



Master Interuniversitario en Economía

Universidade da Coruña

Universidade de Santiago de Compostela

Universidade de Vigo

**Traballo
Fin de Mestrado**

**Cambio climático e
crecemento económico**

Análise para España e a
Unión Europea

Silvia Rodríguez Mato

Dirixido por:
María Xosé Vázquez Rodríguez

Xullo 2021

Traballo de Fin de Mestrado presentado na Facultade de Ciencias Económicas e Empresariais da Universidade de Santiago de Compostela para a obtención do Master en Economía

Folla de autorización

Traballo Fin de Mestrado presentado na Facultade de Ciencias Económicas e Empresariais da Universidade de Santiago de Compostela por Silvia Rodríguez Mato, como requisito para obter o título de Mestrado Oficial en Economía e que conta coa autorización e dirección de María Xosé Vázquez Rodríguez, para a súa presentación e defensa.

En Santiago de Compostela a 27 de Xullo de 2021.

A Alumna
Silvia Rodríguez Mato

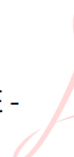
A Directora do Traballo
María Xosé Vázquez Rodríguez

Sinatura



Sinatura

VAZQUEZ
RODRIGUEZ
MARIA XOSE -
36108940K



Firmado digitalmente por
VAZQUEZ RODRIGUEZ
MARIA XOSE - 36108940K
Fecha: 2021.07.27 20:36:11
+02'00'

Resumo

O obxectivo deste traballo é dobre. Por unha banda, expor as causas e consecuencias máis destacables do cambio climático, así como os instrumentos a empregar para mitigar e adaptarse á externalidade ou as diferentes conferencias que tiveron lugar dende mediados da década dos 90. Observamos que os acordos internacionais vinculables son tan necesarios como conflictivos; o Acordo de París é o pacto máis recente e esperanzador para por límite ao incremento da temperatura do planeta.

Froito do incremento de emisións a partir da I Revolución Industrial, contrastamos que tipo de relación existe entre crecemento económico e degradación do medio. Coa análise da variación dos factores da Identidade de Kaya entre 1990 e 2010 concluímos que o factor máis relevante para explicar a redución das emisións (ou o seu crecemento inferior ao da renda per cápita) é a intensidade enerxética.

Por outra banda, a Teoría da Curva Ambiental de Kuznets establece unha relación de U invertida entre crecemento económico e degradación ambiental: a segunda hipótese a contrastar é se esta Teoría é ou non unha realidade. Con datos para os países da UE-28 entre 1995 e 2018 modelizamos a relación entre os diferentes gases de efecto invernadoiro coa renda per cápita, con resultados diversos. O modelo para o metano resulta non significativo. No caso do óxido nítrico e os gases fluorados observamos unha relación directa e positiva co crecemento económico. Para a totalidade de gases e o dióxido de carbono, a curva de Kuznets verifícase na realidade.

Tendo en conta os resultados obtidos, semella producirse o fenómeno coñecido como “desacoplamento”, unha desvinculación entre crecemento económico e incremento de emisións. A través da Balanza Comercial Física observamos que os países desenvolvidos poderían estar esgotando os recursos de outras nacións para consumo propio sen que isto teña o seu reflexo nas estatísticas oficiais empregadas para a análise da Curva Ambiental de Kuznets.

Palabras clave:

Economía, Identidade de Kaya, Curva Medioambiental de Kuznets, datos de panel, desacoplamento

Resumen

El objetivo de este trabajo es doble. Por una parte, exponer las causas y consecuencias más destacables del cambio climático, así como explicar los instrumentos necesarios para mitigar y adaptarse a la externalidad o las diferentes conferencias que han tenido lugar desde mediados de la década de los 90. Observamos que los acuerdos internacionales vinculantes son tan necesarios como conflictivos; el Acuerdo de París es el pacto más reciente y esperanzador para poner límite al incremento de la temperatura del planeta.

Como el incremento de emisiones se produce con la I Revolución Industrial, contrastamos qué tipo de relación existe entre crecimiento económico y degradación del medio. Con el análisis de la variación de los factores de la Identidad de Kaya entre 1990 y 2010, concluimos que el factor más relevante para explicar la reducción de emisiones (o su incremento inferior al de la renta por cabeza) es la intensidad energética.

Por otra parte, la Teoría de la Curva Ambiental de Kuznets establece una relación de U invertida entre crecimiento económico y degradación ambiental: la segunda hipótesis a contrastar es si esta Teoría es o no una realidad. Con datos para los países de la UE-28 entre 1995 y 2018, modelizamos la relación entre los diferentes gases de efecto invernadero con la renta per cápita, con resultados diversos. El modelo para el metano resulta no significativo. En el caso del óxido nítrico y los gases fluorados observamos una relación directa y positiva con el crecimiento económico. Para la totalidad de gases y el dióxido de carbono, la curva de Kuznets es una realidad.

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos, parece producirse el fenómeno conocido como “desacoplamiento”, una desvinculación entre crecimiento económico y aumento de emisiones. A través de la Balanza Comercial Física observamos que los países desarrollados podrían estar agotando los recursos de otras economías para consumo propio sin que esto tenga su reflejo en las estadísticas oficiales utilizadas para el análisis de la Curva Ambiental de Kuznets.

Palabras clave:

Economía, Identidad de Kaya, Curva Medioambiental de Kuznets, datos de panel, desacoplamiento

Abstract

The goal of this paper is twofold. On the one hand, to expose the most important causes and consequences of climate change, as well as to explain the instruments needed to mitigate and adapt to the externality. On the other hand, to explain the different international conferences that have taken place since the mid-1990s. We note that binding international agreements are as necessary as they are conflictive; the Paris Agreement is the most recent and most hopeful pact to limit the increase in global temperature.

As the increase in emissions occurs with the 1st Industrial Revolution, we contrast what kind of relationship exists between economic growth and environmental degradation. By analysing the variation of the Kaya Identity factors between 1990 and 2010, we conclude that the most relevant factor in explaining the reduction of emissions (or their lower increase than the increase in income per person) is energy intensity.

On the other hand, the Kuznets Environmental Curve Theory establishes an inverted U-shaped relationship between economic growth and environmental degradation: the second hypothesis to be tested is whether or not this Theory is a reality. Using data for the EU-28 countries between 1995 and 2018, we model the relationship between different greenhouse gases and per capita income, with a variety of results. The model for methane is not significant. For nitrous oxide and fluorinated gases, we find a direct and positive relationship with economic growth. For all gases and carbon dioxide, the Kuznets curve is a reality.

Based on the results obtained, there seems to be a phenomenon known as "decoupling", a disconnection between economic growth and environmental degradation. Through the Physical Trade Balance, we observe that developed countries may be using up the resources of other developing economies for their own consumption without this being reflected in the official statistics used for the analysis of the Environmental Kuznets Curve.

Keywords:

Economics, Kaya Identity, Environmental Kuznets Curve, panel data, decoupling.

Índice

1. Introducción.....	12
2. A xénese do cambio climático	15
2.1. Causas e consecuencias	15
2.2. Instrumentos de intervención	18
2.2.1. Instrumentos nacionais	18
2.2.2. A necesidade de instrumentos multilaterais	20
3. A loita contra o cambio climático: un problema global	23
3.1. Acordo referente na protección do medio: Viena e Montreal.....	23
3.2. Conferencia das Nacións Unidas contra o Cambio Climático.....	24
3.2.1. Estrutura e organización da CMNUCC	25
3.2.2. Un repaso das COP	25
3.2.2.1. O Protocolo de Kioto	28
3.2.2.2. O Acordo de París	29
3.2.3. En resumo.....	31
4. Crecemento económico e cambio climático.....	33
4.1. A Identidade de Kaya	33
4.2. Relación entre medio ambiente e economía	35
4.3. Curva de Kuznets	38
4.3.1. Aspectos metodolóxicos	39

4.3.2. Modelo econométrico e resultados.....	42
4.3.3. O balance comercial físico.....	45
5. Conclusións	48
6. Bibliografía.....	50
Anexo.....	54

Índice de abreviaturas

ADF: Aumented Dickey-Fuller

AR: *Avaliation Report*

AVAD/DALY: Anos de Vida Axustados por Discapacidade / *Disability Adjusted Life Years*

BCF: Balance Comercial Físico

BOE: Boletín Oficial do Estado

CCPI: Climate Change Performance Index

CFCs: Clorofluorocarbonos

CH₄: Metano

CMNUCC: Convención Marco das Nacións Unidas sobre Cambio Climático

CO₂: Dióxido de carbono

CO₂-e: Dióxido de carbono equivalente

COP: *Conference of Parties*

E: Uso de enerxía

EKC: *Environmental Kuznets Curve*

EPO: Esgotamento Potencial de Ozono

GEI: Gases Efecto Invernadero

HFC: Hidrofluorocarbonos

IPCC: *Intergovernmental Panel on Climate Change*

kt: Kilotoneladas

MCO: Mínimos Cadrados Ordinarios

MCX: Mínimos Cadrados Xeneralizados

MDL: Mecanismo de Desenvolvemento Limpo

N₂O: Óxido nitroso

NF₃: Trifluoruro de nitróxeno

OCDE: Organización para a Cooperación e o Desenvolvemento Económico

OMS: Organización Mundial da Saúde

PEO: Potencial de Esgotamento do Ozono

PFC: Perfluorocarbonos

PIB: Produto Interior Bruto

PIBpc: Produto Interior Bruto per cápita

PK: Protocolo de Kioto

POB: Poboación

Ppm/b: Partes por millón/billón

SF₆: Hexafluoruro de xofre

UE: Unión Europea

Índice de táboas, gráficos e figuras

Táboas

TÁBOA 1: ACORDOS NECESARIOS PARA A CONSECUCIÓN DO ACORDO DE PARÍS.	30
TÁBOA 2: VARIABLES EMPREGADAS NOS MODELO ECONOMÉTRICOS E ESTATÍSTICOS DESCRIPTIVOS MÁIS COMÚNS.	40
TÁBOA 3: RESULTADOS DO TEST ADF PARA AS VARIABLES DO MODELO EN NIVEIS E PRIMEIRAS DIFERENZAS.	42
TÁBOA 4: RESULTADOS DOS MODELOS ECONOMÉTRICOS CON EFECTOS FIXOS.....	43
TÁBOA 5: RESULTADOS DOS MODELOS ECONOMÉTRICOS CON EFECTOS ALEATORIOS.....	44
TÁBOA 6: P-VALORES ASOCIADOS AO TEST DE HAUSSMAN.....	44
TÁBOA 7: VARIACIÓNS RELATIVAS DO PIBpc E DOS GEI EMITIDOS ENTRE 1995 E 2018, UE-28.	54
TÁBOA 8: FACTORES DA IDENTIDADE DE KAYA. PORCENTAXE DE VARIACIÓN ENTRE 1990 E 2010.	55

Gráficos

GRÁFICO 1: CONSUMO PORCENTUAL EN TONELADAS DE POTENCIAL DE ESGOTAMENTO DO OZONO (PEO), BASE 100=1986.	24
GRÁFICO 2: EMISIÓNS EFECTIVAS DE GEI (CO ₂ -E) DE ESPAÑA E A UE-28. LÍMITE ESTABLECIDO POLO PROTOCOLO DE KIOTO E A EMENDA DE DOHA	29
GRÁFICO 3: VARIACIÓN DAS EMISIÓNS DE CO ₂ ENTRE 1990 E 2010.....	33
GRÁFICO 4: FACTORES DE DESCOMPOSICIÓN DA IDENTIDADE DE KAYA.....	34
GRÁFICO 5: DIAGRAMA DE DISPERSIÓN ENTRE AS EMISIÓNS GEI E O PIBpc. UE-28, ANO 1995.	37
GRÁFICO 6: DIAGRAMA DE DISPERSIÓN ENTRE AS EMISIÓNS GEI E O PIBpc. UE-28, ANO 2018.	37
GRÁFICO 7: REPRESENTACIÓN TEÓRICA DA CUVA AMBIENTAL DE KUZNETS.....	38
GRÁFICO 8: BALANCE COMERCIAL FÍSICO DE ESPAÑA, 1996-2013.	45

GRÁFICO 9: BALANCE COMERCIAL FÍSICO DE ARGENTINA, 1995-2012.	46
GRÁFICO 10: DESACOPLOMENTO ENTRE CRECEMENTO ECONÓMICO E DEGRADACIÓN DO MEDIO ENTRE OS PAÍSES DA UE-28, CRECEMENTO RELATIVO ENTRE 1995 E 2018.	55
GRÁFICO 11: CORRELOGRAMA DA SERIE "GASES EFECTO INVERNADOIRO" EN NIVEIS E EN PRIMEIRAS DIFERENZAS.	56
GRÁFICO 12: CORRELOGRAMA DA SERIE "DIÓXIDO DE CARBONO - CO ₂ " EN NIVEIS E EN PRIMEIRAS DIFERENZAS.	56
GRÁFICO 13: CORRELOGRAMA DA SERIE "METANO - CH ₄ " EN NIVEIS E EN PRIMEIRAS DIFERENZAS.	56
GRÁFICO 14: CORRELOGRAMA DA SERIE "ÓXIDO NITROSO - N ₂ O" EN NIVEIS E EN PRIMEIRAS DIFERENZAS.	56
GRÁFICO 15: CORRELOGRAMA DA SERIE "OUTRAS EMISIÓN GEl" EN NIVEIS E EN PRIMEIRAS DIFERENZAS.	56
GRÁFICO 16: CORRELOGRAMA DA SERIE "CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA DO AIRE" EN NIVEIS E EN PRIMEIRAS DIFERENZAS.	56
GRÁFICO 17: CORRELOGRAMA DA SERIE "PIB PER CÁPITA" EN NIVEIS E EN PRIMEIRAS DIFERENZAS.	56
GRÁFICO 18: BCF DE DINAMARCA, 1995-2019.	56
GRÁFICO 19: BCF DE ESTADOS UNIDOS, 1995-2017.	56
GRÁFICO 20: BCF DE FINLANDIA, 1995-2014.	56
GRÁFICO 21: BCF DE ITALIA, 1995-2019.	56
GRÁFICO 23: BCF DE PAÍSES BAIXOS, 1996-2019.	56
GRÁFICO 22: BCF DE NOVA ZELANDIA, 1995-2017.	56
GRÁFICO 25: BCF DE SUÍZA, 1995-2019.	56
GRÁFICO 24: BCF DE PORTUGAL, 1995-2019.	56
GRÁFICO 26: BCF DE ANTIGA E BARBUDA, 1995-2017.	56
GRÁFICO 27: BCF DE INDONESIA, 1995-2017.	56
GRÁFICO 29: BCF DE SENEGAL, 1995-2017.	56
GRÁFICO 28: BCF DE MÉXICO, 1995-2017.	56
GRÁFICO 30: BCF DE VENEZUELA, 1995-2017.	56
GRÁFICO 31: BCF DE UGANDA, 1995-2017.	56
GRÁFICO 32: BCF DE YEMEN, 1995-2017.	56
GRÁFICO 33: BCF DE ZIMBABWE, 1995-2017.	56

Figuras

ILUSTRACIÓN 1: CONCENTRACIÓN DE GASES EFECTO INVERNADOIRO NA ATMOSFERA DENCE 1750.	17
ILUSTRACIÓN 2: APLICACIÓN TEÓRICA DUN IMPOSTO PIGOUVIANO.	19
ILUSTRACIÓN 3: CRONOLOXÍA DAS COP CELEBRADAS DENCE 1995.	26
ILUSTRACIÓN 4: MAPEO DA VARIACIÓN RELATIVA DO PIBPC ENTRE 1995 E 2018 ENTRE OS PAÍSES DA UE-28.	35
ILUSTRACIÓN 5: MAPEO DA VARIACIÓN RELATIVA DOS GEI EMITIDOS ENTRE 1995 E 2018 ENTRE OS PAÍSES DA UE-28.	36

*There are no jobs on a
dead planet.*

*Lema sindical – International Labour
Organization, 2014*

1. Introducción

O cambio climático é un dos grandes problemas ao que se enfrenta a nosa sociedade hogano. Poderíamos dicir, incluso, que é o grande reto do século XXI. As consecuencias negativas estamos a observalas no día a día, sen ter medidas contundentes que traten de mitigar o problema.

En termos económicos, o cambio climático é considerado unha externalidade negativa, o que implica que as accións duns individuos afectan negativamente sobre outros axentes, sen que isto se reflexe a través do sistema de prezos. A labor da Economía neste eido é diversa: dende o estudo do impacto da externalidade ata a proposta de medidas para dirimila, pasando incluso pola análise dos factores que contribúen a que este problema sexa hoxe o grande reto do século.

Sabendo que os niveis de emisións comezaron a aumentar de maneira significativa a partir da I Revolución Industrial, neste Traballo Fin de Mestrado trataremos de dilucidar cales foron os factores que máis contribuíron ao quecemento do planeta e se a relación entre crecemento económico e cambio climático cambiou co paso do tempo.

Así pois, o traballo estrutúrase como segue. Comezaremos, no epígrafe inmediatamente posterior cun repaso das principais causas desta externalidade negativa. Mostraremos algúns indicadores que evidencian a existencia do cambio climático e as consecuencias que está a ter o aumento da temperatura do planeta en tres ámbitos: o ambiental, o social e o económico. Enumeramos algunhas das solucións, tanto de carácter nacional coma internacional, que poderían ser eficaces neste eido.

No terceiro capítulo centrámonos en analizar o panorama internacional actual no campo das actuacións para mitigar e adaptarse ao cambio climático. Poñemos o foco na Convención Marco das Nacións Unidas contra o Cambio Climático e facemos un repaso polas diferentes reunións anuais de carácter multilateral organizadas pola Convención. Destacamos a eficacia do Protocolo de Montreal para a protección do ozono estratosférico como exemplo de cooperación internacional; entre os acordos para a redución de emisións dedicamos un apartado específico ao Protocolo de Kioto e outro ao máis recente e esperanzador pacto multilateral: o Acordo de París.

No cuarto capítulo realizamos unha análise cuantitativa na que temos como obxectivo identificar os factores que máis contribúen ao cambio climático, medido este último en termos de emisións de dióxido de carbono emitidas nos últimos anos. Para isto, axudámonos da Identidade de Kaya, calculada para os países que máis CO₂ emitiron no ano 2018 segundo datos do Banco Mundial.

Posteriormente, centrámonos na relación entre crecemento económico e degradación do medio entre os países da Unión Europea-28 nos últimos anos. A hipótese a contrastar versa sobre a Curva Ambiental de Kuznets, teoría segundo a cal, en etapas primarias do crecemento económico este último está acompañado dun incremento da degradación do medio; chegado un punto de inflexión, esta relación deixa de ser positiva e o crecemento económico implica unha maior protección medioambiental. Para isto, elaboramos varios modelos econométricos con datos de panel que nos axudarán a decidir se aceptamos ou rexeitamos a existencia da Curva de Kuznets.

Como complemento a esta análise, estudamos o balance comercial físico para nove países desenvolvidos e nove en vías de desenvolvemento. Con este estudo avaliamos o saldo resultante da exportación e importación de recursos naturais empregados no proceso produtivo de cada país.

Rematamos, como non podía ser doutro xeito, cun apartado no que mostramos as principais conclusións que se poden extraer da análise realizada.

Non hai planeta B.

*Berro na folga mundial polo
clima de 2019.*

2. A xénese do cambio climático

Neste epígrafe abondaremos nas orixes do cambio climático, as consecuencias do mesmo e os distintos instrumentos tanto de carácter nacional coma internacional que se poderían empregar na súa loita.

2.1. Causas e consecuencias

Podemos referirnos a este problema como unha externalidade. Isto implica que as decisións de consumo ou produción dun axente afectan á función de consumo ou produción doutro, sen que isto último teña o seu reflexo vía prezos. Aplicado ao tema cambio climático, estamos ante un problema tal que os axentes que producen emisións á atmosfera non pagan por tal "privilexio", mentres que os afectados non reciben ningún tipo de "compensación" (Nordhaus, 2019). Poñemos o exemplo da produción de emisións á atmosfera porque son algunhas destas últimas as que están detrás do quecemento global e en consecuencia, do cambio climático.

Quecemento global e cambio climático son conceptos distintos: o segundo é consecuencia do primeiro. Se ben é certo que ao longo de milenios se produciron variacións extremas da temperatura da terra¹, ditas variacións nunca foran, en termos marxinais, tan rápidas coma as que observamos nas últimas décadas. Concretamente, a temperatura media do planeta comezou a incrementarse de maneira significativa sobre o ano 1750, data que coincide coa primeira Revolución Industrial e co aumento das emisións de Gases Efecto Invernadoiro (en diante, GEI). Estas emisións son as causantes do aumento da temperatura do planeta, do quecemento global e, por ende, do cambio climático.

Hogano, non cabe dúbida de que o modelo de produción actual é o causante desta externalidade negativa. Así o afirma o Primeiro Informe de Avaliación do Grupo Intergubernamental de Expertos sobre o Cambio Climático (*Intergovernmental Panel on Climate Change*, en diante IPCC) publicado no ano 1990: nos mil anos precedentes á Revolución Industrial a abundancia de gases efecto invernadoiro era relativamente constante; co crecemento da poboación a medida que o mundo se volvía máis industrializado e a agricultura se desenvolvía, a abundancia de GEI aumentou notablemente (IPCC, 1990).

As consecuencias negativas do cambio climático estamos a notalas na actualidade con elementos que afectan a todos os ámbitos da realidade: económico, social e ambiental. Aínda que son moitos os efectos adversos que ten o quecemento global, aquí só mostraremos algúns deles que, en definitiva, nos axudarán a xustificar a necesidade de intervención.

No informe sobre saúde no mundo publicado en 2002 pola Organización Mundial da Saúde (OMS) establécese unha relación causal entre a contaminación atmosférica derivada das fontes de combustión e unha serie de efectos agudos e crónicos na

¹ En certos momentos, as placas de xeo cubriron a práctica totalidade do globo, mentres que en outras épocas apenas había xeo no noso planeta (Nordhaus, 2019).

saúde, tales como enfermidades respiratorias crónicas ou cancro de pulmón (OMS, 2002). No mesmo informe, as estimacións apuntan a que o cambio climático foi responsable, no ano 2002 e en termos globais, de 154.000 defuncións e unha perda de 5,5 millóns de AVAD (Anos de Vida Axustados por Discapacidade, un indicador que expresa o número de anos perdidos por enfermidade ou discapacidade, *DALY* polas súas siglas en inglés). Novas estimacións soben esta cifra ás 255.400 defuncións para 2050 de non implantarse novas medidas de adaptación ao cambio climático (OMS, 2014).

Entre as consecuencias ambientais remitímonos, de novo, a informes do IPCC. De incrementarse a temperatura global entre un 1,5-2°C respecto a niveis preindustriais, entre o 20 e o 30% de especies animais e vexetais estarán en risco de extinción (IPCC, 2007). Cabe destacar que ao longo deste século a capacidade neta de absorción de carbono chegará ao seu máximo e irase debilitando paulatinamente. O incremento de CO₂ atmosférico terá impactos negativos sobre o océano: a súa acidificación afectará a organismos mariños que, xunto co aumento do nivel do mar, causará a mortalidade xeneralizada dos corais debido á súa baixa capacidade de adaptación (IPCC, 2014).

A produtividade, así mesmo, tamén se verá afectada (aínda que os efectos varían segundo o lugar ou rexión). En conxunto, as consecuencias serán negativas no referido á produción de cultivos, poñendo á poboación en risco de fame. Isto afectará, en maior medida, ás economías de zonas costeiras dependentes de recursos sensibles do clima (como a auga ou a dependencia da produción local de alimentos, IPCC (2007)). Todas estas son características das zonas máis pobres da terra que, paradoxicamente, son as que menos contribuíron ao quecemento do mesmo.

Serán os países en vías de desenvolvemento os que máis sufran as consecuencias negativas do quecemento global. Ademais, o Informe Stern indica que pode afectar incluso á igualdade de xénero. A diminución de ingresos por explotación agraria fará aumentar a pobreza e baixar a capacidade de cada familia para investir nun mellor futuro (pois esgotarán os seus aforros en sobrevivir). Estas variacións da renda, unidas ás do clima, reducirán a escolarización nas zonas máis pobres². Se os homes emigran ante a situación de estrés extremo, poden deixar ás mulleres nunha situación de vulnerabilidade fronte á pobreza, os matrimonios forzados, a explotación laboral ou a trata de brancas (Chaw e Ramdes, 2005, como se cita en Stern, 2007).

Expertos e expertas na materia aseguran que, para evitar as consecuencias máis perigosas do cambio climático, é preciso manter o incremento da temperatura do planeta por debaixo dos 2°C respecto dos niveis preindustriais. No ano 2015 fixéronse avances ao respecto: asinouse o Acordo de París, o primeiro acordo universal e xuridicamente vinculable sobre o cambio climático. O obxectivo principal é limitar o aumento da temperatura do planeta aos 1,5°C a través de políticas de adaptación e mitigación ao cambio climático. Están os países asinantes implantando medidas para lograr o obxectivo? Vexamos algúns indicadores que nos axudarán a dar resposta a esta pregunta (no epígrafe 3 profundaremos nesta cuestión).

A pegada de carbono é unha medida da cantidade total exclusiva de emisións de dióxido de carbono causadas directa e indirectamente por unha actividade ou que se acumula ao longo das etapas da vida dun produto (Weidmann e Minx, 2008). A pegada de carbono compatible co obxectivo marcado polo Acordo de París e ratificada

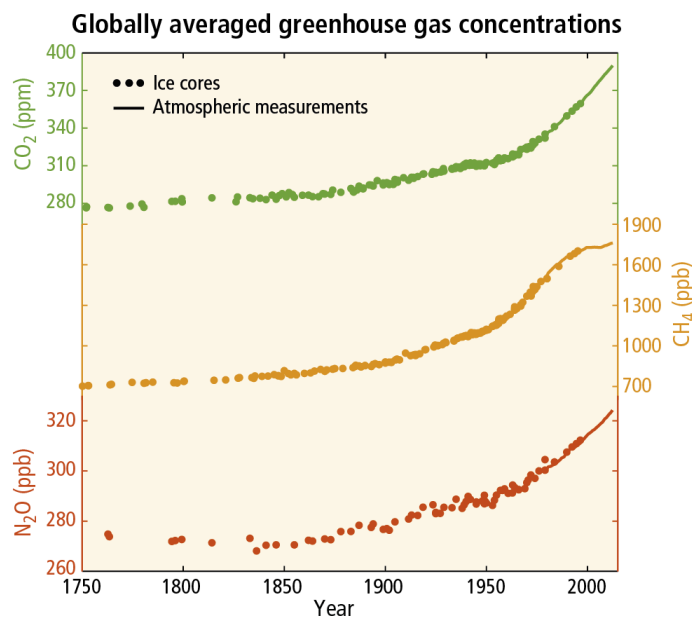
² Existen estudos que mostran unha relación dun ano adicional de escolarización cun aumento de entre un 2 e un 5% da produción agraria (Birdsall, 1992, como se cita en Stern, 2007).

nun acordo do Parlamento Europeo o pasado 7 de outubro de 2020, é de chegar á neutralidade do carbono no ano 2050, o equivalente a unha pegada de carbono de 0 toneladas. A pegada da UE asociada ao consumo no ano 2019 foi de 6,7 toneladas de CO₂ por persoa; no referente á pegada por produción, o indicador ascende ata as 7 toneladas (Eurostat, 2021).

Outro dos indicadores que axudan a avaliar a consecución do acordo asinado na COP21 (*Conference of the Parties*) é o *Climate Change Performance Index* (Índice de Resultados do Cambio Climático, en diante CCPI). Este indicador realízase para os 57 países causantes do 90% das emisións GEI, así como para a Unión Europea (UE). A súa elaboración consta de 4 categorías con 14 indicadores: emisións de GEI (40%), enerxía renovable (20%), uso da enerxía (20%) e política climática (20%). Existe un ránking no que se ordenan os países avaliados. Para o 2021, os 3 primeiros postos do ránking están baleiros. Segundo o informe de resultados do CCPI, ningún país está facendo o suficiente como para evitar as consecuencias máis graves do cambio climático (CCPI, 2021). Así, no "Top 6" atopamos a Suecia (74,42), Reino Unido (69,66) e Dinamarca (69,42); para atopar a España debemos baixar ata o posto 41º, cun índice do 45,02.

Por outra banda, e para finalizar coa avaliación do grao de consecución do obxectivo dos 1,5°C, podemos analizar a concentración dos principais GEI na atmosfera. O seguinte gráfico foi extraído do Informe de Síntese do Quinto Informe de Avaliación (*Avaliation Report*, en diante AR5) realizado polo IPCC no ano 2014:

Ilustración 1: Concentracións de Gases Efecto Invernadoiro na atmosfera dende 1750



As siglas "ppm/b" fan referencia á unidade de medida "partes por millón/billón", que indica a relación entre o número de moléculas de gas e o número total de moléculas de aire seco (IPCC, 2013).

A tendencia dos gases representados é clara: incremento constante, máis acentuado a partires de mediados do século XX. O que presenta unha maior concentración na atmosfera é o dióxido de carbono (CO₂), que nos últimos anos está a superar as 370

ppm. Para lograr non superar incremento dos 2°C respecto de niveis preindustriais, as concentracións de CO₂ equivalente non poderían superar as 450 ppm en 2100. Este escenario implica unha redución das emisións globais de entre un 40 e un 70% para 2050 respecto das emitidas en 2010, ademais dunhas emisións próximas a 0 para fin de século (Ministerio de Alimentación, Agricultura y Medio Ambiente, s.d.). Segundo o mesmo informe, o 65% do total de carbono compatible co obxectivo dos 2°C xa se empregou: a ventá para actuar estase pechando rapidamente.

Á vista dos resultados está a conclusión: necesitamos urxentemente medidas contundentes que limiten as consecuencias negativas do cambio climático e axuden á sociedade a adaptarse ás novas circunstancias causadas pola externalidade. No epígrafe seguinte mostramos algúns dos instrumentos que poden empregarse a este respecto.

2.2. Instrumentos de intervención

É neste punto onde debemos facer unha apreciación entre dous tipos de medidas a aplicar: de mitigación e de adaptación. As políticas de mitigación son aquelas destinadas a reducir as causas do cambio climático, isto é, á redución de GEI. A tal efecto, é preciso empregar un enfoque integrado que combine medidas para reducir o uso de enerxía, descarbonizar a subministración de enerxía, reducir as emisións netas e mellorar os sumidoiros de carbono naturais. Por outra banda, as políticas de adaptación son o conxunto de medidas cuxo obxectivo é reducir a vulnerabilidade creada polas consecuencias que o cambio climático trae aparelladas. Algunhas das medidas a aplicar poden ser a transferencia de innovacións tecnolóxicas, garantir o acceso á educación e á nutrición ou, a nivel de infraestruturas, construír refuxios ante potenciais inundacións e ciclóns así como a xestión do desenvolvemento das zonas máis propensas a inundacións e outros eventos climáticos extremos (IPCC, 2014). Debemos destacar que non é aconsellable escoller entre ambos tipos de políticas: é precisa unha combinación de ambas para encarar tanto as causas (mitigación) como as consecuencias (adaptación) do cambio climático.

A continuación pasamos a comentar os instrumentos de política económica que se poden empregar na loita contra o cambio climático. Podemos diferenciar, por unha banda, instrumentos de mercado e outros de non mercado. As medidas de mercado céntranse na alteración dos prezos, incentivando ao control das emisións. Os instrumentos de non mercado constitúen todas aquelas normas e regulacións que inciden directamente nas actividades empresariais: instrumentos de mando e control.

2.2.1. Instrumentos nacionais

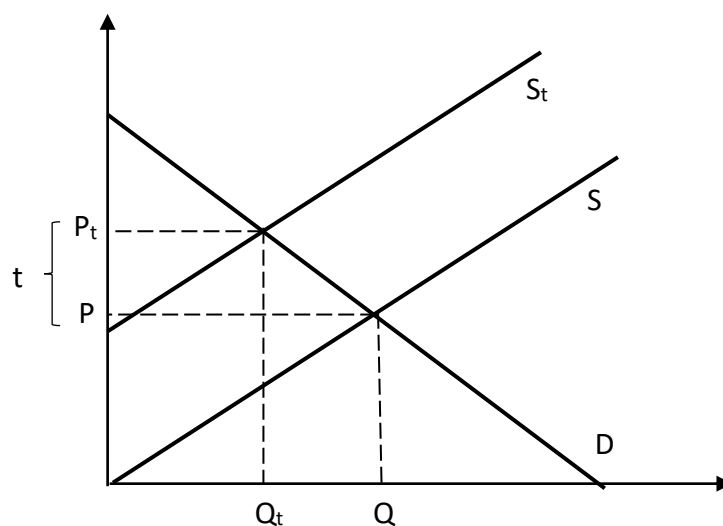
Dentro dos instrumentos de non-mercado no ámbito nacional pode suceder que a simple ameaza dun control gobernamental obrigatorio sexa suficiente para fomentar acordos voluntarios. Así, as empresas poden adoptar medidas de control das emisións de GEI se temen que os controis obrigatorios sexan máis custosos en ausencia destas reducións voluntarias. Cando isto non sucede, ou cando non é suficiente, o sector público ten á súa disposición os instrumentos coñecidos como "*command and control*" (comando e control), a través dos cales se establecen estándares a cumprir (por exemplo, un estándar de eficiencia enerxética dos edificios). Este tipo de instrumentos teñen unha dobre clasificación: tecnolóxica, a través dos cales se establecen requisitos de uso dunhas tecnoloxías específicas para

lograr uns obxectivos determinados; e de rendemento, máis flexibles que os anteriores, a través dos cales se especifican os niveis de emisión permitidos pero deixan total liberdade respecto da tecnoloxía a empregar (Stavins, 1997).

Por outra banda, entre os instrumentos de mercado máis habituais, os gobernos poderían empregar impostos ambientais ou réximes de comercio de dereitos de emisión.

Os impostos Pigouvianos (ou ambientais) foron propostos por Arthur Cecil Pigou no seu libro *Economics of Welfare* (Pigou, 1920). Baixo o principio de "quen contamina, paga", os impostos ambientais nacen como unha maneira de interiorizar a externalidade negativa no prezo do ben ou servizo a comercializar. Así, o incremento do prezo do produto fará reducir a demanda e, en definitiva, as emisións que leva consigo a elaboración do ben en cuestión. No seguinte gráfico mostramos o seu funcionamento teórico:

Ilustración 2: Aplicación teórica dun Imposto Pigouviano.



Fonte: Elaboración propia

Onde t representa a cantidade do imposto (tipo impositivo), P o prezo do ben producido que xera o problema de emisións, S a oferta, D a demanda e Q a cantidade consumida do produto ao que nos referimos. Concretamente, o tipo impositivo t , no punto de equilibrio social, debería ser igual ao dano medioambiental marxinal causado pola externalidade.

Cabe destacar que é posible a aplicación dun sistema de subvencións vinculado a un sistema fiscal. Isto implica a concesión de subvencións ás reducións de emisións por debaixo dunha liña base e un imposto sobre as emisións por enriba desa liña (IPCC, 1995). O problema deste instrumento de mercado é que incumpre o principio de "quen contamina, paga", que actualmente rexe as políticas económicas dos países da UE (Directiva do Parlamento Europeo e do Consello, de 21 de abril de 2004, sobre responsabilidade medioambiental en relación coa prevención e reparación de danos medioambientais).

Outro dos instrumentos de mercado posibles é o comercio de permisos ou dereitos de emisión negociables. Este instrumento está vencellado á solución negociada do

Teorema de Coase, descrita no seu artigo *The Problem of the Social Cost* (Coase, 1960) que, de forma teórica, apuntou a posibilidade de que a solución dun problema xerado pola presenza dunha externalidade se puidese solucionar (acadando o punto de máxima eficiencia ou o óptimo social) asignando dereitos de propiedade e permitindo que as partes negocien mediante unha análise dos seus custos e das compensacións necesarias. A través deste mecanismo, establécese o volume de emisións permitido no país, de tal maneira que as empresas comprarán permisos no caso de que os custos de redución de emisións superen o prezo do permiso e venderán no caso contrario. Unha das cuestións importantes no deseño deste instrumento é a maneira na que se conceden os permisos á hora da implantación do mecanismo. Fundamentalmente, existen dúas maneiras: a través dun rexistro histórico (“*grandfathering*”) ou mediante poxa. Segundo o modelo teórico, o goberno rexistraría a mesma cantidade de ingresos mediante a almoeda de permisos que mediante a aplicación dun imposto nacional, sempre que se compartan obxectivos de emisións (Stavins, 1997).

2.2.2. A necesidade de instrumentos multilaterais

É interesante unha das reflexións que se realizan no Informe Stern (2007) que motiva a adopción de solucións conxuntas:

(...) action by individual countries is not enough. Each country, however large, is just a part of the problem. It is essential to create a shared international vision of long-term goals, and to build the international frameworks that will help each country to play its part in meeting these common goals. (Stern, 2007, p.26)

En definitiva, é importante que ante unha externalidade mundial se adopten medidas de maneira conxunta a través da negociación e acordos vinculables. Os instrumentos de mercado teñen unhas características moi semellantes aos indicados para o ámbito nacional (as medidas de *command and control* coinciden en estrutura).

Despois de chegar a un acordo internacional, os países establecen unha serie de medidas coma as que comentaremos a continuación, de tal xeito que a institución encargada do control e da aplicación das mesmas, xeralmente, xa non terá carácter nacional, senón internacional.

Dentro dos impostos ambientais, unha das posibilidades será a aplicación de taxas internacionais sobre o carbono. O acordo entre economías³ debería especificar o tipo impositivo e a maneira de asignar os ingresos fiscais (derivados da recadación de dito imposto). O elemento máis complicado na aplicación do tributo é a elección (ou creación) do organismo que debe facer cumprir a aplicación dun imposto deste tipo. No caso de non estar clara a institución responsable, cobran relevancia os impostos nacionais harmonizados sobre o carbono. Con este último instrumento, os tipos impositivos serían os mesmos para todos os países asinantes do acordo, pero a responsabilidade de aplicación recaería sobre o ámbito nacional.

Por outra banda, no Protocolo de Kioto (en diante, PK) asinado en 1998 establécense tres medidas posibles de carácter internacional que constitúen instrumentos na loita

³ É realmente importante que o acordo involucre a todos os países. De non facelo, podería producirse o fenómeno coñecido como “fuga de carbono”, a través do cal o uso dos combustibles fósiles diminúe entre os países asinantes, pero aumenta entre os non participantes (IPCC, 1995).

contra o cambio climático: o comercio internacional de dereitos de emisión, o Mecanismo de Desenvolvemento Limpo (artigo 12 do PK, en diante, MDL) e a Aplicación Conxunta (artigo 6).

O artigo 17 do PK versa sobre os permisos internacionais negociables. Con características semellantes ao mecanismo nacional, o instrumento internacional asigna permisos para emisións netas (emisións menos o secuestro de carbono). Este tipo de permisos poden definirse a perpetuidade ou limitarse no tempo; a última opción podería contribuír a dar credibilidade ao sistema, así como reducir o risco de que os países máis grandes adquiran poder no mercado de permisos (Stavins, 1997).

A Aplicación Conxunta e o Mecanismo de Desenvolvemento Limpo teñen características semellantes. Mediante estes instrumentos, unha economía leva a cabo un proxecto de redución de emisións ou aumento da absorción por parte dos sumidoiros noutro país, obtendo a nación financeira uns créditos denominados "unidade de redución de emisións". A través destes últimos pode aumentar as emisións no territorio nacional pola "compensación" realizada noutro país. A principal diferenza entre ambos instrumentos xira en torno aos países involucrados nesta transacción. Mediante o MDL, un país desenvolvido (os incluídos no Anexo I do Protocolo) pode financiar a redución de emisións doutro país en vías de desenvolvemento; a Aplicación Conxunta realízase exclusivamente entre países desenvolvidos.

*But I don't want your hope. I want you to
panic. I want you to feel the fear I feel
every day. And then I want you to act. I
want you to act as if our house was on fire.*

Because it is.

*Greta Thunberg, World Economic Forum,
2019.*

3. A loita contra o cambio climático: un problema global

Ante unha externalidade global é preciso tomar acordos e medidas de carácter multilateral que contribúan a mitigar as consecuencias do cambio climático e a adaptar ao medio aos efectos irreversibles que vimos sufrindo na actualidade. Neste apartado facemos un percorrido polos principais acordos a nivel internacional que contribuíron na loita contra o cambio climático (a través das Conferencias das Partes).

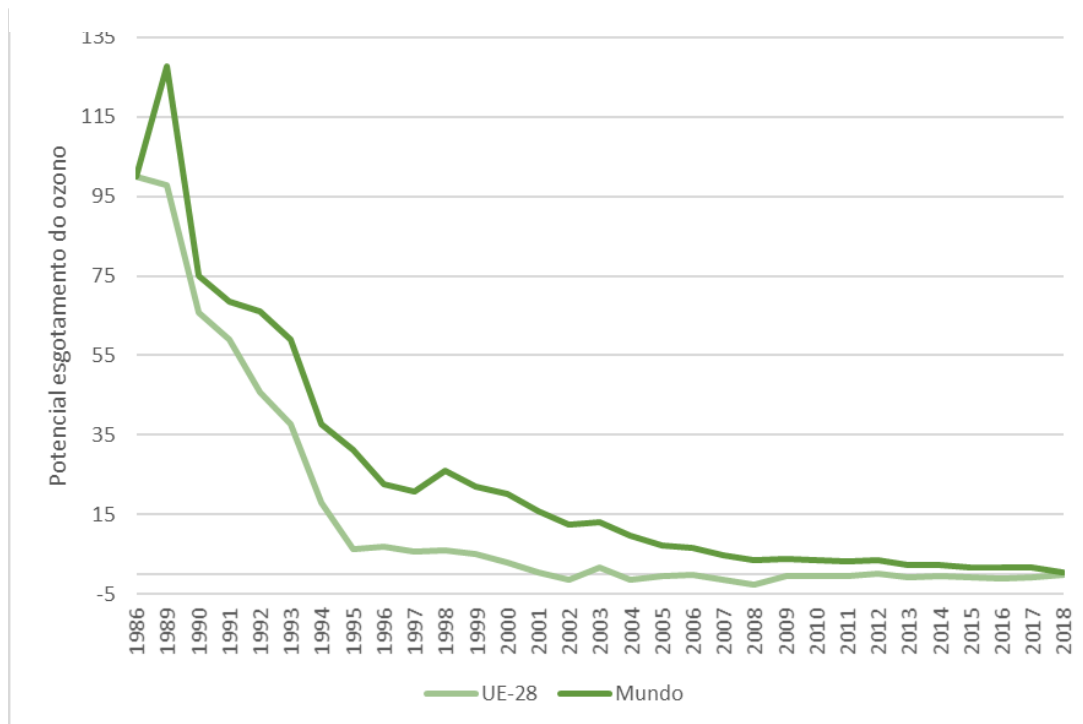
3.1. Acordo referente na protección do medio: Viena e Montreal

Un dos acordos que logrou involucrar a todos os países do mundo na loita contra a degradación do medio ambiente foi o Convenio de Viena, asinado en 1985. O obxectivo último do mesmo era a protección da saúde humana e o medio ambiente contra os efectos adversos resultantes das actividades humanas que modifican ou podan modificar a capa de ozono (art. 2.1, Convenio de Viena para la protección de la capa de ozono, 22 de marzo de 1985). Este convenio constitúe un fito importante, xa que aínda non se percibiran as consecuencias da degradación da capa de ozono no momento de asinar o Convenio. Foi, de feito, poucos meses despois da súa sinatura cando se publica un artigo do Doutor Joseph Charles Ferman na revista *Nature*, no que se constata a drástica redución da capa de ozono situada sobre o xeo antártico. Este descubrimento puxo de manifesto a importancia e gravidade do problema, o que propiciou, dous anos despois, a ratificación do Protocolo de Montreal.

O obxectivo do Protocolo de Montreal é reducir e eliminar a produción e consumo dos gases causantes da redución do ozono estratosférico: os clorofluorocarbonos, principalmente (en diante, CFCs). O resultado do Protocolo mostrámolo no Gráfico 1. Nel represéntase graficamente o consumo porcentual en toneladas do potencial de esgotamento do ozono (en diante, PEO) base 100=1986, un indicador que mostra a cantidade de ozono estratosférico destruído por unha substancia⁴.

⁴ Por exemplo, o halón-1211 ten un potencial do 3, o que significa que o seu impacto é tres veces maior que o CFC-11, cun potencial do 1. A relación entre o potencial de esgotamento do ozono e as substancias controladas atópase nos Anexos do Procolo de Montreal.

Gráfico 1: Consumo porcentual en toneladas de potencial de esgotamento do ozono (PEO), base 100=1986.



Fonte: Axencia Europea do Medio Ambiente.

A nivel mundial, o PEO rexista unha redución drástica; a redución da Unión Europea mantense sempre por debaixo da global, chegando incluso a ser negativo dende 2008. En definitiva, o gráfico constata a importancia do Protocolo e o elevado grao de cumprimento entre os países asinantes (en 2009 o acordo convértese na primeira iniciativa de temática ambiental subscrita por todos os países do mundo).

En resumo: foi posible a adopción dun acordo global para a protección do medio ambiente e a saúde das persoas para loitar contra os gases antropocéntricos destrutores do ozono estratosférico. Foi ou está sendo isto posible na loita contra o quecemento global? Como están a reaccionar os países ante o reto do século? No apartado seguinte mostramos algúns dos avances de carácter multilateral que están a ter lugar no día de hoxe e mostraremos que tan eficaces están a ser os países na consecución deste obxectivo conxunto.

3.2. Conferencia das Nacións Unidas contra o Cambio Climático

A Convención Marco das Nacións Unidas sobre Cambio Climático (en diante, CMNUCC) recoñece que a natureza mundial do cambio climático require a cooperación máis ampla posible de todos os países. Así, as respostas ao cambio climático deben coordinarse tendo en conta as necesidades dos países en vías de desenvolvemento, para lograr un crecemento sostido e a erradicación da pobreza (Naciones Unidas, 1992). Esta Convención nace, de acordo ao seu artigo 2, co obxectivo de estabilizar as concentracións atmosféricas de GEI a uns niveis e nun

prazo compatible coa adaptación dos ecosistemas ao cambio climático, asegurando a produción de alimentos.

Ratificada por 195 países, a CMNUCC foi aprobada en 1992 e a súa entrada en vigor fíxose para o ano 1994. Tres anos despois da súa sinatura, o IPCC publica o seu segundo AR. A conclusión do seu informe é clara: o clima está cambiando debido ás emisións de GEI. A resposta a este informe tradúcese na adición á Convención do coñecido como Protocolo de Kioto, con compromisos sobre a redución ou limitación de emisións (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, s.d.).

3.2.1. Estrutura e organización da CMNUCC

Créase unha estrutura ben definida para o bo funcionamento e control da Convención Marco das Nacións Unidas contra o Cambio Climático. Esta atópase definida e delimitada no documento da súa creación. A súa estrutura está composta por:

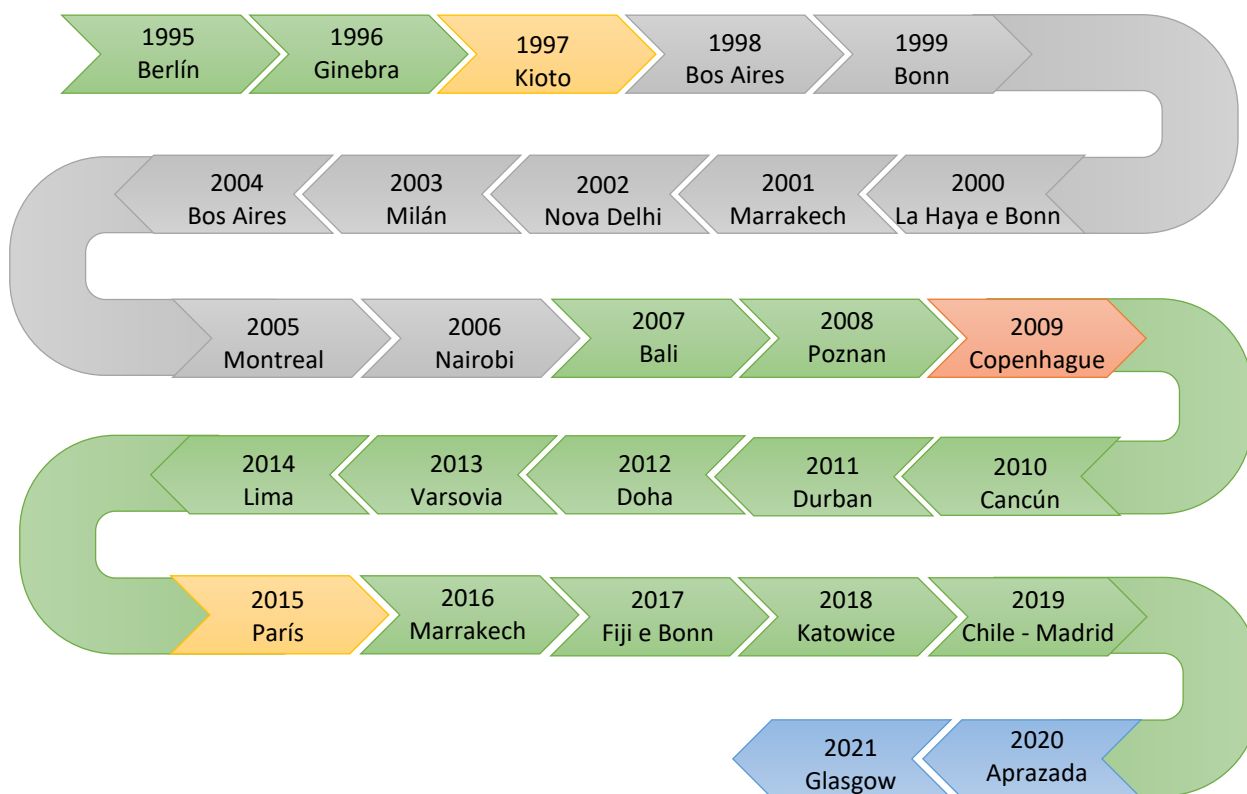
- Conferencia das Partes (COP), artigo 7: órgano supremo que examina a aplicación da Convención en todo momento. Encargada de tomar as decisións necesarias para a aplicación eficaz da Convención. Reúnese anualmente para a negociación de novos compromisos.
- Conferencia das Partes en calidade de reunión das Partes do Protocolo de Kioto (COP-MOP): integrado polas economías signatarias do PK. As sesións da COP e da COP-MOP celébranse simultaneamente para reducir custos e mellorar a coordinación entre a Convención e o Protocolo (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, s.d.).
- Órganos Subsidiarios Permanentes: compostos polo Órgano Subsidiario de Asesoramento Científico e tecnolóxico (artigo 9) e o Órgano Subsidiario de Execución (artigo 10). O primeiro deles encárgase de aportar información e asesoramento á COP nos aspectos científicos e tecnolóxicos relacionados coa Convención, así como de responder ás preguntas que a COP ou os seus órganos propoñan. Integrado por representantes gubernamentais expertos en cambio climático, o segundo órgano subsidiario axuda á COP a avaliar e examinar o cumprimento efectivo da Convención; na preparación e aplicación das súas decisións.

Existen ademais outros foros que crean propostas e toman decisións que directa ou indirectamente afectan sobre a CMNUCC, como son o IPCC, o G7 e o G20, a Axencia Internacional de Enerxía, a Organización para a Cooperación e Desenvolvemento Económicos (OCDE) ou o Foro das Principais Economías sobre Enerxía e Clima.

3.2.2. Un repaso das COP

A pesares de que os órganos subsidiarios permanentes da CMNUCC se reúnen periodicamente, aquí centrarémonos na historia e acordos tomados polo órgano supremo, as Conferencias das Partes. Estas últimas reúnen anualmente dende 1995; na figura seguinte mostramos cronoloxicamente cada unha das COP celebradas:

Ilustración 3: Cronoloxía das COP celebradas dende 1995.



Fonte: Elaboración propia a partir de información da CMNUCC.

Na primeira das COP establécese a vontade entre os países asinantes de reducir as emisións de GEI, mais non se acorda ningún tipo de compromiso. Dous anos despois asínase o Protocolo de Kioto, no que se adoptan compromisos cuantitativos de redución de emisións (que veremos no seguinte apartado) para o período 2008-2012. Entre os elementos máis interesantes que caracterizan ao PK atópase a introdución de instrumentos que poden ser aplicados polas economías participantes: a aplicación conxunta, o MDL e o mercado de dereitos de emisión, dos que falamos con anterioridade. Entre a COP4 e a COP12, celebradas en 1998 e 2006, respectivamente, apenas se realizan avances para por fin á externalidade. As cumes céntranse en detallar os compromisos e medidas para o cumprimento do PK.

Non é ata 2007, na COP13, que se comeza a falar dos novos obxectivos máis alá de 2012. A Folla de Ruta de Bali ten o obxectivo último de establecer os pasos a seguir trala finalización do primeiro período de actuación do Protocolo de Kioto. Todas as miradas están postas na COP15, con sede en Copenhague, para a sinatura dun grande acordo que estableza novos obxectivos e compromisos vinculables entre as partes. Esta última cume creou grandes esperanzas entre a comunidade científica e organizacións ecoloxistas. Expectativas que non foron satisfeitas.

O Acordo de Copenhague pode resumirse en 4 puntos: os países asinantes comprométese a tomar medidas para limitar o quecemento da temperatura do planeta. Concretamente, establécese o límite do incremento nos 2°C e inclúen a posibilidade de revisar o obxectivo en 2015 e limitala aos 1,5 graos. Os países desenvolvidos realizarán investimentos, a través do Fondo Verde de Copenhague, por valor de 30.000 millóns dólares estadounidenses para políticas de adaptación e

mitigación. Asemade, adoptan o compromiso de mobilizar 100.000 millóns de dólares ata 2020 co fin de atender aos países en desenvolvemento. En termos de emisións, os países deberán escoller metas da súa redución para 2020. Estados Unidos escolle unha redución do 17% respecto dos niveis de 2005, mentres que a UE, que xa tiña un obxectivo de redución do 20%, non o amplía ao 30% por ver que o resto de economías non se comprometen a reducir as súas emisións de maneira significativa (Greenpeace, 2010). Non se adopta, polo tanto, ningún acordo ou novo protocolo que dea continuidade ao PK, a apenas tres anos de expirar.

No ano 2010, en Cancún, México, a tónica dominante é a mesma que a que caracterizou a COP15. Os países seguen sen adoptar acordos xuridicamente vinculables e o futuro do PK segue sen determinarse. É na Cume de Doha na que se aproba o segundo período de compromiso do Protocolo de Kioto, pero non sen incidentes: Estados Unidos e China, que nunca antes ratificaran o PK, xunto con Rusia, Xapón e Canadá non asinan o acordo⁵. Así pois, vólvense aprazar os retos de incluír a todos os países nun grande acordo na loita contra o cambio climático, de novo, establecendo como data o ano 2015. O mesmo ocorre en Varsovia e Lima: as cumes volvéronse preparacións para o futuro, para a COP21.

Xa en 2015 celébrase a tan esperada COP21, con resultados esperanzadores. Trala sinatura do Acordo de París, que entrou en vigor en 2016, establécense obxectivos xuridicamente vinculables de redución de emisións dende o ano 2020. Cada país debe presentar os seus plans de actuación para lograr a redución de emisións compatible coa limitación do aumento da temperatura aos 2°C. Presentáronse 190 plans de actuación, o que abarca practicamente a totalidade das emisións das Partes da Convención. Entre elas, atópanse Estados Unidos, China ou Canadá, economías que non asinaron o PK. Mais esta unión non durou para sempre. Coa chegada de Donald Trump á Casa Branca, Estados Unidos convértese no primeiro país en abandonar formalmente o Acordo de París.

As seguintes COP céntranse en establecer o camiño a seguir para lograr os obxectivos marcados en París. Destacamos dous elementos de interese. Por unha banda, na COP24, elabórase o documento do Plan de Acción de Xénero, xa proposto na cume de Lima. A través deste, as partes afirman a necesidade de reforzar a resposta de política climática ás cuestións de xénero e fomentarán a participación plena e igualdade da muller, incorporando a perspectiva de xénero na aplicación da Convención (Nacións Unidas, 2017). Por outro lado, a COP25 celebrouse en Madrid baixo a organización de Chile, debido á inestabilidade política que atravesaba nese momento o país anfitrión. Nesta cume pretendíase darlle protagonismo ao 5AR do IPCC, no que se revisaban os impactos do crecemento da temperatura dos 1,5 e 2°C. Este informe é un novo aviso da comunidade científica da necesidade de tomar medidas efectivas contra o cambio climático. Dos case 200 países que estaban presentes na Cume, catro deles decidiron non "darlle a benvida" ao informe, pois facelo sería apoialo. Estes países foron Estados Unidos, Rusia, Arabia Saudí e Kuwait, cuxas economías son grandes dependentes do petróleo e o gas. A rifa xirou en non darlle a benvida ao informe, senón en "tomar nota" do mesmo (LatinClima, 2018). A falta de acordo sobre como referirse ao informe do IPCC supuxo, de novo, a falta de consenso en 2019.

⁵ William Nordhaus, no seu libro *"El casino del clima"*, afirma que o Protocolo de Kioto morreu con máis pena que gloria o 31 de decembro de 2012.

A COP26 estaba programada para o ano no que daban comezo os obxectivos do Acordo de París, en 2020. Por mor da pandemia da Covid-19 tivo que ser adiada; a Cume celebrárase en Glasgow, Escocia, a finais do presente ano. Este aprazamento foi comprendido entre organizacións ecoloxistas, pero afirman que non debe impedir a toma de decisións e a aplicación de políticas para a redución de GEI (Greenpeace, 2020).

3.2.2.1. O Protocolo de Kioto

O Protocolo de Kioto inclúe no seu segundo artigo a súa razón de ser: a promoción do desenvolvemento sostible. Este obxectivo debe cumprirse atendendo á limitación e redución de emisións de GEI. Concretamente, as partes incluídas no acordo deben asegurarse, individual ou conxuntamente, de que as súas emisións antropocéntricas medidas en termos de dióxido de carbono equivalente (en diante, CO₂-e) non superen as cantidades establecidas no Anexo B do Protocolo. Así, en conxunto, as emisións de GEI⁶ entre os países industrializados deberían reducirse un 5% respecto das emitidas en 1990, o ano base, entre o período 2008-2012.

España asumiu os compromisos de redución de emisións xunto co resto de países membros da Unión Europea de tal xeito que os compromisos de cada estado varían segundo unha serie de parámetros. A nivel agregado, as emisións da UE deben situarse 8 puntos porcentuais por debaixo das emisións do ano base. No caso de España, os GEI non deben superar un incremento de 15 puntos respecto de 1990 (no Gráfico 2 mostramos as emisións GEI de España e a UE para determinar o grao de cumprimento do Protocolo).

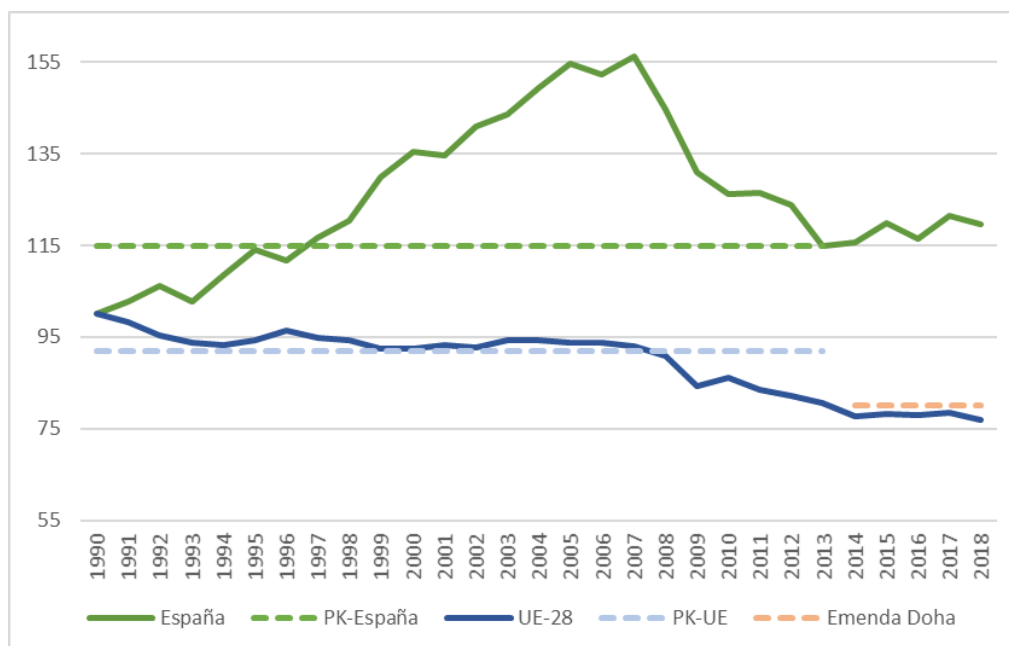
Tralo primeiro período de compromiso do Protocolo de Kioto (2008-2012) e logo dunha serie de negociacións, acórdase darlle continuidade ao mesmo. Esta continuidade materialízase na Emenda de Doha que, segundo o artigo 20.3 do PK, debe obter a maioría de tres cuartos das Partes da votación.

A emenda de Doha establecía obxectivos para o período 2013-2020. Canto menos, é sorprendente que o ano no que se obtiveron os votos necesarios para que a emenda saíra adiante coincida co fin do segundo período de compromiso. É en novembro de 2020 cando se publica no Boletín Oficial do Estado (en diante, BOE) o Instrumento de Aceptación polo que se aproba a Emenda de Doha ao Protocolo de Kioto.

A pesar de que a Emenda de Doha entra en vigor o último día do ano 2020, esta establecía uns obxectivos de redución de emisións máis acentuados que os establecidos no Protocolo anterior. Concretamente, a Unión Europea (e, por ende, España), comprométese a reducir o seu nivel de emisións GEI a non máis do 80% respecto do ano base.

⁶ No Anexo A do Protocolo establécense como gases de efecto invernadoiro os seguintes: dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O), hidrofluorcarbonos (HFC), perfluorcarbonos (PFC) e hexafluoruro de xofre (SF₆).

Gráfico 2: Emisións efectivas de GEI (CO₂-e) de España e a UE-28. Límite establecido polo Protocolo de Kioto e a Emenda de Doha



Nota: Entre os gases efecto invernadoiro incluímos os definidos como tal no Protocolo de Kioto. Excluimos, pois, o trifluoruro de xofre (NF₃), engadido na Emenda de Doha do 2012.

Fonte: Eurostat

No gráfico incluímos os GEI emitidos por España (en verde) e a UE (en azul) cos correspondentes límites de emisións asumidos por cada rexión no Protocolo de Kioto e na Emenda de Doha (liñas descontinuas). É fácil de ver o baixo grao de cumprimento por parte de España, que a pesar de ter un límite de emisións máis reducido que a UE, estas non deixan de ser superiores á fronteira comprometida. Pola súa banda, a Unión Europea logra reducir as emisións GEI cumprindo co seu compromiso antes incluso de comezar o primeiro período do PK. Os límites de Doha tamén se respectan para os países membros en conxunto, pero non en España. Isto indica, pois, que as economías europeas realizaron esforzos na redución significativa das súas emisións para lograr situar o agregado da UE por debaixo do límite comprometido; este non é o caso de España que, en lugar de non superar a barreira do incremento do 15% respecto do ano base, aumentou as súas emisións sen respectar, en ningún momento do período amosado, co seu compromiso.

3.2.2.2. O Acordo de París

Tralas dificultades para a prórroga do Protocolo de Kioto e aos sucesivos adiamentos na adopción dun novo acordo xuridicamente vinculable, nace en 2015 o Acordo de París. Este constitúe, segundo o Ministerio para a Transición Ecolóxica e o Reto Demográfico do Goberno de España, un fito histórico na loita contra o cambio climático que abre a porta ao desenvolvemento de novos elementos para a súa aplicación completa e efectiva.

A meta que persegue o Acordo de París é a limitación do crecemento da temperatura do planeta aos 2°C respecto de niveis preindustriais; de ser posible, aumentaranse os esforzos para non superar os 1,5 graos. A tal efecto, establécense os mecanismos

necesarios para lograr o obxectivo. Podemos dividilos en tres: mitigación, adaptación e financiamento.

Táboa 1: Acordos necesarios para a consecución do Acordo de París.

Ámbito	Medida
	É preciso que o nivel de emisións chegue ao seu máximo decontado, sabendo que os países en desenvolvemento tardarán máis en logralo.
Mitigación (artigo 7)	Os países desenvolvidos encabezarán os esforzos na redución de emisións; as economías en desenvolvemento centrarán os seus esforzos na mitigación para, co tempo, adoptar medidas de redución ou limitación das emisións.
	Adoptaranse as medidas oportunas para conservar e aumentar, segundo corresponda, os sumidoiros e depósitos de GEI.
Adaptación (artigo 7)	Debe aumentarse a capacidade de adaptación aos efectos adversos do clima, así como a promoción da resiliencia e a redución das vulnerabilidades para contribuir ao desenvolvemento sostible.
	É preciso responder a cuestións de xénero, tendo en consideración a grupos, comunidades e ecosistemas vulnerables, así como os coñecementos tradicionais e indíxenas.
	Os fluxos financeiros deben situarse no nivel compatible cunha traxectoria que aumente a resiliencia do clima e reduza as emisións de GEI.
Financiamento (artigos 2, 9 e 10)	Os países desenvolvidos encabezarán o financiamento para o clima, tendo en conta as necesidades e prioridades dos países en desenvolvemento.
	A innovación é indispensable para outorgar unha resposta mundial eficaz e a longo prazo para a promoción do desenvolvemento sostible. Esta deberá realizarse de xeito " <i>mutantis mutandi</i> ".

Fonte: Elaboración propia a partir de Nacións Unidas (2015).

A súa entrada en vigor estableceuse para o momento no que, polo menos, 55 partes ratificasen o acordo e cuxas emisións non fosen inferiores ao 55% das emisións mundiais. Así, o Acordo de París entrou en vigor o 4 de novembro de 2016 (España ratificouno o 12 de xaneiro de 2017).

Estas medidas, aínda que xenéricas, deben plasmarse en Acordos Nacionais revisados cada lustro e deberán ter en conta o resultado do balance mundial. Este último consiste na avaliación da aplicación do Acordo e examinará as medidas de mitigación e adaptación aplicadas. O primeiro dos balances mundiais realizarase en 2023 e, a partir dese ano, cada lustro.

Como xa comentamos no repaso das COP, ningunha estivo ausente de dificultades. A COP21 tampouco: a posición negacionista de Donald Trump fixo que, un ano

despois de gañar as eleccións, anunciase a saída de Estados Unidos do Acordo de París. Isto significou a retirada dun dos grandes emisores de GEI do maior acordo na loita contra o cambio climático asinado ata a data. Esta saída non foi para sempre, pois coa chegada de Joe Biden á Casa Branca, a volta de Estados Unidos ao Acordo fíxose efectiva o primeiro día do seu mandato (20 de xaneiro de 2021).

3.2.3. En resumo

A pesares de que o Protocolo de Kioto foi o primeiro acordo que cuantifica explicitamente a redución de GEI que os países asinantes deben promover, non tivo moito éxito. Isto é así, principalmente, porque as dúas grandes economías emisoras de GEI non firmaron o Protocolo (China e Estados Unidos). É relevante destacar que as economías que o asinaron só representan o 12% das emisións totais emitidas á atmosfera (Comisión Europea, s.d.). O Protocolo, aínda de cumprirse, non sería suficiente para reducir o impacto negativo do quecemento global. Ponse de manifesto, pois, a necesidade de que a meirande parte dos países, senón todos, unan esforzos na loita contra o cambio climático.

A segunda grande esperanza nas Cumes do Clima foi o Acordo de Copenhague, ao noso modo de ver, insuficiente. Por unha banda, non se fala en ningún momento dos instrumentos ou medidas a aplicar para lograr os obxectivos da limitación do aumento da temperatura global dos 2 graos centígrados. Do mesmo xeito, tampouco se chega a un acordo que marque a folia de ruta máis alá do ano 2012 (ano no que remata o primeiro período de compromiso do PK). A pesar de os países se comprometen a reducir as emisións para 2020, non se establecen obxectivos cuantitativos: déixase que cada país escolla a súa propia meta. Finalmente, o documento do Acordo adoptado na COP15 non contén na súa redacción a palabra "vinculable" en ningunha das súas medidas: non se logran obxectivos vinculables entre as partes.

É unha cuestión realmente complexa, tendo en conta as sucesivas dificultades que se dirimen das reunións da COP. A pesares de que os países asinan en 1995 a súa vontade de reducir emisións, o certo é que non foi ata 2015 cando realmente se chega a un acordo importante na materia. Os obxectivos comprometidos en París son xuridicamente vinculables dende o ano 2020, polo que en apenas uns meses non podemos avaliar o grao de cumprimento ou compromiso existente nas medidas adoptadas polas partes.

Non podemos rematar este epígrafe sen sinalar as cuantiosas dificultades que existiron en todas as negociacións das COP para chegar a novos compromisos (vinculables ou non). Por unha banda, o sucedido na COP25, xa comentado con anterioridade. A negativa de catro países a asinar un documento que lle daba a benvinda ao 5º informe de avaliación do IPCC da unha mensaxe da necesidade de concienciación do problema do cambio climático. Por outro lado, a saída de Estados Unidos do Acordo de París durou apenas tres anos; o presidente Joe Biden regresou ao acordo cunha conferencia na que se reuniron, telematicamente, 40 líderes mundiais.

*The world does not need to choose
between averting climate change and
promoting development. Indeed, ignoring
climate change will eventually damage
economic growth.*

Nicholas Stern, Stern Report, 2007.

4. Crecemento económico e cambio climático

Despois de explicar as consecuencias que o cambio climático está a ter nos planos social, ambiental e económico, neste apartado realizaremos unha análise cuantitativa na que trataremos de albiscar cales son os factores que inciden sobre as emisións de CO₂. Posteriormente, analizaremos a relación entre cambio climático e crecemento económico entre os países da Unión Europea e, concretamente, se esta relación cambiou co paso do tempo.

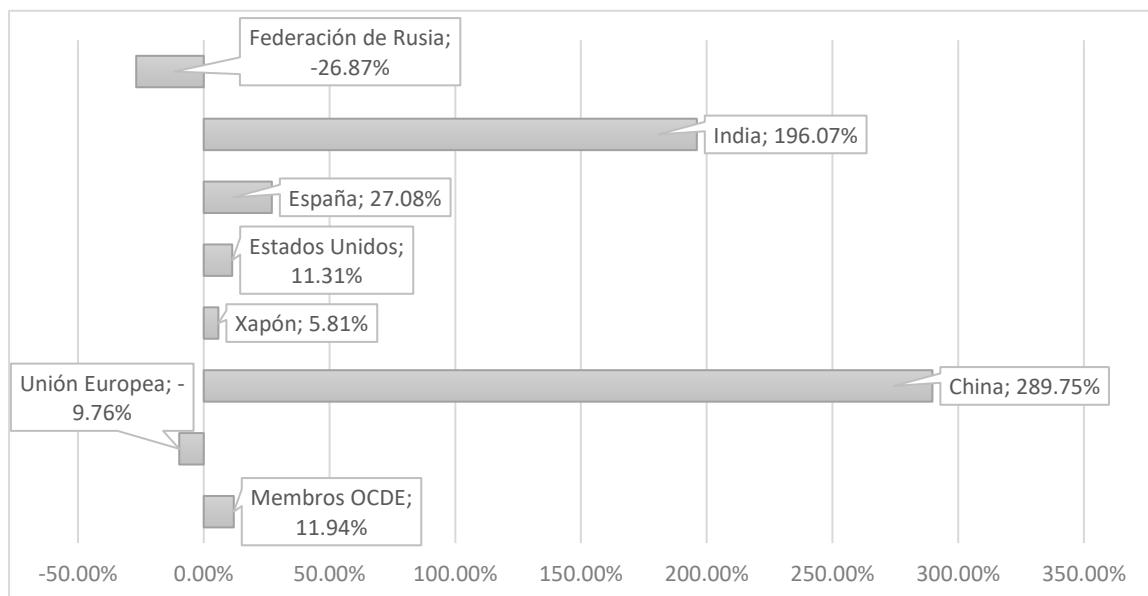
4.1. A Identidade de Kaya

Unha das hipóteses que tratamos de contrastar neste traballo é se existe ou non relación entre crecemento económico e cambio climático. Para responder a esta cuestión, é relevante comprender cales son os factores que inflúen sobre o cambio climático e, en particular, sobre as emisións de CO₂. Para isto, recorreremos á Identidade de Kaya, que establece unha descomposición das emisións de CO₂ en 4 factores: intensidade de carbonización, intensidade enerxética, PIB per cápita e poboación:

$$CO_2 = \frac{CO_2}{E} \cdot \frac{E}{PIB} \cdot \frac{PIB}{POB} \cdot POB \quad (1)$$

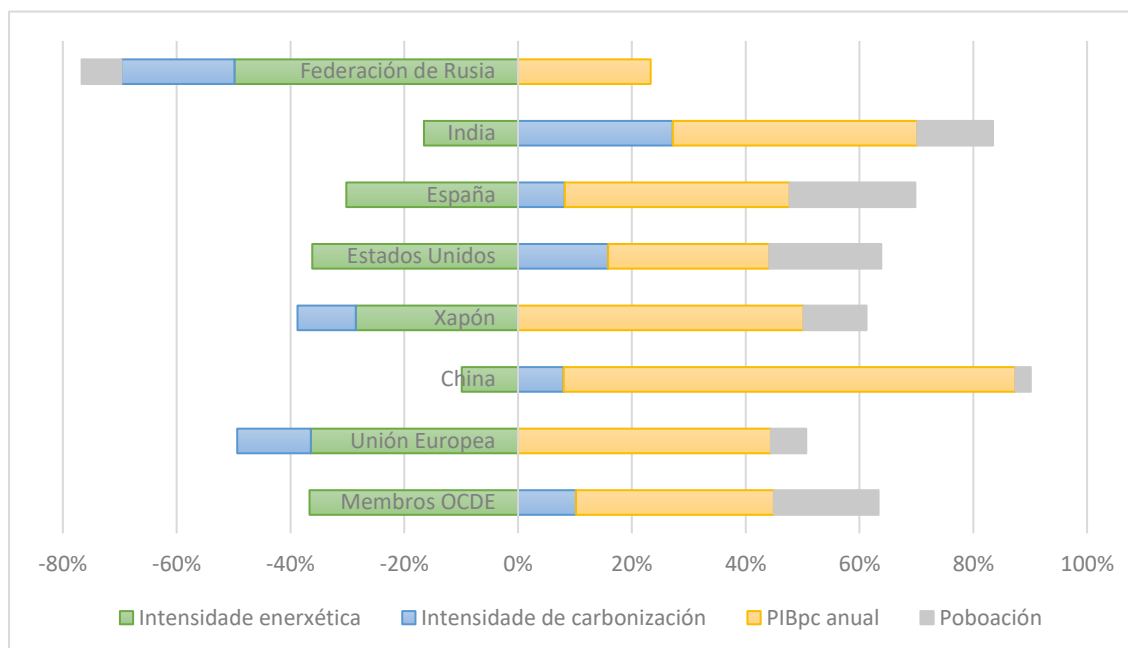
Onde E fai referencia ao uso de enerxía, PIB ao Produto Interior Bruto e POB á poboación do país (Alcántara e Padilla, 2005). Esta descomposición facémola para os cinco países que máis emisións de CO₂ produciron no ano 2018, segundo datos do Banco Mundial. Incluímos tamén a descomposición para a Unión Europea, os países da OCDE e España. As emisións por países, grupos e os resultados das variacións dos factores entre 1990 e 2010 da Identidade de Kaya mostrámoslos nos seguintes gráficos:

Gráfico 3: Variación das emisións de CO₂ entre 1990 e 2010.



Fonte: Elaboración propia.

Gráfico 4: Factores de descomposición da identidade de Kaya.



Fonte: Elaboración propia.

A descomposición por factores⁷ das emisións de CO₂ permítennos agrupar os países en tres grupos diferentes:

- Países que experimentaron un crecemento das súas emisións superior ao crecemento do seu PIB per-cápita (en diante, PIBpc). Da mostra de países analizados, a India é a única economía que presenta esta condición (196,07% de crecemento das súas emisións de CO₂ cun crecemento do PIBpc dun 133,57%). A pesar da redución da intensidade enerxética, esta non logrou compensar o extraordinario incremento da súa poboación e da intensidade de carbonización (as variacións máis altas entre a mostra estudada).
- Países que experimentaron unha redución das emisións de CO₂. Aquí atopamos ao conxunto de países membros da Unión Europea e á Federación de Rusia. A redución de emisións do primeiro grupo está ligada á diminución da intensidade enerxética e da de carbonización. O país máis grande do mundo sofre unha redución da súa poboación no período estudado, reduce a súa intensidade de carbonización e, en maior medida, a intensidade enerxética; é quen de aumentar o seu PIBpc anual, aínda que coa porcentaxe máis baixa entre os países e grupos analizados.
- Países que aumentaron as súas emisións a un ritmo inferior ao crecemento do PIBpc. Aquí atopamos aos demais países e grupos. O factor que máis incidiu para conseguir estes resultados foi a redución da intensidade enerxética dos países, aínda que en Xapón tamén contribuíu a intensidade de carbonización (único país deste grupo que logrou reducir este factor).

Vendo os resultados aportados pola Identidade de Kaya, é relevante introducir un novo concepto que está ligado coa hipótese que contrastaremos no seguinte apartado: o desacoplamento ou *decoupling* entre crecemento económico e degradación medioambiental. Segundo John Deutch (2017), o incremento dos prezos da enerxía pode levar ás empresas a realizar investimentos para reducir a cantidade

⁷ Para un maior detalle, véxase a Táboa 8 do Anexo.

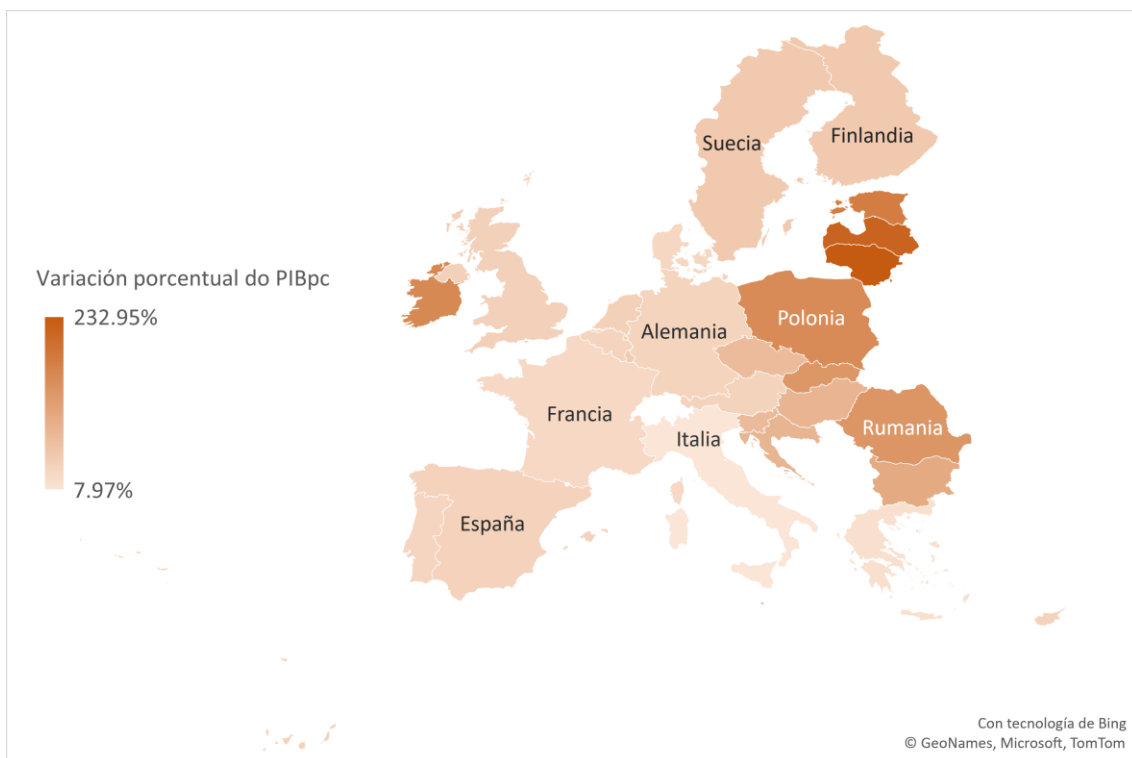
de enerxía necesaria para elaborar bens, reducindo así a intensidade enerxética; do mesmo xeito, o uso de enerxía menos intensiva en carbono (como o gas natural, que emite a metade de CO₂ que a combustión de carbón, por exemplo) fai reducir o factor de intensidade enerxética. Estes dous factores permiten o desacoplamento entre o crecemento económico e as emisións de carbono, isto é, “*decoupling the creation of economic value from natural resource use and environmental impacts*” (United Nations Environment Programme, 2011, p.15). Así pois, entre os factores de descomposición das emisións de CO₂ podemos afirmar que o desacoplamento depende, en maior medida, da redución da intensidade enerxética e da de carbonización.

4.2. Relación entre medio ambiente e economía

As variables que empregaremos no apartado 4.3 para realizar o modelo econométrico serán o Produto Interior Bruto por persoa e as emisións de Gases Efecto Invernadoiro como indicadores de crecemento económico e degradación do medio, respectivamente. Centrarémonos no estudo desta relación para todos os países comunitarios entre os anos 1995 e 2018. Decidimos incluír a Reino Unido xa que a súa recente saída da Unión Europea non afecta ao período temporal analizado.

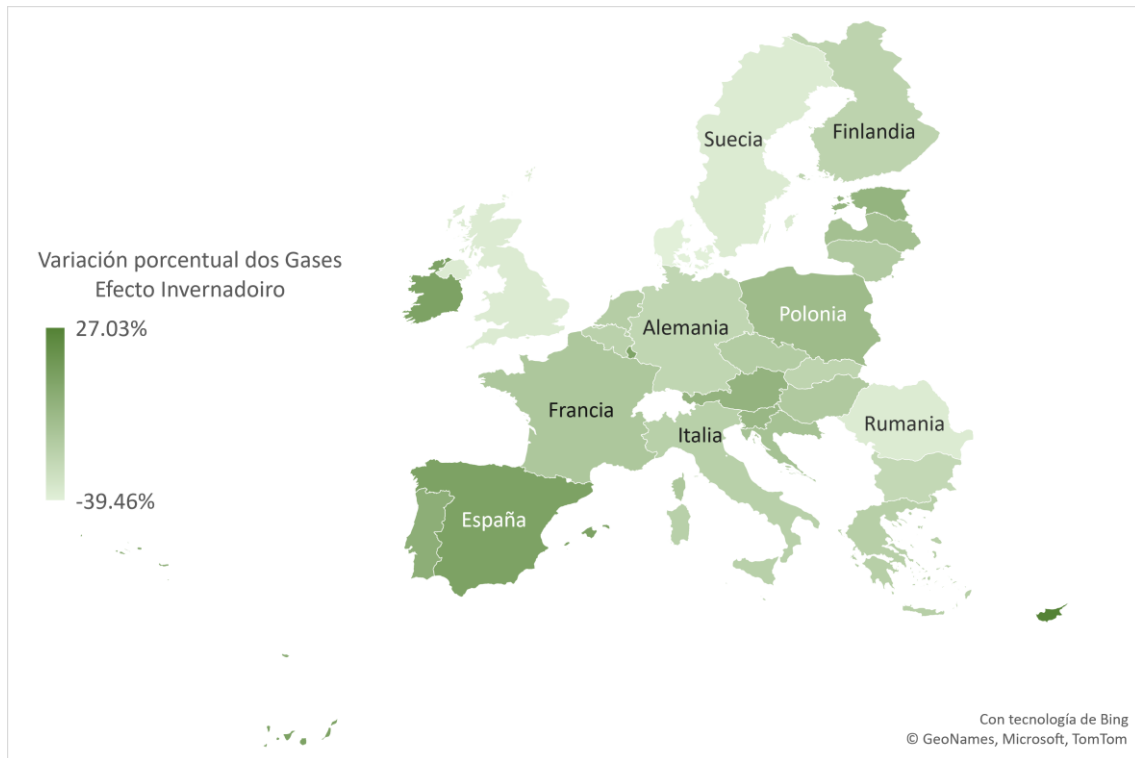
A hipótese nula que queremos contrastar é a existencia ou non de relacións entre o crecemento económico e o cambio climático e se esta relación cambiou co paso do tempo. A continuación mostramos dous mapas nos que se representan as variacións relativas sufridas polo PIBpc e as emisións de GEI entre 1995 e 2018.

Ilustración 4: Mapeo da variación relativa do PIBpc entre 1995 e 2018 entre os países da UE-28.



Fonte: Elaboración propia.

Ilustración 5: Mapeo da variación relativa dos GEI emitidos entre 1995 e 2018 entre os países da UE-28



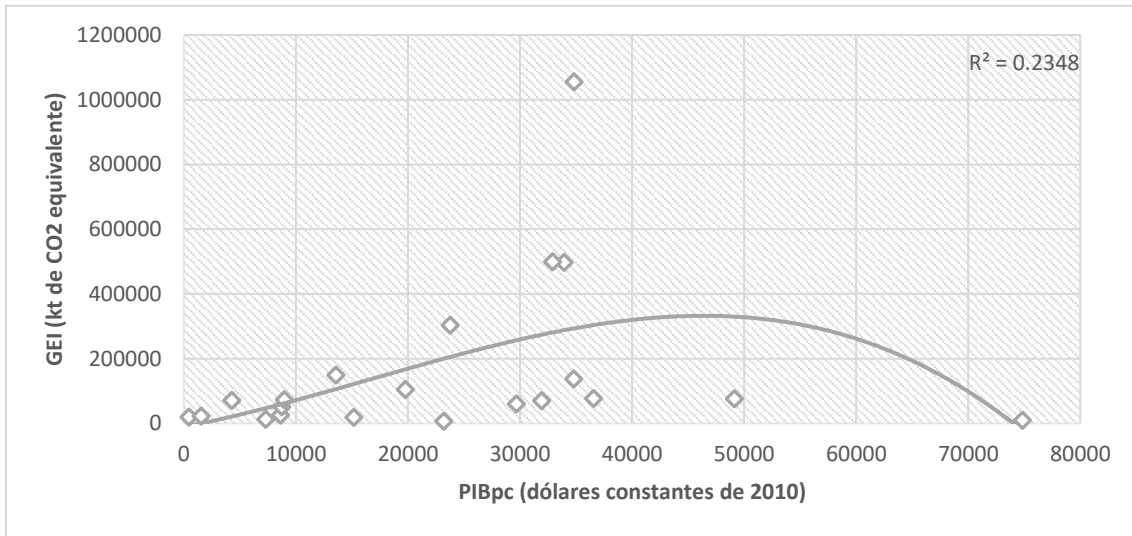
Fonte: Elaboración propia.

Destas Ilustracións⁸ podemos recoñecer 4 patróns diferenciados. Por unha banda, países que se sitúan entre os que máis medraron en termos de PIBpc a costa dun incremento importante das súas emisións GEI, como Irlanda ou Polonia; por outra parte, países que, a pesares de situarse entre os que menos medraron no período analizado, foron tamén os que lograron reducir máis as súas emisións, como é o caso de Dinamarca e Alemaña. Nunha terceira clasificación atopamos a Rumania ou Eslovaquia que, ademais de presentar unhas taxas de crecemento per cápita elevadas, tamén se sitúan entre as economías que experimentaron unha redución das súas emisións. Finalmente, o cuarto patrón corresponde a aqueles países que máis incrementaron as súas emisións, sen traducirse isto nun posicionamento entre os países que máis medraron, senón que se sitúan entre os países que rexistraron un crecemento menor entre os analizados (os casos de España, Portugal ou Austria).

Para acompañar esta análise e poder analizar con claridade esta relación, mostramos os gráficos de dispersión para ambas variables, de novo, para 1995 e 2018. O PIBpc está medido en termos de dólares constantes de 2010 e os GEI totais en kilotoneladas (kt) de CO₂-e.

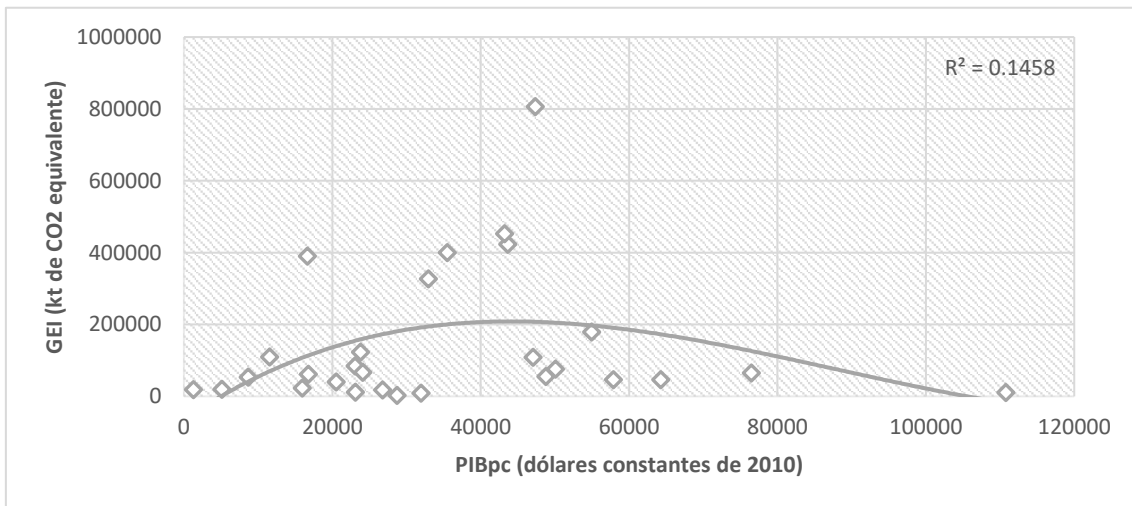
⁸ No Anexo I incluímos a Táboa 7, na que se mostran os datos mapeados nas Ilustracións das páxinas 35 e 36.

Gráfico 5: Diagrama de dispersión entre as emisións GEI e o PIBpc. UE-28, ano 1995.



Fonte: Elaboración propia.

Gráfico 6: Diagrama de dispersión entre as emisións GEI e o PIBpc. UE-28, ano 2018.



Fonte: Elaboración propia.

Onde a liña de tendencia representada correspóndese cunha ecuación polinómica de grao 3 (aproximación á regresión que faremos no seguinte apartado, no que empregaremos esta relación entre PIBpc e GEI).

Os gráficos, coma no caso dos mapas, reflexan a heteroxeneidade existente na relación que os países da UE-28 teñen entre o crecemento económico e o degradación ambiental. De feito, e atendendo ao R^2 (coeficiente de determinación), semella que esta relación é máis débil no ano 2018 que a que había no ano 1995. Será que na actualidade o crecemento económico é posible sen degradar o medio?

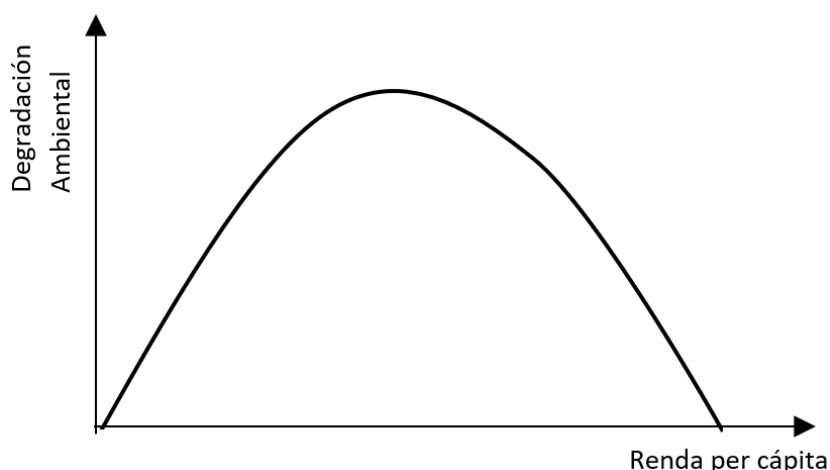
Á vista dos resultados tan heteroxéneos, tanto do mapeo realizado como dos diagramas de dispersión comentados, non parece existir un patrón dominante entre as economías estudadas. A pesar disto, debemos resaltar que estamos a analizar

dúas variables nos anos extremos do período estudado (1995 e 2018), isto é, non estamos a ter en conta as súas variacións ao longo do tempo. Para dilucidar se hai relación entre crecemento económico e cambio climático e se esta relación cambiou co paso do tempo, no apartado seguinte realizamos un modelo con datos de panel que nos axudará a contrastar a nosa hipótese nula.

4.3. Curva de Kuznets

Unha das relacións que establece a literatura entre cambio climático e crecemento económico plásmase na teoría da Curva Ambiental de Kuznets (*Environmental Kuznets Curve*, en diante EKC). Segundo esta, a relación existente entre ambas variables ten forma de U invertida, isto é, a curto prazo (ou en etapas do desenvolvemento precoces), a relación entre crecemento económico e degradación medioambiental é positiva e crecente. Chegado un determinado punto de inflexión, a demanda por parte das cidadás dunha maior calidade ambiental fará cambiar a relación entre as variables comentadas: será negativa e decrecente. Isto é, un aumento da renda do país fará reducir o impacto negativo sobre o medio. A representación da EKC mostrámola no Gráfico 7:

Gráfico 7: Representación teórica da Curva Ambiental de Kuznets.



Fonte: Elaboración propia.

Así pois, o obxectivo principal deste cuarto capítulo será estudar se a relación entre riqueza e degradación do medio é positiva, negativa⁹ ou se cambiou co paso do tempo en forma de U invertida, tal e como establece a EKC.

O obxectivo deste cuarto capítulo será verificar ou rexeitar a existencia da EKC entre os países comunitarios. Un dos primeiros estudos que comparte obxectivo co presente Traballo, data de 1993 e foi elaborado polo economista e contribuínte ao premio Nobel da Paz en 2007, Theodore Panayotou. No seu documento de traballo estuda a relación entre o crecemento económico, medido en termos de renda per

⁹ A relación negativa está conectada co concepto de “desacoplamento”, situación na que é posible o crecemento económico cunha protección do medio de maneira simultánea. No Anexo incluímos o Gráfico 10, que podería ser un reflexo, aínda que simple, da realidade actual da Unión Europea neste eido.

cápita, e a degradación do medio, medido a través de varios indicadores (deforestación, dióxido de xofre, óxidos de nitróxeno e partículas sólidas). A metodoloxía empregada neste *paper* foi un modelo de datos de panel de sección cruzada para finais da década dos 80 para unha mostra de países desenvolvidos e non desenvolvidos. Os seus resultados impiden o rexeitamento da existencia da EKC: *“environmental degradation tends to become worse before it comes better along a country’s development path”* (Panayotou, 1993, p. 21).

Dous anos despois, Grossman e Krueger contrastan a mesma hipótese modelizando a relación a través de datos de panel con efectos aleatorios e empregando como indicador de degradación do medio o dióxido de xofre e as partículas en suspensión pesadas. Nesta ocasión, o estudo baséase en datos da década dos 80, maioritariamente, e a mostra de países varía entre 22 e 42 países, en función do indicador analizado. As conclusións ás que se chegan coinciden coas de Panayotou: o crecemento económico leva consigo unha fase inicial de deterioro seguida dunha fase posterior de mellora do medio ambiente (Grossman e Krueger, 1995).

Outras investigacións apuntan a conclusións semellantes que as expostas ata o momento, mais hai outras que poñen o foco sobre a variable empregada como indicador de degradación medioambiental. Porén, algunhas probas apoian a visión que relaciona crecemento económico con mellora ambiental, mentres que outras refútana de maneira clara (Vallejo, 2006, Vaughnan e Block, 2002). Atopamos outros estudos que realizan fortes críticas á EKC na que se indican que, a pesares de haber investigacións que apoian a relación en forma de U invertida entre crecemento económico e degradación do medio, estas son “artificiais” por estar influenciadas por un enfoque “transfronteirizo” (Borghesi, 1999). En definitiva, este tipo de investigacións constitúen un pensamento optimista e pouco realista (Borghesi e Vercelli, 2003).

Como vemos, non existe un consenso dentro da comunidade científica sobre a existencia ou non da EKC. No apartado seguinte construiremos un modelo con datos de panel para o conxunto de países da UE-28 con datos de 1995 a 2018. Coa interpretación dos resultados, poderemos tomar unha postura no debate que hai aberto sobre a Curva Ambiental de Kuznets.

4.3.1. Aspectos metodolóxicos

Para contrastar a hipótese nula, seguiremos o modelo econométrico proposto por Arraes, Diniz e Diniz (2006) no que se establece a relación entre a variable dependente (indicador de degradación medioambiental) coa renda per cápita en forma de polinomio cúbico, do seguinte xeito:

$$CO2_{it} = \beta_0 + \beta_1 PIBpc_{it} + \beta_2 PIBpc_{it}^2 + \beta_3 PIBpc_{it}^3 + DR_{it} + \varepsilon_{it} \quad (2)$$

Onde $CO2_{it}$ fai referencia ás emisións de CO_2 para un país (i) nun ano determinado (t); o $PIBpc$ representa o PIB por persoa e DR é unha variable ficticia. Na investigación da que extraemos esta forma funcional inclúese unha variable *dummy* rexional para diferenciar aos países da África-Subsahariana. Neste Traballo realizaremos o modelo para os países da Unión Europea entre 1995 e 2018 (excepto que se indique outro período), polo que prescindiremos desta variable. Por outra banda como indicador de degradación do medio empregamos os diferentes GEI definidos como tal no PK. As variables que empregaremos no modelo mostrámolas na Táboa 2, con cadansúa definición e principais estatísticos descritivos:

Táboa 2: Variables empregadas nos modelo econométricos e estatísticos descritivos máis comúns.

Variable	Definición	Estatísticos descritivos	
GEI	Emisións de Gases Efecto Invernadoiro totais, en kilotoneladas de CO ₂ equivalente. Fonte: Banco Mundial.	Media	168.213,3
		Mediana	70020
		Valor máximo	1.083.880
		Valor mínimo	1.870
		Desviación	226.163,8
CO₂	Emisións de dióxido de carbono producidas durante o consumo de combustibles sólidos, líquidos e gasosos e a queima de gas, en kilotoneladas. Fonte: Banco Mundial.	Media	135.411,8
		Mediana	53.875
		Valor máximo	902.750
		Valor mínimo	1.350
		Desviación	187.075,7
CH₄	Emisións totais de metano, en miles de toneladas métricas de CO ₂ equivalente. Fonte: Banco Mundial.	Media	19.138,08
		Mediana	8,540
		Valor máximo	124.100
		Valor mínimo	180
		Desviación	24.879,39
N₂O	Emisións de óxido nitroso producidas pola queima de combustibles fósiles e biocombustibles, en miles de toneladas métricas de CO ₂ equivalente Fonte: Banco Mundial.	Media	1.157,86
		Mediana	510
		Valor máximo	5.960
		Valor mínimo	0
		Desviación	1.588,97
Outras	Outros gases efecto invernadoiro procedentes dos hidrofluorocarbonos, perfluorocarbonos e hexafluoruro de xofre, en miles de toneladas de CO ₂ equivalente Fonte: Banco Mundial.	Media	-1.875,29
		Mediana	-1.278,14
		Valor máximo	27.049,65
		Valor mínimo	-24.077,82
		Desviación	5.401,33
PIBpc	Produto Interior Bruto do país entre a súa poboación (PIB <i>per cápita</i>), en dólares constantes de 2010. Empregado como indicador de crecemento económico. Fonte: Banco Mundial.	Media	29.898,1
		Mediana	26.751,6
		Valor máximo	112.077,5
		Valor mínimo	460,8
		Desviación	21.136,48

Fonte: Elaboración propia.

O modelo, como xa adiantamos, será con datos de panel (todos os países da UE-28 entre o período 1995 e 2018). Existen dúas maneiras de proxectar modelos deste tipo: con efectos fixos ou aleatorios. Seguindo a explicación ofrecida por Wooldridge (2012), comecemos considerando que as variables que lle afectan á nosa variable dependente son de dous tipos, unhas constantes e outras que varían ao longo do tempo. Estimando por Mínimos Cadrados Ordinarios (MCO), temos:

$$y_{it} = \beta_1 x_{it} + a_i + u_{it} \quad t = 1, 2 \quad (3)$$

Onde i fai referencia ao país, t ao ano e a_i inclúe a todos os factores fixos non observados que inflúen sobre y_{it} . A cuestión relevante é a posibilidade de que exista algún tipo de relación entre o termo fixo a_i e as variables explicativas x , polo que, de estimar por MCO, obteríamos resultados sesgados. Para resolver este problema, debemos tratar de eliminar o termo a_i da estimación. Isto conséguese por dúas vías: aplicando primeiras diferenzas para $t=2$ (dous períodos) ou modelizando efectos fixos.

Mediante o primeiro método debemos escoller o primeiro e último ano do que temos rexistro, de tal maneira que a ecuación (3), aplicando primeiras diferenzas, quedaría:

$$\begin{aligned} y_{i1} &= \beta_0 + \beta_1 x_{i1} + a_i + u_{i1} \quad (t = 1) \\ y_{i2} &= \beta_0 + \beta_1 x_{i2} + a_i + u_{i2} \quad (t = 2) \\ (y_{i2} - y_{i1}) &= \beta_1 (x_{i2} - x_{i1}) + (u_{i2} - u_{i1}) \end{aligned} \quad (4)$$

Eliminando así o termo fixo a_i . A outra alternativa, efectos fixos, consiste en asumir un intercepto distinto para cada individuo. Consideramos, pois, a media ao longo do tempo das variables do modelo e restamos:

$$\begin{aligned} y_{it} &= \beta_1 x_{it} + a_i + u_{it} \\ \bar{y}_i &= \beta_1 \bar{x}_i + a_i + \bar{u}_i \\ y_{it} - \bar{y}_i &= \beta_1 (x_{it} - \bar{x}_i) + u_{it} - \bar{u}_i \end{aligned} \quad (5)$$

Mais, como sería a estimación se non supoñemos a correlación entre o termo fixo a_i e as variables explicativas x ? Neste caso, en lugar de estimar $y_{it} - \bar{y}_i$ como mostramos na ecuación (5), tomaríamos $y_{it} - \theta \bar{y}_{it}$, onde θ é estimada por Mínimos Cadrados Xeneralizados (MCX).

Por último, e para a interpretación dos coeficientes estimados, seguiremos a indicada por H. Catalán no seu artigo *La curva ambiental de Kuznets: implicaciones para un crecimiento sustentable* (2014):

- ⇒ $\beta_1 > 0$ e $\beta_2 = \beta_3 = 0$: relación linear e directa. O aumento do PIBpc fai incrementar as emisións GEI.
- ⇒ $\beta_1 < 0$ e $\beta_2 = \beta_3 = 0$: relación linear e inversa. O aumento do PIBpc fai diminuír as emisións GEI.
- ⇒ $\beta_1 > 0$, $\beta_2 < 0$ e $\beta_3 = 0$: relación de U invertida.
- ⇒ $\beta_1 > 0$, $\beta_2 < 0$ e $\beta_3 > 0$: relación en forma de N aberta. Un maior PIBpc non se traduce nunha mellora ambiental.

4.3.2. Modelo econométrico e resultados

Como imos traballar con series de tempo, e para que a regresión non sexa espuria, debemos traballar con series estacionarias. Isto implica que as series sexan constantes en media e varianza. De non selo, debemos realizar axustes nas series para que efectivamente o sexan (se as variables en niveis non son estacionarias, debemos integralas e, neste caso, é necesario que as series sexan integradas da mesma orde¹⁰).

Para saber se a variables que empregaremos como degradación do medio e o PIB por persoa son variables estacionarias, realizamos o test ADF (*Aumented Dickey-Fuller*). Esta proba sérvenos para saber se as variables teñen unha raíz unitaria, aínda que tamén é útil para contrastar a estacionariedade das series. A hipótese nula é a non estacionariedade das series (existencia dunha raíz unitaria); a regra de decisión será de rexeitamento da hipótese no caso de que o estatístico de contraste sexa inferior ao valor crítico para un nivel de significación do $\alpha=5\%$. Na Táboa 3 mostramos o resultado do Test realizado para as variables que incluiremos na nosa análise econométrica. Diferenciamos entre as variables en niveis e en primeiras diferenzas.

Táboa 3: Resultados do Test ADF para as variables do modelo en niveis e primeiras diferenzas.

	En niveis		En primeiras diferenzas	
	Valor crítico	Estatístico de contraste	Valor crítico	Estatístico de contraste
GEI	-1,81	-1,12	-1,81	-5,27
CO₂	-1,81	-1,26	-1,81	-5,27
N₂O	-1,81	-1,83 *	-1,81	-5,32
CH₄	-1,81	-1,65	-1,81	-4,37
Outras	-1,81	-1,40	-1,81	-4,67
PIBpc	-1,81	-0,84	-1,81	-3,26

Fonte: Elaboración propia.

Só temos un caso no que o test ADF nos permite rexeitar a hipótese nula: a variable óxido nítrico é estacionaria se a tomamos en niveis para un nivel de significación do 5%, mais, como existe pouca diferenza entre o estatístico de contraste e o valor crítico, se restrinximos o nivel de significación ao 1%, o resultado do contraste é igual que para o resto de variables. Como non podemos rexeitar a hipótese nula de que as variables en niveis non son estacionarias, aplicamos primeiras diferenzas e atopamos que, coa integración de primeiro orde, podemos rexeitar a hipótese nula do contraste para todas as variables. Coincidindo a orde de integración I(1) entre variables

¹⁰ Que o PIBpc e os GEI deban ter a mesma orde de integración implica que, aplicando o mesmo número de diferenzas en ambas series, logramos que sexan estacionarias.

explicadas e explicativa¹¹, empregaremos as primeiras diferenzas das mesmas para elaborar o modelo econométrico.

Na Táboa 4 mostramos os resultados do modelo con efectos fixos para as diferentes variables tomadas como degradación medioambiental (entre paréntese mostramos o p-valor asociado á nulidade individual¹² da variable en cuestión).

Táboa 4: Resultados dos modelos econométricos con efectos fixos.

	Constante	D(PIBpc)	D(PIBpc ²)	D(PIBpc ³)	R ²
D(GEI)	-2.597,94 (1,48·10 ⁻¹⁰)	4,7133 (0,0005)	-5,26·10 ⁻⁵ (0,0231)	1,98·10 ⁻¹⁰ (0,09)	0,1392
D(CO2)	-2.074,82 (1,16·10 ⁻⁷)	4,4656 (0,0007)	-4,89·10 ⁻⁵ (0,0296)	1,77·10 ⁻¹⁰ (0,1178)	0,0855
D(CH4)	-370,49 (1,22·10 ⁻³¹)	0,0860 (0,3934)	-9,35·10 ⁻⁷ (0,5899)	3,44·10 ⁻¹² (0,6936)	0,00
D(N2O)	-11,81 (0,0032)	0,03358 (0,0129)	-3,78·10 ⁻⁷ (0,1030)	1,42·10 ⁻¹² (0,2251)	0,045
D(Outras)	244,06 (0,0157)	-0,5863 (0,0869)	6,43·10 ⁻⁶ (0,2768)	-2,55·10 ⁻¹¹ (0,3894)	0,0432

Fonte: Elaboración propia.

Á vista dos resultados da táboa anterior, podemos descartar o modelo onde escollemos como variable de degradación do medio as emisións de metano. Isto é así porque os p-valores asociados ás variables predeterminadas son superiores ao nivel de significación do 0,05 e, en consecuencia, os regresores non son estatisticamente significativos á para as emisións de CH₄.

Por outra banda, no caso das emisións de GEI, o parámetro asociado á variable D(PIBpc) é positivo, o seu cadrado negativo e o parámetro estatisticamente distinto de 0¹³. Ocorre o mesmo para os modelos onde a variable escollida como degradación do medio son as emisións de dióxido de carbono (D(CO₂)), óxido nitroso (D(N₂O)) e as demais emisións de gases efecto invernadoiro (D(Outras)). Atendendo unicamente aos signos dos estimadores e á interpretación que debe facerse dos mesmos segundo Catalán (2014), semella que a curva ambiental de Kuznets existe para as emisións (a renda por cabeza ao cubo non é significativa en ningunha das estimacións). Aínda así, esta afirmación debe tomarse con cautela, xa que os valores dos coeficientes de determinación non son elevados, o que implica que o noso modelo non é o mellor que poderíamos obter¹⁴.

¹¹ Esta afirmación está avalada polas funcións de autocorrelación e autocorrelación parcial representadas no Anexo I nas páxinas 56-58.

¹² A hipótese nula é a nulidade do regresor ($\beta=0$); non aceptamos a nulidade cando o p-valor asociado sexa inferior ao nivel de significación escollido ($\alpha=5\%$, a menos que se indique o contrario).

¹³ Nótese que, no caso de D(PIBpc²), o valor estimado do regresando é de $-5,26 \cdot 10^{-5}$, mais como a variable GEI está expresada en kilotoneladas, estamos a referirnos a unha redución de 52.600 quilos.

¹⁴ O coeficiente de determinación (R^2) indica a porcentaxe de variacións sufridas pola variable endóxena que están explicadas polas variables predeterminadas. Un R^2 baixo pode ser froito da falta de variables no modelo que axuden a dar explicación á variable endóxena.

Supoñamos agora que non existe correlación entre o termo fixo a_i e as variables explicativas. Os resultados para o modelo con efectos aleatorios mostrámoslos na Táboa 5:

Táboa 5: Resultados dos modelos econométricos con efectos aleatorios.

	D(Constante)	D(PIBpc)	D(PIBpc²)	D(PIBpc³)
D(GEI)	-2.574,88 (3,57·10 ⁻⁵)	4,4371 (0,0005)	-4,8162·10 ⁻⁵ (0,0281)	1,79·10 ⁻¹⁰ (0,1057)
D(CO₂)	-2.019,87 (4,71·10 ⁻⁶)	3,9593 (0,0009)	-4,11·10 ⁻⁵ (0,0418)	1,47·10 ⁻¹⁰ (0,1538)
D(CH₄)	-370,78 (0,0126)	0,0851 (0,3948)	-9,08·10 ⁻⁷ (0,598)	3,33·10 ⁻¹² (0,7016)
D(N₂O)	-11,22 (0,0042)	0,0265 (0,0252)	-2,55·10 ⁻⁷ (0,2001)	8,64·10 ⁻¹³ (0,3974)
D(Outras)	250,84 (0,011)	-0,5911 (0,0511)	6,30·10 ⁻⁶ (0,2218)	-2,51·10 ⁻¹¹ (0,3369)

Fonte: Elaboración propia.

Como no caso anterior, o modelo para o metano presenta uns regresores non significativos, polo que non podemos realizar afirmacións sobre a EKC tomando como degradación do medio o CH₄. Por outra banda, entre os resultados para os modelos de óxido nitroso e outras emisións GEI, atopamos unha diferenza respecto ao modelo con efectos fixos: a variable PIBpc² non é significativa. Tendo isto en conta, estamos ante a primeira das situacións sinaladas por Catalán (2014): existe unha relación linear directa entre emisións e crecemento económico. Para os modelos referidos ás emisións GEI e CO₂ os resultados non varían respecto do modelo con efectos fixos: a EKC semella existir.

Para determinar cal é o modelo que mellor recolle a relación entre degradación do medio e crecemento económico, realizamos o Test de Hausman, que establece como hipótese nula a non consistencia dos estimadores MCX (referidos ao modelo con efectos aleatorios). De rexeitar a súa consistencia, escolleremos aquel modelo que inclúa efectos fixos na súa formulación. Os p-valores asociados ao test mostrámoslos na Táboa 6.

Táboa 6: p-valores asociados ao Test de Hausman.

	p-valor
GEI	0,74
CO₂	0,690
CH₄	0,937
N₂O	0,722
Outras	0,917

Fonte: Elaboración propia.

Existe homoxeneidade nos resultados: podemos concluír que os estimadores Mínimo Cadrado Xeneralizados son consistentes para un α do 0,05. En consecuencia, podemos afirmar que non existe correlación entre o termo fixo a_i e as variables explicativas incluídas nos modelos. O modelo de datos de panel con efectos aleatorios é o que mellor recolle a relación entre a degradación do medio e o crecemento económico.

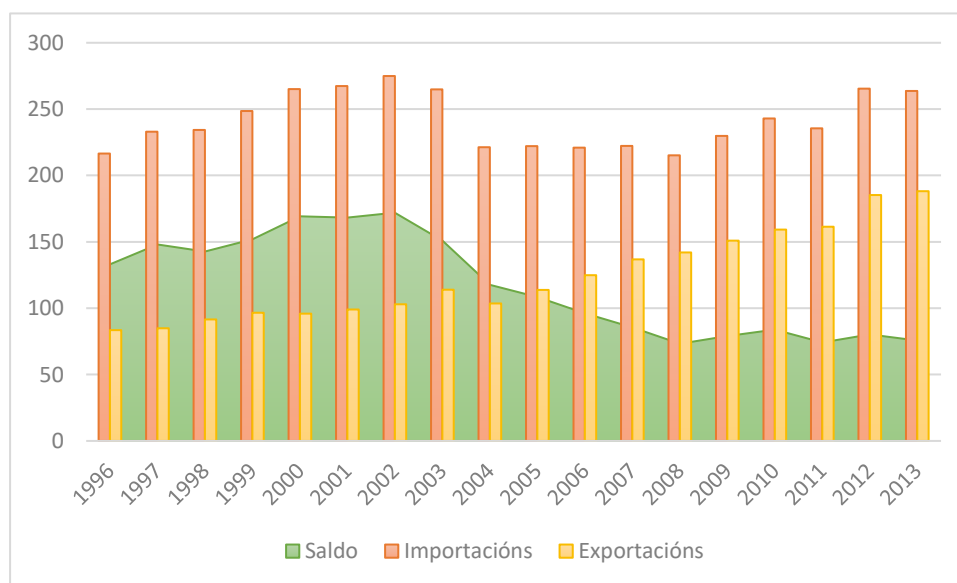
4.3.3. O balance comercial físico

Aínda que para os modelos nos que consideramos como “degradación medioambiental” as emisións de N_2O e outras, os resultados non avalaron a hipótese da EKC (por fallas de significatividade individual dos regresores), si que obtivemos unha primeira aproximación da existencia desta curva para a totalidade de GEI e para o dióxido de carbono. É relevante destacar unha das afirmacións feitas por Grossman e Krueger (1995) no estudo mencionado anteriormente: *“it is possible that downward sloping and inverted U-shaped patterns might arise because, as countries develop, they cease to produce certain pollution-intensive goods, and begin instead to import these products from other countries with less restrictive environmental protection laws”*. Así pois, é posible que os países da Unión Europea reduzan as súas emisións GEI a costa de importar produtos intensivos en carbono doutros países? Isto analizáremolo, aínda que de forma breve, a través do Balance Comercial Físico (BCF).

O BCF parte da contabilidade dos fluxos materiais, a través da cal se cuantifica o intercambio físico de materiais das economías nacionais co medio ambiente (Vallejo, 2006). A través desta contabilidade, podemos analizar as relacións comerciais a nivel internacional, isto é, as importacións e exportacións non dos produtos en si mesmos, senón da cantidade de recursos naturais involucrados no proceso de elaboración de ditos bens. Nesta análise as importacións fan referencia ao uso de recursos alleos ao propio país, mentres que as exportacións involucran aos recursos do propio país, pero empregados noutras nacións. Así pois, a diferenza entre importacións e exportacións constitúe o Balance Comercial Físico no que un saldo positivo fai referencia ao uso de recursos naturais alleos ao propio país (importación de bens elaborados con recursos doutras nacións).

Para esta análise escollemos unha mostra de nove países desenvolvidos e outros nove en vías de desenvolvemento. Debido a que esta é unha análise complementaria á econométrica, decidimos mostrar só os resultados para un país de cada grupo, mais as conclusións poden extrapolarse para, polo menos, a mostra analizada (ver páxinas 56-56).

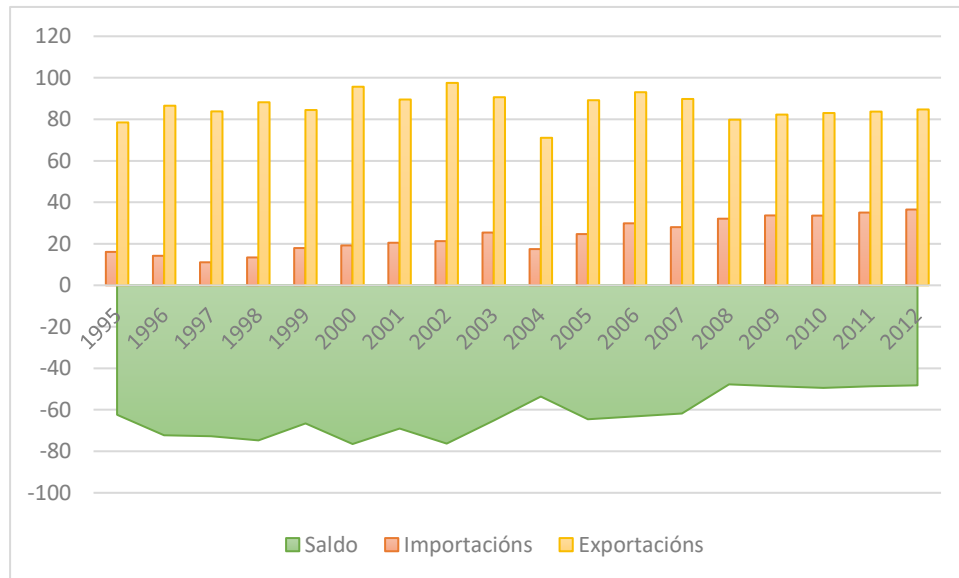
Gráfico 8: Balance Comercial Físico de España, 1996-2013.



Fonte: Elaboración propia a partir de datos da OECD Statistics.

No gráfico mostramos as importacións e exportacións de recursos naturais para España, en toneladas. Como dixemos anteriormente, o caso de España é representativo para a mostra escollida dos países desenvolvidos. O seu BCF positivo implica o uso de máis recursos alleos que propios: o maior desenvolvemento do país implica ser importador neto de recursos doutros países.

Gráfico 9: Balance Comercial Físico de Argentina, 1995-2012.



Fonte: Elaboración propia a partir de datos da OECD Statistics.

O comentario para os países en vías de desenvolvemento, que aquí mostramos a través da BCF de Argentina, é igual que o de España pero en sentido inverso. O menor desenvolvemento do país implica unha BCF negativa (ou positiva, coma nos casos de Antiga e Barbuda (Gráfico 26) ou Senegal (Gráfico 28), mais cun saldo significativamente inferior aos países desenvolvidos da mostra) ou, o que é o mesmo, ser exportador neto de recursos naturais.

En definitiva debemos indicar que unha redución das emisións dos países da UE non implica necesariamente o consumo de produtos máis respectuosos co medio. Como acabamos de ver, aínda que de forma breve e simple, os países desenvolvidos poden deslocalizar a produción de bens cara outras economías, de tal maneira que o impacto medioambiental non se rexistra nas estatísticas empregadas na análise da Curva de Kuznets.

*Los científicos pueden plantear los problemas que
afectarán al medio ambiente con base en la evidencia
disponible, pero su solución no es responsabilidad de
los científicos, es de toda la sociedad.*

Mario Molina, premio Nobel en 1995.

5. Conclusións

As conclusións que podemos extraer do estudo realizado poden dividirse en dous apartados diferentes: a falta de compromisos e dificultade de adopción de medidas e obxectivos a nivel internacional e o desacoplamento entre crecemento económico e degradación do medio.

Por unha banda, constatamos a necesidade de acordos multilaterais que abrangan á maior parte dos países do mundo, se non a todos. Tralo repaso polas COP, observamos que estes acordos son tan necesarios como conflictivos. Isto último refléxase tanto para a adopción de medidas como para a súa redacción (recordemos a agarra entre “darlle a benvida” ao AR5 ou “tomar nota” do mesmo por parte dalgúns países que rexeitaban as conclusións do informe do IPCC). As elevadas e diferentes dificultades para asinar acordos xuridicamente vinculables poden exemplificarse no Protocolo de Kioto e a ausencia de países como a China ou Estados Unidos, as economías máis contaminantes do mundo. Tamén vimos dificultades para a aprobación da Emenda de Doha, para a que se logran os apoios necesarios, curiosamente, o ano no que rematan os seus compromisos. O máis esperanzador pacto na loita contra o cambio climático é o Acordo de París, cuxa recente aprobación nos impide medir o seu grao de cumprimento.

Xa dentro da análise cuantitativa, atopamos que, entre os países obxecto de estudo na Identidade de Kaya, só a Unión Europea e Rusia lograron reducir as súas emisións. Os demais países (excepto a India), incrementáronas en menor medida que a súa renda per cápita, sendo a intensidade enerxética o factor que máis contribuíu na obtención destes resultados. Esta evolución de emisións e renda per cápita lévanos a pensar que pode existir o proceso coñecido como desacoplamento ou *decoupling*, a través do cal o crecemento do produto desvincúlase da degradación do medio.

Para estudar a evolución da degradación do medio e o crecemento económico, contrastamos a existencia da Curva Ambiental de Kuznets con varios modelos con datos de panel. Estes reflexaron que, dependendo da variable escollida como “degradación ambiental”, esta teoría verificase ou non. Tralo contraste de Hausman, determinamos que os modelos con efectos aleatorios son os que mellor recollen esta relación; os peores resultados obtivéronse para as emisións de metano, para as que ningún dos regresores (renda per cápita) resultou ser estatisticamente distinto de 0. Noutro caso, para as emisións de óxido nítrico e outras emisións GEI (nas que incluimos os hidrofluorocarbonos, perfluorocarbonos e o hexafluoruro de xofre) obtivemos unha relación positiva coa renda per cápita. A EKC, polo tanto, non se verifica nestes modelos. Os resultados foron distintos tendo en conta todas as emisións GEI e, de maneira individual, o dióxido de carbono. Nestes dous últimos casos, semella existir unha relación en forma de U invertida entre crecemento económico e degradación ambiental, o que nos leva a pensar, de novo, no fenómeno do desacoplamento.

Froito dos resultados obtidos na Identidade de Kaya e nos modelos econométricos, estudamos se este vestixio do desacoplamento é consecuencia dunha produción máis respectuosa ou por un aproveitamento dos recursos doutras economías. Co Balance Comercial Físico despréndense indicios de deslocalización da produción por parte dos países comunitarios, o que podería favorecer os resultados obtidos na análise cuantitativa.

Sendo conscientes da baixa bondade de axuste que presentan os modelos que aquí presentamos, para futuras investigacións sería convinte incluír outras variables predeterminadas que axuden a explicar a evolución das emisións (como o consumo de combustibles fósiles, por exemplo).

Por outra banda, aínda que albiscamos que o desacoplamento entre crecemento económico e degradación do medio podería existir, é recomendable profundar no estudo da balanza comercial física. É relevante identificar se este desacoplamento é froito dun cambio das tecnoloxías empregadas (máis verdes e respectuosas), pola fase de crecemento na que se sitúan os países da UE-28, ou é causante da degradación do medio noutros territorios sen que isto último teña o seu reflexo nas estatísticas oficiais de cada país.

6. Bibliografía

- Álcantara, V. E Padilla, E. (2005). Análisis de las emisiones de CO₂ y sus factores explicativos en las diferentes áreas del mundo. *Universitat Autònoma de Barcelona*, Working Paper WEP 2-22/WP.238. Recuperado de <https://www.ecap.uab.es/repec/doc/wpdea0507.pdf>
- Arraes, R.A., Diniz, M.B., Diniz, M.J. (2006). Curva ambiental de Kuznets e desenvolvimento econômico sustentável. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, Vol.44(3), 525-547. Recuperado de <https://www.scielo.br/j/resr/a/VTQFr3CYHxrDGYbbRQd3sFR/?lang=pt&format=pdf>
- Borghesi, S. (1999). The Environmental Kuznets Curve: A survey of the literature. *European University Institute*. Recuperado de https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=200556
- Borghesi, S. e Vercelli, A. (2003). Sustainable globalization. *Ecological Economics* Vol.44(1), 77-89. Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0921800902002227>
- Catalán, H. (2014). Curva ambiental de Kuznets: implicaciones para un crecimiento sustentable. *Economía Informa*, Vol.389, 19-37. Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0185084914721723>
- Climate Change Performance Index. (2021). Results. Climate Mitigation Efforts of 57 Countries plus the EU. Covering 90% of the Global Greenhouse Gas Emissions. Recuperado de <https://ccpi.org/download/the-climate-change-performance-index-2021>
- Coase, R.H. (1960). The problem of social cost. *The Journal of Law Economics*, Vol.3, 1-44. Recuperado de <https://www.law.uchicago.edu/files/file/coase-problem.pdf>
- Comisión Europea. (s.d.). Negociaciones sobre el clima. Recuperado de https://ec.europa.eu/clima/policies/international/negotiations_es
- Deutch, John. (2017). Decoupling Economic Growth and Carbon Emissions. *Joule*, Vol. 1 (1), 3-5. Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2542435117300363>
- Eurostat. (2021). Greenhouse gas emission statistics – carbon footprints. Recuperado de https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Greenhouse_gas_emission_statistics_-_carbon_footprints#Carbon_dioxide_emissions_associated_with_EU_production
- Greenpeace. (2010). La cumbre y el acuerdo de Copenhague. Preguntas frecuentes sobre el acuerdo de Copenhague [Arquivo PDF]. Recuperado de <http://archivo-es.greenpeace.org/espana/Global/espana/report/other/100215.pdf>

- Greenpeace. (2020, 1 de abril). El retraso de la cumbre anual del clima de la ONU no debe detener la acción climática de los países [Comunicado de prensa]. Recuperado de <https://es.greenpeace.org/es/sala-de-prensa/comunicados/el-retraso-de-la-cumbre-anual-del-clima-de-la-onu-no-debe-detener-la-accion-climatica-de-los-paises/>
- Grossman, G.M. e Krueger, A.B. (1995). Economic Growth and Environment. *The Quarterly Journal of Economics*, Vol.110(2), 353-377. Recuperado de <https://www.jstor.org/stable/2118443>
- Intergovernmental Panel on Climate Change. (1990). Climate Change: The IPCC Scientific Assessment. Report prepared for Intergovernmental Panel on Climate Change by Working Group I. Recuperado de <https://archive.ipcc.ch/ipccreports/far/wg I/ipcc far wg I full report.pdf>
- Intergovernmental Panel on Climate Change. (1995). Climate Change 1995: Economic and Social Dimensions of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Recuperado de <https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/ipcc sar wg III full report.pdf>
- Intergovernmental Panel on Climate Change. (2007). Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Recuperado de <https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/ar4 wg2 full report.pdf>
- Intergovernmental Panel on Climate Change. (2013). Cambio Climático 2013: Bases Físicas, Resumen para responsables de políticas. Contribución del grupo de trabajo I al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. Recuperado de <https://archive.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg1/WG1AR5 SPM brochure es.pdf>
- Intergovernmental Panel on Climate Change. (2014). Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Recuperado de <https://archive.ipcc.ch/report/ar5/syr/>
- Kaya, Y., Yokobori, K. (1997). Environment, energy and economy: Strategies for Sustainability. Tokio: United Nations University
- LatinClima. (2018). Arabia Saudita, Kuwait, Rusia y Estados Unidos impiden consenso para adopción del reporte del IPCC sobre 1,5°C y 2°C en COP24. Recuperado de <https://latinclima.org/articulos/arabia-saudita-kuwait-rusia-y-estados-unidos-impiden-consenso-para-adopcion-del-reporte>
- Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. (2016). Cambio Climático: Informe de síntesis. Guía resumida del quinto informe de evaluación del IPCC. Recuperado de <https://www.miteco.gob.es/es/ceneam/recursos/mini-portales-tematicos/guia-sintesis-resumida tcm30-376937.pdf>

- Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. (s.d.). Protocolo de Kioto. Recuperado de <https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/el-proceso-internacional-de-lucha-contra-el-cambio-climatico/naciones-unidas/protocolo-kioto.aspx>
- Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. (s.d.). Principales elementos del Acuerdo de París. Recuperado de <https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/el-proceso-internacional-de-lucha-contra-el-cambio-climatico/naciones-unidas/elmentos-acuerdo-paris.aspx>
- Naciones Unidas. (1985). Convenio de Viena para la Protección de la Capa de Ozono. Recuperado de https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/conveniodevienapnuma2001_tcm30-430642.pdf
- Naciones Unidas. (1992). Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Recuperado de <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/convsp.pdf>
- Naciones Unidas. (1998). Protocolo de Kyoto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Recuperado de <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpspan.pdf>
- Naciones Unidas. (2012). Doha Amendment to the Kyoto Protocol. Recuperado de <https://treaties.un.org/doc/Publication/CN/2012/CN.718.2012-Eng.pdf>
- Naciones Unidas. (2015). Informe de la Conferencia de las Partes sobre su 21^{er} período de sesiones, celebrado en París del 30 de noviembre al 13 de diciembre de 2015. Recuperado de <https://unfccc.int/es/node/9097>
- Naciones Unidas. (2017). Género y Cambio climático. Proyecto de conclusiones propuesto por la Presidencia. Recomendación del Órgano Subsidiario de Ejecución. Recuperado de <https://unfccc.int/sites/default/files/resource/docs/2017/sbi/spa/l29s.pdf>
- Nordhaus, W. (2019). El casino del clima. Barcelona: Planeta.
- Organización Mundial de la Salud. (2002). Informe sobre la salud en el mundo, 2002: reducir los riesgos y promover una vida sana. Recuperado de https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/42557/WHO_2002_spa.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Organización Mundial de la Salud. (2014). Quantitative risk assessment of the effects of climate change on selected causes of death, 2030s and 2050s. Recuperado de https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/134014/9789241507691_eng.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Panayotou, T. (1993). Empirical Test and Policy Analysis of Environmental Degradation at Different Stages of Economic Development. *International Labour Office, Working Paper* N°238. Recuperado de http://www.ilo.org/public/libdoc/ilo/1993/93B09_31_engl.pdf

- Pigou, A.C. (1920). *The Economics of Welfare*. Londres: Palgrave Macmillan.
- Stavins, R. (1997). Policy Instruments for Climate Change: How can national governments address a global problem? *University of Chicago Legal Forum*. Vol. 1997 (10), 293-329. Recuperado de <https://chicagounbound.uchicago.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1230&context=uclf>
- Stern, N. (2007). *El Informe Stern. La verdad del cambio climático*. Barcelona: Ediciones Paidós Ibérica.
- Unión Europea. Directiva (UE) 2004/35/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 21 de abril de 2004 sobre responsabilidad medioambiental en relación con la prevención y reparación de daños medioambientales. Diario Oficial de la Unión Europea L 143, 30 de abril de 2004, 56-75.
- United Nations Environment Programme. (2011). *Towards a Green Economy. Pathways to Sustainable Development and Poverty Eradication. A Synthesis for Policy Makers*. Recuperado de https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/126GER_synthesis_en.pdf
- Vallejo, M.C. (2006). *La estructura biofísica de la economía ecuatoriana: el comercio exterior y los flujos ocultos del banano* [Tese de Mestrado en Economía, Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales]. Recuperado de https://digitalrepository.unm.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1059&context=abya_yala
- Vaughan, S. e Block, G. (2002). *El libre comercio y el medio ambiente: la imagen se aclara*. Recuperado de <http://www3.cec.org/islandora/es/item/1871-free-trade-andenvironment-picture-becomes-clearer>
- Wooldridge, J. (2012). *Introductory Econometrics: A Modern Approach*. South-Western College Publishing.
- Wiedmann, T. e Minx, J. (2008). A definition of “Carbon Footprint”. En C. Pertsova (Ed.), *Ecological Economics Research Trends* (Capítulo 1, 1-11), Nova Science Publishers. Recuperado de <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.467.6821&rep=rep1&type=pdf>

Anexo

Táboa 7: Variacións relativas do PIBpc e dos GEI emitidos entre 1995 e 2018, UE-28.

País	PIBpc	GEI	País	PIBpc	GEI
Alemaña	36.01%	-23.65%	Grecia	16.76%	-19.23%
Austria	36.99%	-2.83%	Hungría	87.21%	-16.15%
Bélxica	35.27%	-20.68%	Irlanda	157.64%	7.91%
Bulgaria	102.53%	-24.99%	Italia	7.97%	-19.92%
República Checa	75.46%	-17.63%	Letonia	215.96%	-10.45%
Chipre	37.87%	27.03%	Lituania	232.95%	-16.71%
Croacia	85.30%	-11.43%	Luxemburgo	48.04%	6.68%
Dinamarca	30.84%	-39.46%	Malta	119.45%	-22.14%
República Eslovaca	134.97%	-22.59%	Países Baixos	41.93%	-18.56%
Eslovenia	76.73%	-5.24%	Polonia	154.21%	-7.59%
España	38.81%	7.78%	Portugal	33.37%	0.26%
Estonia	176.40%	-2.92%	Romanía	135.39%	-36.60%
Finlandia	52.80%	-22.21%	Reino Unido	41.34%	-36.64%
Francia	28.64%	-14.82%	Suecia	52.92%	-36.43%

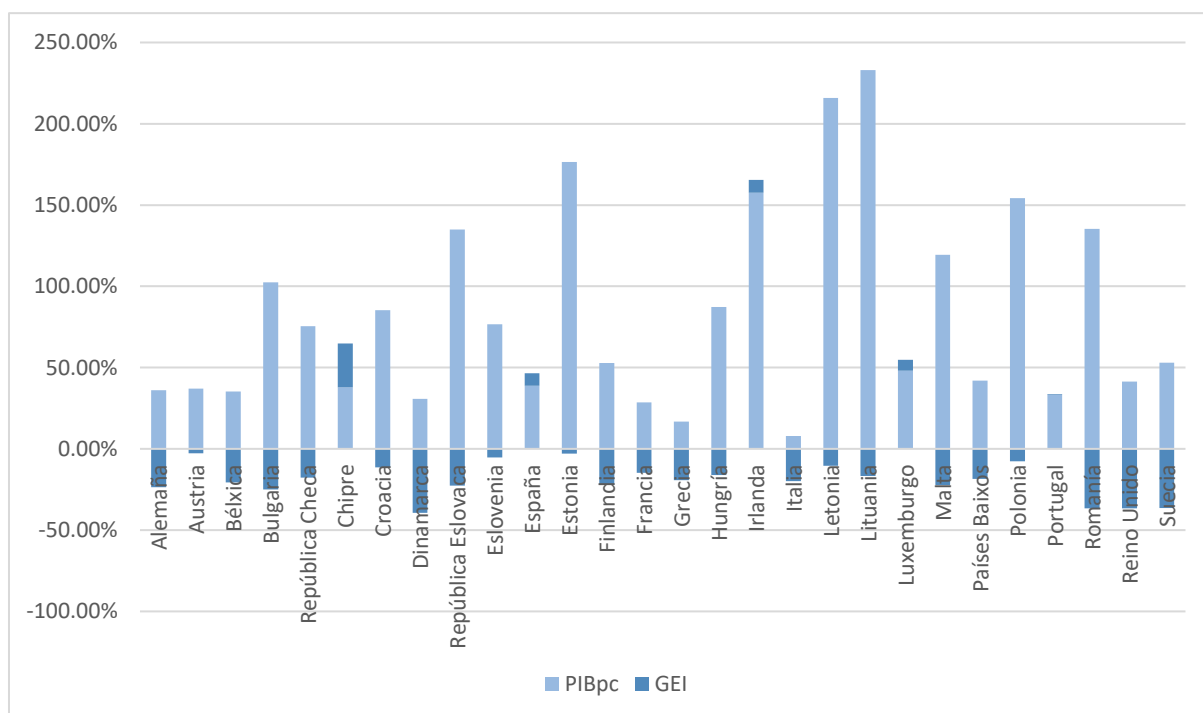
Fonte: Elaboración propia a partir de datos do Banco Mundial.

Táboa 8: Factores da Identidade de Kaya. Porcentaxe de variación entre 1990 e 2010.

	Intensidade enerxética	Intensidade de carbonización	PIBpc anual	Poboación	CO ₂
Membros OCDE	-33.27%	9.25%	31.56%	16.70%	11.94%
Unión Europea	-29.36%	-10.43%	35.83%	5.01%	-9.76%
China	-65.34%	52.93%	523.96%	17.84%	289.75%
Xapón	-9.58%	-3.44%	16.84%	3.72%	5.81%
Estados Unidos	-43.95%	19.24%	34.41%	23.92%	11.31%
España	-27.11%	7.37%	35.49%	19.84%	27.08%
India	-51.40%	84.54%	133.57%	41.34%	196.07%
Federación de Rusia	-24.68%	-9.84%	11.54%	-3.46%	-26.87%

Fonte: Elaboración propia.

Gráfico 10: Desacoplamento entre crecemento económico e degradación do medio entre os países da UE-28, crecemento relativo entre 1995 e 2018.



Fonte: Elaboración propia.

Gráfico 11: Correlograma da serie "Gases Efecto Invernadero" en niveis e en primeiras diferenzas.

Sample: 1995 2018
Included observations: 646

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob
		1 0.937	0.937	570.02	0.000
		2 0.877	-0.013	1069.7	0.000
		3 0.818	-0.019	1505.1	0.000
		4 0.761	-0.016	1882.6	0.000
		5 0.705	-0.020	2207.6	0.000
		6 0.649	-0.038	2483.2	0.000
		7 0.592	-0.037	2713.1	0.000
		8 0.541	0.006	2905.0	0.000
		9 0.490	-0.024	3062.9	0.000
		10 0.440	-0.027	3190.6	0.000
		11 0.391	-0.031	3291.3	0.000
		12 0.347	0.009	3370.6	0.000

Sample: 1995 2018
Included observations: 595

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob
		1 -0.042	-0.042	1.0533	0.305
		2 0.251	0.249	38.670	0.000
		3 0.100	0.126	44.653	0.000
		4 0.025	-0.030	45.016	0.000
		5 0.224	0.181	75.154	0.000
		6 -0.005	0.006	75.172	0.000
		7 0.191	0.103	97.134	0.000
		8 -0.055	-0.084	98.938	0.000
		9 0.073	0.001	102.21	0.000
		10 0.091	0.071	107.20	0.000
		11 -0.011	-0.011	107.27	0.000
		12 0.127	0.038	117.17	0.000

Fonte: Elaboración propia.

Gráfico 12: Correlograma da serie "Dióxido de Carbono - CO2" en niveis e en primeiras diferenzas.

Sample: 1995 2018
Included observations: 646

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob
		1 0.940	0.940	572.98	0.000
		2 0.882	-0.011	1078.2	0.000
		3 0.825	-0.019	1521.1	0.000
		4 0.769	-0.020	1907.1	0.000
		5 0.715	-0.020	2241.1	0.000
		6 0.660	-0.041	2525.9	0.000
		7 0.604	-0.038	2764.8	0.000
		8 0.553	0.010	2965.7	0.000
		9 0.504	-0.021	3132.6	0.000
		10 0.456	-0.023	3269.2	0.000
		11 0.407	-0.035	3378.3	0.000
		12 0.362	0.000	3465.0	0.000

Sample: 1995 2018
Included observations: 595

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob
		1 -0.138	-0.138	11.375	0.001
		2 0.236	0.221	44.744	0.000
		3 0.066	0.131	47.390	0.000
		4 -0.019	-0.052	47.611	0.000
		5 0.201	0.159	71.946	0.000
		6 -0.064	-0.013	74.442	0.000
		7 0.163	0.083	90.529	0.000
		8 -0.099	-0.092	96.490	0.000
		9 0.021	-0.044	96.761	0.000
		10 0.059	0.053	98.842	0.000
		11 -0.072	-0.029	101.98	0.000
		12 0.113	0.040	109.75	0.000

Fonte: Elaboración propia.

Gráfico 13: Correlograma da serie "Metano - CH4" en niveis e en primeiras diferenzas.

Sample: 1995 2018
Included observations: 646

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob
		1 0.926	0.926	556.01	0.000
		2 0.856	-0.007	1031.9	0.000
		3 0.788	-0.023	1436.0	0.000
		4 0.722	-0.019	1776.3	0.000
		5 0.657	-0.035	2058.6	0.000
		6 0.593	-0.034	2288.5	0.000
		7 0.530	-0.031	2472.4	0.000
		8 0.471	-0.010	2618.0	0.000
		9 0.414	-0.026	2730.5	0.000
		10 0.359	-0.025	2815.2	0.000
		11 0.306	-0.020	2877.1	0.000
		12 0.265	0.042	2923.5	0.000

Sample: 1995 2018
Included observations: 547

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob
		1 -0.491	-0.491	132.70	0.000
		2 0.104	-0.182	138.61	0.000
		3 -0.069	-0.134	141.27	0.000
		4 0.026	-0.076	141.65	0.000
		5 0.096	0.104	146.80	0.000
		6 -0.078	0.040	150.22	0.000
		7 0.069	0.080	152.88	0.000
		8 -0.131	-0.080	162.47	0.000
		9 0.106	-0.011	168.78	0.000
		10 -0.031	-0.000	169.31	0.000
		11 0.007	-0.004	169.34	0.000
		12 -0.044	-0.056	170.44	0.000

Fonte: Elaboración propia.

Gráfico 14: Correlograma da serie "Óxido nítrico - N2O" en niveis e en primeiras diferenzas.

Sample: 1995 2018
Included observations: 646

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob	
		1	0.928	0.928	558.44	0.000
		2	0.858	-0.016	1037.2	0.000
		3	0.790	-0.027	1443.8	0.000
		4	0.723	-0.031	1784.7	0.000
		5	0.659	-0.017	2068.3	0.000
		6	0.595	-0.038	2299.6	0.000
		7	0.531	-0.040	2484.0	0.000
		8	0.477	0.036	2633.3	0.000
		9	0.426	-0.016	2752.5	0.000
		10	0.377	-0.022	2845.9	0.000
		11	0.327	-0.037	2916.5	0.000
		12	0.284	0.014	2969.9	0.000

Sample: 1995 2018
Included observations: 595

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob	
		1	-0.043	-0.043	1.1031	0.294
		2	0.050	0.048	2.6003	0.272
		3	-0.048	-0.044	3.9712	0.265
		4	-0.068	-0.075	6.7781	0.148
		5	0.088	0.088	11.475	0.043
		6	-0.042	-0.031	12.562	0.051
		7	0.078	0.060	16.221	0.023
		8	-0.057	-0.046	18.214	0.020
		9	-0.010	-0.012	18.278	0.032
		10	0.009	0.008	18.324	0.050
		11	-0.007	0.005	18.355	0.074
		12	0.026	0.005	18.772	0.094

Fonte: Elaboración propia.

Gráfico 15: Correlograma da serie "Outras emisións GEI" en niveis e en primeiras diferenzas.

Sample: 1995 2018
Included observations: 594

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob	
		1	0.823	0.823	404.59	0.000
		2	0.711	0.105	707.29	0.000
		3	0.611	0.003	931.23	0.000
		4	0.511	-0.045	1088.1	0.000
		5	0.400	-0.097	1184.2	0.000
		6	0.346	0.093	1256.3	0.000
		7	0.305	0.047	1312.4	0.000
		8	0.269	0.014	1356.1	0.000
		9	0.265	0.084	1398.6	0.000
		10	0.228	-0.093	1430.0	0.000
		11	0.200	-0.003	1454.3	0.000
		12	0.189	0.046	1476.1	0.000

Sample: 1995 2018
Included observations: 546

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob	
		1	-0.278	-0.278	42.445	0.000
		2	0.017	-0.065	42.609	0.000
		3	0.063	0.055	44.827	0.000
		4	0.090	0.136	49.265	0.000
		5	-0.160	-0.105	63.444	0.000
		6	0.072	-0.009	66.304	0.000
		7	0.059	0.067	68.235	0.000
		8	-0.093	-0.051	73.081	0.000
		9	0.067	0.052	75.572	0.000
		10	0.039	0.042	76.431	0.000
		11	-0.072	-0.049	79.360	0.000
		12	0.065	0.058	81.702	0.000

Fonte: Elaboración propia.

Gráfico 16: Correlograma da serie "Contaminación atmosférica do aire" en niveis e en primeiras diferenzas.

Sample: 1995 2017
Included observations: 308

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob	
		1	0.831	0.831	214.93	0.000
		2	0.688	-0.010	362.68	0.000
		3	0.557	-0.040	459.89	0.000
		4	0.442	-0.028	521.27	0.000
		5	0.328	-0.071	555.08	0.000
		6	0.249	0.033	574.63	0.000
		7	0.190	0.011	586.03	0.000
		8	0.129	-0.050	591.29	0.000
		9	0.072	-0.036	592.93	0.000
		10	0.034	0.008	593.31	0.000
		11	-0.008	-0.050	593.33	0.000
		12	-0.026	0.040	593.55	0.000

Sample: 1995 2017
Included observations: 294

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob	
		1	-0.051	-0.051	0.7640	0.382
		2	-0.020	-0.023	0.8822	0.643
		3	-0.014	-0.017	0.9444	0.815
		4	0.064	0.062	2.1731	0.704
		5	-0.064	-0.058	3.4019	0.638
		6	-0.043	-0.047	3.9707	0.681
		7	0.010	0.005	4.0019	0.780
		8	0.024	0.018	4.1826	0.840
		9	-0.053	-0.045	5.0471	0.830
		10	0.025	0.023	5.2323	0.875
		11	-0.023	-0.029	5.3934	0.911
		12	-0.014	-0.021	5.4537	0.941

Fonte: Elaboración propia.

Gráfico 17: Correlograma da serie "PIB per cápita" en niveis e en primeiras diferenzas.

Sample: 1995 2018

Included observations: 669

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob	
		1	0.915	0.915	562.53	0.000
		2	0.839	0.011	1036.2	0.000
		3	0.772	0.017	1437.8	0.000
		4	0.706	-0.027	1774.1	0.000
		5	0.646	0.002	2056.0	0.000
		6	0.589	-0.010	2291.0	0.000
		7	0.537	-0.004	2486.4	0.000
		8	0.487	-0.015	2647.4	0.000
		9	0.435	-0.041	2775.9	0.000
		10	0.383	-0.029	2876.0	0.000
		11	0.336	-0.012	2952.9	0.000
		12	0.291	-0.013	3010.8	0.000

Sample: 1995 2018

Included observations: 641

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob	
		1	0.003	0.003	0.0052	0.942
		2	-0.010	-0.010	0.0718	0.965
		3	-0.005	-0.005	0.0860	0.993
		4	-0.006	-0.006	0.1115	0.999
		5	-0.027	-0.027	0.5667	0.989
		6	-0.012	-0.012	0.6621	0.995
		7	-0.001	-0.001	0.6627	0.999
		8	0.016	0.015	0.8231	0.999
		9	-0.003	-0.004	0.8294	1.000
		10	-0.014	-0.015	0.9600	1.000
		11	0.030	0.030	1.5486	1.000
		12	0.014	0.014	1.6840	1.000

Fonte: Elaboración propia.

Gráfico 18: BCF de Dinamarca, 1995-2019.

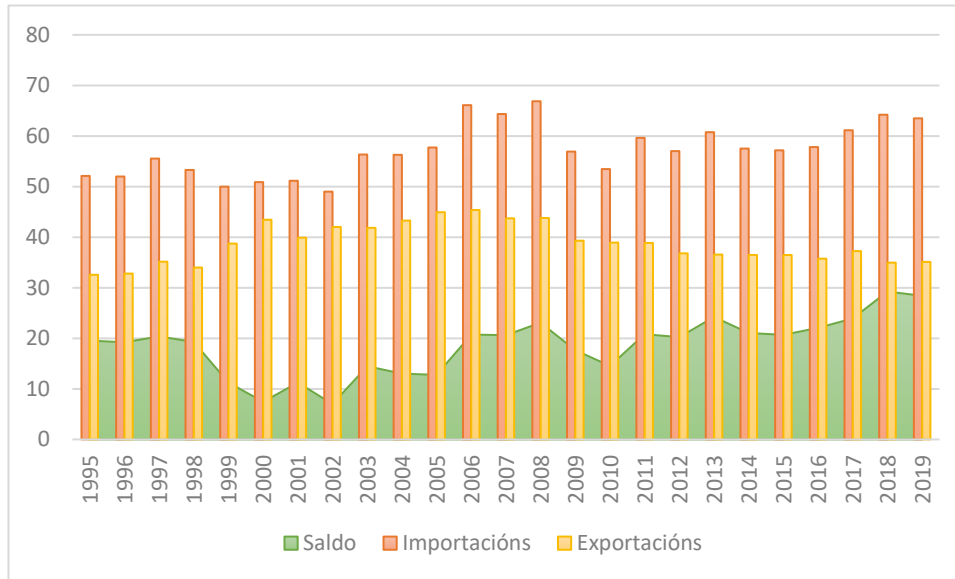


Gráfico 19: BCF de Estados Unidos, 1995-2017.

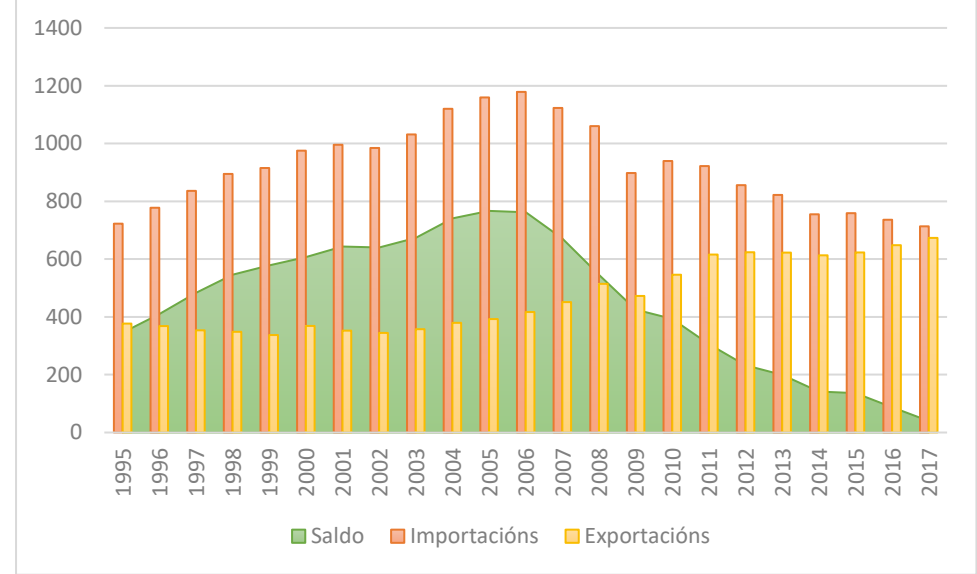


Gráfico 20: BCF de Finlandia, 1995-2014.

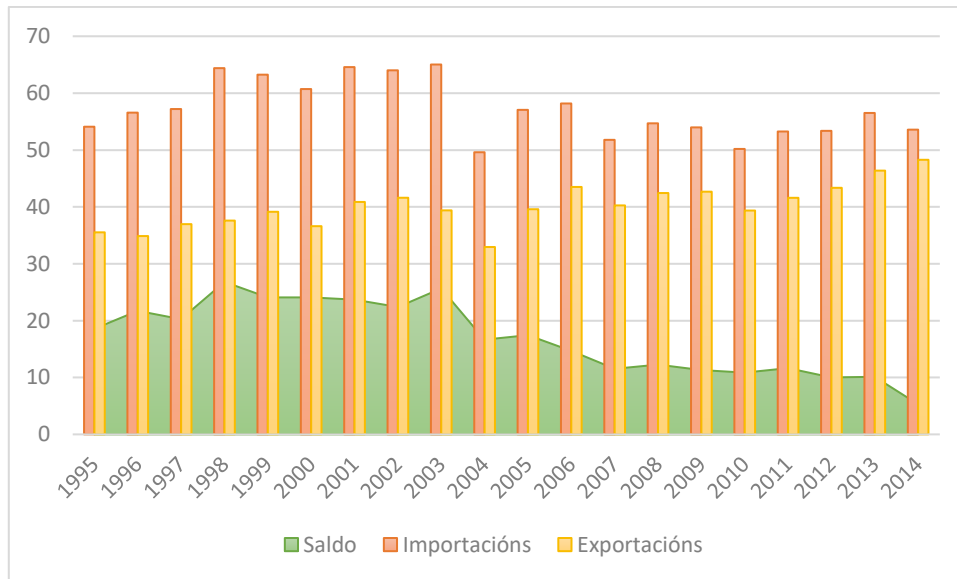
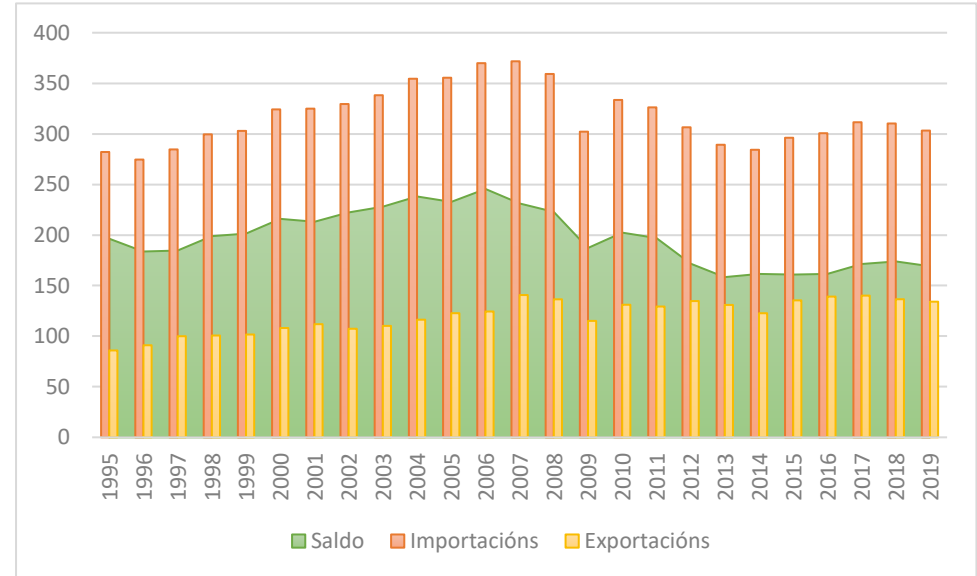


Gráfico 21: BCF de Italia, 1995-2019.



Cambio climático e crecimiento económico
Gráfico 22: BCF de Países Bajos, 1996-2019.

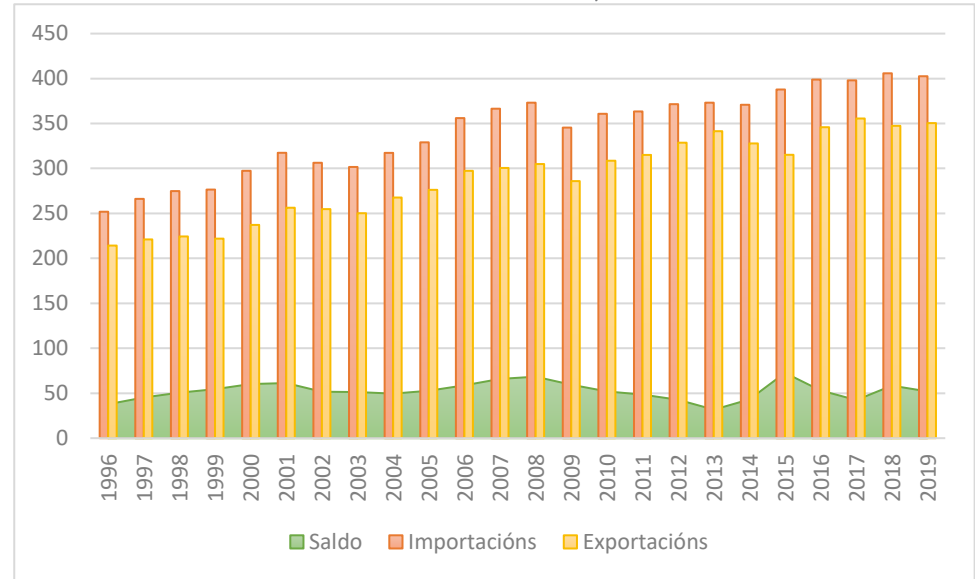


Gráfico 24: BCF de Suíza, 1995-2019.

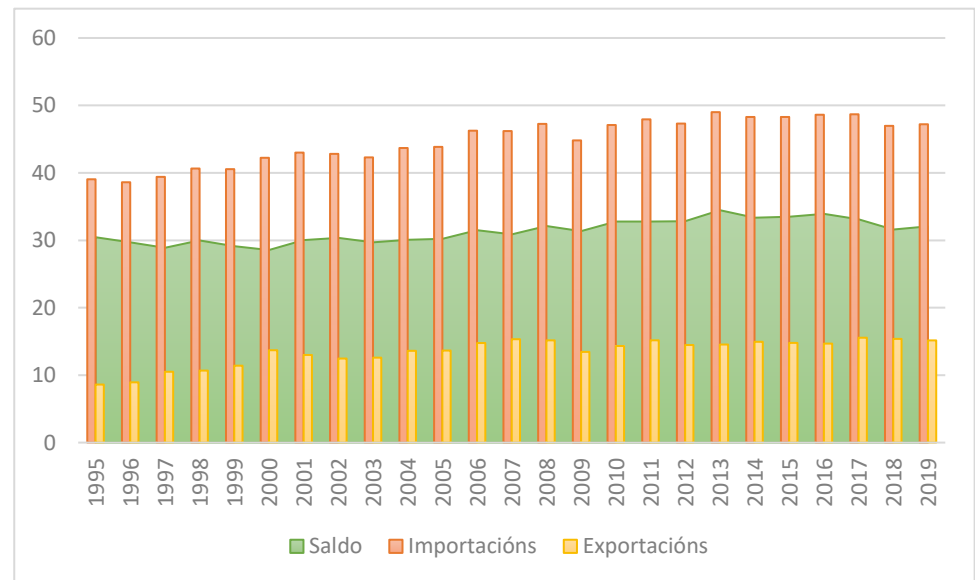


Gráfico 23: BCF de Nova Zelandia, 1995-2017.

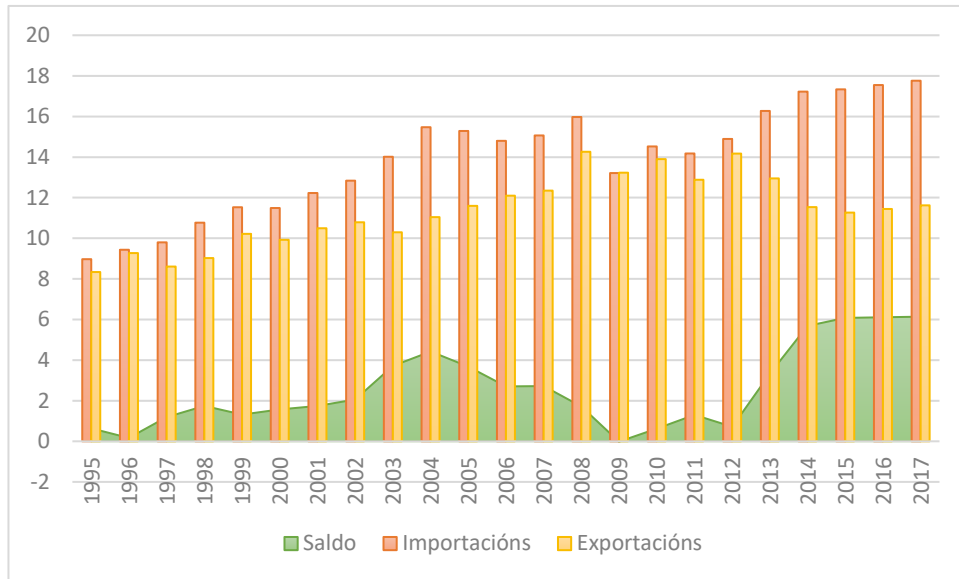


Gráfico 25: BCF de Portugal, 1995-2019.

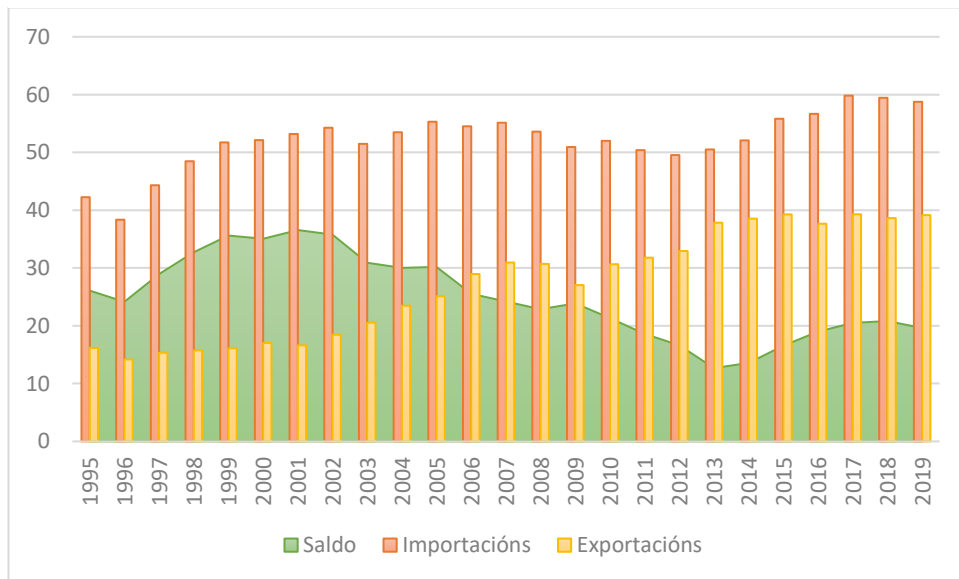


Gráfico 26: BCF de Antigua e Barbuda, 1995-2017.

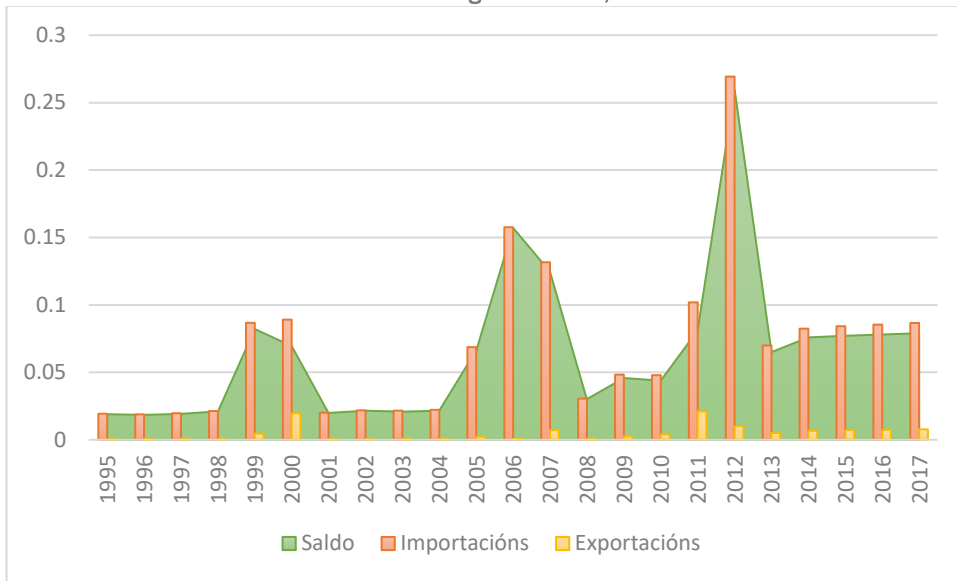


Gráfico 27: BCF de Indonesia, 1995-2017.

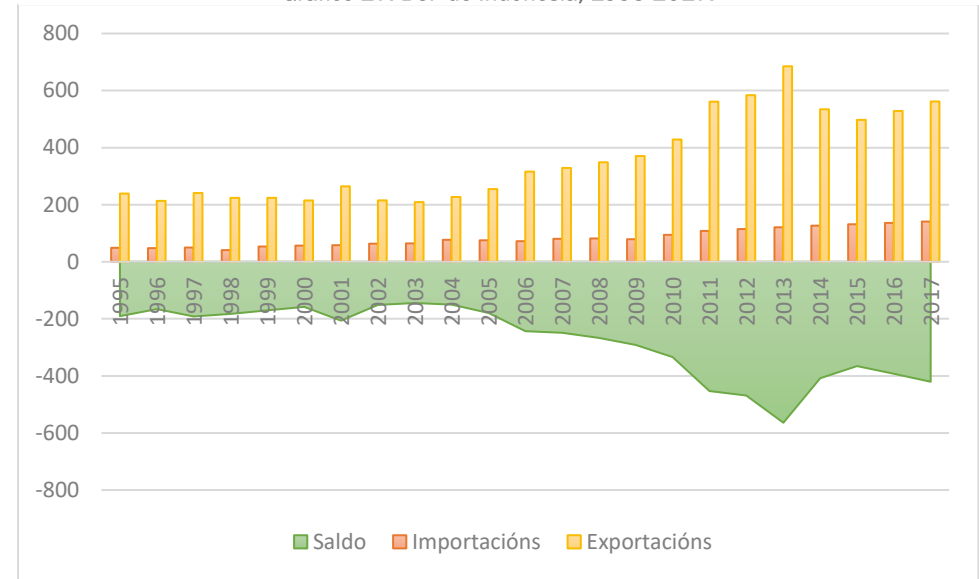


Gráfico 29: BCF de México, 1995-2017.

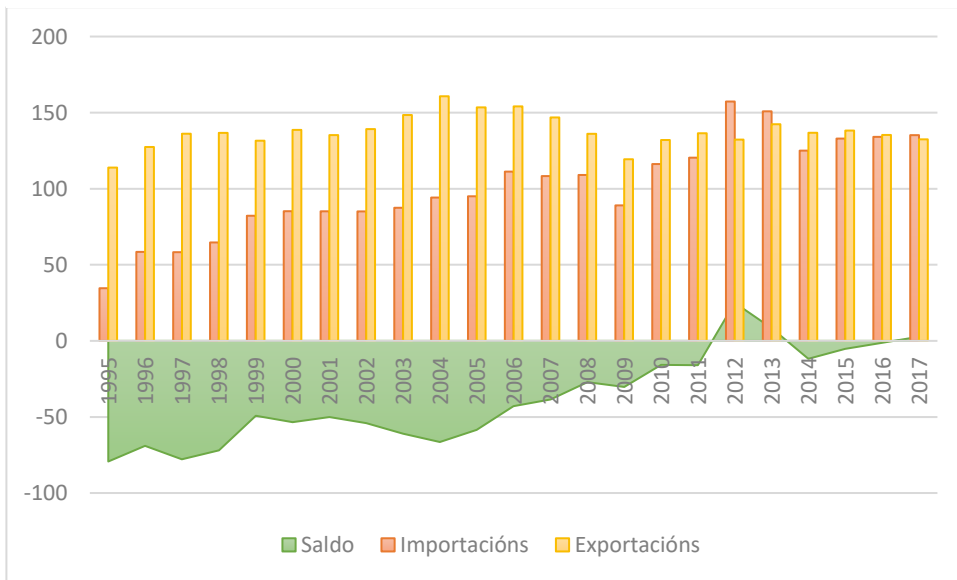


Gráfico 28: BCF de Senegal, 1995-2017.

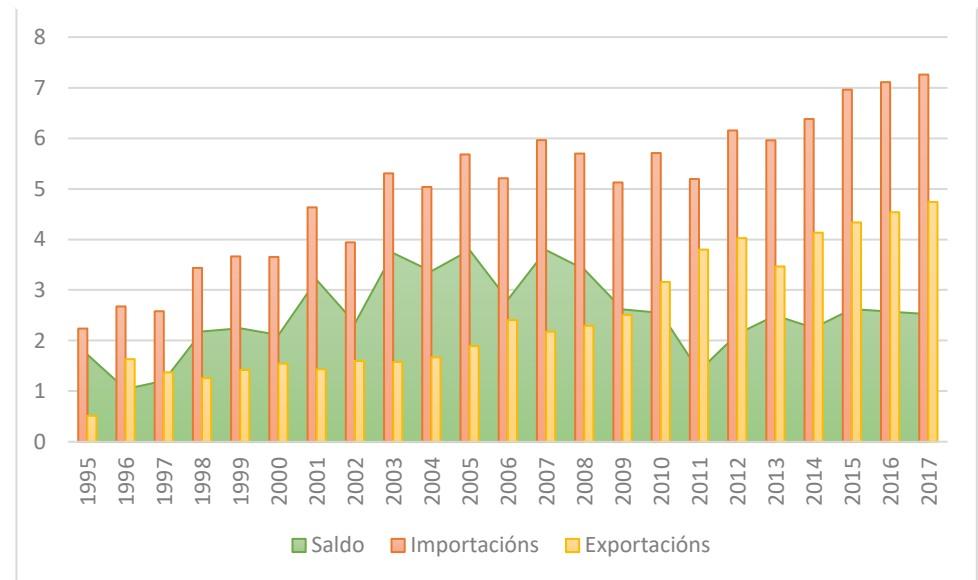


Gráfico 31: BCF de Uganda, 1995-2017.

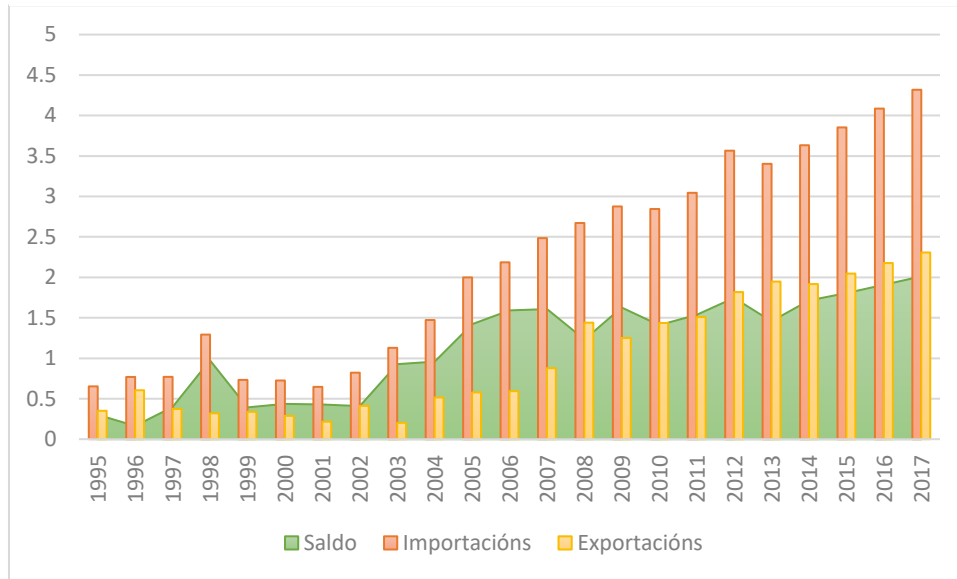


Gráfico 30: BCF de Venezuela, 1995-2017.

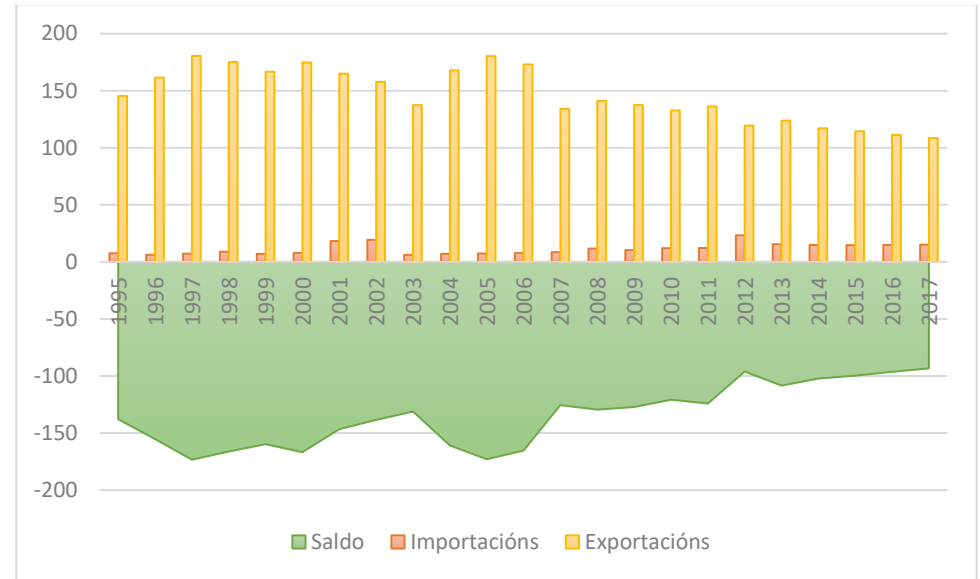


Gráfico 32: BCF de Yemen, 1995-2017.

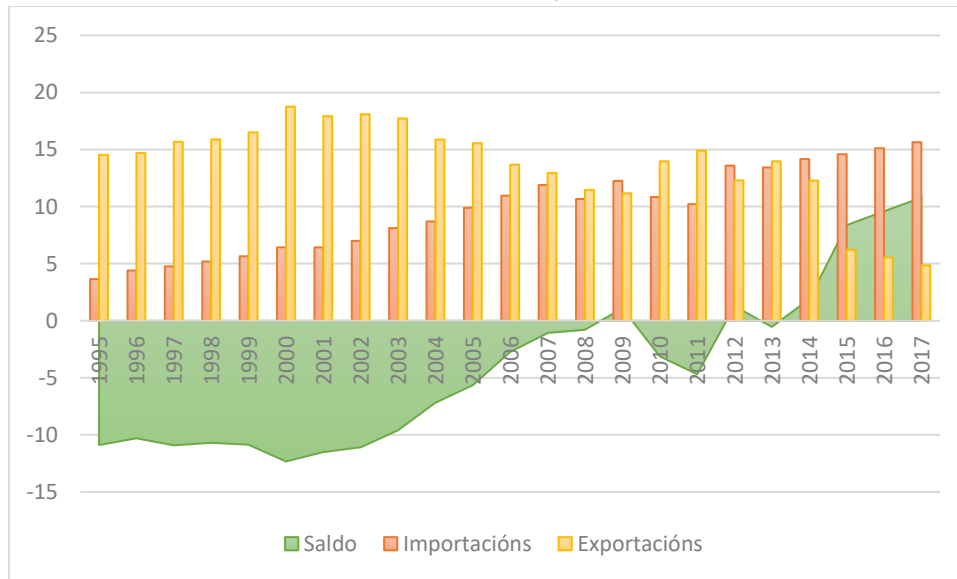


Gráfico 33: BCF de Zimbabwe, 1995-2017.

