M., Potting, J., & Lifset, R. (2017). Taking the Circularity to the Next Level: A Special Issue on the Circular Economy. *Journal of Industrial Ecology*, 21(3), 476–482.  
<https://doi.org/10.1111/jiec.12606>
- Boulding, K. E. (2013). The economics of the coming spaceship earth. In *Environmental Quality in A Growing Economy: Essays from the Sixth RFF Forum* (Vol. 3). <https://doi.org/10.4324/9781315064147>
- Busu, M., & Gyorgy, A. (2016). Real convergence, steps from Adherence to integration. Countries from central and Eastern Europe. *Amfiteatru Economic*, 18(42), 303–316.
- Busu, M., & Trica, C. L. (2019). Sustainability of circular economy indicators and their impact on economic growth of the European Union. *Sustainability (Switzerland)*, 11(19). <https://doi.org/10.3390/su11195481>
- Busu, Mihail, & Trica, C. L. (2019). Sustainability of Circular Economy Indicators and Their Impact on Economic Growth of the European Union. *SUSTAINABILITY*, 11(19). <https://doi.org/10.3390/su11195481>



- Cayzer, S., Griffiths, P., & Beghetto, V. (2017). International Journal of Sustainable Engineering Design of indicators for measuring product performance in the circular economy Design of indicators for measuring product performance in the circular economy. *International Journal of Sustainable Engineering*, 10(4-5), 289-298. <https://doi.org/10.1080/19397038.2017.1333543>
- Chandler, D. R. (1998). The web of life: A new scientific understanding of living systems. *RELIGIOUS HUMANISM*, 32(1-2), 102-104.
- Chiu, A. S. F., & Yong, G. (2004). On the industrial ecology potential in Asian developing countries. *Journal of Cleaner Production*, 12(8-10), 1037-1045. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2004.02.013>
- Daly, H. E. (1977). *The Steady-state Economy. The Sustainable Society: Implications for Limited Growth*. Retrieved July 9, 2020, from Praeger, New York and London website:  
[https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=AfFSsUGoab4C&oi=fnd&pg=PP65&dq=The+Steady-state+Economy.+The+Sustainable+Society:+Implications+for+Limited+Growth&ots=ngsHmsZELs&sig=CxjRdFZy9Ymi2RFcZxCrQ\\_mFFIl#v=onepage&q=The+Steady-state+Economy.+The+Sustainable+Society:+Implications+for+Limited+Growth](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=AfFSsUGoab4C&oi=fnd&pg=PP65&dq=The+Steady-state+Economy.+The+Sustainable+Society:+Implications+for+Limited+Growth&ots=ngsHmsZELs&sig=CxjRdFZy9Ymi2RFcZxCrQ_mFFIl#v=onepage&q=The+Steady-state+Economy.+The+Sustainable+Society:+Implications+for+Limited+Growth)
- DAVIDSON, J. F. (1952). THE USE OF TAXONOMY IN ECOLOGY. *ECOLOGY*, 33(2), 297-299. <https://doi.org/10.2307/1930650>
- Di Maio, F., & Rem, P. C. (2015). A Robust Indicator for Promoting Circular Economy through Recycling. *Journal of Environmental Protection*, 06(10), 1095-1104. <https://doi.org/10.4236/jep.2015.610096>
- EASAC. (2015). *Circular economy: a commentary from the perspectives of the natural and social sciences*. (November), 1-18.
- EASAC. (2016). *Indicators for circular economy*. Retrieved from [https://www.easac.eu/fileadmin/PDF\\_s/reports\\_statements/Circular\\_Economy/EASAC\\_Indicators\\_web\\_complete.pdf](https://www.easac.eu/fileadmin/PDF_s/reports_statements/Circular_Economy/EASAC_Indicators_web_complete.pdf)
- EC. (2015). Closing the Loop - An EU Action Plan for the Circular Economy. *Closing the Loop - An EU Action Plan for the Circular Economy*.
- Ehrenfeld, J., & Gertler, N. (1997). Industrial ecology in practice: The evolution of interdependence at Kalundborg. *Journal of Industrial Ecology*, 1(1), 67-79. <https://doi.org/10.1162/jiec.1997.1.1.67>
- Elia, V., Gnoni, M. G., & Tornese, F. (2017). Measuring circular economy strategies through index methods: A critical analysis. *Journal of Cleaner Production*, 142, 2741-2751. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2016.10.196>

- Ellen Macarthur Foundation. (2013). The circular model - brief history and schools of thought. *Ellen Macarthur Foundation*, 1–4. Retrieved from <http://www.ellenmacarthurfoundation.org/circular-economy/circular-economy/the-circular-model-brief-history-and-schools-of-thought>
- Erkman, S. (1997). Industrial ecology: An historical view. *Journal of Cleaner Production*, 5(1–2), 1–10.
- Franconi, E.; Bridgeland, B.; Webster, K. (2016). *A New Dynamic 2- Effective Systems in a Circular Economy* (Ellen MacArthur Foundation, Ed.). Isle of Wight, UK.
- Frosch, R. A. (1992). Industrial ecology: A philosophical introduction. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 89(3), 800–803. <https://doi.org/10.1073/pnas.89.3.800>
- Gallegati, M., & Gatti, D. D. (2018). Macrofinancial imbalances in historical perspective: A global crisis index. *JOURNAL OF ECONOMIC DYNAMICS & CONTROL*, 91, 190–205. <https://doi.org/10.1016/j.jedc.2018.01.026>
- Geissdoerfer, M., Savaget, P., Bocken, N. M. P., & Hultink, E. J. (2017). The Circular Economy – A new sustainability paradigm? *Journal of Cleaner Production*, 143, 757–768. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.048>
- Geng, Y., Fu, J., Sarkis, J., & Xue, B. (2012). Towards a national circular economy indicator system in China: An evaluation and critical analysis. *Journal of Cleaner Production*, 23(1), 216–224. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2011.07.005>
- Geng, Y., Zhu, Q., & Haight, M. (2007). Planning for integrated solid waste management at the industrial Park level: A case of Tianjin, China. *Waste Management*, 27(1), 141–150. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2006.07.013>
- Georgescu-Roegen, N. (2011). The steady state and ecological salvation (1977): A Thermodynamic analysis. In *From Bioeconomics to Degrowth: Georgescu-Roegen's New Economics in Eight Essays*. <https://doi.org/10.4324/9780203830413>
- Haas, W., Krausmann, F., Wiedenhofer, D., & Heinz, M. (2015). How circular is the global economy?: An assessment of material flows, waste production, and recycling in the European union and the world in 2005. *Journal of Industrial Ecology*, 19(5), 765–777. <https://doi.org/10.1111/jiec.12244>
- Homrich, A. S., Galvão, G., Abadia, L. G., & Carvalho, M. M. (2018). The circular economy umbrella: Trends and gaps on integrating pathways. *Journal of Cleaner Production*, 175, 525–543. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.11.064>



- lung, B., & Levrat, E. (2014). Advanced maintenance services for promoting sustainability. *Procedia CIRP*, 22(1), 15–22. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2014.07.018>
- Kirchherr, J., Reike, D., & Hekkert, M. (2017). Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions. *Resources, Conservation and Recycling*, 127, 221–232. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.09.005>
- Kovacic, Z., Strand, R., & Völker, T. (2019). The Circular Economy in Europe. In *The Circular Economy in Europe*. <https://doi.org/10.4324/9780429061028>
- Laser, S. A. (2002). Assessing the financial benefits of human resource development. *PERSONNEL PSYCHOLOGY*, 55(4), 1059–1062.
- Linder, M., Sarasini, S., & van Loon, P. (2017). A Metric for Quantifying Product-Level Circularity. *Journal of Industrial Ecology*, 21(3), 545–558. <https://doi.org/10.1111/jiec.12552>
- Mathews, J. A., & Tan, H. (2011). Progress toward a circular economy in China: The drivers (and inhibitors) of eco-industrial initiative. *Journal of Industrial Ecology*, 15(3), 435–457. <https://doi.org/10.1111/j.1530-9290.2011.00332.x>
- Mitchell, P., & James, K. (2015). *Economic growth potential of more circular economies*. (November), 28. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.1026.5049>
- OECD. (2014). *Measuring and managing results in development co-operation: A review of challenges and practices among DAC members and observers*. 68. Retrieved from <https://www.oecd.org/dac/peer-reviews/Measuring-and-managing-results.pdf>
- Park, K., & Kremer, G. E. O. (2017). Text mining-based categorization and user perspective analysis of environmental sustainability indicators for manufacturing and service systems. *Ecological Indicators*, 72, 803–820. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2016.08.027>
- Pearce, D., & Turner, R. (1991). Economics of natural resources and the environment / D.W. Pearce, R.K. Turner. *American Journal of Agricultural Economics*, 73. <https://doi.org/10.2307/1242904>
- Preston, F. (2012). A Global Redesign? Shaping the Circular Economy. *Energy, Environment and Resource Governance*, (March), 1–20. <https://doi.org/10.1080/0034676042000253936>
- Schroeder, P., Anggraeni, K., & Weber, U. (2019). The Relevance of Circular Economy Practices to the Sustainable Development Goals. *Journal of Industrial Ecology*, 23(1), 77–95. <https://doi.org/10.1111/jiec.12732>

- Singh, R. K., Murty, H. R., Gupta, S. K., & Dikshit, A. K. (2012). An overview of sustainability assessment methodologies. *Ecological Indicators*, 15(1), 281–299. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2011.01.007>
- UTS. (2015). What will a circular economy look like in Australia? | University of Technology Sydney. Retrieved July 9, 2020, from <https://www.uts.edu.au/research-and-teaching/our-research/institute-sustainable-futures/news/what-will-circular-economy-look-australia>
- Van Berkel, R., Fujita, T., Hashimoto, S., & Geng, Y. (2009). Industrial and urban symbiosis in Japan: Analysis of the Eco-Town program 1997-2006. *Journal of Environmental Management*, 90(3), 1544–1556. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2008.11.010>
- Winans, K., Kendall, A., & Deng, H. (2017). The history and current applications of the circular economy concept. *RENEWABLE & SUSTAINABLE ENERGY REVIEWS*, 68(1), 825–833. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.09.123>
- Wisse, E. (2016). *Assessment of indicators for Circular Economy*. 1–85. Retrieved from <https://dspace.library.uu.nl/handle/1874/337187>
- Zdan, P. H. and T. (1997). Principles in practice. In *IEEE Software* (Vol. 26). <https://doi.org/10.1109/MS.2009.99>
- Zhijun, F., & Nailing, Y. (2007). Putting a circular economy into practice in China. *Sustainability Science*, 2(1), 95–101. <https://doi.org/10.1007/s11625-006-0018-1>