



Programa de doctorat en Economia Industrial i Internacional

Facultat de Ciències Jurídiques i Econòmiques
Departament d'Economia
Universitat Jaume I

TRES ASSAJOS SOBRE DESENVOLUPAMENT

I

MEDI AMBIENT

Tesi doctoral realitzada per:
Rafael Morales Lage

desembre de 2015

Sota la direcció de:

Dra. Aurèlia Bengochea Morancho

*Departament d'Economia
Universitat Jaume I
Castelló, Espanya*

i

Dra. Immaculada Martínez Zarzoso

*Departament d'Economia
Universitat Jaume I
Department of Economics and Center for Statistics,
Georg-August Universitaet
Goettingenel, Alemanya*

A Carme, pel nostre present

A Mariona, pel teu futur

No haguera pogut escriure aquesta tesi sense l'ajuda, el suport i els ànims de les directores Aurèlia i Immaculada. A elles tot el meu agraïment per la seua professionalitat i humanitat.

Gràcies, també, a la meua família per la comprensió que m'han demostrat i el seu suport incondicional.

Índex

Introducció general.....	1
L'impacte de la població sobre les emissions de CO ₂ : evidència en països europeus.....	3
Convergència en l'emissió de CO ₂ entre els països de la Unió Europea.....	31
Hipòtesi de Porter amb l'ús de l'índex EPS confeccionat per l'OCDE.....	97

Introducció general

En l'ànima d'aquesta tesi hi ha la meua filla. Hi ha els nostres fills i les generacions que han de venir. Quina classe de món volem deixar-los com a herència?

El desenvolupament sostenible suposa aconseguir utilitzar recursos per a satisfer les necessitats de la població actual sense comprometre la capacitat de desenvolupament de les generacions futures. Aportar un granet d'arena a la gran quantitat d'investigacions sobre aquest tema és el meu modest intent de proposar-hi alguna resposta i moltes més preguntes.

La humanitat ha utilitzat els recursos de la natura que ha tingut al seu abast per a satisfer les necessitats. En una primera impressió es pot pensar que si els habitants d'un país tenen una major quantitat de necessitats cobertes implica un major nivell de vida assolit per la població i, com a conseqüència, considerem que gaudeixen un major nivell de riquesa. Però la relació amb la natura té una altra cara perquè l'activitat econòmica no aporta únicament efectes positius, sinó que també produeix efectes negatius en el medi ambient. Els sistemes de producció intensius en l'ús de recursos materials i d'energia aplicats a partir de la revolució industrial, la preferència en la utilització del carbó i el petroli com a fonts d'aquestes energies i la visió a curt termini del repartiment de la riquesa i dels recursos disponibles causen externalitats negatives en l'entorn en què vivim. L'esgotament dels recursos, l'increment de la contaminació, la desaparició d'espècies animals i vegetals o el canvi climàtic són exemples de la gran varietat d'efectes no desitjats sobre el medi ambient.

Una d'aquestes conseqüències no desitjades és el canvi en la composició de l'atmosfera i el canvi climàtic que se'n deriva. Les externalitats que afecten la població a curt termini són, normalment, abordades pels governs i, amb major o menor fortuna, solucionades. Al contrari, els governs no tenen cap incentiu en aplicar mesures, normalment restrictives, per a fer front a un problema futur, com és el canvi climàtic, que portarà conseqüències a la població a llarg termini. Gràcies als esforços de les Nacions Unides, amb la creació del Grup Intergovernamental d'Experts sobre el Canvi Climàtic (IPCC, sigles en anglés) i al conjunt de la comunitat científica, s'ha aconseguit conscienciar la població que s'ha d'actuar per a evitar efectes irreversibles sobre el Planeta.

I és per això que el primer treball de la tesi té com a objectiu analitzar quins factors de l'activitat econòmica determinen les emissions a l'atmosfera. El plantejament empíric es basa en la formulació estocàstica del model IPAT amb dades dels 28 països de la Unió Europea (UE) entre 1971 i 2012, per a estimar la influència que exerceix la població, entre altres factors, sobre els nivells d'emissions de CO₂.

El segon treball té com a objectiu conèixer l'evolució en emissions de CO₂ per capita del conjunt de països de la UE en el passat perquè pugui servir per a concentrar els esforços dels governs en els països o sectors amb major potencial de millora. Per aconseguir-ho, apliquem tècniques paramètriques transversals i temporals per a comprovar l'existència de convergència o divergència en la reducció d'emissions, entre els 28 països membres, amb dades obtingudes del *World Resource Institute*.

L'èxit de les mesures que els responsables polítics adopten per a mitigar l'efecte del canvi climàtic i, en general, sobre el medi ambient està molt relacionat amb l'efecte que tindran en l'activitat econòmica. En molts casos, les regulacions mediambientals han d'establir limitacions o restriccions a les activitats de les empreses i, com a conseqüència, pot variar la productivitat, el nivell d'ocupació o la riquesa dels països. Per aquest motiu, el tercer treball té com a objectiu analitzar les conseqüències sobre l'activitat econòmica de les regulacions mediambientals. En el treball es plantegen dos models empírics per a testar la hipòtesi feble i forta formulada per Porter i ampliada pels treballs de Jaffe, amb dades de 14 països de l'OCDE. Aquesta hipòtesi proposa la possibilitat que les restriccions aprovades pels governs en la preservació del medi ambient no siga un impediment sinó, en sentit contrari, un incentiu per a la innovació i millori la competitivitat de les empreses. Una de les novetats d'aquest treball és la utilització de l'índex de restricció de les polítiques mediambientals, EPS, elaborat per l'OCDE com a indicador del major o menor grau de restricció en les regulacions mediambientals de cada país.

L'impacte de la població sobre les emissions de CO₂: evidència en països europeus¹

Resum

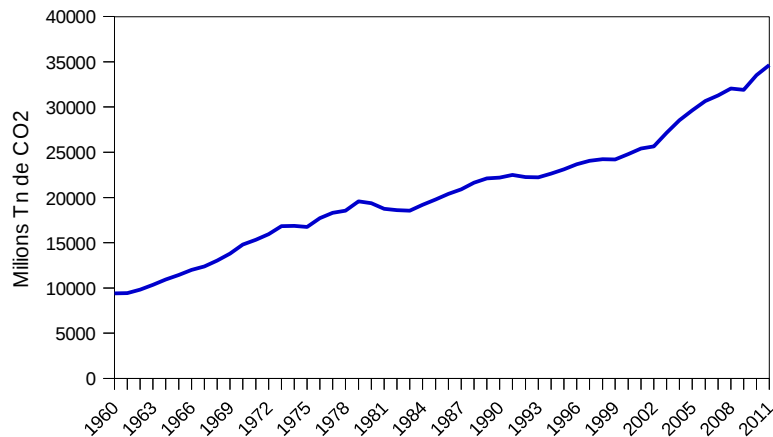
Aquest treball aplica la formulació estocàstica del model IPAT amb dades d'emissions de CO₂ dels 28 països de la Unió Europea (UE) de 1971 a 2012 amb l'objectiu d'estimar la influència que exerceix la població, entre altres factors, com a determinant en cada país de la propensió a un major o menor nivell de contaminació. S'han aplicat diferents metodologies per a estimar el millor model: estàtic amb efectes transversals i de temps, i dinàmics per a resoldre problemes amb l'estructura de dades. El model més significatiu és l'estimat amb el mètode dels moments generalitzats, i en relació amb la població, el conjunt de països i els 13 països d'incorporació més recent a la UE presenta una elasticitat unitària de la població respecte les emissions total de CO₂. Per contra, no hi ha una relació significativa entre la població i les emissions entre els països de la UE15.

1. Introducció

L'activitat econòmica permet la satisfacció d'una gran varietat de necessitats. Un major grau de necessitats cobertes es considera un major nivell de vida assolit per la població i, com a conseqüència, considerem que existeix un major nivell de riquesa.

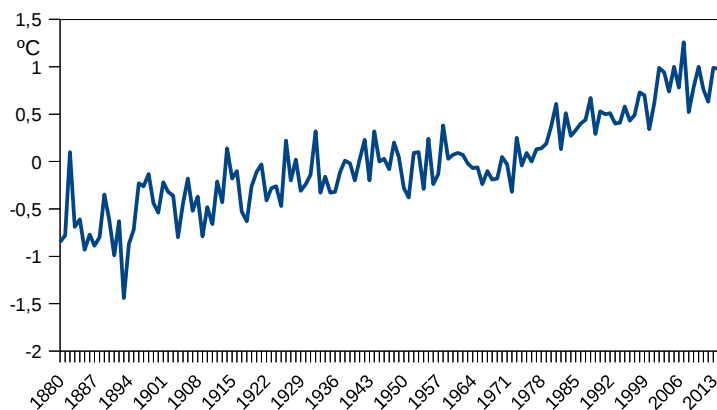
Però aquesta activitat humana no reporta únicament efectes positius, sinó que també produeix efectes negatius, externalitats, en especial en el medi ambient. Els sistemes de producció intensius en l'ús d'energia aplicats a partir de la revolució industrial i la preferència en la utilització del carbó i del petroli com a font d'energia ha provocat un increment de la contaminació i un deteriorament del medi ambient. Hi ha una clara tendència creixent en l'augment d'emissions de gasos d'efecte hivernacle (*greenhouse gas*, GHG) dels països desenvolupats i els països en desenvolupament, tal i com es pot observar en el gràfic 1.

¹ Aquest treball és una actualització del treball «*The impact of population on CO₂ emissions: evidence from european countries*» publicat a *Environmental and resources economics*. núm. 38 (2007) pàgines 497-512

Gràfic 1: Tendència de creixement d'emissions de CO₂ (base 1990)

Font: Elaboració pròpia amb dades del World Development Indicators

Una de les conseqüències que provoca l'augment de les emissions de GHG és el canvi climàtic. Des de fa més d'un segle s'han realitzat estudis sobre l'evolució de la temperatura de la Terra i, com es pot observar al gràfic 2, mostren un augment moderat però constant i global que evidència un canvi en el comportament climàtic. El cinquè informe de l'*Intergovernmental panel on climate change* (IPCC) sobre el canvi climàtic publicat al 2014, destaca que les darreres tres dècades s'han registrat les temperatures mitjanes anuals més altes de la història i calcula que la mitjana global de la temperatura de la terra i els oceans ha augmentat 0.85°C. A més, s'ha registrat un increment dels fenòmens atmosfèrics extrems que provoquen conseqüències negatives en diferents àmbits: retrocés en les capes gelades de la Terra en els últims 50 anys, increment del nivell del mar, successió de fenòmens de sequera-inundacions, entre d'altres.

Gràfic 2: Evolució de la temperatura de la Terra

Elaboració pròpia a partir de les dades del Goddard Institute for Space Studies (GISS). Les dades s'expressen com a °C de variació respecte la mitjana de temperatures entre 1951 i 1980

L'emissió de GHG, com el diòxid de carbó (CO₂), el metà (CH₄) o els òxids de nitrogen (NO_x), són conseqüència de l'ús de la combustió de carbó i de petroli en els processos

productius i de comercialització dels béns. Segons l'IPCC, els GHG són responsables del canvi climàtic perquè existeix una relació directa entre l'augment en la concentració atmosfèrica d'aquests gasos i l'increment de la temperatura mitjana del planeta. La concentració a l'atmosfera de CO₂ s'ha incrementat un 35% entre 1750 i 2005; la del CH₄, més del doble; i la del NO_x, un 18%².

El CO₂ és el GHG antropogènic més important. Les emissions anuals van augmentar al voltant d'un 80% entre 1970 i 2004 i el consegüent increment en la concentració mundial de CO₂ és deu, fonamentalment, a la utilització de combustibles d'origen fòssil i, en una part apreciable però menor, als canvis en l'ús de la terra.

Els principals sectors responsables de les emissions de CO₂ són el subministrament d'energia, la indústria i el transport, perquè utilitzen combustibles fòssils en el l'activitat econòmica que desenvolupen. És important identificar i quantificar els factors que determinen la influència antropogènica en l'augment de les emissions de CO₂, i poder augmentar l'eficàcia en les polítiques mediambientals en incidir sobre aquells factors que provoquen una major quantitat d'emissions. Però si és clar que podem deduir de forma intuïtiva les activitats econòmiques que determinen el major o menor nivell d'emissions de CO₂ a l'atmosfera, és més difícil identificar quins factors concrets contribueixen a explicar-les. Un d'aquests factors més són les característiques demogràfiques.

Aquest treball estudia aquesta influència en aplicar un model economètric, molt utilitzat en treballs anteriors com és el model IPAT, per a quantificar la influència de la població en les emissions de CO₂. El treball és una actualització de l'estudi publicat anteriorment (Martínez-Zarzoso, I Bengochea-Morancho A, Morales-Lage R (2007) *The impact of population on CO₂ emissions: evidence from european countries. Environmental and resources economics*) amb dades d'un major nombre de països i contemplant un període de temps més ampli.

En l'apartat 2 es fa una revisió de la literatura científica sobre el tema; en l'apartat 3 s'exposa el model empíric aplicat en aquesta investigació; finalment, en l'apartat 4 se n'exposen les conclusions.

2. Revisió de la literatura

Des de la cimera de Río de 1992 i la signatura del protocol de Kyoto, s'han dissenyat polítiques de reducció d'emissions de CO₂ a nivell global amb l'objectiu de reduir l'impacte de l'activitat humana sobre el clima. Però, perquè les mesures adoptades pels diferents governs s'orienten correctament és important conèixer els factors de l'activitat econòmica que més influeixen en la contaminació atmosfèrica.

2 S'ha de tenir en compte que el grau d'influència d'aquest gasos en l'increment de la temperatura és diferent: el CO₂ causa el 50% del canvi climàtic; el CH₄, causa el 18%; i el NO_x, el 6%

En aquest sentit, s'ha realitzat una gran quantitat d'estudis que han analitzat l'efecte de diferents factors com: el creixement econòmic (Suri i Chapman 1998, Selden i Song 1994, Grossman i Krueger 1995, Bengochea et. al. 2000, Paudel et al. 2006, Tisdell, 2001); l'efecte de la població (Brisdall 1992, Cramer 1998, Daily i Erlich 1992, Dietz i Rosa 1997, Martínez-Zarzoso et. al. 2007); l'efecte del canvi tecnològic (Boserup 1981, Pasche 2002) sobre les emissions de GHG amb la utilització de diferents tècniques i models econòmics; o els que utilitzen el nivell d'urbanització, diferents cohorts d'edat o la grandària de les llars per a mesurar la influència de la població en les emissions, i introdueixen la tecnologia i la intensitat en l'ús de l'energia com a variables relacionades amb l'impacte ambiental (Cole i Newmayer 2004, Fan et al. 2006, Martínez-Zarzoso 2008, Lin et al. 2009, Liddle i Lung 2010 i Squalli 2009 i 2010).

El creixement demogràfic és un factor molt influent en les emissions, perquè a major pressió de la població més consum de recursos, d'energia i de combustibles per a satisfer les seues necessitats. Birdsall (1992), considera que la relació existent entre creixement de la població i qualitat ambiental és molt clara a través d'un doble mecanisme: una major població incrementa la demanda d'energia per a la indústria, el transport i, per tant, augmenta l'emissió de gasos; a més, un ràpid creixement de la població incideix en el canvi en els usos del sòl, la desforestació, i en l'augment del consum de fusta com a combustible que incrementen l'emissió de CO₂ a l'atmosfera. Es dedueix que el primer factor és aplicable al conjunt de països, mentre que el segon factor s'aprecia en els països en vies de desenvolupament.

Des d'aquesta mateixa perspectiva, Daily i Erlich (1992) o Zava i Clarke (1994) han destacat l'impacte ambiental negatiu de la pressió demogràfica. Altres autors aborden el problema de la degradació mediambiental des d'una perspectiva més àmplia. Per exemple, Borghesi (2003) el connecta amb el procés de globalització de l'economia produït des de la II Guerra Mundial i identifica quatre mecanismes causants del deteriorament: el tecnològic, ja que cada revolució tecnològica ha implicat un augment de la pressió sobre el medi ambient; l'econòmic a causa que una expansió econòmica suposa un increment de l'activitat industrial; el demogràfic, com a conseqüència de la pressió sobre la demanda de recursos; i el cultural, per l'esperit consumista de la societat actual.

Shi (2003) explica dues perspectives diferents que expliquen la relació existent entre el creixement demogràfic i la qualitat mediambiental. Des del punt de vista *malthusià* la degradació en el medi ambient és produïda per la pressió que exerceix la densitat de població sobre els recursos. La perspectiva de Boserup (1981), per contra, considera que l'augment de la població estimula l'aparició d'innovacions tecnològiques que incrementen la població i atenuen l'efecte negatiu sobre el medi ambient i, per això, una elevada densitat de població és necessària per a que s'introduïsquen innovacions tecnològiques a l'agricultura. Des del primer punt de vista s'espera que l'impacte en les emissions de gasos de la població siga més que proporcional, mentre que des de la segona perspectiva no ha d'existir aquest lligam o, si n'hi ha, ha de ser una relació inversa entre la població i el medi ambient (elasticitat negativa).

Un dels primers d'estudis empírics que intenten modelitzar l'efecte de variables demogràfiques sobre la contaminació el van fer Cramer (1998) i Cramer i Cheney (2000). Aquests autors van estudiar el comportament de les emissions de diferents gasos en funció del creixement de la població a Califòrnia i van trobar relació positiva en alguns impactes ambientals, com ROG (*reactive organic gases*), CO i NO_x, i cap en altres com SO_x i Ozó.

Un dels models més utilitzats en aquests estudis estan basats en el model IPAT i, especialment, la formulació que van desenvolupar Dietz i Rosa (1997). El model IPAT, intrduït per Enrlich i Holdren (1971), pressuposa una relació directa entre la població i l'impacte mediambiental proper a la unitat. Els autors van formular una versió estocàstica de l'equació, STIRPAT, i la van aplicar en diferents treballs empírics (Dietz i Rosa, 1997; i York et al., 2003) per comprovar que l'elasticitat entre població i emissions de diferents gasos és propera a la unitat.

Estudis més recents han introduït al model altres variables poblacionals per a detallar amb major precisió la responsabilitat de la pressió demogràfica en el canvi climàtic. Squalli (2009) distingeix entre població estrangera i població nascuda als Estats Units d'Amèrica per a calibrar la influència de la immigració en les emissions locals de CO₂, NO₂, SO₂ i concentració de partícules sòlides en l'aire (200 comtats del país). Aquest autor, conclou que no hi ha evidència que la composició de la població determine nivells diferents de contaminació.

Iwata i Okada (2010) analitzen la relació entre la població i el nivell d'urbanització amb l'emissió de diferents GHG de 119 països i arriben a la conclusió que les dues variables afecten de forma significativament proporcional i positiva l'emissió de CO₂, CH₄ i N₂O. Per una altra part, comproven l'efecte que ha tingut el Protocol de Kyoto sobre les emissions de GHG, i observen que s'ha aconseguit, al contrari que en els dos primers gasos esmentats, una disminució d'emissions de N₂O.

Lin et. al. (2009) estudien la relació entre població i urbanització amb la contaminació atmosfèrica a la Xina entre 1978 i 2006, i conclouen que la població és el principal factor d'influència sobre les emissions de CO₂, tot apropant-se a la tesi *malthusiana*; i el nivell d'urbanització és un factor significatiu en l'impacte ambiental a causa dels corrents d'immigració interns generats en els darrers anys en el procés de creixement industrial d'aquest país. De fet, preveuen que aquest procés continuarà provocant un augment de la població resident en les àrees urbanes amb un increment exponencial de la demanda d'energia.

Qui també estudia el grau d'urbanització és Liddle (2013) quan el relaciona amb el consum d'energia per al transport privat, com a indicador d'un major o menor nivell d'emissions –en els anys 1990, 1995 i 2001– en ciutats de països desenvolupats i en desenvolupament. Troba una relació negativa entre les variables, però en major mesura en països en desenvolupament.

Amb dades de 1153 ciutats de 40 països europeus Marcotullio et al. (2014) relaciona emissions de GHG i població per a arribar a confirmar la importància de la concentració urbanística, de l'increment de la població i les temperatures en el nivell d'emissions.

Squalli (2010) utilitza un conjunt de dades demogràfiques per identificar els factors d'influència sobre diferents GHG: població total, proporció d'estrangers, proporció de població menor de 18 anys, proporció de població entre 18 i 64 anys, percentatge de població que viu en àrees urbanes respecte del total i grandària de les llars. Conclou que la majoria de variables demogràfiques estudiades són no significatives per a explicar les emissions, excepte la població total que presenta elasticitats properes a 1.

En aquesta mateixa línia, Liddle i Lung (2010) realitzen un estudi de la influència de la població per estructura d'edat. Consideren que la desagregació de les característiques demogràfiques de la població donen estimacions millors de tots els factors que si no es desagreguen. Les variables que utilitza són: la població total; el percentatge de població respecte del total de les següents cohorts d'edat: 20-34, 35-49, 50-64, 65-79; percentatge de població que viu en àrees urbanes. Conclouen que, a banda de la relació positiva de la població total respecte de les emissions, l'augment de la població jove, entre 20 i 34 anys, incrementa l'impacte ambiental a causa de la seua major activitat, mentre que les cohort d'entre 50-64 i 65-79 el disminueixen a causa de la seua menor activitat. A més, l'estudi demostra que la cohort d'edat entre 35-49 té una influència negativa sobre l'impacte mediambiental perquè, segons els autors, estan inclosos en llars de major grandària amb un consum més eficient de l'energia. Finalment hi ha una correlació positiva entre la població urbana i les emissions de GHG.

Hou (2015) relaciona la població i el grau d'urbanització juntament amb altres variables, dins el model STIRPAT, amb diferents mesures polítiques aplicades en una regió de Xina en la reducció de les emissions de CO₂ entre 2000 i 2010. Un dels resultats és que la població i el grau d'urbanització tenen una alta responsabilitat en el nivell d'emissions.

Selden i Song (1994) van introduir la idea de l'existència d'una corba de Kuznets mediambiental (Environmental Kuznets Curve, EKC). Aquest model suposa una relació entre les emissions i la renda en forma d'U invertida. Els motius que justifiquen aquest comportament són diversos. La principal justificació és que es considera el medi ambient com un bé normal, és a dir, que en augmentar la renda augmentarà la demanda (Beckerman, 1992, Pasche, 2002).

Grossman i Krueger (1995) van justificar la disminució dels efectes negatius sobre el medi ambient quan augmenta la renda d'una economia a través de tres efectes:

- *L'exportació de la contaminació.* Es produeix una deslocalització de les indústries contaminants que passen dels països més desenvolupats a menys desenvolupats. (Lucas et al., 1992). Suri i Chapman (1998) consideren que la regulació mediambiental dels països desenvolupats incentiva el trasllat de les activitats

contaminants a països menys desenvolupats, amb l'ús menys eficient de l'energia i, per tant, més contaminants.

- *El canvi estructural o efecte composició.* Les economies industrials passen, amb un major nivell de desenvolupament a ser economies de serveis, activitats menys contaminants.
- *El canvi tecnològic.* Els països més desenvolupats poden invertir en la investigació i aplicació de processos més respectuoses amb el medi ambient. Des d'aquest punt de vista, Pasche (2002) considera que a llarg termini, amb la possibilitat del canvi tecnològic, el deteriorament del medi ambient no ha de ser un límit al creixement.

Alguns estudis recents han confirmat l'existència de la corba EKC, com Baycan (2013) que analitza diferents contaminants en països de la UE i troba evidència per a s països de la UE15 i per al conjunt dels 25 països després de l'ampliació del 2007, però no per al grups de països que s'incorporen.

Kelly (2003) critica el model EKC perquè ignora els canvis en els costos de control de la pol·lució i perquè la disminució de la contaminació per l'increment de la renda no compensa l'augment de les emissions que es produeix a causa de l'acceleració de l'activitat productiva (efecte escala). Tisdell (2001) considera que el model no té en compte el factor acumulatiu de la contaminació (capacitat de càrrega), ni l'existència de punts d'irreversibilitat, ni la capacitat d'absorció de la natura (resil·lència), ni pot justificar l'existència del punt màxim a partir del qual es reduiran les emissions.

En els estudis realitzats per a contrastar aquests models és freqüent prendre com a variable endògena les emissions per capita, la qual cosa equival a assumir implícitament que l'elasticitat emissions-població és unitària. Al marge d'aquesta qüestió, els resultats obtinguts són dispars i diversos autors qüestionen la validesa d'aquests models. Per exemple, Borghesi (2003) considera que els estudis basats en emissions locals donen resultats acceptables però que els realitzats per emissions globals no donen els resultats esperats i, per tant, s'ha de relaxar la hipòtesi inicial. Per una altra part, Roca et al. (2001) reconeixen que en els països desenvolupats han disminuït els nivells d'emissions però els estudis realitzats és basen en emissions locals i només tenen en compte el factor riquesa, amb la qual cosa simplifiquen el model però no identifiquen les causes de la relació. Per això, opinen que el model ha d'enriquir-se amb la introducció de variables addicionals ja que el problema és que per a cada contaminant i en cada país, la variable explicativa pot variar en funció de la diferent estructura econòmica, les condicions geogràfiques i la cultura.

Lozano i Gutiérrez (2008) consideren que, dins el model no paramètric estudiat, es conclou que ràtios d'increment de la producció raonables poden produir disminucions de les emissions de GHG, compatibles amb la idea subjacent de l'EKC.

Aldy (2005) considera que la causa de l'existència d'una EKC és el trasllat de la producció contaminant cap a països d'àrees més pobres amb menor regulació mediambiental (*pollution heaven effect*) i el canvi en la intensitat d'ús de l'energia en els sistemes productius associat al procés de desenvolupament.

Hannes i Steger (2007) analitzen la relació entre els efectes externs associats al consum i a l'esforç mediambiental i consideren l'existència d'una relació en forma de N, en lloc de la hipòtesi de l'EKC que considera una relació en forma d'U.

Paudel et. al. (2006) demostren l'existència de l'EKC en la concentració de nitrogen i oxigen a l'aigua, però no en la concentració de nitrogen. Zaim i Taskin (2010) la demostren respecte al l'índex d'eficiència ambiental a Europa. Archibald, et. al. (2009) el comproven per a la contaminació de l'aigua de 25 països del centre i est d'Europa. Aquests resultats, entre altres, confirmen l'existència de l'EKC per a impactes ambientals controlables localment.

Carson (2010) considera que, fins al moment, els estudis demostren una relació EKC positiva respecte l'emissió de gasos locals, com el SO₂, mentre que la majoria d'estudis rebutgen l'existència d'aquesta relació amb gasos globals, com el CO₂. Afirma, a més, que l'increment de la riquesa és la major causa de deteriorament de les condicions ambientals en el món.

Angulo-Guerrero (2008), en la mateixa línia que Carson, assegura que en cap cas la relació és mecànica i que sense polítiques mediambientals no es pot fer compatible el creixement econòmic amb la conservació de medi ambient. A més, critica tots els arguments a favor de l'existència de l'EKC: l'efecte composició no juga de la mateixa manera en tots els països; l'efecte desplaçament no implica la disminució de la contaminació en termes globals; considera que l'efecte positiu del progrés tecnològic no és suficient com per a compensar l'efecte escala i, a més, pot portar canvis en la composició de l'economia dels països que dificulten la reducció de l'impacte mediambiental; finalment, no hi ha estudis que puguin afirmar de forma categòrica que els béns mediambientals són de luxe (amb la qual cosa, un increment de la renda provocaria immediatament una major demanda d'aquests béns induint un efecte positiu en la preservació del medi ambient).

3. Model empíric i dades

3.1. Model

Erlich i Holdren (1971) van suggerir un marc d'anàlisi per mesurar els determinants de l'impacte ambiental: La relació, coneguda com a equació IPAT:

$$I = P \cdot A \cdot T \quad (1)$$

on I representa l'impacte ambiental, P la població, A la riquesa per capita i T el nivell de deteriorament ambiental causat per la tecnologia.

Aquesta relació naix a partir de l'anàlisi de diferents factors que influeixen en l'emissió de contaminants:

- *Població (P)*: a major població major quantitat d'emissions.
- *Efecte escala (A)*: l'activitat dels països més rics generen, inevitablement, més pol·lució. Aquest efecte implica una major quantitat d'emissions.
- *Efecte tècnic (T)*: causat per la intensitat en l'ús de l'energia. També pot considerar el medi ambient com un bé normal i, gràcies a l'aplicació de certes tecnologies, contaminar menys.

L'enfocament de l'IPAT és una eina que analitza els impactes ambientals de forma genèrica, i no només una eina per a mesurar les emissions de GHG i, com es mostra a la taula 8 de l'annex, s'ha utilitzat en una gran quantitat d'estudis al llarg dels darrers anys amb diferents variants.

En els treballs sobre les emissions de GHG, una primera variant, anomenada ImPACT, ha estat proposada per Waggoner i Ausubel (2002) en afegir el consum com a variable explicativa. En aquest model A es mesura amb el Producte Intern Brut (*GDP*) per capita i C amb el consum d'energia. La variant ImPACT coincideix amb l'anomenada identitat Kaya (1990, 1991) formulada de la següent manera:

$$CO_2 = P \cdot \frac{GDP}{P} \cdot \frac{Energia}{GDP} \cdot \frac{CO_2}{Energia} \quad (2)$$

Una variant de la relació anterior es pot realitzar amb l'eliminació de la població del model. Així, Roca i Alcántara (2001) interpreten la identitat de Kaya per a mesurar la influència de la *intensitat energètica (Energia/GDP)* i l'*índex de carbonització (CO₂/Energia)* respecte a la *intensitat d'emissions (CO₂/GDP)*, amb la qual cosa es genera la següent relació:

$$\frac{CO_2}{GDP} = \frac{Energia}{GDP} \cdot \frac{CO_2}{Energia} \quad (3)$$

Per una altra part, de la identitat inicial es pot eliminar l'energia, amb la qual cosa ens queda la següent relació que permet estudiar la influència del *PIB* per capita i la intensitat de les emissions en les emissions per capita:

$$\frac{CO_2}{P} = \frac{GDP}{P} \cdot \frac{CO_2}{GDP} \quad (4)$$

L'enfocament de l'anàlisi de descomposició és una altra eina que és similar a la identitat de Kaya. Zhang (2000) va considerar, a més de la població, el creixement econòmic i la intensitat en l'ús de l'energia, l'efecte de la conversió en energia final de l'energia primària i l'efecte dels combustibles fòssils.

L'enfocament de Kaya és flexible i molt fàcil d'utilitzar per a facilitar l'anàlisi de la influència relativa dels diferents factors en el nivell d'emissions i les seues variacions temporals. De fet, és la base a partir de la qual es realitzen els càlculs, les projeccions i el disseny d'escenaris de l'IPCC. No obstant això, aquesta aproximació té una clara limitació en ser, a l'igual que la l'equació IPAT i les diferents aproximacions realitzades, una identitat multiplicativa que assumeix, per les pròpies característiques intrínseques, proporcionalitat entre els efectes dels diferents factors, *ceteris paribus*.

McKellar et al. (1995) considera la identitat IPAT una molt suggestiva aproximació a la idea que els impactes mediambientals depenen d'una diversitat de factors, però posen de relleu les limitacions quant a la selecció de les variables i la interacció entre elles.

En la mateixa línia, Furedi (1997) critica el model perquè no té en compte que la població no és homogènia, perquè la relació entre consum i tecnologia pot donar resultats molt dispars i pel fet que la densitat de la població pot contribuir de manera positiva o negativa en funció del major o menor pes dels estalvis en el transport i del deteriorament provocat per la despoblació.

Dietz i Rosa (1994) també critiquen el model perquè la formulació és purament conceptual i no permet contrastar hipòtesis sobre l'impacte de cadascun dels factors esmentats. Afirmen que la proporcionalitat en l'efecte sobre l'impacte en el medi ambient de tots els factors considerats en la relació subjacent limita la possibilitat de realitzar estimacions econòmiques fiables.

Cole i Neumayer (2004) utilitzen el model en una anàlisi de descomposició però conclouen que el model té limitacions intrínseques que fan impossible estimar l'elasticitat de la població.

Basant-se en l'equació IPAT d'Erlich and Holdren (1971), Dietz i Rosa (1997) van formular una versió estocàstica que, tot i que utilitza variables representatives de la població, la riquesa i el nivell tecnològic, supera aquest inconvenient. Aquests autors van designar el seu model amb el terme STIRPAT (*Stochastic Impacts by Regressió on Population, Affluence and Technology*).

L'expressió 5 mostra l'especificació de partida del model:

$$I_i = \alpha \cdot P_i^\beta \cdot A_i^\gamma \cdot T_i^\delta \cdot e_i \quad (5)$$

On I , P , A i T són les variables anteriorment definides, α , β , γ , i δ , són paràmetres a estimar i e representa la pertorbació aleatòria. Els seus resultats van corroborar la tesi *maltusiana* en el sentit que el creixement de la població té una repercussió més que proporcional en les emissions de CO₂.

En canvi, l'estudi que va realitzar Cramer (1998), tot partint d'una formulació similar, mostrava una elasticitat contaminació-població inferior a la unitat per als cinc contaminants que va considerar en diverses zones dels Estats Units, si bé la discrepància podria ser pel fet que el CO₂ no és trobava entre els contaminants considerats per aquest autor.

En aquest treball utilitzem el model STIRPAT com a referència teòrica i marc analític. La variable d'escala, A, està mesurada pel producte interior brut per capita; per a la variable tecnologia, T, utilitzem el percentatge de l'activitat industrial respecte al total de la producció i la intensitat energètica.

3.2. Dades

Hem estimat el model STIRPAT formulat per Dietz i Rosa (1997) per al conjunt dels 28 països europeus amb dades compreses entre l'any 1971 i l'any 2012. Els països estudiats corresponen als 15 països membres de la UE en 1995, més els 13 països que s'hi van incorporar posteriorment, tots ells es relacionen a la taula 9 i 10 de l'annex. A excepció de Xipre i Malta, tots els països del darrer grup han seguit un procés de transició d'una economia planificada cap a una economia de mercat. Les dades s'han extret de l'Agència Internacional de l'energia, excepte l'ús de l'energia, que s'ha extret del *World Development Indicators* (WDI) del Banc Mundial³. En el conjunt de dades, Croàcia, Estònia, Lituània, Letònia i Eslovènia presenten pèrdua de dades en els primers anys, de forma que estimarem el model amb un panell de dades no balancejat.

4. Resultats

S'ha considerat el model en la forma logarítmica per facilitar la l'estimació d'efectes transversal i temporals. A més, aquesta formulació permet interpretar els coeficients de les variables explicatives com a elasticitats, és a dir, com a increments percentuals de les emissions en funció de l'increment unitari de la variable (York et al., 2003). El model és el següent:

$$\ln I_{it} = \alpha_i + \beta \ln P_{it} + \gamma \ln A_{it} + \delta \ln T_{it} + \Psi_i + \Phi_t + e_{it} \quad (6)$$

On el subíndex i es refereix als països i t fa referència als diferents anys del panell de dades. I_{it} és la quantitat d'emissions de CO₂ per cada país i any mesurat en tones; P_{it} és la població total; A_{it} és el Producte Interior Brut per capita constant mesurat en dòlars constants de l'any 2005 i expressat en paritat de preus (PPP); T_{it} està mesurat per dues variables, el percentatge del valor afegit industrial amb relació a la producció total (PIB) i per la intensitat energètica calculada per l'ús de l'energia primària dividit pel PIB, tot expressat en Kg de CO₂/1000\$. A més, δ_i i Φ_t capturen els efectes fixos de país i de temps. Finalment, e_{it} és el terme d'error.

3 <http://data.worldbank.org/data-catalog/world-development-indicators>

Els efectes de temps, Φ_t , que representen la part de les variables no observades que són comunes als països però que varien al llarg del temps, poden ser interpretats, dins el context de l'anàlisi de descomposició, com els efectes que les emissions tenen sobre el progrés tecnològic al llarg del temps en cada país (Stern 2002).

En primer lloc, s'ha estimat el model per al conjunt dels països seleccionats amb diferents mètodes d'estimació, els resultats del quals es mostren en la taula 1. La primera columna mostra l'estimació de mínims quadrats ordinaris (OLS) i, a continuació, es presenten els resultats de l'estimació obtinguda en considerar efectes fixos per països i per anys (FE). La tercera columna mostra els resultats de l'estimació per mínims quadrats generalitzats amb efectes aleatoris (RE). S'ha aplicat la correcció de White per a estimar de forma robusta la matriu de variàncies i covariàncies en presència d'heterocedasticitat.

Taula 1 Factors determinants d'emissions de CO₂ per al conjunt dels països

Variable	OLS	FE	RE	1ª dif.	GMM(DPD)
Constant	-9.65 (-20.6)***	-	-13.14 (-26.67)***	-	-
Ln P	0.97 (186.1)***	1.23 (18.9)***	0.95 (33.9)***	1.03 (3.67)***	0.89 (1.98)**
LnA	0.82 (29.6)***	1.26 (53.1)***	0.97(43.9)***	1.01 (14.7)***	0.92 (8.12)***
LnT	0.11 (2.62)***	-0.10 (-4.1)***	0.16 (5.98)**	0.02 (0.40)	0.03 (0.4)
LnEI	0.70 (21.80)***	1.03 (30.1)***	1.13 (39.2)***	0.95 (20.0)***	0.997 (12.9)***
LnCO ₂ (-1)	-	-	-	-	0.19 (0.2)
Period effects	Si	Si	-	Si	Si
R ²	0.98	0.99	0.87	0.76	0.73
S.E.	0.23	0.06	0.08	0.03	0.04
Wald test $\chi^2(28)$		14149***		-	-
White Heteroc.	8.28***	-		-	-
T. Hausman $\chi^2(4)$	-	-	12.7**	-	-
$P(\varepsilon_{it} = \rho\varepsilon_{it-1} + u_{it})$	-	0.83 (40)***		-	-

*** *rebuig al 0.01* ** *rebuig al 0.05* * *rebuig al 0.10*

Entre parèntesis el t-valor amb correcció de White

El resultat del test de Wald ens porta a rebutjar la hipòtesi nul·la de no-significativitat dels efectes individuals, és a dir, que no es pot acceptar un terme comú consistent per a tots els països donat per l'estimació OLS perquè cada país parteix de nivells d'emissions diferents.

Per a dilucidar si el model d'efectes aleatoris és una estimació millor que el d'efectes fixos s'aplica el test de Hausman. El punt de vista d'efectes fixos calcula un valor diferent per a estimar cadascun dels efectes individuals de la mostra observada. L'enfocament dels efectes aleatoris tracta els efectes individuals com a no correlacionats amb la resta de regressors i pot derivar en un model inconsistent a conseqüència de considerar el model amb variables omeses. El test de Hausman contrasta la ortogonalitat del efectes aleatoris respecte als regressors de forma que amb la hipòtesi de no-correlació, els dos models són consistents però el model d'efectes fixos és ineficient, mentre que l'alternativa suposa que el model d'efectes fixos és consistent però no el model d'efectes aleatoris. Els resultats obtinguts del test de Hausman ens porta a rebutjar la hipòtesi nul·la, de forma que s'ha de concloure que el model d'efectes fixos és eficient i consistent.

Els coeficients del model EF són tots significatius. Els signes són els esperats perquè un increment en la població, en el Producte Interior Brut per capita o en la intensitat de l'energia implica un increment en les emissions de CO₂ totals del país. El signe de la variable T és, contràriament a allò esperat, significatiu i negatiu; la causa possible pot ser la distorsió causada per la falta de dades en la sèrie. Els resultats, llevat d'aquest fet, són similars en aquest treball als obtinguts en el treball de Martínez et al.(2007). Si continuem amb la comparació i mirem la matriu de correlacions de la taula 11 de l'annex, el conjunt de variables no mostra problemes de col·linealitat entre la població i el PIB per capita a diferència del treball original.

El model d'efectes fixos pot tenir el problema derivat de la no-estacionarietat de les sèries, tal i com ens indica el valor significatiu i proper a 1 del coeficient ρ (0,83), la qual cosa podria provocar l'establiment de relacions espúries. Hem aplicat el test de Levin et al. (2002) i el d'IM et al. (2003) tant per al cas del model amb d'intercepte com en el cas d'intercepte i tendència. El primer test assumeix una estructura AR comuna per totes les sèries, mentre que el segon permet diferents coeficients AR per cada sèrie.

Els resultats es presenten en la taula 12 de l'annex. Els resultats originals establia que totes les sèries eren estacionàries excepte per a $\ln CO_2$ i $\ln EI$ en nivells i s'exposava que els resultats no eren coherents amb la literatura científica i les evidències de gran quantitat d'estudis en què el PIB i la població accepten la hipòtesi d'existència d'arrels unitàries. En el present treball trobem que les variables presenten arrels unitàries en nivells i rebutgen l'existència d'arrels en primeres diferències. Aquest fet ens fa pensar en un comportament autocorrelacionat d'ordre 1 de les variables.

Per a solucionar el problema d'autocorrelació podem estimar el model amb les primeres diferències de les variables i estimar per mínims quadrats ordinaris de forma que es corregeix el problema perquè les variables transformades són sèries estacionàries amb un coeficient de correlació molt inferior. Els resultats que es mostren en la quarta columna de la taula 1, mostren coeficients significatius amb signe positiu, excepte per a la variable T.

Finalment, estimem un model dinàmic per a dades de panell per a considerar la possibilitat que les actuals emissions depenguin dels nivells passats. Aplicarem el mètode dels moments generalitzats (GMM) sobre les variables en primeres diferències més la variable dependent retardada i utilitzarem com a instruments totes les variables exògenes i el segon retard de la variable dependent. Els resultats mostren que la variable que representa el pes de la indústria i la variable dependent retardada no són significatives. La població té signe positiu i mostra una elasticitat propera a la unitat, de la mateixa manera que el PIB per capita i la intensitat energètica.

De la gràfica 3 de l'annex, no se'n pot deduir l'existència de cap tendència al llarg del temps. Els efectes fixos per països es mostren en la taula 13 de l'annex. Es pot observar que hi ha diferències significatives en el nivell de partida en l'emissió de CO₂ com a conseqüència de la

diversa situació econòmica en què es trobaven els països analitzats en aquest panell: els països de la UE15 tenen, majoritàriament, valors negatius; mentre que els països incorporats més tard tenen, majoritàriament, valors positius. Cal destacar el cas de Lituània com a *outlier*.

Per a poder millorar l'estimació del model s'ha estimat el mateix model diferenciant els països de la UE15 dels 13 països d'incorporació més recent. Els resultats es mostren en les taules 2 i 3.

En el primer dels casos i, si ens fixem en el model dinàmic, la població deixa de ser significativa, de forma que no exerceix una influència sobre les emissions de CO₂. Aquest resultat pot ser coherent amb l'evolució de la població dels països de la UE15, pràcticament amb un estancament del creixement vegetatiu de la població que, per tant, no pot ser rellevant com a factor explicatiu de les emissions de CO₂. Els factors significatius són el PIB, amb una elasticitat propera a la unitat com en el model complet, i la intensitat energètica, amb una elasticitat superior a la unitat, de 1.4.

Obtenim diferents resultats amb l'altre subconjunt de països. Les variables són positives i significatives. La població mostra una elasticitat de 0.97, molt semblant a la del PIB per capita, de 0.89, mentre que la de l'eficiència energètica és de 0.87. Amb una menor influència, el pes de la indústria presenta una elasticitat de 0.1.

El resultats obtinguts en els dos subconjunts de països són diferents del treball de 2007. Hem de tenir en compte que s'han introduït més països i un major lapse de temps en el conjunt de dades contemplades per a aquest treball, amb un major marge de temps en les transformacions dels nous països de la UE. Sí està en sintonia amb els resultats d'altres treballs, com el de Cole i Neumayer (2004), que van estimar una elasticitat de la població propera a 1 i amb el de Shi (2003) o MacKellar, en el sentit que els països en desenvolupament, com són els del segongrup, presenten una major influència de la població en les emissions de CO₂ que els països desenvolupats, que en el nostre cas no tenen una influència significativa.

Taula 2 Factors determinants d'emissions de CO₂ dels països de la UE15

Variable	OLS	FE	RE	1ª dif.	GMM(DPD)
Constant	-7.01 (-2.16)**	-	-8.35 (-7.8)***	-	-
Ln P	0.95 (21.6)***	1.16 (7.6)***	0.93 (22.9)***	1.38 (3.85)***	0.69 (0.95)
LnA	0.90 (4.3)***	1.20 (11.8)***	0.63(13.2)***	1.07 (9.5)***	0.98 (5.2)***
LnT	-0.11 (-0.41)	-0.16 (-2.9)***	0.23 (4.23)**	-0.09 (-1.5)	-0.13 (-1.9)*
LnEI	0.24 (0.94)	0.96 (11.0)***	0.90 (14.0)***	1.28 (21.8)***	1.40 (7.7)***
LnCO ₂ (-1)	-	-	-	-	0.35 (1.2)
Period effects	Si	Si	-	Si	Si
R ²	0.97	0.99	0.64	0.75	0.66
S.E.	0.21	0.07	0.08	0.03	0.04
Wald test $\chi^2(15)$	-	3423***	-	-	-
White Heteroc.	5.21***	-	-	-	-
T. Hausman $\chi^2(4)$	-	-	14.99**	-	-
$\rho(\varepsilon_{it} = \rho\varepsilon_{it-1} + u_{it})$	-	0.88 (38)***	-	-	-

*** *rebuig al 0.01* ** *rebuig al 0.05* * *rebuig al 0.10*

Entre parèntesis el t-valor amb correcció de White

Taula 3 Factors determinants d'emissions de CO₂ per al conjunt dels països de més recent incorporació

Variable	OLS	FE	RE	1ª dif.	GMM(DPD)
Constant	-15.53 (-8.0)***	-	-14.63 (-32.7)***	-	-
Ln P	0.99 (16.9)***	1.13 (20.8)***	1.01 (29.1)***	1.06 (4.2)***	0.97 (2.3)**
LnA	1.2 (8.6)***	1.08 (36.5)***	1.04(64.6)***	0.93 (15.1)***	0.89 (12.4)***
LnT	0.19 (1.3)	0.05 (1.8)*	0.09 (5.16)**	0.096 (3.1)***	0.10 (3.1)***
LnEI	1.05 (6.5)***	1.04 (31.1)***	1.12 (52.3)***	0.84 (9.1)***	0.87 (7.8)***
LnCO ₂ (-1)	-	-	-	-	0.10 (0.47)
Period effects	Si	Si	-	Si	Si
R ²	0.99	0.99	0.98	0.84	0.83
S.E.	0.18	0.04	0.04	0.03	0.04
Wald testχ ² (13)	-	3350***	-	-	-
White Heteroc.	9.69***	-	-	-	-
T. Hausman χ ² (4)	-	-	4.3***	-	-
ρ(ε _{it} = ρε _{it-1} +v _{it})	-	0.59 (12)***	-	-	-

*** *rebuig al 0.01* ** *rebuig al 0.05* * *rebuig al 0.10*

Entre parèntesis el t-valor amb correcció de White

La gràfica 4 de l'annex presenta els efectes fixos comparats entre els dos grups de països i, a diferència del treball de Martínez-Zarzoso et al. (2007), no s'hi observa una tendència clara o un comportament desigual, excepte en la dècada dels vuitanta en què els països del segon grup estaven en procés de descomposició del règim d'economia planificada i tenien un comportament més contaminant que els països de la UE15.

5. Conclusions

En el present estudi s'ha fet una anàlisi dels determinants de les emissions de CO₂ a Europa al llarg del període 1971-2012 tot actualitzant els resultats del treball anterior de Martínez-Zarzoso et al. (2007). En lloc d'assumir implícitament que l'elasticitat entre emissions i població és unitària i utilitzar les emissions per capita com a variable dependent, s'ha pres com a marc teòric de referència el model formulat per Dietz i Rosa (1997), en el qual la població figura com a independent juntament amb el Producte Interior Brut per capita constant mesurat en dòlars de l'any 2005 i expressat en paritat de preus (PPP), el valor afegit industrial en dòlars constants del 2000; l'energia consumida en el sector transport en tones de petroli equivalent, la producció d'energia produïda en tones de petroli equivalent i el percentatge d'energies alternatives i nuclear respecte al total d'energia utilitzada.

La tècnica utilitzada ha estat l'econometria de dades de panell. S'ha estimat el model pel mètode de mínims quadrats ordinaris amb constant (OLS), efectes fixos (EF) i efectes aleatoris (RE) per a, després de comprovar la no estacionarietat de les sèries de dades, aplicar primeres diferències a les variables i estimar una formulació dinàmica del model pel mètode dels moments generalitzats (GMM).

Els resultats mostren, per al conjunt de països, una elasticitat unitària de la població respecte a les emissions de CO₂, d'una magnitud molt semblant a la influència del creixement del PIB per capita i de la intensitat energètica. Aquest fet, la significativa influència de l'ús de l'energia sobre la contaminació, assenyala la direcció que han de seguir les autoritat a l'hora d'adoptar

polítiques mediambientals i complir els objectius marcats per la UE per al 2020. Es pot considerar un encert incloure com una de les metes a assolir la millora en l'eficiència energètica en el 2020.

Hem comprovat que la població té influències diferents en funció del grup de països que considerem. Respecte als països de la UE15, la població no s'exerceix una pressió creixent sobre les emissions de CO₂ perquè des de fa uns quants anys presenten una població estancada quant a creixement. En sentit contrari, els altres 13 països, fonamentalment del centre i l'est d'Europa, confirmen els resultats obtinguts per al conjunt de països amb una elasticitat de la població propera a 1. Hem d'afegir, per a aquests països, una influència significativa i directa de la indústria sobre la contaminació.

Pel que fa als països en transició, cal ressenyar la relació unitària de la població, que corrobora la tesi *malthusiana*, i una major influència de la producció industrial i energètica conseqüència, molt probablement, de la situació d'ineficiència productiva d'aquests països que provenen d'una economia planificada.

6. Bibliografía

ALDY JE, (2005) An Environmental Kuznets Curve Analysis of U.S. State-Level Carbon Dioxide Emissions. *Journal of Environment and Development* 14(1):48-72

ANGULO-GUERRERO AJ, (2008) Relación entre el crecimiento económico y medio ambiente: la U ambiental de Kuznets. *Revista de desarrollo local sostenible* 3(8)

ARCHIBALD SO, BONCHNIARZ Z, MASHITO G, SREBOTNJAK T, (2009) Transition and sustainability: empirical analysis of environmental Kuznets curve for water pollution in 25 countries in central and eastern Europe and the Commonwealth of independent states. *Environmental policy and governance*. 19: 73-98

BAYCAN IO, (2013) Air Pollution, Economic Growth, and the European Union Enlargement. *International Journal of Economics and Finance* 5(12):121-126

BECKERMAN W, (1992) Growth and the environment: whose growth? Whose environment? *World development* 20:481-496

BENGOCHEA A, HIGÓN F, MARTÍNEZ I, (2000) Economic growth and CO2 emissions in the European Union. *Environmental and Resource Economics* 19:165-172

BRISDALL N. (1992) Another look at population and global warming. Population, health, and nutrition policy research. World Bank WPS 1020

BORGHESI S, VERCELLI A, (2003) Sustainable globalisation. *Ecological Economics* 44:77-89

BOSERUP E, (1981) Population and technological change: a study of long-term trends. University of Chicago Press

CARSON RT, (2010) The Environmental Kuznets Curve: Seeking Empirical Regularity and Theoretical Structure. *Review of Environmental Economics and Policy* 4(1):3-23

COLE MA, NEUMAYER E, (2004) Examining the impact of demographic factors on air pollution. *Population development review* 26(1):5-21

CRAMER CJ, (1998) Population growth and air quality in California. *Demography*, 35(1):45-56.

CRAMER JC, CHENEY RP, (2000) Lost in the ozone: population growth and ozone in California. *Population and environment* 21(3):315

DAILY GC, EHRLICH PR, (1992) Population sustainability and earth's carrying capacity. *Biosciences* 42:761-771

- DIETZ T, ROSA EA, (1997) Effects of population and affluence on CO₂ emissions. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 94:175-179
- DIETZ T, ROSA EA, (1994) Rethinking the environmental impact of population, affluence and technology. *Human ecology review*. Summer-autum, 1
- EGLI H, STEGER TM, (2007) A dynamic model of the environmental Kuznets curve: turning point and public policy. *Environmental and resource economics* 36:15-34
- EHRlich PR, HOLDREN JP, (1971) Impact of population growth. *Science* 171:1212-1217
- FAN Y, LIU L, WU G, WEI Y, (2006) analyzing impact factors of CO₂ emissions using the STIRPAT model. *Environmental impact assessment review* 26:377-395
- FURED I F, (1997) Environmentalism to the rescue. *Population and development*, 143-161
- GROSSMAN G, KRUEGER AB, (1995) Economic growth and the environment. *Quarterly journal of economics* 110:353-377
- HOU J, YANG D, ZHANG W, WABG F, WANG G, FU Q, (2015) Analysis of influencing factors of CO₂ emissions in Xinjiang under the context of different policies environmental science and policy 45: 20-29
- IM KS, PESARAN MH, SHIN ., (2003) Testing for unit roots in heterogeneous panels. *Journal of Econometrics* 115: 53–74
- IWATA H, OKADA K, (2010) Greenhouse gas emissions and the role of the Kyoto Protocol. Munich personal RePEc archive <http://mpra.ub.uni-muenchen.de/22299/> [Consultat el 10 de juny de 2010]
- IPCC (2014) *Climate Change 2014: Synthesis Report the Fifth Assessment Report (AR5)*. Cambridge University Press
- KAYA Y, (1990) Impact of Carbon Dioxide Emission Control on GNP Growth: Interpretation of Proposed Scenarios. workingpaper Energy and Industry Subgroup, Response Strategies Working Group, Intergovernmental Panel on Climate Change
- KELLY D, (2003) On environmental Kuznets curve arising from stock externalities. *Journal of economic dynamic & control* 27:1367-1390
- LEVIN A, LIN CF, CHU CSJ, (2002) Unit root tests in panel data: asymptotic and finite-sample properties. *Journal of Econometrics* 108: 1–24
- LI B, LIU X, LI Z, (2015) Using the STIRPAT model to explore the factors driving regional CO₂ emissions: a case of Tianjin, China. *Natural Hazards* (2015) 76:1667–1685
- LIDDLE B, LUNG S, (2010) Age-structure, urbanization, and climate change in developed countries: revisiting STIRPAT for disaggregated population and consumption-related

environmental impacts. *Population and environment* [publicat en línia el 02/02/2010 i consultat el 22/04/2010]

LIDDLE B, (2013) Urban density and climate change: a STIRPAT analysis using city-level data. *Journal of transport geography* 28:22-29

Liddle B, (2015) What are the carbon emissions elasticities for income and population? Bridging STIRPAT and EKC via robust heterogeneous panel estimates *Global Environmental Change* 31:62–73

LIN S, ZHAO D, MARINOVA D. (2009) Analysis of the environmental impact of China based on STIRPAT model. *Environmental impact assessment review* 29:341-347

LOZANO S, GUTIÉRREZ E, (2008) Non-parametric frontier approach to modelling the relationships among population, GDP, energy consumption and CO₂ emissions. *Ecological economics* 66:687–699

LUCAS RBE, WHEELER D, HETTIGE H, (1992) Economic development, environmental regulation and the international migration of toxic industrial pollution: 1960-1988. *International trade and the environment. World Bank discussions paper* núm. 159

MARCOTULLIO PJ, SARZYNSKI A, ALBRECHT J, SCHULZ NA (2014)top-down regional assessment of urban greenhouse gas emissions in europe . *Ambio* 43:957–968

MARTÍNEZ-ZARZOSO I, (2008) The impact of urbanization on CO₂ emissions: evidences from developing countries. *Fundazione Eni Enrico Mattei. Nota di lavoro* 50.2008

MARTÍNEZ-ZARZOSO I, BENGOCHEA-MORANCHO A, MORALES-LAGE R, (2007) The impact of population on CO₂ emissions: evidence from European countries. *Environmental and resources economics* 38:497-512

MCKELLAR L, LUTZ W, PRINZ C, GOUJON A, (1995) Population, house holds ans CO₂ emissions. *Population development review* 21(4)849-865

PASCHE M, (2002) technical progress, structural change, and the environmental Kuznets curve. *Ecological economics* 42:381-389.

PAUDEL KP, ZAPATA H, SUSANTO D, (2006) An empirical test of environmental Kuznets curve for water pollution. *Environemntal and resources economics*. 31: 325-348

POUMANYVONG P, SHINJI K, (2010) Does urbanization lead to less energy use and lower CO₂ emissions? A cross-country analysis. *Ecological Economics* 70:434–444

ROCA J I ALCÁNTARA V (2001) Energy intensity, CO emissions and the environmental Kuznets curve. The Spanish case. *Energy Policy* 29:553-556

- ROCA J, PADILLA E, FARRÉ M, GALLETTO V, (2001) Economic growth and atmospheric pollution in Spain: discussing the environmental Kuznets curve hypothesis. *Ecological Economics* 39:85-99
- SALIM RA, SHAFIEI S, (2014) Urbanization and renewable and non-renewable energy consumption in OECD countries: An empirical analysis . *Economic Modelling* 38:581–591
- SHAHBAZ M, LOGANATHAN N, SBIA R, AFZA T (2015) The effect of urbanization, affluence and trade openness on energy consumption: A time series analysis in Malaysia. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 47:683–693
- SELDEN TM, SONG D, (1994) Environmental quality and development: is there an environmental Kuznet's curve for air pollution?. *Journal of environmental economics and management* 27:147-162
- SHI A, (2003) The impact of population pressure on global carbon dioxide emissions, 1975-1996: evidence from pooled cross-country data. *Ecological Economics* 44:29-42
- LIN S, ZHAO D, MARINOVA D, (2009) Analysis of the environmental impact of China based on STIRPAT model . *Environmental Impact Assessment Review* 29:341–347
- SQUALI J, (2009) Immigration and environmental emissions: A U.S. county-level analysis *Population and Environment* (2009) 30:247–260
- SQUALI J, (2010) An empirical assessment of U.S. state-level immigration and environmental emissions. *Ecological Economics* 69:1170–1175
- STERN DI (2002) Explaining changes in global sulphure emissions: an econometric decomposition approach. *Ecological economics* 42:201-220
- SURI V, CHAPMAN D, (1998) Economic growth and energy: implications for the EKC. *Ecological economics* 25:195-208
- TISDELL C, (2001) Globalisation and sustainability: environmental Kuznets curve and the WTO. *Ecological economics* 39:185-196
- WANG Z, YIN F, ZHANG Y, ZHANG X, (2012) An empirical research on the influencing factors of regional CO₂ emissions: Evidence from Beijing city, China . *Applied Energy* 100:277–284
- WAGGONER PE, AUSUBEL JH, (2002) A framework for sustainability science: A renovated IPAT identity. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*. 99(12):7860–7865
- WORLD BANC, (2001) *World Development Indicators 2001 CD-Rom*, Washington DC
- YORK R, ROSA EA, DIETZ T, (2003) A rift in modernity? Assessing the antropogenic change with STIRPAT model. *Internatonal journal of sociology end social policy* vol. 23 Núm. 10:31-51

ZABA B, CLARKE, JI. (1994) Introduction: current directions in population-environment research. *Environment and population change*

ZAIM O, TASKIN, FA, (2010) Kuznets curve in environmental efficiency: an application on OECD countries. *Environmental and resources economics*. 17: 21-36

7. Annex

Taula 8: característiques dels estudis que han utilitzat el model STIRPAT

Autor	Període	Núm. països	Variable dependent	Variables independents	Tècnica d'estimació
Martínez-Zarzoso (2008)	1975-2005	88	CO ₂	Població, GDP/capita PPP, % activitat industrial respecte del total, GDP PPP/consum d'energia	FE, RE, FGLS
Squalli (2009)	2000	USA (157-400 comptats)	CO ₂ , NO ₂ , PM i SO ₂	Població nativa, població estrangera, % d'estrangers respecte del total de la població, renda per capita, % empleats en el sector serveis i en el sector de manufactures	OLS, robust regression i quantile regression
Iwata et al. (2010)	1990-2005	119	CO ₂ , NO ₂ , CH ₄ i HCFs-PFCs-SF ₆	Població, urbanització, GDP/capita PPP, intensitat en l'ús de l'energia, % valor afegit del sector manufacturer	OLS, FE, RE
Shoufu et al. (2009)	1978-2006	Xina	emissions de GHG (mètode indirecte)	Població, urbanització, GDP/capita PPP, % activitat industrial respecte del total, intensitat en l'ús de l'energia	Ridge regression
Lozano et al. (2008)	1990-2004	28	GHG	Població, GDP	Non parametric frontier
Martínez et al. (2007)	1975-1999	23	CO ₂	Població, GDP per capita PPP, % activitat industrial respecte del total, intensitat en l'ús de l'energia	OLS, FE, RE, GMM
Squalli (2010)	2000	USA	CO ₂ , NO ₂ , PM i SO ₂	Població, GDP/capita PPP, % serveis respecte del total de producció, % manufactures respecte del total de producció, urbanització, grandària mitjana de la llar, % població de menys de 18 anys, % població d'entre 18 i 64 anys, consum de carbó	robust regression i quantile regression
Liddle i Lung (2010)	1960-2005	17 països	CO ₂ i consum d'energia	GDP per capita PPP, població total, % població entre 20-34, % població entre 35.49, % població entre 50.64, % població entre 65-79, % població urbanes, % consum d'energia residencial, % ús d'energia no fòssil, ràtio Km rails respecte Km carreteres i ràtio de consum d'energia industrial respecte de la producció industrial	OLS, FE
Huo et al. (2015)	1958-2010	Xingiang (Xina)	CO ₂ estimat	GDP per capita, Població, intensitat en l'ús de l'energia (GDP per unitat d'energia consumida), ràtio del valor afegit en relació al GDP, ràtio de consumo energia basat en carbó en relació al total de combustibles fòssils, ràtio de població no agrícola en relació al total de població	Descriptiva i Ridge regression

Autor	Període	Núm. països	Variable dependent	Variabls independents	Tècnica d'estimació
Iwata et alt. (2014)	1990-2005	39	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O i altres (HFCs, PFCs, SF ₆)	Població, percentatge de població urbana respecte del total, GDP per capita, percentatge del valor afegit en manufactures en relació al total, ràtio del consum d'energia en relació al GDP real, signatura Protocol de Kyoto (dummy) i signatura del protocol de Montreal (dummy)	OLS, FE, RE i GMM
Liddle (2015)	1971-2011	26 OCDE i 56 noOCDE	CO ₂	Intensitat d'ús de l'energia industrial, població, GDP per capita, percentatge consum d'energia primària en combustibles no fòssils en relació al total de consum d'energia	CMG i AMG
Liddle (2013)	1971-2007	31+56	CO ₂ transport	Consum d'electricitat en les llars, GDP per capita, percentatge de consum d'energia residencial en relació a consum total, població urbana	Cointegració
Li. et al. (2015)	1996-2012	Tiajin	CO ₂ estimat	Població, urbanització, GDP per capita (també al quadrat), consum d'energia en relació al GDP, percentatge del valor afegit industrial en relació al total, inversió directa estrangera (FDI)	PLS
Marcotulio et al. (2014)	2000	40	CO ₂ estimat per a zones urbanes	Població urbana, renda, densitat de població, ràtio de creixement de la població, indicador del clima local	OLS
Poumanyvond i Kaneko (2010)	1975-2005	99	Ús de l'energia i emissions de CO ₂	Població, GDP per capita, percentatge de valor afegit industrial en relació al GDP, percentatge del valor afegit del sector serveis respecte del GDP i consum d'energia en relació al GDP	OLS, FE
Salim i Shafiei (2014)	1980-2011	29	Consum energia renovable i no renovable	Població, GDP per capita, percentatge del valor afegit industrial respecte GDP, percentatge del valor afegit dels serveis respecte GDP, densitat de població, percentatge de població urbana respecte del total	Cointegració i CCE i Granger correaltion
Shafiei, F. Salim, R.A. (2014)	1980-2011	29	CO ₂	Població GDP per capita (i al quadrat), consum d'energia renovable i consum d'energia no renovable, relació entre producció industrial i GDP, relació entre serveis i GDP, densitat de població, urbanització (i al quadrat), Intensitat d'ús de l'energia	GMM, Granger causality i AMG
Shahbaz et al. (2015)	1970-2011	Malaysia	Consum d'energia per capita	GDP per capita, urbanització, consum d'energia per capita, Suma d'exportacions i importacions per capita	Cointegració, ARDL i VECM Granger causality
Wang et al.	1997-2010	Beijing	CO ₂	GDP per capita, percentatge població urbana, percentatge del valor afegit industrial respecte GDP, percentatge del valor afegit dels serveis respecte GDP, consum d'energia, estoc de patent relacionades amb l'energia	OLS, PLS, VIP

Autor	Període	Núm. països	Variable dependent	Variables independents	Tècnica d'estimació
Wang, Z. Zhao, T.	1997-2012	30 regions de Xina	CO ₂ estimat	Població, percentatge de població urbana, GDP per capita, consum d'energia en relació al GDP, ràtio valor afegit industrial en relació al valor afegit de serveis, percentatge de les exportacions més les importacions en relació al GDP	OLS, PLS, VIP
Wng, Y. Et al.	1960-2010	31	CO ₂	GDP per capita, consum d'energia en relació al GDP, percentatge de població urbana (i al quadrat)	Parametric i semiparametric models
Yuan, R. Et al.	1997-2010	28 províncies de Xina	CO ₂	Percentatge de població urbana, GDP per capita, percentatge de despesa en R+D sobre el GDP, percentatge del sector industrial en relació al GDP, percentatge de les exportacions més les importacions en relació al GDP	Cointegració SYS, GMM
Zhu, Q. Peng, X.	1978-2008	Xina	CO ₂	Població, percentatge població urbana, percentatge de població en edat de treballar en relació al total, mitjana de membres de la llar, despesa per capita	OLS, VLF i Ride regression

Font: elaboració pròpia

Taula 9: països EU15

Àustria	Bèlgica	Dinamarca	Finlàndia	França
Alemanya	Grècia	Irlanda	Itàlia	Luxemburg
Holanda	Portugal	Espanya	Suècia	UK

Taula 10: països d'incorporació recent

Bulgària	Croàcia	Xipre	Txèquia	Estònia
Hongria	Letònia	Lituània	Malta	Polònia
Romania	Eslovàquia	Eslovènia		

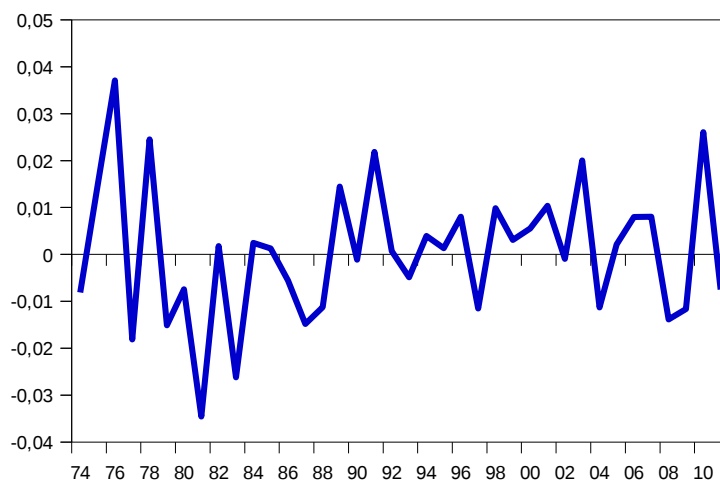
Taula 11: Matriu d'autocorrelacions

	L_CO2	L_POB	L_GDP	L_IND	L_EI
L_CO2	1	0.969	0.298	-0.138	0.0672
L_POB	0.969	1	0.162	-0.098	0.040
L_GDP	0.298	0.162	1	-0.499	-0.565
L_IND	-0.138	-0.098	-0.499	1	0.339
L_EI	0.067	0.040	-0.565	0.339	1

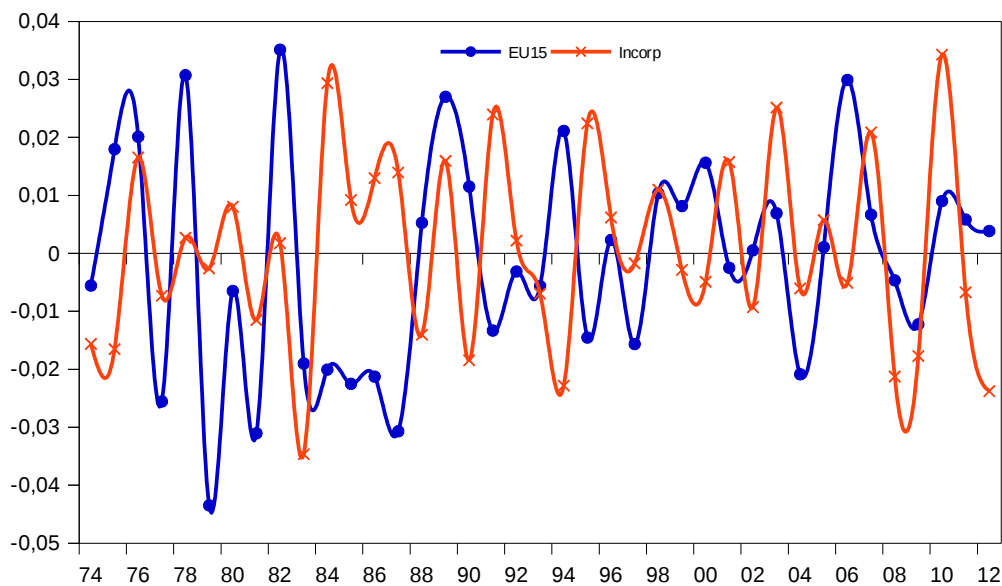
Taula 12 Anàlisi d'estacionalitat a través del test d'arrels unitàries de Levin, Lin & Chu i de IM, Pesaran & Shin W-stadístic amb selecció automàtica d'interval·ls de 0 a 2 i amb un mètode d'estimació, amb intercepte i pendent, de kernel de Barlett i de selecció de Newey-West. (* implica acceptar no estacionalitat al 1% de significativitat)

Intercepte/ pendent	lnCO ₂	ΔlnCO ₂	lnP	ΔlnP	lnA	ΔlnA	lnT	ΔlnT	lnEI	ΔlnEI
Levin, Lin & Chu	-1.0	-9.59*	-9.4*	-4.2*	0.37	-11.7*	-1.8	-8.29*	-0.87	-11.6*
IM, Pesaran & Shin	4.6	-8.1*	0.6	-2.6*	4.6	-7.94*	0.83	-6.23*	1.31	-9.97
Núm Obsr	1029	1001	1029	1001	1029	1001	624	596	1029	1001

Gràfic 3: Efectes fixos de temps del model amb tots el països



Gràfic 4: Efectes fixos de temps per grups de països



Taula 13 Efectes fixos per països

País	Efecte	País	Efecte
Àustria	-0.000538	Bulgaria	0.003801
Belgium	-0.002695	Croatia	0.000452
Denmark	-0.008793	Cyprus	0.002052
Finland	-0.005352	Czech Republic	-0.002941
France	-0.009930	Estonia	0.004427
Germany	0.001772	Hungary	-0.003907
Greece	-0.004583	Latvia	-0.001242
Ireland	-0.002233	Lithuania	0.040636
Italy	-0.002915	Malta	0.001662
Luxembourg	0.005014	Poland	0.001386
Netherlands	0.003226	Romania	0.002219
Portugal	-0.002442	Slovak Republic	-0.002595
Spain	-0.001493	Slovenia	-0.002351
Sweden	-0.014218		
United Kingdom	0.001581		

Convergència en l'emissió de CO₂ entre els països de la Unió Europea

Resum

Conèixer l'evolució en emissions de CO₂ per capita del conjunt de països de la UE en el passat pot servir a les autoritats polítiques a l'hora d'establir futures mesures de protecció mediambiental i dirigir els esforços cap als països o sectors amb major potencial de reducció. Aquest treball posa l'accent en el procés de convergència en emissions de CO₂ per capita que s'hauria de produir si les mesures adoptades per al compliment del protocol de Kyoto en el si de la Unió Europea (UE) han tingut un impacte positiu. Analitzem l'existència de convergència o divergència, en aplicar tècniques paramètriques transversals i temporals, amb dades d'emissions, obtingudes del *World Resource Institute*, dels 28 països membres entre 1960 i 2012. L'anàlisi es realitzarà, a més, dividint en tres grups diferents els països i amb una anàlisi de sector econòmics. El resultat més important a tenir en compte en el futur és que les emissions de CO₂ dels països de la UE en el sector del transport no convergeixen i tendeixen a mitjanes cada vegada majors.

1. Introducció

A l'hora de determinar les polítiques més adients per a reduir l'emissió de CO₂ a l'atmosfera, la Unió Europea (UE) ha optat, fins ara, per fixar un objectiu global per al conjunt de països membres i fixar, tot seguit, objectius de reducció per a cada Estat i distribuir els esforços en funció de les característiques pròpies de cada membre. Com observem a la taula 14, l'objectiu de reducció de CO₂ per a 2020 per al conjunt de la UE⁴ és del 30% en relació amb els nivells d'emissions de 1990, però l'assignació per països és irregular i es basa en el nivell d'emissions de 2005.

⁴ Decisió núm. 406/2009/ce del Parlament Europeu i del Consell de 23 de abril de 2009

Taula 14: Límits de les emissions de gasos d'efecte hivernacle dels Estats membres en 2020, en comparació amb els nivells d'emissions de gasos d'efecte d'hivernacle en 2005

País	% reducció	País	% reducció
Àustria	- 16	Lituània	15
Bèlgica	- 15	Luxemburg	- 20
Bulgària	20	Hongria	10
República Txeca	9	Malta	5
Dinamarca	- 20	Holanda	- 16
Alemanya	- 14	Polònia	14
Estònia	11	Portugal	1
Irlanda	- 20	Romania	19
Grècia	- 4	Eslovènia	4
Espanya	- 10	Eslovàquia	13
França	- 14	Finlàndia	- 16
Itàlia	- 13	Suècia	- 17
Xipre	- 5	Regne Unit	- 16
Letònia	17		

Els objectius abasten des de la reducció del 20% en emissions de GHG per a Dinamarca, Irlanda i Luxemburg fins a permetre l'increment d'un 20% de les emissions per a Bulgària. La UE pressuposa que el punt de partida en el nivell d'emissions i les característiques estructurals de cada país són diferents i evolucionaran en el futur de forma diferent. En el fons el que estan manifestant aquests objectius és un procés de convergència en emissions entre els Estats: els països que més contaminen han de reduir-les, mentre que els països que menys contaminen poden incrementar-les.

La qüestió és si els objectius en les emissions es basen en el comportament en el passat dels països membres quant a l'augment o disminució d'emissions. Una forma de comprovar l'adequació dels objectius fixats és estimar si el procés de convergència s'ha produït. Aquest treball posa l'accent en l'anàlisi de la convergència:

- Ús de diferents metodologies econòmiques utilitzades per la literatura recent per a analitzar la convergència entre països en relació amb l'emissió de CO₂.
- Anàlisi sectorial de convergència en emissions per als 28 països de la UE. La majoria de les anàlisis fetes fins ara es basen en un únic sector com, per exemple, la producció de manufactures, amb un major o menor nivell d'agregació sectorial. En aquest treball es tindrà en compte la convergència en emissions de CO₂ del sector agrícola, energètic i industrial; a més, es desagregarà el sector energètic per a estudiar els subsector de generació elèctrica i calor, manufacturer, transport i altres fonts d'emissions.
- Ús del conjunt de dades aportat pel *World Resources Institute (WRI)* sobre emissions per països i sectorial.

L'estudi se centra en l'evolució de les emissions de CO₂ en els 28 països de la Unió Europea, tant a nivell agregat com per sectors. La decisió de centrar l'estudi en el CO₂ i no en altres gasos GHG es deu a la disponibilitat de dades històriques en el temps i per sectors i al fet que és el gas de referència en el càlcul de les emissions de GHG i allò que més hi contribueix.

S'estima que el CO₂ és responsable del 80% de les emissions de GHG. El conjunt de dades s'ha obtingut del *Climate Data Explorer* (CAIT) publicades per WDI. Sobre aquestes, hem aplicat els diferents models de convergència.

La resta del document es distribueix de la manera següent: en l'apartat 2, s'explica els diferents conceptes de convergència; en l'apartat 3, es fa una revisió de la literatura econòmica sobre el tema; en l'apartat 4, s'exposen les bases teòriques dels diferents models econòmics que s'aplicaran; l'apartat 5 i 6 es mostren els resultats globals i sectorials, respectivament i, finalment, l'apartat 7 es dediquen a les conclusions.

2. Concepte de convergència

La convergència entre països és un procés que es produeix a llarg termini i implica l'aproximació en els nivells de la variable estudiada entre dos o més països. La definició del procés de convergència, la seua caracterització, els mètodes de detecció i d'anàlisi són diversos en la literatura econòmica recent.

2.1. Convergència absoluta

Els dos conceptes clàssics de convergència utilitzats són els anomenats β -convergència i σ -convergència. El concepte de β -convergència, basat en la teoria neoclàssica de Solow (1956), va ser introduït per primera vegada per Baumol (1986) i després el van desenvolupar Barro i Sala-i-Martí (1992). Diem que hi ha β -convergència absoluta quan les economies més pobres tendeixen a créixer més ràpidament que les economies més riques. A llarg termini, si es manté aquesta diferència, els països rics i pobres tendiran en convergir a un mateix nivell de la variable estudiada.

2.2. Convergència condicional

La β -convergència assumeix que l'única diferència entre països és el nivell inicial de la variable estudiada. Aquesta suposició és molt restrictiva perquè la diferència entre països depèn d'una gran quantitat de factors: nivell de la tecnologia, estoc de capital, qualificació del capital humà, composició de la producció, creixement de població, climatologia, orografia, situació geogràfica, etc.

A més, la convergència absoluta suposa que tots els països tendeixen a confluïr en un mateix nivell, anomenat «estat estacionari». Com els països són heterogenis és lògic pensar que tendiran a diferents estats estacionaris en funció de les característiques diferencials.

La convergència condicional pressuposa que dos països convergeixen en una variable a llarg termini si les característiques estructurals (estructura productiva, composició, ús de l'energia, tecnologia, capital humà, institucions, etc.) són idèntiques. Des d'aquesta perspectiva, dues economies tindran un comportament similar si tenen característiques estructurals similars. A

partir del moment en què dins del model de predicció s'incorporen aquestes singularitats, podem comprovar si hi existeix convergència.

La β -convergència condicional prediu que cada país creixerà cap al seu estat estacionari però que, a mesura que s'aproxima a aquell estat, el seu creixement serà positiu encara que menor. Dit d'una altra manera, la ràtio de creixement d'una economia està relacionada positivament amb la distància que la separa del seu estat estacionari.

2.3. σ -convergència

Es diu que hi ha σ -convergència quan un grup d'economies redueixen la dispersió de la variable estudiada al llarg del temps, és a dir, $\sigma_{t+T} < \sigma_t$. Quah (1993) va considerar que era una mesura millor per a detectar convergència perquè comprova si la distribució de la variable entre les economies estudiades és més igualitària i criticava el concepte de β -convergència perquè el tipus de regressió que se sol aplicar tendeix a acceptar convergència en casos en què no existia i assumia implícitament que tots els països tenen la mateixa ràtio de convergència.

L'indicador de dispersió utilitzat inicialment per Barro i Sala-i-Martín (1992) va ser la desviació estàndard, però es poden utilitzar altres indicadors: variància, coeficient de variació, índex d'heterogeneïtat estructural, índex de Ginni, etc.

Sala-i-Martí (1996) va demostrar la relació entre els dos conceptes: si dues economies són més similars al llarg del temps (sigma) és perquè les economies pobres han crescut més ràpidament que les riques (beta). L'existència de β -convergència és condició necessària però no suficient per a l'existència de σ -convergència. Podria passar en el cas que els països pobres cresquen tant i tan ràpid que superen als rics: es compleixen les condicions de la β -convergència però la dispersió pot incrementar-se.

La convergència arreplega si la distribució de renda entre països és més estreta al llarg del temps, mentre que la β -convergència està relacionada amb la mobilitat individual de les economies dins la distribució de renda mundial.

Es pot comprovar que asimptòticament es pot calcular la variància:

$$\sigma_t^2 \equiv (1-\beta)^2 \sigma_{t-1}^2 + \sigma_u^2 \quad (1)$$

On es pot observar que si $\beta < 0$, és a dir, no hi ha convergència absoluta, la variància de les economies serà cada vegada major i no hi pot haver σ -convergència.

2.4. Club convergence

Una altra manera de considerar als diferents nivells de convergència entre països és contrastar la β -convergència absoluta per a països que tenen a priori unes característiques comunes, de

forma que s'espera que arriben a un mateix nivell d'estat estacionari per grups de països (clubs).

2.5. Convergència estocàstica

El treball sobre el concepte de convergència de Barro i Sala-i-Martín (1992) va ser criticat per Quah (1993) en el sentit que els models presentaven un problema de biaix.

Una altra manera d'estudiar la convergència la van proposar Carlino i Mills (1993), Bernard i Durlauf (1995) i Oxley i Greasley (1995) en analitzar l'existència d'una tendència comuna en sèries temporals de la variable estudiada. Quah va suggerir que seria interessant estudiar la persistència dels possibles xocs sobre la variable estudiada, de forma que si s'aplica el test d'arrels unitàries a un panell de dades hi haurà convergència estocàstica si és estacionària en tendència. L'existència d'arrel unitària indicarà que l'efecte d'un xoc sobre la variable és permanent i causa divergència.

Li i Papell (1999) van definir dos enfocaments diferents relacionats amb la convergència estocàstica: la convergència estocàstica dèbil si es contrasta que el logaritme natural de la taxa de creixement és estacionària; i una convergència determinista si la diferència de les taxes de creixements entre dos països arriben a ser estacionàries de mitjana 0.

3. Revisió de la literatura

Des de la publicació del document de Barro i Sala-i-Martín (1992) s'han realitzat una gran quantitat de treballs sobre convergència entre països amb diferents objectes d'estudi: creixement, productivitat, eficiència energètica, tecnologia, tipus d'interès, entre altres.

Un dels primers estudis realitzats sobre convergència en emissions de gasos d'efecte hivernacle (GHG) el va realitzar List (1999), on troba l'existència de convergència en l'emissió d'òxids de nitrogen i diòxid de sofre entre diferents regions d'USA, de 1929 a 1994, en aplicar els conceptes de convergència transversal, β -convergència, i estocàstica.

Gran part dels treballs basats en els conceptes de β -convergència i σ -convergència utilitzen tècniques no paramètriques, com el realitzat per van Nguyen (2005) per a estudiar la distribució dinàmica espacial de les emissions de diòxid de carboni i comprovar evidència molt feble de convergència en l'emissió de gasos en un conjunt de 100 països de diferents característiques però evidència de convergència entre països industrialitzats. Interpreta aquests resultats de forma positiva en el sentit de corroborar l'existència de la corba mediambiental de Kuznets (EKC) perquè els països desenvolupats convergeixen a nivells inferiors d'emissions i els països en vies de desenvolupament no n'incrementen, en conjunt, les emissions.

En la mateixa línia, Aldy (2006) aplica mesures de dispersió, cadenes de Markov i matriu de transició amb dades entre 1960 i 2000 i no troba evidència de convergència en emissions entre els 88 països estudiats però sí entre els 23 països de l'OCDE.

Ezcurra (2007) estima una distribució de densitat (nuclis estocàstics), i conclou que hi ha una disminució de les diferències en emissions en CO₂ dins els 87 països analitzats entre 1960 i 1999. A més, els diferents nivells d'emissions s'expliquen pels diferents nivells en renda per capita, grau d'obertura comercial i condicions climàtiques que hi ha entre els països estudiats.

A mesura que se'n realitzen treballs sobre el tema, és cada vegada més evident que la convergència en emissions depèn del conjunt de països seleccionat i la forma d'agrupar-los. Jobert et al. (2010) analitzen la β -convergència, absoluta i condicional, i la σ -convergència i utilitzen un mètode d'estimació de reducció bayesià, que permet arregar millor l'heterogeneïtat entre països, amb dades d'emissions de CO₂ de 22 països europeus entre 1971 i 2006. La conclusió del seu treball és que hi ha convergència absoluta entre països, encara que a una velocitat menor a l'esperada i observa disparitat entre països en la tendència en emissions, en la velocitat de convergència i en l'impacte del nivell d'industrialització. De fet, divideix els països en diferents grups per a posar en relleu que la reducció d'emissions des de 1990 es deu als països de nova incorporació i no als esforços dels antics membres de la UE.

Aquestes diferències entre grups de països l'apunten també Criado i Grether (2011) quan analitzen les emissions de CO₂ per capita a través d'un panell de dades de 166 àrees del món entre 1960 i 2002. Utilitzen mesures robustes de dispersió, asimetria, apuntament i dos test no paramètrics sobre l'estimació de la distribució espacial amb cadenes de Markov. Les principals conclusions a què arriba són, amb relació al conjunt de països no-convergència abans de les crisis del petroli de la dècada dels 70 però convergència entre 1980 i 2000, en especial per al conjunt de països europeus i una gran varietat de nivells d'estabilitat entre els diferents grups de països.

Per a detectar aquestes diferències, Panapoulou i Pantelidis (2009) examinen les emissions de CO₂ en 128 països entre 1960 i 2003 amb una metodologia introduïda per Phillip i Sul per a identificar clubs de convergència, és a dir, grups de països que convergeixen a diferents nivells d'equilibri. En les conclusions destaca l'existència de convergència entre tots els països però detecta dos grups de països diferents que es mouen cap a estats estacionaris diferents i amb una lenta convergència entre els dos clubs.

Amb el mateix objectiu Camarero et al. (2014) avaluen la convergència en eco-eficiència entre 27 països de la UE en emissions de GHG per països i per tipus de gas (CO₂, NO₂ i CH₄) entre 1990 i 2009. Conclouen amb l'existència d'entre quatre i sis clubs de convergència, en funció del tipus de gas. Els països del centre i l'est d'Europa són els que mostren un pitjor comportament en eco-eficiència.

L'anàlisi d'influència espacial en la convergència entre zones geogràfiques va ser l'objectiu del treball de Huang i Meng (2013) en analitzar les emissions per capita de CO₂ en diferents zones urbanes de Xina entre 1985 i 2008 amb models espaciotemporals. Els resultats mostren convergència cap a nivells majors d'emissions per capita en totes les zones i en el període

estudiat i evidències que el factor espacial incrementen l'acceleració de la convergència en zones urbanes veïnes.

Un treball on s'introdueix l'anàlisi sectorial de la convergència en emissions de CO₂ per capita el van fer Wang i Zhang (2014). Aquests autors analitzen la β -convergència, σ -convergència amb tècniques paramètriques, i la convergència estocàstica en emissions en 6 sectors a 28 províncies xineses entre 1996 i 2010. Troben evidències de convergència en tots els sectors al llarg del període estudiat i identifiquen i quantifiquen els diferents factors que influeixen en cada un dels sectors.

Quan s'adopta una perspectiva temporal en l'anàlisi de la convergència s'hi apliquen tècniques i tests per a comprovar l'existència de sèries temporals estacionàries. Per exemple, Strazicich i List (2003) van estudiar la convergència de les emissions de CO₂ en aplicar test d'arrels unitàries a un panell de dades sobre 21 països industrialitzats entre 1960 i 1997 i van trobar evidències de convergència.

Lee i List (2004) controlen els efectes de les regulacions mediambientals sobre les emissions d'òxid de nitrogen a USA entre 1900 i 1994 amb la inclusió de variables *dummy* per a recollir l'efecte de la «*Clean air act*» de 1970. Conclouen que l'efecte sobre les emissions és permanent i tendeix cap a la convergència.

Un treball que té un mateix objectiu és el de Bulte et al. (2007) que analitzen les emissions d'òxid de nitrogen i diòxid de sofre a 44 estats d'USA entre 1929 i 1999. Utilitzen el test d'arrels unitàries de mínim multiplicador de Lagrange (LM) per a detectar canvis estructurals en la seqüència de dades. Els resultats mostraven falta de convergència en el període 1929-1969, quan el control de la pol·lució era de responsabilitat local, i convergència en el període 1970-1999, gràcies al control federal de la contaminació.

Barassi (2008) implementa una bateria de tests d'arrels unitàries en l'estudi de convergència en emissions de CO₂ amb dades de 23 països de l'OCDE entre 1950 i 2002 i conclou que no hi convergència en el conjunt de països, però realitza una precisió en el sentit que els resultats depenen en gran mesura de la tècnica utilitzada, del període analitzat i del conjunt de països utilitzat.

Per a detectar aquesta heterogeneïtat en el comportament dels països s'han considerat diferents estratègies econòmiques. Així, per a controlar l'existència en el temps de causes exògenes, Romero-Avila (2008) aplica tests d'arrels unitàries amb tècniques on es tenen en compte ruptures estructurals. El resultats demostren convergència estocàstica en mitjanes entre els 23 països industrialitzats estudiats.

Westerlund i Basher (2008) apliquen un test d'arrels unitàries que permet l'existència de dependència entre les sèries en analitzar la convergència estocàstica de les emissions de CO₂ en una sèrie de 28 països desenvolupats i en desenvolupament, i arriben a la conclusió de l'existència de convergència en el conjunt de països analitzats.

Una tècnica diferent utilitza Nourry (2009) quan estudia la convergència estocàstica de les emissions de CO₂ i SO₂ en 81 països entre 1950-1990. Compara els resultats del test ADF-KPSS i ADF-WS d'arrels unitàries a través del mètode de comparació per parelles de Pesaran. Els resultats als quals arriba són contradictoris i poc concloents a favor de la convergència en emissions.

Finalment, Yavuz i Yilanci (2013) estudien la convergència estocàstica en l'emissió de diòxid de carboni en vuit països del G7 entre 1960 i 2006 en aplicar el test d'arrels unitàries TAR (*threshold autoregressive*) en considerar la variable no lineal i arriba a la conclusió de l'existència de convergència parcial condicional.

4. Models empírics

4.1. Convergència absoluta

Barro i Sala-i-Martín (1992) en la formulació del model de β -convergència, pressuposen que els diferents països, i , convergeixen a un mateix nivell de la variable estudiada, de forma que es pot estimar un model que relacione les emissions en el moment T respecte al moment t . Amb aquest plantejament la ràtio de creixement la defineixen:

$$\gamma_{i,t,t+T} \equiv \frac{\log\left(\frac{Y_{i,t+T}}{Y_{i,t}}\right)}{T} \quad (2)$$

On $\gamma_{i,t,t+T}$ és la ràtio de creixement anual de l'economia i entre t i $t+T$; \log és el logaritme natural; $Y_{i,t+T}$ és el valor de la variable a estudiar en el país i en el moment T ; $Y_{i,t}$ és el valor de la variable en el moment de referència t .

La formalització del model economètric de Sala-i-Martín (1996) és:

$$\left(\frac{1}{T}\right) \cdot \gamma_{i,t,t+T} = \alpha - \beta \log(y_{i,t}) + \varepsilon_{i,t} \quad (3)$$

Si volem analitzar l'evolució de les emissions de CO₂ en relació amb el nivell inicial per a estudiar la convergència en emissions, la formalització del model més habitual és:

$$\left(\frac{1}{T}\right) \cdot \gamma_{i,t,0} = \alpha - \beta \log(y_{i,0}) + \varepsilon_{i,t} \quad (4)$$

Si $\beta > 0$, hi ha convergència absoluta de les economies, i es pot estimar la velocitat de convergència de la següent manera:

$$V = -\frac{\log(1+T\cdot\beta)}{T} \quad (5)$$

4.2. Convergència condicional

La convergència condicional suposa que els països convergeixen a estats estacionaris amb diferents nivells de la variable estudiada. En el model hem d'introduir variables que representen aquesta heterogeneïtat entre països. Sala-i-Martin (1996) el formalitza de la manera següent:

$$y_{i,t,t+T} = a - b \log(y_{i,t}) + \Psi X_{i,t} + \varepsilon_{i,t,t+T} \quad (6)$$

On $X_{i,t}$ és un vector de variables que mantenen constant l'estat estacionari de l'economia. Com el nivell de referència en l'estudi de la convergència és l'inicial, el model es pot reescriure:

$$y_{i,t} = a - b \log(y_{i,0}) + \Psi X_{i,t} + \varepsilon_{i,t} \quad (7)$$

Si estimem l'equació, b representa:

$$b = \frac{(1 - e^{-\beta T})}{T} ; \quad \text{si } \beta > 0 \quad (8)$$

En el model estimat, si cap de les variables exògenes són significatives i b és significatiu i amb signe negatiu, estarem en el cas de convergència absoluta i els països tendiran a convergir a un mateix valor. Si hi ha coeficients de les variables exògenes significatives, aquestes expliquen el fet que els països convergeixen a diferents nivells d'emissions, de forma que, sempre que b siga significatiu i menor a 0, estarem en el cas de convergència condicional.

4.3. σ -convergència

La σ -convergència estudia la variació de la dispersió al llarg del temps de la variable d'estudi. Si considerem la desviació estàndard, hem de considerar l'avaluació de:

$$\sigma_t = \sqrt{\frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^N (\log y_{i,t} - \mu_t)^2} \quad (9)$$

On μ_t és la mitjana mostral de $\log(y_{i,t})$. La σ -convergència es produeix si els valors de la desviació estàndard del conjunt de països estudiats decreix al llarg del temps perquè indica que la dispersió de la variable estudiada és menor i els valors es concentren en el seu valor mitjà.

4.4. Convergència estocàstica

El model de convergència estocàstica definit per Carlino i Mills (1993) es basa en l'anàlisi de l'ordre d'integració de la diferència respecte a la mitjana de la variable a estudiar calculada en logaritmes:

$$RI_{i,t} = y_{i,t} - \bar{y}_t \quad (10)$$

$RI_{i,t}$ és la ràtio de creixement de la variable estudiada respecte a la mitjana dels països.

$Y_{i,t}$ és el logaritme natural del nivell d'emissions de CO₂ per capita del país i .

\bar{Y}_t és el logaritme natural de la mitjana d'emissions de tots els països en el període t .

El diferencial es pot descompondre en:

$$RI_{i,t} = RI_t^e + u_{i,t} \quad (11)$$

RI_t^e és el diferencial d'equilibri.

$u_{i,t}$ les desviacions de l'equilibri a llarg termini.

El diferencial d'equilibri recull les diferències d'emissions entre països a causa de la diferent estructura econòmica que presenten. Si dos països són similars, $RI_t^e = 0$ i estem en el cas de convergència absoluta entre ells. Però si $RI_t^e \neq 0$, els països tenen una estructura tan distinta que només es pot parlar de convergència condicional.

La formulació d'aquests models parteixen de la descomposició d' $u_{i,t}$ en una tendència determinista lineal i en un component estocàstic:

$$u_{i,t} = v_i^0 + \beta_i \cdot t + v_{i,t} \quad (12)$$

v_i^0 és la desviació inicial de l'equilibri.

β_i és la taxa de convergència.

En substituir a l'equació 11 obtenim:

$$RI_{i,t} = \alpha_i + \beta_i \cdot t + v_{i,t} \quad (13)$$

on

$$\alpha_i = RI_t^e + v_i^0 \quad (14)$$

En primer lloc, s'ha de demostrar que els xocs en ε_{it} són transitoris i, a continuació, catalogar correctament el tipus de procés que hi ha darrere. En relació amb la primera, hem de tenir en compte que la convergència estocàstica, en el sentit d'existència de xocs temporals, implica rebutjar l'existència d'arrels unitàries per a δ_t^e , la diferència entre el logaritme natural de la variable que volem mesurar i el logaritme natural del valor de referència (valor inicial, mitjana de països, etc.). Rebutjar l'existència d'arrels unitàries implica que aquesta diferència és estacionària i els seus valors fluctuen al voltant d'una constant amb una variància finita i independent del temps.

El test *Augmented Dickey-Fuller* (ADF) es formalitza amb l'estimació del model següent:

$$\Delta RI_{i,t} = u_i + \beta_i t + \alpha RI_{t-1} + \sum_{i=1}^k c_i \Delta RI_{i,t-1} + \varepsilon_{i,t} \quad (15)$$

On Δ representa les primeres diferències, k és el nombre de retards inclosos en el model i determinat a través diferents contrastos que assegurin que ε_t segueix un camí aleatori. El test contrasta la hipòtesi nul·la que $\alpha=0$ (existència d'arrel unitària) front a $\alpha<0$ (sèrie estacionària).

Però, la utilització dels contrastes habituals d'arrels unitàries, el test ADF, per exemple, no té en compte l'existència de canvis estructurals en els paràmetres deterministes. Perron (1989) va demostrar que l'aplicació de tests d'arrels unitàries sense tenir en compte aquest canvis tendeixen a resultats esbiaixats perquè en redueixen la capacitat de rebutjar la hipòtesi nul·la amb la inexistència d'arrels⁵. És poc realista pensar que en el llarg període de temps en què s'utilitzen als estudis de convergència, no es produeixen canvis en l'estructura productiva dels països, en les polítiques mediambientals, etc. Si no es tenen en compte, els tests tradicionals resultants són poc potents.

A partir d'aleshores s'han proposat una gran varietat de solucions entre les quals hi ha el contrast d'arrels unitàries amb l'existència d'un nombre indeterminat de ruptures aplicat per Carrion et al (2005) i ampliat en Carrion, Dukpa i Perron (2009). El model es planteja de la manera següent.

Considerem que d_t és un procés estocàstic generat d'acord amb:

$$\begin{aligned} y_t &= d_t + u_t \\ u_t &= \alpha \cdot u_{t-1} + v_t, \quad t=0, \dots, T \end{aligned} \quad (16)$$

On

$$\begin{aligned} \{u_t\} &\text{és un procés de mitjana } 0 \\ v_t &= \sum_{i=0}^{\infty} \gamma \cdot \eta_{t-i} \quad \text{amb} \quad \sum_{i=0}^{\infty} i \cdot |\gamma_i| < \infty \end{aligned} \quad (17)$$

Es formulen tres tipus de models per a contemplar les possibles ocurrencies dels canvis estructurals:

- Model 0: canvi de nivell o *crash*
- Model 1: canvi en la tendència o canvi en el creixement
- Model 2: canvi mixt

El model es pot reescriure com:

$$d_t = z'_t(T_0^0)\psi_0 + z'_t(T_1^0)\psi_1 + \dots + z'_t(T_m^0)\psi_m \equiv z'_t(\lambda^0)\psi \quad (18)$$

5 És l'error tipus II. La capacitat del test per a no cometre aquest tipus d'error s'anomena potència de la prova o poder estadístic.

On els components deterministes i els seus coeficients estan definits com:

$$\begin{aligned} z'_t(T_0^0) &\equiv z'(0) = (1, t)' \\ \psi_0 &= (\mu_0, \beta_0)' \end{aligned} \quad (19)$$

De tal forma que es pot definir la funció corresponent a la variable segons els tres possibles models:

$$z_t(T_j^0) = \begin{cases} DU_t(T_j^0), & \text{per a } 1 \leq j \leq m & \text{model 0} \\ DT_t^*(T_j^0), & \text{amb } \psi_j = \beta_j & \text{model I} \\ (DU_t(T_j^0), DT_t^*(DT_t^0))', & \text{amb } \psi_j = (\mu_j, \beta_j)' & \text{model II} \end{cases} \quad (20)$$

On:

$$\begin{aligned} DU_t(T_j^0) &= 1 \\ DT_t^*(T_j^0) &= \begin{cases} (t - T_j^0) & \text{per a } t > T_j^0 \\ 0 & \text{en un altre cas} \end{cases} \quad \left. \begin{array}{l} T_j^0 = [T \lambda_j^0] \\ \lambda \text{ el vector de fraccions de canvis estructurals} \end{array} \right\} \quad (21) \end{aligned}$$

Per a estimar l'equació s'utilitza el mètode de Perron i Yabu (2009) que es basa en quasi-primeres diferències i sobre el model s'apliquen diferents tests: els tests MZa i MZt, que són versions millorades de Phillips (1987) i Phillips i Perron (1988); els tests Za i Zt; el test MSB, que es basa en el test R1 de Bhargava (1986); i el test MPT, que és una versió modificada del *Point Optimal Test* d'Elliot, Rothenberg and Stock (1996).

Si seguint el mateix argument de Glynn et al. (2007), l'aplicació dels tests amb canvis estructurals té dos avantatges:

- Elimina el biaix del test sense canvis estructurals.
- Permet analitzar les conseqüències de polítiques governamentals, crisis econòmiques, guerres, etc. en identificar-hi els canvis estructurals.

5. Resultats Globals

Abans de aplicar els models de convergència, observarem l'evolució històrica de les emissions de CO₂ en una anàlisi descriptiva i justificarem la selecció de tres grups de països amb comportaments similars i que contemplarem en alguns dels mètodes aplicats.

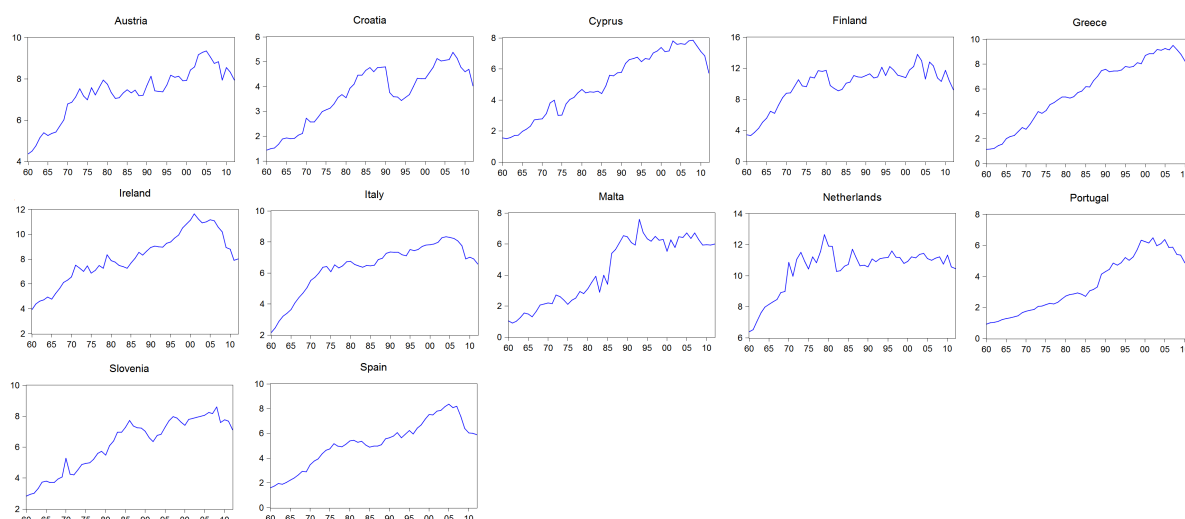
5.1. Anàlisi descriptiva de les dades

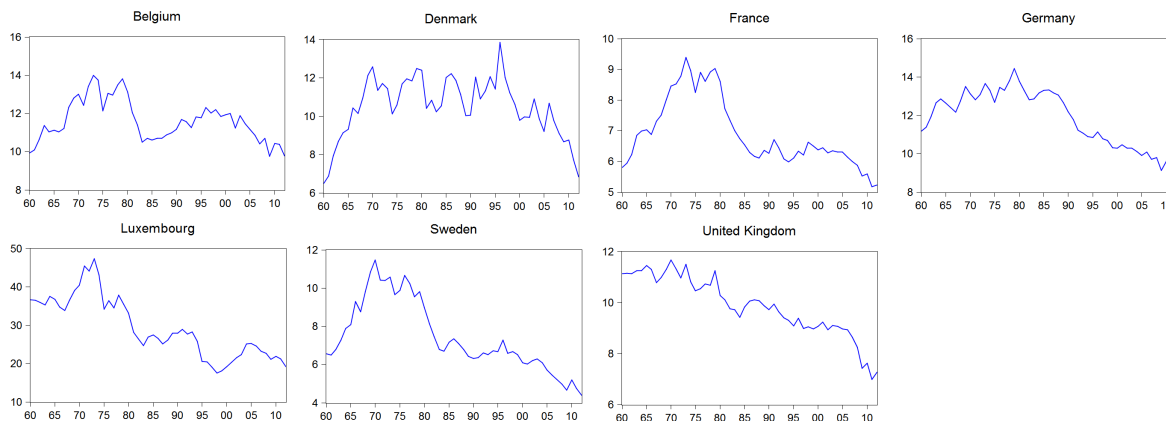
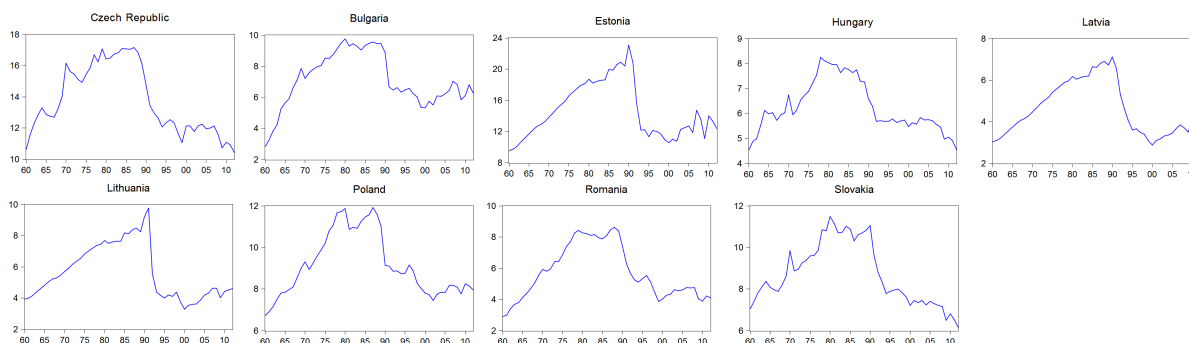
Si observem els gràfics per països podem descriure tres comportaments diferents al llarg del període estudiat quant a les emissions per capita:

1. Grup 1: països que han incrementat les emissions de CO₂ en quasi tot el període, malgrat que en el darrer període les han disminuït o, en alguns casos, les han mantingut. Els nivells d'emissions de CO₂ per capita als anys 60 no eren alts i l'any 2012 mostren nivells d'emissions superiors. Són Àustria, Croàcia, Xipre, Finlàndia, Irlanda, Itàlia, Malta, Holanda, Portugal, Eslovènia i Espanya.
2. Grup 2: països que redueixen les emissions. són països que als anys 60 tenien un nivell d'emissions alt i presenten nivells inferiors d'emissions al 2012. Són Bèlgica, França, Alemanya, Dinamarca, Luxemburg, Suècia i Gran Bretanya.
3. Grup 3: països que ha realitzat, en la dècada dels 90, un procés de transició des d'una economia planificada a una economia de mercat. Presenten increments d'emissions fins als anys 80 i 90, per a reduir després les emissions com a conseqüència del canvi en les estructures productives i la consegüent minva de l'activitat econòmica. Al final del període estableixen les emissions a nivells inferiors. Formen part d'aquest grup: Bulgària, Txèquia, Estònia, Hongria, Letònia, Lituània, Polònia, Romania, Eslovàquia.

En el gràfics 5, 6 i 7 es pot observar, per grup de països, l'evolució en el temps de les emissions de CO₂ per capita.

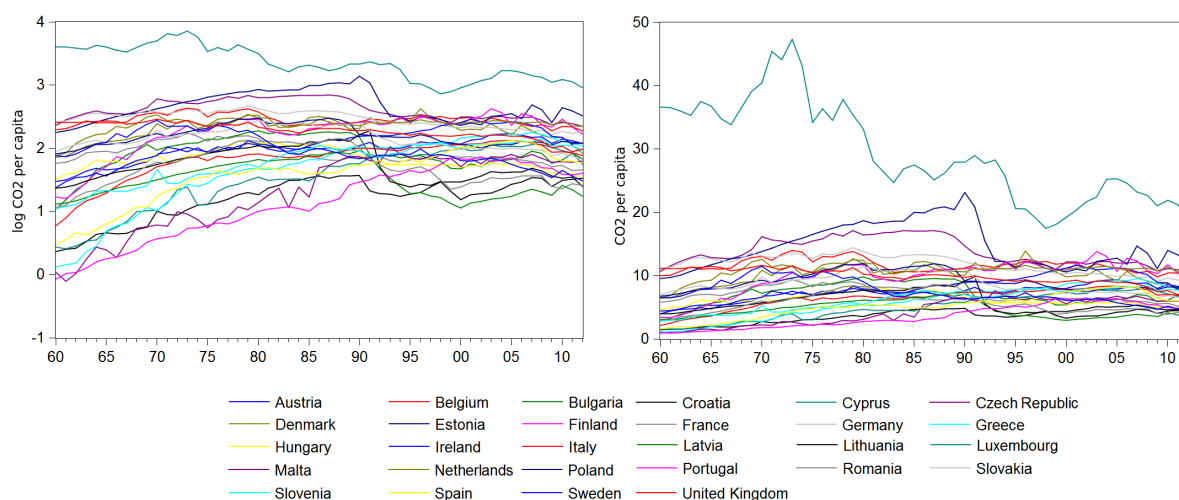
Gràfic 5: Nivells de CO₂ per capita de països del Grup 1



Gràfic 6: Nivells de CO₂ dels països del Grup 2Gràfic 7: Nivells de CO₂ per capita de països de Grup 3

El gràfic 8 mostra l'evolució de les emissions de CO₂ per capita dels països, a la dreta en tones per capita i a l'esquerra en el seu logaritme natural. Si observem aquestes gràfiques i comparem les mitjanes de les emissions en diferents anys que es mostren a la taula 15, podem fer-nos una primera impressió: sense tenir en compte l'evolució de Luxemburg que es considera un *outlier*, si hi ha convergència aquesta es produeix de forma feble i a un nivell mitjà superior d'emissions dels països respecte a 1960 però inferior que els nivells de 1990. És a dir, que la primera impressió en observar les dades és que les mesures de reducció d'emissions a partir de la introducció de polítiques de la UE per a complir el protocol de Kyoto han aconseguit, aparentment, el seu objectiu.

Gràfic 8: Emissions del conjunt de països de la UE

Taula 15: Paràmetres descriptius d'emissions CO₂

	Conjunt			Grup 1			Grup 2			Grup 3		
	CO ₂ 1960	CO ₂ 1990	CO ₂ 2012	CO ₂ 1960	CO ₂ 1990	CO ₂ 2012	CO ₂ 1960	CO ₂ 1990	CO ₂ 2012	CO ₂ 1960	CO ₂ 1990	CO ₂ 2012
Mean	6.06	9.57	7.35	2.57	7.26	6.97	12.54	11.95	8.91	5.69	10.80	6.65
Median	4.16	8.27	6.70	1.89	7.19	6.84	9.93	10.05	7.28	4.54	9.14	6.17
Maximum	36.66	27.96	19.25	6.39	11.07	10.46	36.66	27.96	19.25	10.63	23.08	12.36
Minimum	0.93	4.31	3.45	0.93	4.31	4.03	5.81	6.27	4.40	2.83	6.59	3.45
Std. Dev.	6.81	5.14	3.24	1.68	2.10	1.81	10.87	7.41	4.98	2.94	5.22	3.05
Skewness	3.37	2.30	1.85	1.01	0.48	0.31	1.86	1.64	1.38	0.57	1.62	0.82
Kurtosis	15.76	8.28	7.58	3.10	2.33	2.49	4.77	4.36	3.79	1.88	4.48	2.37
Jarque-Bera	242.92	57.24	40.53	2.05	0.68	0.32	4.93	3.69	2.41	0.97	4.75	1.15
Probability	0.00	0.00	0.00	0.36	0.71	0.85	0.08	0.16	0.30	0.62	0.09	0.56
Sum	169.82	268.02	205.89	30.82	87.16	83.60	87.79	83.68	62.40	51.21	97.18	59.89
Sum Sq. Dev.	1251.62	713.52	282.72	31.09	48.73	36.10	709.57	329.52	149.01	69.36	218.09	74.36
Observations	28	28	28	12	12	12	7	7	7	9	9	9

5.2. Convergència absoluta

S'ha aplicat el model de Barro i Sala-i-Martín (1992) de β -convergència absoluta al conjunt de dades d'emissions de CO₂ del conjunt dels 28 països de la UE amb dades entre 1960 i 2012. Les dades s'han obtingut del CAIT - WRI's *Climate Data Explorer* publicades pel *World Resources Institute*. A més, s'han considerat diferents períodes per a tenir en compte possibles canvis estructurals i l'agrupació de països per similitud en la distribució temporal d'emissions.

Els resultats de la taula 16 mostren que tots els paràmetres β són significatius i negatius, la qual cosa demostraria l'existència de convergència entre els països de la UE en tots els períodes considerats.

Taula 16: *beta-convergència absoluta per períodes*

	2012	2000	1990	1980	1970
β de 1960	-0.0092 (0.0002)***	-0.0101 (0.0002)***	-0.0107 (0.0005)***	-0.0112 (0.0008)***	-0.0112 (0.0016)***
v	1.27%	1.31%	1.30%	1.27%	1.29%
R ²	0.55	0.48	0.39	0.26	0.15
β de 1970	-0.01 (0.0003)***	-0.0113 (0.0004)***	-0.0119 (0.0006)***	-0.0109 (0.001)***	-
v	1.32%	1.39%	1.36%	1.16%	-
R ²	0.53	0.49	0.44	0.27	-
β de 1980	-0.0114 (0.0005)***	-0.0140 (0.0008)***	-0.0156 (0.0013)***	-	-
v	1.44%	1.66%	1.71%	-	-
R ²	0.37	0.34	0.32	-	-
β de 1990	-0.0105 (0.001)***	-0.0175 (0.003)***	-	-	-
v	1.21%	1.94%	-	-	-
R ²	0.13	0.10	-	-	-
β de 2000	-0.0068 (0.003)***	-	-	-	-
v	0.71%	-	-	-	-
R ²	0.08	-	-	-	-

Entre parèntesi l'error estàndard

*** significatiu al 1%; ** significatiu al 5%; * significatiu al 10%

La velocitat de convergència varia en funció dels períodes:

- Al voltant del 1.3% en els models que tenen com a referència les emissions de 1960 i 1970.
- Entre l'1.4% i l'1.7% en el model que té d'any de referència 1980.
- Una diferència significativa en la velocitat en relació amb el model que té 1990 com a any de referència. Entre 1990 i 2012 estima una velocitat de l'1.2%, mentre que entre 1990 i 2000 la velocitat és de l'1.9%.
- Una molt baixa velocitat de convergència entre 2000 i 2012, del 0.7%.

Els resultats estan en la línia dels obtinguts per Jobert et al. (2010) per a països de la UE o per Papanopoulou i Pantelidis (2009) i Criado i Grether (2011) per a països de l'OCDE i són coherents amb el comportament de les emissions en els diferents períodes. Hem de tenir en compte que el procés de convergència fins als anys 90 es produeix cap a estats estacionaris de mitjana més alta, mentre que el procés de convergència posterior es produeix cap a nivells inferiors d'emissions.

Si observem el comportament de les emissions de CO₂ pels grups de països que es mostren a les taules 17, 18 i 19, observem:

- Grup 1: el paràmetre b de la majoria de models, de diferents períodes, són negatius i significatius. La velocitat de convergència, v, oscil·la entre l'1% i el 2%. Els resultats

confirmen un procés de convergència entre els països però en un procés de *catching-up*, és a dir, països que convergeixen en incrementar les emissions.

- Grup 2: el paràmetre b és negatiu i significatiu en la majoria dels models estudiats però mostren una menor velocitat de convergència cap a nivells inferiors d'emissions: entre el 0.5% i el 1.5%.
- Grup 3: el paràmetre b és negatiu i significatiu per als períodes entre 1960-2012 i 1970-2012, cap a estats estacionaris de mitjana més alta, però deixa de ser-ho a partir dels anys 80, moment en què s'inicia el procés de descomposició de les economies planificades i posterior introducció de reformes econòmiques.

Taula 17 β -convergència absoluta de països del Grup 1

	2012	2000	1990	1980	1970
β de 1960	-0.0081 (0.0006)***	-0.0087 (0.0008)***	-0.0084 (0.001)***	-0.007 (0.002)***	0.005 (0.003327)
v	1.05%	1.07%	0.98%	0.75%	-
R ²	0.26	0.19	0.13	0.05	0.01
β de 1970	-0.0102 (0.0005)***	-0.0118 (0.0008)***	-0.0125 (0.001)***	-0.0106 (0.002)***	-
v	1.34%	1.47%	1.45%	1.13%	-
R ²	0.45	0.39	0.32	0.14	-
β de 1980	-0.0119 *(0.0006)**	-0.0161 (0.001)***	-0.0229 (0.003)***	-	-
v	1.52%	1.97%	2.65%	-	-
R ²	0.49	0.43	0.38	-	-
β de 1990	-0.0036 (0.001)***	-0.0007 (0.003318)	-	-	-
v	0.32%	-	-	-	-
R ²	0.03	0.00	-	-	-
β de 2000	-0.0078 (0.002)***	-	-	-	-
v	0.82%	-	-	-	-
R ²	0.06	-	-	-	-

Entre parèntesi l'error estàndard *** significatiu al 1%; ** significatiu al 5%; * significatiu al 10%

Taula 18: β -convergència absoluta de països del Grup 2

	2012	2000	1990	1980	1970
β de 1960	-0.0054 (0.0004)***	0.0068 (0.0005)***	-0.0076 *(0.0007)**	-0.0094 (0.001)***	-0.013 (0.0026)***
v	0.63%	0.79%	0.86%	1.05%	1.50%
R ²	0.36	0.40	0.37	0.33	0.27
β de 1970	--0.0028 (0.0006)***	-0.0038 (0.0009)***	-0.003038 (0.001)**	-0.0011 (0.0019)	-
v	0.30%	0.40%	0.31%	-	-
R ²	0.06	0.08	0.03	0.00	-
β de 1980	-0.00107 (0.0007)	-0.0025 (0.0012)**	-0.00016 (0.0026)	-	-
v	-	0.26%	-	-	-
R ²	0.01	0.00	0.00	-	-
β de 1990	-0.0052 (0.0009)***	-0.0147 (0.0025)***	-	-	-
v	0.55%	1.60%	-	-	-
R ²	0.17	0.32	-	-	-
β de 2000	-0.0137 (0.0023)***	-	-	-	-
v	1.26%	-	-	-	-
R ²	0.29	-	-	-	-

Entre parèntesi l'error estàndard

*** significatiu al 1%; ** significatiu al 5%; * significatiu al 10%

Taula 19: β -convergència absoluta de països del Grup 3

	2012	2000	1990	1980	1970
β de 1960	-0.0052 (0.0005)***	-0.0069 (0.0007)***	-0.0094 (0.0011)***	-0.012 (0.0019)***	-0.0154 (0.0038)***
v	0.60%	0.81%	1.12%	1.38%	1.69%
R ²	0.18	0.20	0.21	0.18	0.15
β de 1970	-0.0015 (0.0007)**	-0.0031 *(0.001)**	-0.0064 (0.001)***	-0.0093 (0.0026)***	-
v	0.15%	0.33%	0.69%	0.99%	-
R ²	0.01	0.03	0.14	0.12	-
β de 1980	0,0034 (0,0012)***	0,0032 (0,0024)	0,00007 (0,0018)	-	-
v	-0.32	-	-	-	-
R ²	0.03	0.01	0.00	-	-
β de 1990	-0,003 (0,002)	-0,0084 (0,0067)	-	-	-
v	-	-	-	-	-
R ²	0.01	0.02	-	-	-
β de 2000	-0.0055 (0.0037)	-	-	-	-
v	-	-	-	-	-
R ²	0.01	-	-	-	-

Entre parèntesi l'error estàndard

*** significatiu al 1%; ** significatiu al 5%; * significatiu al 10%

5.3. Convergència condicional

La convergència condicional suposa que no tots els països han de convergir a un mateix estat estacionari. Les característiques pròpies de cada país determinen a quin nivell d'emissions de CO₂ per capita s'estabilitzaran. Per aquest motiu, una manera de contemplar aquestes singularitats en el model és introduir-hi variables per a separar aquests efectes particulars, que en el model de convergència absoluta recull, en part, el terme aleatori. Una vegada estimat el model, si el terme b és negatiu i significatiu i alguna de les variables considerades en el model és significativa, hi ha convergència condicionada. Si cap de les variables considerades és significativa però b és significativa i de signe negatiu, hi ha convergència absoluta.

Hem considerat d'incloure en el model diferents variables obtingudes del *CAIT - WRI's Climate Data Explorer del world resources institute*: CO₂ per capita, GDP per capita (calculada a partir de les dades del GDP amb US\$ constants de 2005 i la població anual); i del *World Development Indicators* del Banc Mundial: població urbana mesurada en percentatge respecte al total de la població, consum d'energies renovables calculada en percentatge respecte al total d'energia consumida, consum d'energies fòssils en percentatge del total i percentatge del valor afegit industrial amb relació al total del valor afegit.

La manca de dades ha fet que només apliquem el model de convergència condicional al període 1990-2012. A més s'han exclòs de l'anàlisi per falta de dades Croàcia, Estònia i Eslovènia, i Luxemburg per ser un *outlier*.

Taula 20: β -convergència condicional

Variable	FE ^a	FE ^b	GMM (DPD)
Constant	-0.177 (-0.97)	-2.57 (-3.30)***	-2.26 (-2.77)***
Log CO2 inicial	-0.017 (-4.20)***	-	-
Log CO2 _{t-1}	-	-0.41 (-11.06)***	-0.38 (-10.70)***
Log GDPcap	0.0106 (5.03)***	0.15 (4.87)***	0.15 (4.78)***
Log Població Urbana	0.0042 (0.04)	-0.24 (-1.46)	0.34 (-1.85)*
Log Renovables	0.0002 (0.17)	-0.01 (-1.01)	-0.01 (-1.49)
Log Fòssil	0.0155 (3.34)***	0.65 (6.38)***	0.65 (6.12)***
Log Indústria	0.0059 (0.88)	0.032 (0.98)	0.06 (2.05)**
R ²	0.68	0.51	0.51
S.E. regressió	0.0065	0.043	0.041
Estadístic J	-	-	1.17
Estadístic F	33.7582***	8.86	-

Entre parèntesi l'estadístic t

*** significatiu al 1%; ** significatiu al 5%; * significatiu al 10%

a - Model d'efectes fixos de temps amb correcció de l'heterocedasticitat de White

b - Model d'efectes fixos de temps i per països amb correcció de l'heterocedasticitat de White

S'han estimat tres models diferents: Un model d'efectes fixos en relació amb el nivell inicial d'emissions de CO₂; un altre model d'efectes fixos amb un model en relació amb el valor d'emissions retardat, i una estimació del model dinàmic amb el mètode generalitzat de moments per a dades de panell. S'ha descartat el model d'efectes aleatoris després de comprovar que no és consistent amb el test de Hausman.

En tots els model hi ha variables explicatives significatives, i el coeficient de les emissions inicials o retardats són negatius i significatius, per la qual cosa acceptàriem la hipòtesi d'existència de convergència condicionada entre els països.

Les variables que determinen la diferència en els nivells de convergència entre països són el PIB per capita, la utilització de combustibles fòssils i el pes del sector industrial.

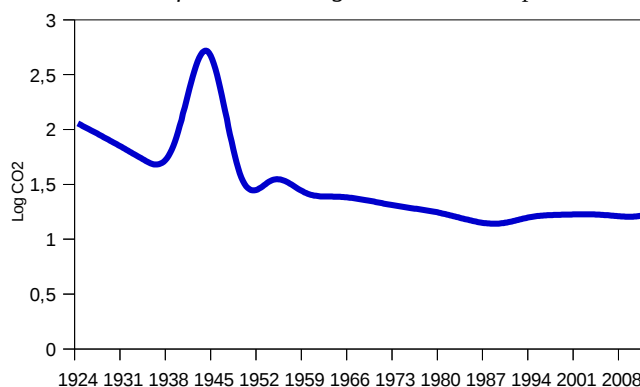
Malgrat que amb altres variables explicatives els resultats són semblants a altres treballs anteriors, com el de Strazicich (2002), amb les temperatures com a variable diferenciadora, o el de Jobert (2010), que troba convergència condicionada amb el PIB i el pes del sector industrial com a variables diferenciadores.

5.4. Sigma convergència

L'evolució de la desviació estàndard anual de la variable logaritme natural de les emissions de CO₂ mesurades en tones per capita des de 1924 es mostren a la taula 21 i el gràfic 9. S'observa un tendència lleugerament negativa fins la dècada dels 80 (sense tenir en compte l'època de la II Guerra Mundial), moment en què pràcticament la desviació estàndard s'estabilitza. Podem arribar a la conclusió que no hi ha sigma convergència entre els països europeus a partir de la dècada dels 80. Als mateixos resultats quant a la σ -divergència en emissions s'ha arribat en treballs previs com els d'Aldi (2006), Criado i Grether (2011) per a països de l'OCDE.

Taula 21: Desviació estàndard tots els països

Any	sd	Any	sd
1924	2.0557	1974	1.2961
1929	1.8976	1979	1.2506
1934	1.7299	1984	1.1800
1939	1.8883	1989	1.1423
1944	2.7132	1994	1.2022
1949	1.6019	1999	1.2229
1954	1.5379	2004	1.2251
1959	1.4265	2009	1.2049
1964	1.3871	2012	1.2263
1969	1.3500		

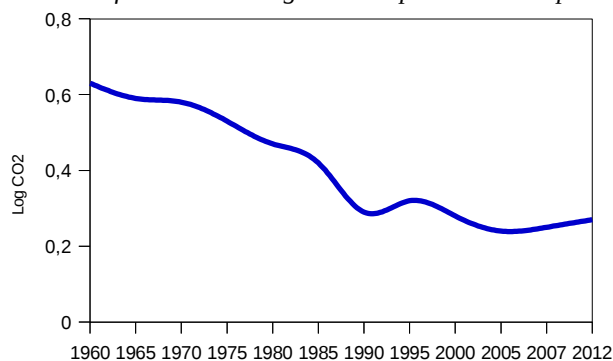
Gràfic 9: σ -convergència de tots els països

Per grup de països els resultats confirmen les conclusions derivades de la beta convergència absoluta, en el sentit que si no hi ha beta convergència no hi haurà sigma convergència:

- Hi ha σ -convergència en els països del grup 1 entre 1960 i 2005, moment en el qual la dispersió s'estabilitza fins al punt que entre 2005 i 2012 hi ha un increment de la desviació estàndard. La reducció total de la variabilitat de les emissions al llarg del conjunt del període és del 73%. Hem de tenir en compte que el conjunt d'aquests països incrementen la mitjana d'emissions, per la qual cosa el que es produeix és un procés d'empitjorament respecte a la situació inicial.
- Entre els països del grup 2 s'observa una feble σ -convergència fins als anys 80, moment en què, amb alguna fluctuació, s'estabilitza. La reducció total de la variabilitat en tot el període és del 22%.
- En els països del grup 3, d'una mínima disminució de la desviació estàndard fins als anys 80 es passa a un lleuger increment fins al final de període estudiat. No es pot parlar de σ -convergència per a aquests països, conclusió que és coherent amb els resultats molt poc significatius obtinguts en l'anàlisi de la beta convergència. La reducció total de la variabilitat d'aquests països és del 16%.

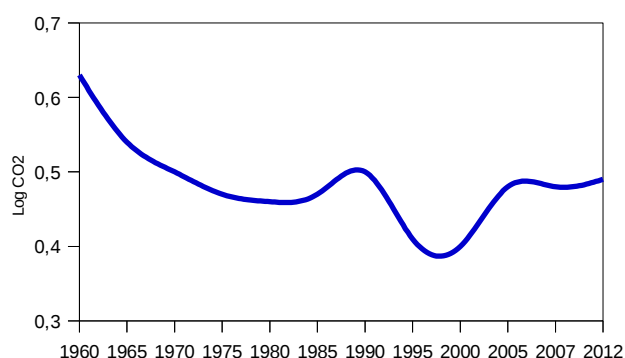
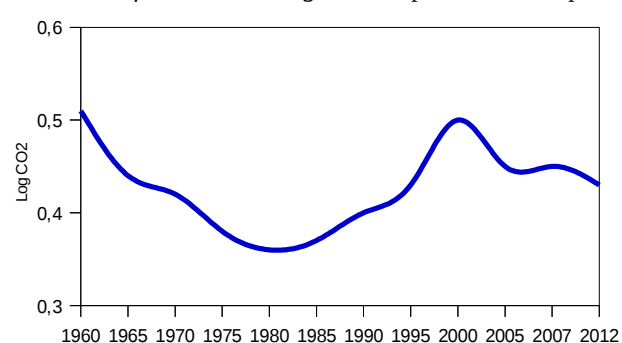
Taula 22: desviació estàndard Grup 1

Any	sd	Any	sd
1960	0.6300	1990	0.2900
1965	0.5900	1995	0.3200
1970	0.5800	2000	0.2800
1975	0.5300	2005	0.2400
1980	0.4700	2007	0.2500
1985	0.4200	2012	0.2700

Gràfic 10: σ -convergència de països del Grup 1

Taula 23: desviació estàndard Grup 2

Any	sd	Any	sd
1960	0.6300	1990	0.5000
1965	0.5400	1995	0.4100
1970	0.5000	2000	0.4000
1975	0.4700	2005	0.4800
1980	0.4600	2007	0.4800
1985	0.4700	2012	0.4900

Gràfic 11: σ -convergència de països del Grup 2Gràfic 12: σ -convergència de països del Grup 3

Taula 24: desviació estàndard Grup 3

Any	sd	Any	sd
1960	0.5100	1990	0.4000
1965	0.4400	1995	0.4300
1970	0.4200	2000	0.5000
1975	0.3800	2005	0.4500
1980	0.3600	2007	0.4500
1985	0.3700	2012	0.4300

5.5. Convergència estocàstica

La convergència estocàstica implica comprovar l'existència d'arrels unitàries en la sèrie per a decidir si després d'un xoc es comporta retornant a la tendència (estacionària) o l'afecta permanentment (arrel unitària). La variable que estudiarem és el logaritme de la taxa d'emissions de cada país amb relació a la mitjana de tots els països en cada any.

Com hem vist anteriorment (Perron, 1989), els tests tradicionals no tenen en compte l'existència de canvis estructurals en la sèrie i tendeixen a no rebutjar la hipòtesi nul·la d'existència d'arrel unitària malgrat que realment no existisca.

Els gràfics de la variable per països ens mostra diferents comportaments, amb canvis en el nivell i en la tendència en diferents moments del temps. Per a detectar el moment del canvi estructural de cada país, anem a utilitzar diferents metodologies en el test de Bai-Perron (1998) per a canvis estructurals (amb un *trimming* de 0.25).

Si comparem anys assenyalats en el test amb la gràfica 13, observem un alt grau de detecció dels xocs estructurals, excepte per a Dinamarca, Polònia i Eslovàquia.

Els anys que més es repeteixen per països són la del primer terç de la dècada dels 70, coincidint amb l'inici de la primera crisi del petroli i els anys 1991-1993 on poden coincidir l'inici de la transició en els països de l'est i centre d'Europa amb la crisi econòmica i l'aplicació de mesures de protecció mediambientals. A partir d'aquesta informació aplicarem dos test d'arrels unitàries que consideren un canvi estructural: de Dickey-Fuller i de Perron.

Taula 25: Test de Bai-Perron: Anys de canvi estructural

País	Any	País	Any	País	Any	País	Any
Austria	1986, 1999	Estònia	1992	Itàlia	1972, 1985, 1999	Portugal	1984, 1999
Bèlgica	1984, 1998	Finlàndia	1972, 1993	Letònia	1973, 1986, 1999	Romania	1983, 1998
Bulgària	1972, 1990	França	1972, 1985, 1999	Lituània	1991	Eslovàquia	1974, 1990
Croàcia	1982, 1996	Alemanya	1973	Luxemburg	1980, 1994	Eslovènia	1980, 1994
Xipre	1991	Grècia	1974, 1999	Malta	1974, 1993	Espanya	1973, 1986, 1999
Xèquia	1974, 1989	Hongria	1974, 1987	Holanda	1978, 1991	Suècia	1972, 1991
Dinamarca	1972, 1993	Írlanda	1983, 1999	Polònia	1974, 1989	Gran Bretanya	1975, 1987, 2000

Gràfic 13: $\text{Log}(\text{CO2}/\overline{\text{CO}_2})$ per països



Els resultats per països dels tests aplicats es mostren a la taula 26, i els resultats detallats a les taules 53 i 54 de l'annex. S'observa una tendència clara del test de Perron a acceptar l'existència d'arrel unitària i una estimació de l'any de ruptura molt heterogènia en funció de les característiques fixades (intercepte, tendència i intercepte+tendència).

Aquests tests milloren els resultats del biaix en relació al tradicionals tests, que no tenen en compte els canvis estructurals. Tanmateix, hem de tenir en compte que només consideren un únic canvi estructural, per la qual cosa és d'esperar que els resultats també tinguen una tendència a no rebutjar la hipòtesi nul·la d'existència d'arrels unitàries per a aquells països amb més d'un xoc.

Els tests de Dickey Fuller i de Carrión-Silvestre mostren resultats semblants. Per al primer, són 14 països en què hi ha almenys un tipus de xoc (intercepte, tendència o els dos en forma abrupta o suau) en el que es rebutja l'existència d'arrels unitàries. Es podria acceptar l'existència de convergència en emissions en 6 països del grup 1: Xipre, Croàcia, Itàlia, Malta, Holanda i Espanya; 3 països del grup 2: Bèlgica, França i Regne Unit; i 6 països del grup 3: Bulgària, Txèquia, Estònia, Hongria, Letònia, Lituània. La taula 54 de l'annex mostra els resultats detallats del test d'arrels unitàries que considera més d'un canvi estructural, proposat per Carrión et al. (2009). És un test d'arrels unitàries que aplica quasi-GLS metodologia proposada per Elliot (1996) per a detectar els canvis estructurals en un tractament simètric perquè comprova la possibilitat d'un xoc tant en la hipòtesi nul·la com en la hipòtesi alternativa. L'aplicació del test s'ha fet amb el programa creat per Carrión-i-Silvestre per al programari estadístic GAUSS⁶. Només 8 països rebutgen en algun cas la hipòtesi nul·la d'existència d'arrels unitàries, que suggereix l'existència de convergència en emissions. Són 5 països del grup 1: Finlàndia, Irlanda, Itàlia, Portugal, Espanya; 2 països del grup 2: França i Regne Unit; i un país del grup 3: Eslovàquia.

En tots els casos, excepte per a Eslovàquia, en el resultat del test de Carrión, la convergència és condicionada perquè la mitjana de la variable és estadísticament diferent a zero, tal i com es mostra en la taula 78 de l'annex. Els resultats obtinguts són molt diferents als obtinguts per Romero (2008) en aplicar el test KPSS sobre 24 països de l'OCDE, en què accepta estacionarietat, i en conseqüència convergència estocàstica, en 20 d'aquests; o els d'Aldy (2006) que, en aplicar un test d'arrel unitària (DF-GLS) i mètodes no paramètrics, només troba convergència en 3 dels països estudiats.

6 Codi disponible en la pàgina <http://people.bu.edu/perron/code.html>.

Taula 26: Resum de resultats per països dels test d'arrels unitàries

	Convergeixen			No convergeixen		
	G1	G2	G3	G1	G2	G3
Perron	Malta	-	Bulgària Estònia Letònia Lituània Polònia Romania	Àustria Xipre Croàcia Finlàndia Grècia Irlanda Itàlia Holanda Portugal Eslovènia Espanya	Bèlgica França Dinamarca Alemanya Luxemburg Suècia Regne Unit	Txèquia Hongria Eslovàquia
ADF	Xipre Croàcia Itàlia Malta Holanda Espanya	Bèlgica França Regne Unit	Bulgària Txèquia Estònia Hongria Letònia	Àustria Finlàndia Grècia Irlanda Portugal Eslovènia	Dinamarca Alemanya Luxemburg Suècia	Lituània Polònia Romania Eslovàquia
Carrión	Finlàndia Irlanda Itàlia Portugal Espanya	França Regne Unit	Eslovàquia	Àustria Xipre Croàcia Grècia Malta Holanda Eslovènia	Bèlgica Dinamarca Alemanya Luxemburg Suècia	Bulgària Txèquia Estònia Hongria Letònia Lituània Polònia Romania

6. Resultats per sectors

6.1. Anàlisi descriptiva per sectors

La mitjana de les emissions del 2012 per capita de CO₂ per sectors en relació amb les emissions de 1990 es mostren a les taules 27 i 28. Observem que es redueixen en el sector energètic i en el sector industrial però s'incrementen en el sector agrícola. Per països (taula 46 de l'annex), els responsables d'aquest increment són els països del grup 2 i, en major mesura, els països del grup 3.

Si ens fixem en els subsectors detallats per la font d'emissions del sector energètic, cal remarcar l'increment de la mitjana del sector transport que experimenta un increment del 27.8% entre l'any 1971 i 2012. Aquest increment és compensat pels descensos en el sectors elèctrics (-22%) i, en especial, del sector manufacturer (53%). Aquesta reducció en el conjunt dels subsectors està liderada pels països europeus més desenvolupats del grup 2 i, en menor mida, per al subsector manufacturer pels països del grup 3. Tots els grups de països incrementen les emissions en el subsector transport.

Taula 27: descriptius de CO₂ per sectors

	Agricultura		Energia		Indústria	
	1990	2012	1990	2012	1990	2012
Mitjana	0.8861	0.961306	9.566240	7.437947	0.578064	0.364833
Mediana	0.923936	0.717725	8.634829	6.673054	0.541652	0.376131
Màxim	5.469591	4.292662	27.36677	19.58768	1.496060	0.893983
Mínim	0.00	0.214564	4.052801	3.735894	0.00	0.000000
Desv. estàndard	1.084969	0.756753	5.142250	3.310396	0.289660	0.263831
Asimetria	2.742640	3.220164	2.206704	1.917999	0.891182	0.095602
Kurtosi	12.49261	14.62019	7.854062	7.598669	5.230267	2.360130
Jarque-Bera	140.2310	205.9244	50.21345	41.83975	9.509397	0.520325
Probabilitat	0.00	0.00	0.00	0.00	0.008611	0.770926
Sum	24.81284	26.91657	267.8547	208.2625	16.18579	10.21532
Sum Cuad. Dev.	31.78326	15.46222	713.9538	295.8855	2.265380	1.879382
Observacions	28	28	28	28	28	28

Taula 28: descriptius per font d'emissions de CO₂ del sectors energètic

	Electricitat		Manufactures		Transport		Altres	
	1971	2012,	1971	2012	1971	2012	1971	2012
Mitjana	3.930803	3.061236	2.148475	1.013735	1.609811	2.056994	1.590219	1.041997
Mediana	3.507567	2.709842	1.469423	0.844359	1.492899	1.732999	1.609939	0.925010
Màxim	16.81777	9.420154	12.75370	2.667986	6.808956	12.37414	3.378290	3.013489
Mínim	1.088870	0.919884	0.000000	0.023840	0.500391	0.740850	0.234800	0.143043
Desv. estàndard	2.885096	1.783551	2.283962	0.596213	1.150027	2.073777	0.898030	0.684221
Asimetria	3.263415	1.665925	3.757140	1.175531	3.357013	4.612002	0.331733	1.063562
Kurtosi	15.44526	6.834908	17.95578	4.084323	16.18401	23.54644	2.182560	3.818149
Jarque-Bera	230.3979	30.10903	326.8298	7.820456	255.3789	591.7781	1.293128	6.059695
Probabilitat	0.000000	0.000000	0.000000	0.020036	0.000000	0.000000	0.523842	0.048323
Sum	110.0625	85.71460	60.15731	28.38458	45.07470	57.59583	44.52613	29.17591
Sum Cuad. Dev.	224.7421	85.88851	140.8450	9.597680	35.70918	116.1149	21.77435	12.64028
Observacions	28	28	28	28	28	28	28	28

6.2. Convergència absoluta per sectors

6.2.1. Convergència per sectors de producció

Hem aplicat el model de convergència absoluta a les emissions per sector econòmics, mesurades pel logaritme natural de les tones de CO₂ per habitant, amb dades obtingudes del WRI, per al període de 1990-2012.

Els resultats, taula 29, mostren una convergència feble en el sector agrícola amb una velocitat, v , del 0.46%, entre 1990 i 2000, mentre que en el període 2000-2012 β és significatiu però positiu, la qual cosa indica la no existència de convergència en aquest període. Hem de tenir en compte que les fonts d'emissions de CO₂ són, segons la FAO (2014)⁷, l'ús d'energies basades en combustibles fòssils, la desforestació i la crema de biomassa. La manca de

7 L'informe de la *Food and agriculture organization of the United Nation* (FAO) destaca que la manca de polítiques de contenció d'emissions pot fer que augmenten un 30% les emissions de gasos GHG al 2050.

polítiques de control de les emissions, conseqüència del menor pes sobre el total d'emissions que representa l'agricultura (sobre un 12% del total d'emissions) i el major pes de l'emissió de metà i òxids de nitrogen en l'inventari de GH que alleugera la pressió reguladora envers el CO₂, poden ser les causes d'aquest resultat.

Quant al sector energètic, hi ha evidència de convergència absoluta entre 1990 i 2000, amb una velocitat del 2.1%, mentre que no hi ha convergència en el període posterior. Com és el sector amb més emissions per capita analitzarem amb més detall aquest sector amb l'estudi dels diferents subsectors per font d'emissions.

El sector industrial mostra una convergència en tot el període 1990-2012 del 2.28% amb evidència que la convergència en aquest sector s'ha incrementat en la darrera dècada, amb un velocitat del 3.21% entre 2000 i 2012. Aquesta conclusió es veu reforçada en observar l'evolució de les mitjanes totals i per grups de països de la taula 46 de l'annex: convergeixen al voltant del 0.35 Tn de CO₂ per capita.

Taula 29: resultats del model de convergència absoluta per sectors

Sector		2012	2000
Agricultura	β de 1990	-0.002 (0.001)***	-0.004 (0.002)***
	v	0.19%	0.46%
	R ²	0.02	0.03
	β de 2000	0.001 (0.001)*	-
	v	-	-
	R ²	-0.01	-
Energia	β de 1990	-0.01 (0.001)***	-0.019 (0.003)***
	v	1.30%	2.10%
	R ²	0.17	0.13
	β de 2000	0.004 (0.001)***	-
	v	-	-
	R ²	-0.03	-
Indústria	β de 1990	-0.018 (0.001)***	-0.009 (0.002)***
	v	2.28%	0.95%
	R ²	0.34	0.05
	β de 2000	-0.026 (0.002)***	-
	v	3.21%	-
	R ²	0.40	-

El sector energètic és clau a l'hora d'assolir el compliment dels objectius de reducció de les emissions de CO₂ previstes fins el 2020, per la qual cosa analitzem el comportament del sector d'ús de l'energia per subsectors: generació elèctrica i calor, manufactures, transport i altres⁸.

A les taules 30, 31, 32 i 33 es mostren els resultats dels models de convergència absoluta per subsectors.

8 Dins altres s'inclou la combustió per altres fonts i emissions fugitives.

En relació amb el subsector de generació elèctrica i calor, cal destacar-hi que en tots els subperíodes estudiats el valor de β és significatiu i negatiu i mostra una velocitat de convergència entre 1971 i 2012 del 2.12%. Cal indicar, però, que entre 1990 i 2012, la velocitat de convergència disminueix fins a l'1.1%. Però l'evolució per països ha estat molt diversa: mentre que els països del grup 1 i 3 incrementen les emissions (el grup 1 un 3.4% i el grup 3 un 89.5%), els països del grup 2 disminueixen les emissions un 39.7%. A més, el grup 1 i 2 tendeixen a una mateixa mitjana al voltant de 3 Tn de CO₂ per capita mentre que els països del grup 3 superen en mig punt aquesta xifra. És, doncs, motiu per a qüestionar i establir polítiques per a evitar que aquests països n'incrementen més les emissions.

El subsector de les manufactures i construcció també mostra tots els coeficients β significatius i negatius, amb la qual cosa es confirmaria l'existència de convergència absoluta però amb una velocitat de convergència entre 1971 i 2012 molt lenta, del 0.9%. Si ens fixem en el període 1990-2012, aquesta velocitat augmenta fins al 2.2% i és entre 1990 i el 2000 quan aquesta velocitat és més alta: d'un 2.90%, possiblement afectada per l'ajustament econòmic de les reformes estructurals dels països que en aquell moment feien la transició cap a una economia de mercat. És més destacable encara la reducció dels països del grup 2 que passa a nivells 5 vegades menors al 2012 respecte als nivells de 1971.

En el subsector transport no hi ha evidència de convergència absoluta, excepte entre 2000 i 2012 on β és negativa i significativa amb una velocitat de l'1.3%. Tots els grups de països incrementen les emissions per capita però en diferents proporcions: 2 vegades el grup 1, 2.5 vegades el grup 2 i 3 vegades el grup 3. L'ús de combustibles fòssils, la disparitat en l'eficiència energètica, l'increment de l'activitat aèria són elements que juguen en contra de la convergència i de la disminució d'emissions de CO₂ en el sector. També cal destacar que el transport computa parcialment en el càlcul dels inventaris d'emissions⁹.

En altres, es registren les emissions per altres fonts de combustió menors i les fuites involuntàries i s'estima una feble evidència de convergència amb velocitats inferiors a l'1% en la majoria de casos.

9 Per exemple, fins la Directiva 2009/29/CE del Parlament Europeu i del Consell de 23 d'abril de 2009 no es contemplava la inclusió de l'aviació en el còmput ETS: «A partir de l'1 de gener de 2012, s'inclouran tots els vols amb destinació o origen en un aeròdrom situat en el territori d'un Estat Membre a qui s'aplica el Tractat» (Annex I, punt 6).

Taula 30: resultats del model de convergència absoluta del subsector elèctric

	2012	2000	1990	1980
β de 1971	-0.014 (0.00044)***	-0.016638 (0.000696)***	-0.01759 (0.001106)***	-0.015909 (0,001954)***
v	2.12%	2.30%	2.21%	1.73%
R ²	0.48	0.42	0.34	0.21
β de 1980	-0.014138 (0.000673)***	-0.01896 0.001244)***	-0.024351 (0.002684)***	-
v	1.90%	2.42%	2.83%	-
R ²	0.33	0.29	0.23	-
B de 1990	-0.009710 (0.001065)***	-0.017697 (0.003087)***	-	-
v	1.10%	1.97%	-	-
R ²	0.12	0.10	-	-
β de 2000	-0.015385 (0.001844)***	-	-	-
v	1.72%	-	-	-
R ²	0.16	-	-	-

Taula 31: resultats del model de convergència absoluta del subsector manufacturer

	2012	2000	1990	1980
β de 1971	-0.007497 (0.00036)***	-0.008681 (0.000518)***	-0.008425 (0.000674)***	-0.009605 (0,001312)***
v	0.90%	1.01%	0.92%	1.01%
R ²	0.29	0.27	0.24	0.18
β de 1980	-0.007925 (0.000498)***	-0.009103 (0.000087)***	-0.005415 (0.001105)***	-
v	0.92%	1.01%	0.01%	-
R ²	0.22	0.17	0.08	-
β de 1990	-0.017271 (0.001118)***	-0.024813 (0.003035)***	-	-
v	2.20%	2.90%	-	-
R ²	0.28	0.18	-	-
β de 2000	-0.012818 (0.001955)***	-	-	-
v	1.40%	-	-	-
R ²	0.11	-	-	-

Taula 32: resultats del model de convergència absoluta del subsector transport

	2012	2000	1990	1980
β de 1971	-0.000704 (0.000822)	-0.001833 (0.001212)	0.006852 (0.001609)***	0.006898 (0,002695)**
v	-	-	-	-
R ²	0.01	0.00	0.03	0.02
β de 1980	0.000504 (0.000708)	0.004188 (0.001171)***	0.009355 (0.001876)***	-
v	-	-	-	-
R ²	0.00	0.02	0.08	-
β de 1990	-0.001327 (0.000911)	0.006864 (0.002172)***	-	-
v	-	-	-	-
R ²	0.00	0.34	-	-
β de 2000	-0.012242 (0.001151)***	-	-	-
v	1.33%	-	-	-
R ²	0.24	-	-	-

Taula 33: resultats del model de convergència absoluta del subsector altre

	2012	2000	1990	1980
β de 1971	-0.007321 (0.000431)***	-0.006324 (0.000542)***	-0.0104316 (0.00061)***	-0.001986 (0.000889)**
v	0.87%	0.70%	0.45%	0.20%
R ²	0.21	0.15	0.09	0.02
β de 1980	-0.0111 (0.000628)***	-0.011693 (0.000966)***	-0.010024 (0.001288)***	-
v	1.38%	1.34%	1.06%	-
R ²	0.25	0.21	0.18	-
β de 1990	-0.007774 (0.00112)***	0.035843 (0.005067)***	-	-
v	0.85%	-	-	-
R ²	0.07	0.15	-	-
β de 2000	-0.007901 (0.001306)***	-	-	-
v	0.83%	-	-	-
R ²	0.09	-	-	-

6.3. Convergència condicionada per sectors

Les taules de la 34 a la 40 mostren els resultats en aplicar el model de convergència condicionada a les dades del logaritme natural de les emissions de CO₂ mesurada en tones per capita per sectors i subsectors.

El valor de b és significatiu i negatiu en el model d'efectes fixos del sector agrícola amb valors retardats i el model GMM, amb la qual cosa l'estimació del model mostra l'evidència de convergència condicional. Les variables que determinen les diferències de l'estat estacionari per països són el PIB per capita, la població urbana i l'ús d'energies renovables. Aquests resultats es contradiuen amb l'observació de les mitjanes per països: tots els grups estan al voltant del 0.96 Tn per capita en emissions de CO₂ al 2012.

En el sector industrial, hi ha discrepància entre el model de convergència en relació amb el nivell inicial mitjà i els models amb la variable retardada. El primer ens mostraria una convergència condicional amb les variables PIB per capita i població urbana com a variable explicativa; l'estimació dels altres dos models mostra convergència absoluta en no ser significatiu cap coeficient de les variables exògenes i tindre signe negatiu i significatiu el coeficient de CO_{2,t-1}. Aquest darrer resultat estaria en sintonia amb els resultats obtinguts en el model de convergència absoluta.

El model d'emissions dels sector energètic ens indica en tots els models convergència condicionada, amb la variable PIB per capita, població, ús de combustibles fòssils i pes del sector industrial com a variable explicativa en tots els models. A continuació analitzem amb més detall aquest sector clau en la reducció d'emissions.

Dins el sector elèctric, en el subsector de generació d'electricitat i calor existeix discrepància entre els models: del model FE^a es pot concloure l'existència de convergència absoluta; els

models FE^b i GMM indiquen existència de convergència condicionada amb el PIB per capita, ús de renovables, combustibles fòssils i pes del sector industrial com a variables explicatives.

S'arriba a la mateixa conclusió en el subsector de manufactures, on les variables explicatives dels models FE^b i GMM són el PIB per capita, la població urbana i l'ús de combustibles fòssils, aquesta última significativa al 10%.

En el subsector d'ús de l'energia en transports, tots els models estimen coeficients significatius en el PIB per capita, a més de coeficients *b* negatius i significatius.

Finalment, en altres fonts d'emissions, tots els models són compatibles amb el concepte de convergència condicionada amb la variable d'ús de combustibles fòssils com a variable explicativa significativa en tots els models.

Els resultats dels models condicionals, en alguns casos contradictoris amb l'observació de l'evolució de les variables, justifiquen la crítica de Quah (1996)¹⁰, en el sentit que el mateix disseny del model tendeix a estimar coeficients de convergència on, en realitat, no n'hi ha i considera que la convergència s'ha d'abordar des d'un punt de vista temporal.

Taula 34: resultats del model de convergència condicional del sector agrícola

Variable	FE ^a	FE ^b	GMM (DPD)
Constant	0.0785 (0.1179) ^l	0.97 (0.59)	1.12 (0.59) [*]
Log CO ₂ inicial	-0.00251 (0.018)	-	-
Log CO ₂ _{t-1}	-	-0.28 (0.047) ^{***}	-0.30 (0.044) ^{***}
Log GDPcap	0.0065 (0.0011) ^{***}	0.19 (0.033) ^{***}	0.21 (0.03) ^{***}
Log Població Urbana	0.0042 (0.029)	-0.62 (0.17) ^{***}	-0.70 (0.165) ^{***}
Log Renovables	0.0003 (0.0009)	0.016 (0.008) ^{**}	0.014 (0.01) [*]
Log Fòssil	0.0042 (0.0033)	-0.061 (0.066)	-0.05 (0.07)
Log Indústria	0.0022 (0.0028)	0.01 (0.02)	-0.03 (0.02)
R ²	0.70	0.35	0.35
S.E. regressió	0.0045	0.034	0.034
J-estadístic	-	-	5.76 ^{**}
Estadístic F	36.52 ^{***}	4.53 ^{***}	-

Entre parèntesi l'error estàndard

*** significatiu a l'1%; ** significatiu al 5%; * significatiu al 10%

a - Model d'efectes fixos de temps amb correcció de l'heterocedasticitat de White

b - Model d'efectes fixos de temps i per països amb correcció de l'heterocedasticitat de White

10 La fal·làcia de Galton: «Si les taxes de creixement es plantegen com una funció dels nivells inicials, el coeficient obtingut en la equació és a causa d'una reversió cap a la mitjana, la qual cosa no sempre implicarà convergència».

Taula 35: resultats del model de convergència condicional del sector industrial

Variable	FE ^a	FE ^b	GMM (DPD)
Constant	-1.17 (0.5164)**	-2.07 (1.30)	-1.47 (1.34)
Log CO ₂ inicial	-0.0216 (0.003)***	-	-
Log CO ₂ _{t-1}	-	-0.05 (0.031)*	-0.062 (0.034)*
Log GDPcap	0.0082 (0.0021)***	0.128 (0.133)	0.13 (0.13)
Log Població Urbana	0.2729 (0.129)**	0.33 (0.43)	0.117 (0.44)
Log Renovables	-0.0023 (0.0019)	0.006 (0.016)	-0.004 (0.02)
Log Fòssil	-0.0075 (0.010)	-0.081 (0.111)	-0.065 (0.11)
Log Indústria	-0.013 (0.0085)	-0.08 (0.085)	-0.04 (0.083)
R ²	0.55	0.31	0.32
S.E. regressió	0.0156	0.096	0.095
J-estadístic	-	-	0.97***
Estadístic F	19.87***	3.71***	-

Entre parèntesi l'error estàndard

*** significatiu a l'1%; ** significatiu al 5%; * significatiu al 10%

a - Model d'efectes fixos de temps amb correcció de l'heterocedasticitat de White

b - Model d'efectes fixos de temps i per països amb correcció de l'heterocedasticitat de White

Taula 36: resultats del model de convergència condicional del sector energètic

Variable	FE ^a	FE ^b	GMM (DPD)
Constant	-0.17 (0.18)	-2.25 (0.76)	-1.96 (0.8)**
Log CO ₂ inicial	-0.017 (0.004)***	-	-
Log CO ₂ _{t-1}	-	-0.39 (0.035)***	-0.372 (0.035)***
Log GDPcap	0.01 (0.002)***	0.142 (0.029)***	0.138 (0.029)***
Log Població Urbana	0.003 (0.044)	-0.278 (0.166)*	-0.365 (0.178)**
Log Renovables	0.0004 (0.001)	-0.009 (0.009)	-0.013 (0.009)
Log Fòssil	0.015 (0.004)***	0.63 (0.10)***	0.62 (0.10)***
Log Indústria	0.007 (0.006)	0.029 (0.03)	0.056 (0.027)**
R ²	0.68	0.51	0.51
S.E. regressió	0.006	0.042	0.040
J-estadístic	-	-	3.298*
Estadístic F	34.92***	8.64***	-

Entre parèntesi l'error estàndard

*** significatiu a l'1%; ** significatiu al 5%; * significatiu al 10%

a - Model d'efectes fixos de temps amb correcció de l'heterocedasticitat de White

b - Model d'efectes fixos de temps i per països amb correcció de l'heterocedasticitat de White

Taula 37: resultats del model de convergència condicional del subsector elèctric/calor

Variable	FE ^a	FE ^b	GMM (DPD)
Constant	-0.30 (0.25)	-4.44 (1.52)***	-3.69 (1.55)**
Log CO ₂ inicial	-0.011 (0.0054)**	-	-
Log CO ₂ _{t-1}	-	-0.46 (0.041)***	-0.468 (0.041)***
Log GDPcap	0.01 (0.002)***	-0.167 (0.057)***	-0.174 (0.056)***
Log Població Urbana	0.019 (0.062)	0.281 (0.289)*	0.076 (0.293)
Log Renovables	-0.0003 (0.001)	-0.033 (0.017)**	-0.047 (0.017)***
Log Fòssil	0.017 (0.011)	1.093 (0.228)***	1.11 (0.234)***
Log Indústria	0.019 (0.014)	0.207 (0.058)***	0.253 (0.057)***
R ²	0.48	0.39	0.41
S.E. regressió	0.01	0.077	0.075
J-estadístic	-	-	4.47**
Estadístic F	14.88***	5.39***	-

Entre parèntesi l'error estàndard

*** significatiu a l'1%; ** significatiu al 5%; * significatiu al 10%

a - Model d'efectes fixos de temps amb correcció de l'heterocedasticitat de White

b - Model d'efectes fixos de temps i per països amb correcció de l'heterocedasticitat de White

Taula 38: resultats del model de convergència condicional del subsector manufacturer

Variable	FE ^a	FE ^b	GMM (DPD)
Constant	-0.026 (0.234)	2.95 (1.91)	2.63 (1.89)
Log CO ₂ inicial	-0.014 (0.0051) ^{***}	-	-
Log CO ₂ _{t-1}	-	-0.432 (0.104) ^{***}	-0.441 (0.13) ^{***}
Log GDPcap	0.01 (0.002) ^{***}	0.286 (0.086) ^{***}	0.29 (0.10) ^{***}
Log Població Urbana	-0.02 (0.056)	-1.70 (0.556) ^{***}	-1.65 (0.62) ^{***}
Log Renovables	-0.002 (0.002)	-0.013 (0.031)	-0.012 (0.028)
Log Fòssil	0.001 (0.006)	0.39 (0.237) [*]	0.384 (0.22) [*]
Log Indústria	0.002 (0.009)	-0.061 (0.098)	-0.037 (0.087)
R ²	0.62	0.30	0.31
S.E. regressió	0.0099	0.14	0.138
J-estadístic	-	-	0.07 ^{***}
Estadístic F	24.74 ^{***}	3.47 ^{***}	-

Entre parèntesi l'error estàndard

*** significatiu a l'1%; ** significatiu al 5%; * significatiu al 10%

a - Model d'efectes fixos de temps amb correcció de l'heterocedasticitat de White

b - Model d'efectes fixos de temps i per països amb correcció de l'heterocedasticitat de White

Taula 39: resultats del model de convergència condicional del subsector transport

Variable	FE ^a	FE ^b	GMM (DPD)
Constant	-0.545 (0.195) ^{***}	-3.56 (1.36)	-3.38 (1.404) ^{**}
Log CO ₂ inicial	-0.030 (0.005) ^{***}	-	-
Log CO ₂ _{t-1}	-	-0.247 (0.056) ^{***}	-0.237 (0.057) ^{***}
Log GDPcap	0.017 (0.002) ^{***}	0.317 (0.066) ^{***}	0.301 (0.062) ^{***}
Log Població Urbana	0.102 (0.079) ^{**}	0.264 (0.293)	0.158 (0.308)
Log Renovables	0.0003 (0.001)	0.039 (0.017) ^{**}	0.021 (0.013)
Log Fòssil	-0.002 (0.005)	-0.132 (0.090)	-0.071 (0.078)
Log Indústria	-0.008 (0.005)	-0.009 (0.063)	0.044 (0.042)
R ²	0.62	0.29	0.31
S.E. regressió	0.007	0.070	0.066
J-estadístic	-	-	2.84 [*]
Estadístic F	26.02 ^{***}	3.48 ^{***}	-

Entre parèntesi l'error estàndard

*** significatiu a l'1%; ** significatiu al 5%; * significatiu al 10%

a - Model d'efectes fixos de temps amb correcció de l'heterocedasticitat de White

b - Model d'efectes fixos de temps i per països amb correcció de l'heterocedasticitat de White

Taula 40: resultats del model de convergència condicional d'altres fonts d'emissions

Variable	FE ^a	FE ^b	GMM (DPD)
Constant	-0.087 (0.347)	-3.55 (1.64) ^{**}	-3.153 (1.66) [*]
Log CO ₂ inicial	-0.012 (0.0022) ^{***}	-	-
Log CO ₂ _{t-1}	-	-0.123 (0.035) ^{***}	-0.117 (0.037) ^{***}
Log GDPcap	0.015 (0.003) ^{***}	0.147 (0.097)	0.156 (0.098)
Log Població Urbana	-0.051 (0.087)	0.266 (0.496)	0.102 (0.506)
Log Renovables	0.003 (0.002)	0.044 (0.023) [*]	0.043 (0.025) [*]
Log Fòssil	0.038 (0.012) ^{***}	0.24 (0.129) [*]	0.269 (0.132) ^{**}
Log Indústria	-0.005 (0.008)	-0.042 (0.081)	-0.015 (0.083)
R ²	0.59	0.27	0.26
S.E. regressió	0.076	0.098	0.098
J-estadístic	-	-	3.132 [*]
Estadístic F	23.72 ^{***}	3.08 ^{***}	-

Entre parèntesi l'error estàndard

*** significatiu al 1%; ** significatiu al 5%; * significatiu al 10%

a - Model d'efectes fixos de temps amb correcció de l'heterocedasticitat de White

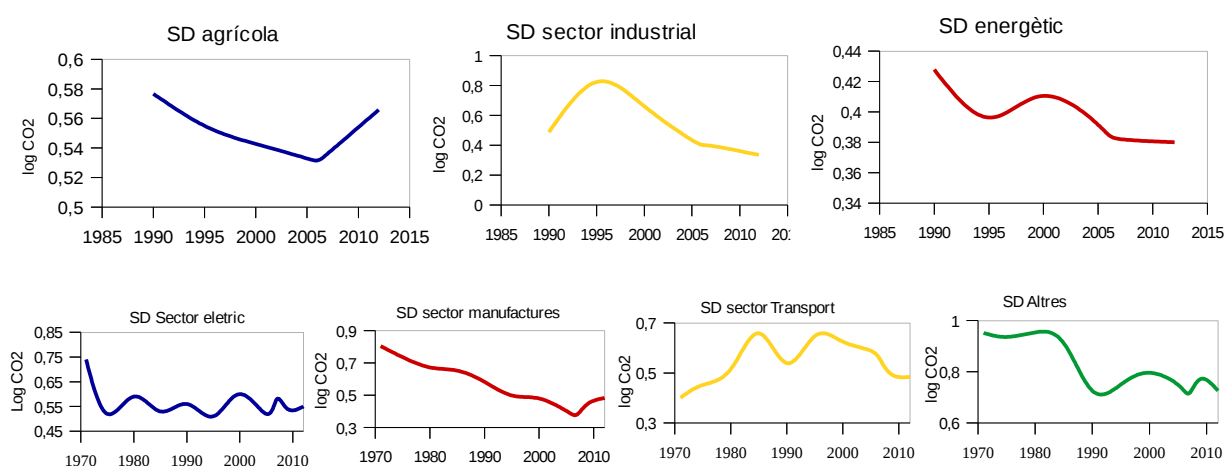
b - Model d'efectes fixos de temps i per països amb correcció de l'heterocedasticitat de White

6.4. Sigma Convergència

L'evolució de la desviació estàndard del logaritme natural de CO₂ per sector es mostra a la taula 41 i el gràfic 14. El sector industrial i el sector elèctric han reduït la variació de les emissions dels països respecte a la mitjana però amb una tendència a estabilitzar la dispersió a partir del 2005. El sector agrícola mostra un canvi de la tendència a la reducció de la desviació estàndard a partir del 2007.

En relació a les emissions dins el sector energètic, el sector manufacturer mostra una evidència clara de sigma-convergència amb una reducció de la dispersió de prop del 40% produït de forma constant al llarg de tot el període 1971-2012. La resta de subsectors redueixen la dispersió si comparem els valors inicial i finals però, aquestes reduccions, es produeixen en els primers anys: fins 1985 en el cas de la producció elèctrica i calor i fins l'any 1990 en altres fonts d'emissions. En el subsector transport es produeix un increment de la dispersió al llarg del període.

Gràfic 14: Desviació estàndard per sectors i subsectors



Taula 41: Desviació estàndard de log CO₂ per sectors

Any	Sector						
	agrícola	industrial	energètic	elèctric	manufacturer	transport	altres
1971				0.737759	0.803927	0.400847	0.951762
1975				0.634658	0.736169	0.452139	0.935891
1980				0.592760	0.672523	0.515403	0.953428
1985				0.527997	0.652425	0.658829	0.912049
1990	0.576668	0.487107	0.427834	0.559144	0.583105	0.539502	0.726103
1995	0.554947	0.823494	0.396306	0.511932	0.498624	0.647502	0.750189
2000	0.542662	0.660670	0.410592	0.604490	0.479617	0.625331	0.795959
2005	0.532862	0.434210	0.391538	0.522901	0.402706	0.588705	0.749122
2007	0.536106	0.395731	0.382175	0.576743	0.381875	0.540770	0.716818
2012	0.565820	0.334550	0.380105	0.554138	0.483222	0.483961	0.725738
Increment	-1.88%	-31.32%	-11.16%	-24.89%	-39.89%	20.73%	-23.75%

A continuació considerem els diferents països agrupats pel seu comportament respecte les emissions. Dels resultats, que es mostren en les taules 42 i 43 i el gràfic 15, podem assenyalar que:

- La major reducció de la dispersió entre els països que incrementen les emissions en tot el període es produeix en el sector energètic (un feble 13.8%) i, dins d'aquest, els subsectors elèctric (37.8%), transport (25.6%) i altres (24.2%). La reducció en el sector energètic i d'altres es produeix de forma regular al llarg de tot el període mentre que el sector del transport mostra un comportament molt irregular.
- No hi ha una reducció clara en la tendència de la dispersió en els diferents sectors en el grup de països que redueixen les emissions. Dins el sector energètic sí que hi ha una clara reducció de la dispersió, produïda en la dècada dels 90. Destaca l'increment de la dispersió en el sector transport i altres.
- La reducció de la dispersió de les emissions entre els països amb transició es produeix únicament en el sector industrial, en especial, a partir del 2000. Dins el sector energètic, hi ha un increment en la dispersió en la generació d'energia i calor, i una disminució en el sector manufacturer i, en menor mesura, del transport.

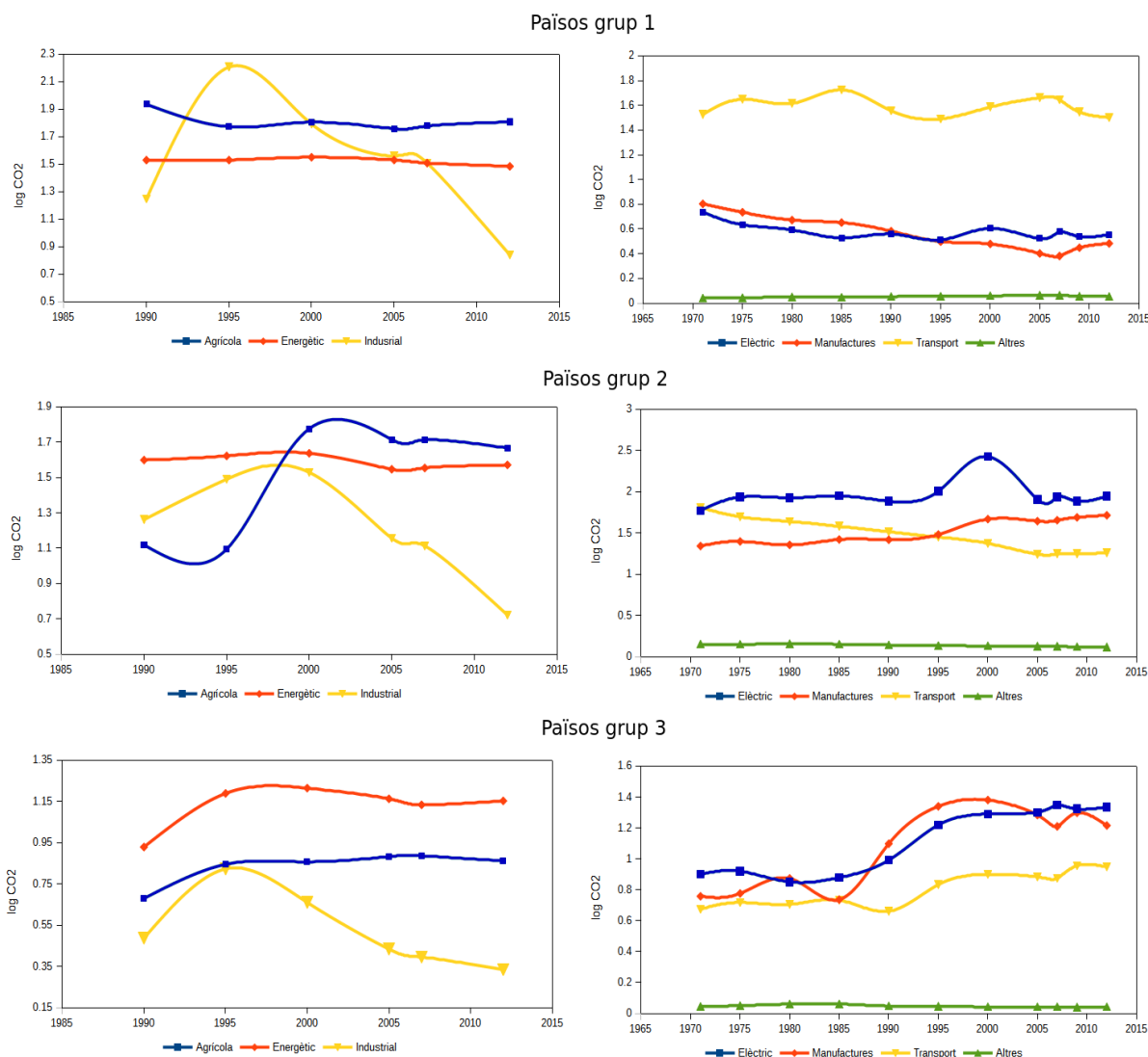
Taula 42: Sigma convergència per sectors i per grup de països

Any	Països Grup 1			Països Grup 2			Països Grup 3		
	Agrícola	Energètic	Industrial	Agrícola	Energètic	Industrial	Agrícola	Energètic	Industrial
1990	0.7617	0.3115	0.3709	0.3679	0.4923	0.3832	0.1134	0.3880	0.5189
1995	0.7153	0.3237	1.0122	0.3876	0.3894	0.3933	0.3933	0.4254	0.6231
2000	0.7270	0.2893	0.5455	0.3162	0.3767	0.4333	0.4021	0.4909	0.6971
2005	0.7009	0.2455	0.3264	0.3204	0.4772	0.4519	0.4206	0.4429	0.4401
2007	0.6956	0.2626	0.2709	0.3310	0.4687	0.5257	0.4405	0.4435	0.3190
2012	0.7214	0.2684	0.3667	0.3367	0.4883	0.3977	0.4921	0.4258	0.1988
Var	-5.29%	-13.84%	-1.14%	-8.49%	-0.81%	3.76%	334.03%	9.72%	-61.69%

Taula 43: sigma-convergència per subsectors i grup de països (en manufactures del Grup 1 s'ha exclòs a Malta per falta de dades)

Any	Països Grup 1				Països Grup 2				Països Grup 3			
	Elèctric	Manu- factures	Trans- port	Altres	Elèctric	Manu- factures	Trans- port	Altres	Elèctric	Manu- factures	Trans- port	Altres
1971	0.5991	0.5156	0.3571	0.9546	0.6462	0.9109	0.1449	0.2891	0.3214	0.6462	0.3007	0.5359
1975	0.4847	0.4912	0.3703	0.9755	0.6663	0.8636	0.2165	0.2666	0.3463	0.6280	0.3120	0.4336
1980	0.4854	0.4245	0.2895	0.9977	0.5412	0.8579	0.2840	0.2537	0.4491	0.6103	0.3902	0.3185
1985	0.4503	0.4074	0.4138	0.9858	0.5985	0.8659	0.3397	0.2984	0.3392	0.5578	0.5169	0.2989
1990	0.3544	0.3410	0.2775	0.8459	0.6766	0.8429	0.4603	0.3482	0.5816	0.5175	0.4056	0.4919
1995	0.3726	0.3601	0.2939	0.8031	0.6782	0.5863	0.5081	0.3865	0.5559	0.5192	0.3001	0.6595
2000	0.3543	0.3108	0.2826	0.7674	0.8495	0.4564	0.6087	0.4970	0.6534	0.5707	0.3127	0.7605
2005	0.3381	0.3261	0.3690	0.7553	0.5672	0.4122	0.7382	0.6433	0.6989	0.4533	0.3300	0.6549
2007	0.3775	0.3434	0.3629	0.7231	0.6282	0.4192	0.7020	0.7505	0.7654	0.4026	0.3371	0.5810
2009	0.3762	0.4012	0.2522	0.7824	0.5829	0.4580	0.6838	0.7532	0.7054	0.4724	0.2499	0.6723
2012	0.3724	0.5041	0.2659	0.7234	0.5850	0.5213	0.7007	0.8577	0.7332	0.4346	0.2416	0.5471
Var	-37.84%	-2.22%	-25.55%	-24.22%	-9.47%	-42.77%	383.55%	196.69%	128.10%	-32.75%	-19.66%	2.08%

Gràfic 15: Sigma-convergència per països i sectors



6.5. Convergència estocàstica per sectors

Analitzem la convergència estocàstica per sectors i seguim el mateix procediment que s'ha realitzat en les emissions totals: primer hem aplicat el test de canvi estructural de Bai-Perron (1998), a continuació apliquem el test de Dickey-Fuller augmentat (ADF) per a un canvi estructural i, finalment, el test proposat per Carrion et al. (2009) per a més d'un canvi estructural. Els resultats detallats, que analitzem per sectors i dins del sector energètic per fonts d'emissions, es poden consultar en l'annex del treball.

A la taula 44 es mostra la relació de països, per sector econòmic, que han rebutjat en algun dels casos l'arrel unitària i, com a conseqüència, convergeixen en emissions. Els països ressaltats en negreta compleixen les condicions per a acceptar una convergència absoluta. Un percentatge de països molt baix no convergeixen en tots els sectors, excepte en el sector industrial per al qual el test de Carrión no rebutja l'existència d'arrels unitaris en una quantitat

de països molt superior al test ADF. Les diferències entre els dos tests són conseqüència dels diferents criteris de cada test envers la quantitat i els anys dels xocs estructurals.

Taula 44: *Convergència estocàstica per països i sectors*

Sector	Test	Convergeixen			No convergeixen		
		G1	G2	G3	G1	G2	G3
Agrícola	ADF	Àustria, Xipre, Croàcia, Finlàndia, Grècia, Itàlia, Holanda, Malta, Portugal, Eslovènia, Espanya	Bèlgica, França, Dinamarca, Alemanya, Luxemburg, Suècia, Regne Unit	Bulgària, Txèquia, Estònia, Hongria, Letònia, Lituània, Polònia, Romania, Eslovàquia	Irlanda		
	Carrion	Àustria, Croàcia, Finlàndia, Grècia, Irlanda, Itàlia, Holanda, Malta, Portugal, Eslovènia, Espanya	Bèlgica, França, Dinamarca, Alemanya, Luxemburg, Regne Unit	Bulgària, Txèquia, Estònia, Hongria, Lituània, Eslovàquia	Xipre	Suècia	Letònia, Polònia, Romania
Industrial	ADF	Àustria, Croàcia, Finlàndia, Grècia, Irlanda, Itàlia, Holanda, Malta, Portugal, Eslovènia	Bèlgica, França, Alemanya, Luxemburg, Suècia, Regne Unit	Bulgària, Txèquia, Hongria, Letònia, Lituània, Romania, Eslovàquia	Xipre, Espanya	Dinamarca	Estònia, Polònia
	Carrion	Àustria, Croàcia, Grècia, Irlanda, Itàlia, Malta, Espanya	Bèlgica, Dinamarca, Luxemburg, Suècia, Regne Unit	Bulgària, Txèquia, Hongria, Letònia, Polònia, Eslovàquia	Xipre, Finlàndia, Holanda, Portugal, Eslovènia	França, Alemanya	Estònia, Lituània, Romania
Energètic	ADF	Àustria, Xipre, Finlàndia, Grècia, Irlanda, Itàlia, Holanda, Malta, Portugal, Eslovènia, Espanya	França, Dinamarca, Alemanya, Luxemburg, Suècia, Regne Unit	Bulgària, Txèquia, Estònia, Hongria, Letònia, Lituània, Polònia, Romania, Eslovàquia	Croàcia	Bèlgica	
	Carrion	Àustria, Croàcia, Finlàndia, Grècia, Irlanda, Itàlia, Holanda, Portugal, Eslovènia, Espanya	Bèlgica, França, Dinamarca, Alemanya, Luxemburg, Suècia, Regne Unit	Bulgària, Txèquia, Estònia, Hongria, Letònia, Polònia, Romania, Eslovàquia	Xipre, Malta		Lituània

Els tests aplicats sobre els subsectors energètics mostren resultats molt diferents als anteriors, com es pot veure a la taula 45. Presenten una major quantitat de països que no convergeixen, tant en el test ADF com en el de Carrion. Aquests resultats, vistos de forma general assenyalen el sector energètic com un objectiu prioritari per a reduir emissions en la UE. Si ens fixem en el test del conjunt del sector, no sembla que hi haja molts països que divergeixen, però quan analitzem les dades per subsector, els resultats són molt diferents.

Destaquen els resultats per al sector del transport, on la meitat dels països (segons el test de Carrion) no convergeixen i les mitjanes d'emissions són, com ja hem comentat anteriorment, creixents.

Taula 45: Convergència estocàstica per països i sectors

Sector	Test	Convergeixen			No convergeixen		
		G1	G2	G3	G1	G2	G3
calor i electricitat	ADF	Àustria, Xipre, Croàcia, Grècia, Itàlia, Malta, Portugal, Eslovènia	Bèlgica, França, Dinamarca, Alemanya, Luxemburg, Suècia	Txèquia, Estònia, Hongria, Lituània, Polònia, Romania, Eslovàquia	Finlàndia, Irlanda, Holanda, Espanya	Regne Unit	Bulgària, Letònia
	Carrion	Àustria, Croàcia, Grècia, Irlanda, Itàlia, Malta, Espanya	Bèlgica, Dinamarca, Luxemburg, Suècia, Regne Unit	Bulgària, Txèquia, Hongria, Letònia, Polònia, Eslovàquia	Xipre, Finlàndia, Holanda, Portugal, Eslovènia	França, Alemanya	Estònia, Lituània, Romania
i construcció manufactures	ADF	Àustria, Xipre, Finlàndia, Grècia, Irlanda, Holanda, Malta, Portugal, Eslovènia	França, Dinamarca, Alemanya, Luxemburg, Suècia	Bulgària, Txèquia, Estònia, Letònia, Lituània, Polònia, Romania, Eslovàquia	Croàcia, Itàlia, Espanya	Bèlgica, Regne Unit	Hongria
	Carrion	Àustria, Xipre, Croàcia, Finlàndia, Itàlia, Holanda, Malta, Portugal, Eslovènia	Bèlgica, França, Luxemburg, Suècia	Bulgària, Txèquia, Estònia, Hongria, Letònia	Grècia, Irlanda, Espanya	Dinamarca, Alemanya, Regne Unit	Lituània, Polònia, Romania, Eslovàquia
Transport	ADF	Xipre, Croàcia, Finlàndia, Irlanda, Itàlia, Malta	Dinamarca, Alemanya, Suècia, Regne Unit	Bulgària, Txèquia, Estònia, Lituània, Polònia, Romania, Eslovàquia	Àustria, Grècia, Holanda, Portugal, Eslovènia, Espanya	Bèlgica, França, Luxemburg	Hongria, Letònia
	Carrion	Àustria, Croàcia, Finlàndia, Itàlia, Malta	Dinamarca, Luxemburg	Bulgària, Txèquia, Estònia, Hongria, Letònia, Romania, Eslovàquia	Xipre, Grècia, Irlanda, Holanda, Portugal, Eslovènia, Espanya	Bèlgica, França, Alemanya, Suècia, Regne Unit	Lituània, Polònia
Altres	ADF	Àustria, Xipre, Finlàndia, Irlanda, Malta	Bèlgica, França, Alemanya, Luxemburg, Regne Unit	Bulgària, Estònia, Letònia, Lituània, Romania	Croàcia, Grècia, Itàlia, Holanda, Portugal, Eslovènia, Espanya	Dinamarca, Suècia	Txèquia, Hongria, Polònia, Eslovàquia
	Carrion	Croàcia, Finlàndia, Grècia, Itàlia, Holanda, Malta, Eslovènia, Espanya	Bèlgica, França, Dinamarca, Alemanya, Luxemburg	Bulgària, Txèquia, Estònia, Hongria, Letònia, Lituània, Polònia, Romania, Eslovàquia	Àustria, Xipre, Irlanda, Portugal	Suècia, Regne Unit	

7. Conclusions

A l'hora de decidir les polítiques a aplicar per a la reducció d'emissions de CO₂ a Europa, una vegada la UE ha aprovat els objectius de reducció fins al 2020, és important conèixer quina tendència ha seguit el conjunt de països en el passat per a comprovar si les polítiques ja aplicades han estat efectives per a homogeneïtzar el comportament de cada membre de la UE. Hem de tenir en compte que el sistema de bombolla utilitzat implica la reducció global d'emissions però el repartiment individual de quotes d'emissió, en forma de percentatge d'increment o reducció. En el rerefons subjau la idea que el conjunt de països han de convergir cap a nivells d'emissió per capita similars. Per aquest motiu, la primera qüestió que intentem resoldre en aquest treball és si, efectivament, les emissions de CO₂ a la UE han convergit en el passat.

És una realitat que la mitjana d'emissions de CO₂ del conjunt de països s'ha reduït des de 1990, any en què comencen a aplicar-se les primeres decisions de reducció, la qual cosa fa pensar en un procés de convergència en termes absoluts, tal i com ens indiquen els resultats obtinguts en el model clàssic i, de forma condicionada, amb el PIB per capita, la utilització de combustibles fòssils i el pes del sector industrial com a variables que explicarien un nivell diferent de convergència en les emissions.

Aquest fet justifica l'anàlisi de la convergència per grups de països en funció de l'evolució d'emissions passades i d'aquesta manera s'han posat en evidència diferències significatives: mentre que els països que han incrementat les emissions tenen una velocitat de convergència al voltant del 2% en un procés de *catching-up*, els països que les redueixen convergeixen a una velocitat menor, i els que han fet un procés de transició a una economia de mercat han deixat de convergir en els darrers anys.

Aquest resultat global es confirmen quan apliquem el concepte de sigma-convergència. Els països que incrementen les emissions mostren uns resultats de convergència, mentre que els altres dos grups de països no mostren aquesta disminució de la dispersió de comportament entre ells.

L'anàlisi de la convergència ens mostra més informació quan desagreguem les dades. Hem de tenir en compte el comportament individualitzat dels països. Hem aplicat models de convergència estocàstica a cada país individualment amb resultats molt heterogenis en funció del test aplicat.

Un pas més en l'anàlisi de detall de la convergència ha estat la consideració de diferents sectors, tal i com ens han permès les dades proporcionades pel WDI. Els resultats sobre convergència en el sector industrial i de manufactures són un exemple clar dels esforços en les mesures de control de la UE sobre les emissions en aquests sectors. Les normes sobre límits d'emissions i l'entrada en funcionament del mercat d'emissions han aconseguit els seus objectius de reducció conjunta d'emissions, amb un percentatge de disminució del 52.8% l'any 2012, respecte als nivells del 1990.

En un altre extrem se situa la política europea sobre emissions en el transport. La política d'acords voluntaris per a la reducció de la mitjana d'emissions dels turismes a 120g CO₂/km va ser un fracàs i fins que no es van aprovar límits en emissions, l'any 2009, les decisions de les empreses per a aconseguir reduccions efectives no es van produir. Hem de concloure que, en el marc de la política mediambiental europea, la decisió de no inclure el sector del transport en el còmput d'emissions (ETS) dins el sistema europeu de comerç de permisos, que va entrar en funcionament al 2005, va ser un error.

Els resultats sobre la manca de convergència, en termes absoluts, en emissions de CO₂ del sector energètic i, dins d'aquest, la divergència en l'ús de combustibles en el transport ens

assenyala els sectors de l'economia sobre els quals s'han de implementar mesures per a la reducció d'emissions a la UE.

Aquesta postura tèbia de la política de transport a la UE es referma amb els resultats sobre convergència per països estudiada a través del model estocàstic. A més d'assenyalar aquells països que mostren un comportament divergent en el sector, una visió de conjunt dels resultats tornen a assenyalar el sector del transport com el sector que divergeix respecte els objectius del 2020.

Els objectiu fixats per la UE en l'estratègia 2010-2020 són molt clars:

- Reducció de les emissions de gasos d'efecte hivernacle un 20% respecte els nivells de 2005.
- Aconseguir un 20% en l'ús de fonts renovables en el consum energètic de la UE i un 10% en el sector del transport.
- Augmentar l'eficiència energètica amb la finalitat d'estalviar un 20% del consum energètic de la UE respecte a les projeccions per a l'any 2020.

Però l'evolució de les emissions farà difícil aconseguir-ne els objectius. L'agència europea del medi ambient, en l'informe TERM 2011, estima que el transport va generar al 2009 el 24% de les emissions europea de GHG. Amb una visió a llarg termini, la UE fixa com a objectiu per a 2050 la reducció de les emissions a causa del transport del 60% respecte als nivells de 1990. Com l'increment de les emissions de 1990 a 2009 ha estat del 27%, la reducció que s'ha d'aconseguir a partir d'aquell any és del 68%. Queda com a repte de les polítiques europees el fet d'aconseguir aquest objectiu.

8. Bibliografia

- AGÈNCIA EUROPEA DE MEDI AMBIENT (2011) Laying the foundations for greener transport TERM 2011: transport indicators tracking progress towards environmental targets in Europe. EEA Report No 7/2011
- ALDY JE, (2006) Per capita carbon dioxide emissions: convergence or divergence? *Environmental and Resource Economics* 33(4):533-55
- BAI J, CARRION-I-SILVESTRE JL, (2009) Structural Changes, Common Stochastic Trends, and Unit Roots in Panel Data. *Review of Economic Studies* 76:471–501
- BAI J, PERRON P, (1998) Estimating and Testing Linear Models with Multiple Structural Changes. *Econometrica*, 66:47–78
- BARASSI MR, COLE MA, ELLIOTT RJR, (2008) Stochastic divergence or convergence of per capita carbon dioxide emissions: re-examining the evidence. *Environmental and Resource Economics* 40(1):121-37
- BAUMOL WJ, (1986) Productivity growth, convergence, and welfare: what the long-run data show. *American Economic Review* 76(5):1072-1085
- BARRO RJ, SALA-I-MARTIN X, (1992) Convergence. *Journal of Political Economy* 100(2):223-51.
- BERNARD AB, DURLAUF S, (1995) Convergence in international output. *Journal of Applied Econometrics* 10:97–108
- BULTE E, LIST JA, STRAZICICH MC, (2007) Regulatory federalism and the distribution of air pollutant emissions. *Journal of Regional Science* 47(1):155-78
- CAMARERO M, CASTILLO J, PICAZO-TADEO J, TAMARIT C, (2014) Is eco-efficiency in greenhouse gas emissions converging among European Union countries? *Empirical Economics* 47:143-168
- CARLINO GA, MILLS LO, (1993) Are US regional incomes converging? *Journal of Monetary Economics* 32(2):335–346
- CARRION-I-SILVESTRE JL, KIM D, PERRON P, (2009) GLS-based unit root tests with multiple structural breaks under both the null and the alternative hypotheses. *Econometric Theory*, 25:1754–1792
- CRIADO CO, GREYER JM, (2011) Convergence in per capita CO₂ emissions: A robust distributional approach. *Resource and Energy Economics* 33:637–665

- CARRION-I-SILVESTRE JL, KIM D, PERRON P, (2009) GLS-based unit root tests with multiple structural breaks under both the null and the alternative hypotheses. *Econometric Theory* 25:1754–1792
- CRIADO CO, GREYER JM, (2011) Convergence in per capita CO₂ emissions: a robust distributional approach. *Resource of Energy Economics* 33(3):637-65
- CRIADO CO, VALENTE S, STENGOS T, (2011) Growth and pollution convergence: theory and evidence. *Journal of Environmental Economics and Management* 62(2):199-214
- FAO, (2014) Agriculture, forestry and other land use emissions by sources and removals by sinks. 1990-2011 Analysis. ESS Working Paper No. 2
- ELLIOTT G, ROTHENBERG TJ, STOCK JH (1996) Efficient tests for an autoregressive unit root. *Econometrica* 64:813–836
- EZCURRA R. (2007) Is there cross-country convergence in carbon dioxide emissions? *Energy Policy* 35(2):1363-72
- HUANG B, MENG L, Convergence of per capita carbon dioxide emissions in urban China: a spatio-temporal perspective. *Applied Geography* 2013;40:21-9
- JOBERT T, KARANFIL F, TYKHONENKO A, (2010) Convergence of per capita carbon di-oxide emissions in the EU: legend or reality? *Energy Economics* 32(6):1364-73
- GLYNN J, PERERA N AND VERMA R, (2007) Unit root tests and structural breaks: a survey with applications, *Journal of Quantitative Methods for Economics and Business Administration* 3(1):63-79
- LEE CC, CHANG CP, (2008) New evidence on the convergence of per capita carbon dioxide emissions from panel seemingly unrelated regressions augmented dickey-fuller tests. *Energy* 33(9):1468-75
- LEE J, LIST JA. (2004) Examining trends of criteria air pollutants: are the effects of governmental intervention transitory? *Environmental and Resource Economics* 29(1):21-37
- LEVIN A, LIN CF, JAMES CHU CS, (2002) Unit root tests in panel data: asymptotic and finite-sample properties. *Journal of Econometrics* 108(1):1-24
- Li Q, Papell D, (1999) Convergence of international output: time series evidence for 16 OECD countries. *International Review of Economics and Finance* 8:267–280
- LIST J, (1999) Have air pollutant emissions converged among US regions? Evidence from unit root tests. *Southern Economic Journal* 66(1):144-55
- NOURRY M,(2009) Re-examining the empirical evidence for stochastic convergence of two air pollutants with a pair-wise approach. *Environmental and Resource Economics* 44(4):555-70

- PANOPOULOU E, PANTELIDIS T, (2009) Club convergence in carbon dioxide emissions. *Environmental and Resource Economics* 44(1):47-70
- QUAH D, (1997) Empirics for growth and distribution: stratification, polarization, and convergence clubs. *Journal of Economic Growth* 2(1):27–59
- ROMERO-AVILA D, (2008) Convergence in carbon dioxide emissions among industrialized countries revisited. *Energy Economics* 30(5):2265-82
- SALA-I-MARTÍ, X. (1996) Regional cohesion: evidence and theories of regional growth and convergence. *European economic review* 40:1325-1352
- SOLOW, RM (1956) A contribution to the theory of economic growth. *Quarterly journal of economics* 70:65-94
- STRAZICICH MC, LIST JA, (2003) Are CO₂ emission levels converging among industrial countries? *Environmental and Resource Economics* 24(3):263-71
- VAN NGUYEN P, (2005) Distribution dynamics of CO₂ emissions. *Environmental and Resource Economics* 32(4):495-508
- WANG J, ZHANG K, (2014) Convergence of carbon dioxide emissions in different sectors in China. *Energy* 65:605-611
- WESTERLUND J, BASHER SA, (2008) Testing for convergence in carbon dioxide emissions using a century of panel data. *Environmental and Resource Economics* 40(1):109e20
- YAVUZ NC, YILANCI V, (2013) Convergence in per capita carbon dioxide emissions among G7 countries: a TAR panel unit root approach. *Environmental and Resource Economics* 54(1):283-91

9. Annex

9.1. Descriptius per sectors

Taula 46: Emissions de CO₂ per sectors i grup de països

Agricultura	Tots		Pol		Green		Trans	
	1990	2012	1990	2012	1990	2012	1990	2012
Mitjana	0.8861	0.961306	1.1339	0.9675	0.9351	0.9613	0.5179	0.9530
Mediana	0.923936	0.717725	0.8314	0.6769	0.9974	0.7989	0.0000	0.6912
Màxim	5.469591	4.292662	5.4696	4.2927	2.2447	1.6757	1.2938	1.8523
Mínim	.000000	0.214564	0.0000	0.2146	0.0000	0.6734	0.0000	0.4401
Desv estàndard	1.084969	0.756753	1.4483	1.0769	0.7818	0.3625	0.6194	0.4893
Asimetria	2.742640	3.220164	2.4272	2.7249	0.2627	1.1606	0.2739	0.7478
Kurtosi	12.49261	14.62019	8.0558	9.0556	2.3470	3.1311	1.1393	2.1289
Jarque-Bera	140.2310	205.9244	24.5632	33.1850	0.2049	1.5764	1.4109	1.1233
Probabilitat	0.000000	0.000000	0.0000	0.0000	0.9026	0.4547	0.4939	0.5703
Sum	24.81284	26.91657	13.6062	11.6101	6.5457	6.7293	4.6610	8.5772
Sum Qua. Desv.	31.78326	15.46222	23.0736	12.7575	3.6671	0.7884	3.0690	1.9153
Observacions	28	28	12	12	7	7	9	9

Energia	Tots		Grup 1		Grup 2		Grup 3	
	1990	2012	1990	2012	1990	2012	1990	2012
Mitjana	9.5662	7.4379	7.1192	6.9367	11.9166	8.9655	11.0009	6.9182
Mediana	8.6348	6.6731	7.0718	6.8659	10.2514	7.4185	9.1486	6.1747
Màxim	27.3668	19.5877	11.1663	10.5402	27.3668	19.5877	23.6366	13.0642
Mínim	4.0528	3.7359	4.0528	4.3374	6.2884	4.4383	6.7091	3.7359
Desv. estàndard	5.1422	3.3104	2.2253	1.8457	7.1687	5.0853	5.2688	3.1913
Asimetria	2.2067	1.9180	0.5188	0.4094	1.6260	1.4241	1.7187	0.9283
Kurtosi	7.8540	7.5987	2.3233	2.5010	4.3400	3.8890	4.7957	2.5243
Jarque-Bera	50.2134	41.8398	0.7673	0.4597	3.6082	2.5967	5.6399	1.3775
Probabilitat	0.00	0.00	0.6814	0.7947	0.1646	0.2730	0.0596	0.5022
Sum	267.8547	208.2625	85.4302	83.2402	83.4160	62.7585	99.0085	62.2638
Sum Quad. Desv.	713.9538	295.8855	54.4733	37.4728	308.3452	155.1593	222.0845	81.4732
Observacions	28	28	12	12	7	7	9	9

Indústria	Tots		Grup 1		Grup 2		Grup 3	
	1990	2012	1990	2012	1990	2012	1990	2012
Mitjana	0.5781	0.3648	0.6740	0.3752	0.6170	0.3933	0.4198	0.3289
Mediana	0.5417	0.3761	0.6014	0.3819	0.6632	0.3881	0.4758	0.3717
Màxim	1.4961	0.8940	1.4961	0.8940	0.8380	0.8339	0.6171	0.6326
Mínim	0.00	0.00	0.0000	0.0000	0.3108	0.0000	0.1164	0.0000
Desv. estàndard	0.2897	0.2638	0.3669	0.3220	0.1996	0.2536	0.1577	0.2045
Asimetria	0.891182	0.0956	0.5562	0.0873	-0.6495	0.2708	-0.7345	-0.6326
Kurtosi	5.2303	2.3601	3.7810	1.7363	1.9021	2.9245	2.4966	2.5872
Jarque-Bera	9.5094	0.5203	0.9238	0.8137	0.8438	0.0872	0.9043	0.6641
Probabilitat	0.0086	0.7709	0.6301	0.6657	0.6558	0.9573	0.6362	0.7174
Sum	16.1858	10.2153	8.0885	4.5023	4.3187	2.7534	3.7786	2.9597
Sum Quad. Desv.	2.2654	1.8793	1.4811	1.1404	0.2389	0.3859	0.1990	0.3344
Observacions	28	28	12	12	7	7	9	9

Taula 47: descriptius per font d'emissions de CO₂ del subsector energètic per països

Elèctric i calor	Total		Grup 1		Grup 2		Grup 3	
	1971	2012	1971	2012	1971	2012	1971	2012
Mitjana	3.930803	3.061236	2.9420	3.0384	4.0606	2.4502	1.8970	3.5669
Mediana	3.507567	2.709842	2.8155	2.8337	3.2513	2.2708	2.1391	2.3412
Màxim	16.81777	9.420154	4.9411	4.7681	9.3452	4.4644	4.4492	9.4202
Mínim	1.088870	0.919884	1.6367	1.3380	1.2558	0.9199	0.0000	0.9635
Desv. estàndard	2.885096	1.783551	1.0264	1.0569	2.6628	1.2589	1.6229	2.7197
Asimetria	3.263415	1.665925	0.4294	0.2114	1.1112	0.2386	0.0648	1.1485
Kurtosi	15.44526	6.834908	2.2319	2.0344	3.3249	2.0320	1.8541	3.3143
Jarque-Bera	230.3979	30.10903	0.6638	0.5556	1.4714	0.3397	0.4987	2.0158
Probabilitat	0.000000	0.000000	0.7176	0.7575	0.4792	0.8438	0.7793	0.3650
Sum	110.0625	85.71460	35.3045	36.4609	28.4242	17.1516	17.0727	32.1020
Sum Quad. Desv.	224.7421	85.88851	11.5875	12.2865	42.5444	9.5083	21.0717	59.1730
Observacions	28	28	12	12	7	7	9	9

manufactures i construcció	Total		Grup 1		Grup 2		Grup 3	
	1971	2012	1971	2012	1971	2012	1971	2012
Mitjana	2.148475	1.013735	1.4109	0.9415	6.9284	1.2769	1.9407	0.9053
Mediana	1.469423	0.844359	1.5479	0.8215	2.9179	0.9249	1.6060	0.7182
Màxim	12.75370	2.667986	2.7233	2.4136	30.4304	2.6680	6.9565	1.7173
Mínim	0.000000	0.023840	0.0000	0.0238	1.9987	0.6546	0.0000	0.5242
Desv. estàndard	2.283962	0.596213	0.7843	0.6245	10.3848	0.7306	2.2575	0.4260
Asimetria	3.757140	1.175531	-0.1734	1.0115	2.0238	1.0338	1.2757	0.9127
Kurtosi	17.95578	4.084323	2.2671	3.7617	5.1282	2.8049	3.7289	2.4648
Jarque-Bera	326.8298	7.820456	0.3287	2.3364	6.0992	1.2581	2.6405	1.3570
Probabilitat	0.000000	0.020036	0.8485	0.3109	0.0474	0.5331	0.2671	0.5074
Sum	60.15731	28.38458	16.9311	11.2986	48.4985	8.9382	17.4667	8.1478
Sum Quad. Desv.	140.8450	9.597680	6.7658	4.2894	647.0642	3.2031	40.7693	1.4521
Observacions	28	28	12	12	7	7	9	9

Transport	Total		Grup 1		Grup 2		Grup 3	
	1971	2012	1971	2012	1971	2012	1971	2012
Mitjana	1.609811	2.056994	0.9325	1.8435	1.3837	3.4525	0.4475	1.2563
Mediana	1.492899	1.732999	0.9159	1.7580	1.3187	2.0245	0.5760	1.1835
Màxim	6.808956	12.37414	1.3573	2.6639	1.7102	12.3741	0.9260	1.6935
Mínim	0.500391	0.740850	0.4512	1.0967	1.1445	1.7719	0.0000	0.7409
Desv. estàndard	1.150027	2.073777	0.3079	0.4801	0.2038	3.9370	0.3681	0.2810
Asimetria	3.357013	4.612002	0.0091	0.2584	0.4167	2.0349	-0.2070	-0.2075
Kurtosi	16.18401	23.54644	1.7445	2.1126	1.8689	5.1529	1.5442	2.6029
Jarque-Bera	255.3789	591.7781	0.7883	0.5273	0.5758	6.1831	0.8590	0.1237
Probabilitat	0.000000	0.000000	0.6742	0.7682	0.7499	0.0454	0.6508	0.9400
Sum	45.07470	57.59583	11.1900	22.1220	9.6860	24.1673	4.0275	11.3066
Sum Quad. Desv.	35.70918	116.1149	1.0429	2.5354	0.2492	92.9991	1.0842	0.6317
Observacions	28	28	12	12	7	7	9	9

Altres	Total		Grup 1		Grup 2		Grup 3	
	1971	2012	1971	2012	1971	2012	1971	2012
Mitjana	1.590219	1.041997	1.1446	0.9403	3.3858	1.5741	1.4335	0.7637
Mediana	1.609939	0.925010	0.6309	0.7776	3.3712	1.4856	1.4806	0.5948
Màxim	3.378290	3.013489	3.0210	2.1492	4.6160	3.0135	4.1529	1.3637
Mínim	0.234800	0.143043	0.1772	0.1430	2.2349	0.2175	0.0000	0.2601
Desv. estàndard	0.898030	0.684221	0.9886	0.5873	0.9256	0.9013	1.4297	0.3823
Asimetria	0.331733	1.063562	0.7174	0.8731	-0.0888	0.1366	0.6743	0.2837
Kurtosi	2.182560	3.818149	2.0235	2.9099	1.7188	2.3806	2.4610	1.6537
Jarque-Bera	1.293128	6.059695	1.5062	1.5285	0.4879	0.1337	0.7909	0.8004
Probabilitat	0.523842	0.048323	0.4709	0.4657	0.7835	0.9354	0.6734	0.6702
Sum	44.52613	29.17591	13.7346	11.2842	23.7007	11.0187	12.9012	6.8731
Sum Quad. Desv.	21.77435	12.64028	10.7514	3.7942	5.1403	4.8740	16.3518	1.1691
Observacions	28	28	12	12	7	7	9	9

9.2. Descriptius per països

Taula 48: descriptius d'emissions de CO₂ per capita per sectors i països

País	Agricultura			Energia			Indústria		
	Mitjana	Desviació Estàndard	Obs.	Mitjana	Desviació Estàndard	Obs.	Mitjana	Desviació Estàndard	Obs.
Àustria	0.931	0.118	23	8.153	0.605	23	0.547	0.051	23
Bèlgica	0.490	0.440	23	11.096	0.755	23	0.863	0.051	23
Bulgària	0.712	0.188	23	6.499	0.697	23	0.333	0.087	23
Croàcia	0.575	0.193	23	4.441	0.540	23	0.528	0.152	23
Xipre	0.398	0.052	23	6.335	0.499	23	0.728	0.200	23
Txèquia	0.551	0.233	23	12.461	0.807	23	0.392	0.032	23
Dinamarca	1.913	0.187	23	10.262	1.529	23	0.435	0.050	23
Estònia	1.690	0.556	23	13.641	3.080	23	0.196	0.085	23
Finlàndia	1.186	0.093	23	11.574	1.006	23	1.214	0.230	23
França	1.216	0.101	23	6.145	0.425	23	0.518	0.119	23
Alemanya	0.782	0.074	23	10.515	0.791	23	0.548	0.082	23
Grècia	0.802	0.079	23	7.899	0.682	23	0.997	0.129	23
Hongria	0.747	0.085	23	5.723	0.442	23	0.404	0.061	23
Irlanda	5.145	0.527	23	9.755	1.017	23	0.605	0.128	23
Itàlia	0.590	0.054	23	7.471	0.467	23	0.574	0.074	23
Letònia	1.168	0.423	23	4.096	1.048	23	0.179	0.149	23
Lituània	1.270	0.443	23	4.668	1.572	23	0.600	0.193	23
Luxemburg	0.653	0.589	23	22.194	3.369	23	0.972	0.255	23
Malta	0.294	0.048	23	6.320	0.419	23	0.216	0.196	23
Holanda	1.198	0.141	23	11.140	0.292	23	0.756	0.278	23
Polònia	0.861	0.074	23	8.607	0.569	23	0.325	0.032	23
Portugal	0.665	0.051	23	5.144	0.639	23	0.507	0.082	23
Romania	0.795	0.135	23	5.440	0.976	23	0.381	0.037	23
Eslovàquia	0.461	0.205	23	7.657	1.009	23	0.530	0.088	23
Eslovènia	0.664	0.216	23	7.623	0.528	23	0.431	0.122	23
Espanya	0.882	0.076	23	6.552	0.840	23	0.621	0.138	23
Suècia	0.805	0.078	23	6.031	0.795	23	0.333	0.023	23
Regne Unit	0.842	0.107	23	9.116	0.898	23	0.375	0.121	23
Tots	1.010	0.911	644	8.449	3.827	644	0.540	0.277	644

Taula 49: descriptius d'emissions de CO₂ per capita per subsectors

País	Electricitat			Manufactures			Transport			Altres		
	Mitjana	Desviació Estàndard	Obs .	Mitjana	Desviació Estàndard	Obs .	Mitjana	Desviació Estàndard	Obs .	Mitjana	Desviació Estàndard	Obs .
Àustria	2.187	0.549	42	1.587	0.254	42	1.986	0.529	42	1.771	0.317	42
Bèlgica	3.144	0.527	42	3.207	0.588	42	1.993	0.426	42	2.976	0.397	42
Bulgària	3.914	0.643	42	1.204	0.329	42	0.649	0.235	42	1.534	1.330	42
Croàcia	1.612	0.646	42	1.084	0.270	42	0.951	0.231	42	0.592	0.172	42
Xipre	2.338	0.832	42	1.104	0.325	42	1.435	0.442	42	0.277	0.144	42
Txèquia	5.781	0.880	42	4.423	2.167	42	0.983	0.416	42	2.534	1.109	42
Dinamarca	5.003	1.250	42	1.211	0.349	42	2.059	0.298	42	2.274	1.212	42
Estònia	5.400	5.242	42	0.623	0.688	42	0.744	0.723	42	0.340	0.390	42
Finlàndia	4.401	1.525	42	2.654	0.557	42	2.046	0.322	42	1.669	0.540	42
França	1.424	0.581	42	1.586	0.508	42	1.811	0.286	42	1.859	0.330	42
Alemanya	4.887	0.454	42	2.199	0.753	42	1.778	0.255	42	2.601	0.572	42
Grècia	3.177	1.104	42	0.927	0.117	42	1.396	0.472	42	0.830	0.206	42
Hongria	2.480	0.473	42	1.259	0.540	42	0.852	0.199	42	1.647	0.235	42
Irlanda	3.012	0.685	42	1.427	0.277	42	1.828	0.728	42	2.331	0.248	42
Itàlia	2.337	0.441	42	1.421	0.266	42	1.617	0.407	42	1.376	0.063	42
Letònia	0.822	0.940	42	0.297	0.285	42	0.627	0.616	42	0.361	0.383	42
Lituània	1.052	1.077	42	0.464	0.510	42	0.633	0.616	42	0.321	0.442	42
Luxemburg	3.565	2.142	42	11.879	9.306	42	7.575	4.386	42	3.747	0.362	42
Malta	3.697	1.474	42	0.016	0.041	42	1.077	0.379	42	0.254	0.078	42
Holanda	3.841	0.500	42	2.621	0.452	42	1.764	0.255	42	2.725	0.457	42
Polònia	5.255	0.867	42	1.439	0.355	42	0.793	0.197	42	1.762	0.451	42
Portugal	1.442	0.760	42	0.856	0.174	42	1.143	0.497	42	0.393	0.106	42
Romania	2.591	0.474	42	2.026	1.166	42	0.438	0.156	42	0.831	0.449	42
Eslovàquia	2.949	0.485	42	2.832	1.041	42	0.889	0.224	42	1.870	0.640	42
Eslovènia	2.540	0.801	42	1.337	0.299	42	1.661	0.533	42	1.022	0.281	42
Espanya	2.028	0.547	42	1.289	0.190	42	1.653	0.554	42	0.613	0.117	42
Suècia	1.261	0.197	42	1.792	0.642	42	2.212	0.215	42	1.760	1.362	42
Regne Unit	4.053	0.434	42	1.573	0.613	42	1.820	0.261	42	1.975	0.233	42
Tots	3.078	1.898	1176	1.941	2.815	1176	1.586	1.563	1176	1.509	1.090	1176

Taula 50 descriptius de $\log(\overline{CO_2}/\overline{CO_2})$ per al conjunt de les economies

País	Total economia		
	Mitjana	Desviació Estàndard	Obs.
Àustria	-0,163282	0,140549	53
Bèlgica	0,309094	0,105031	53
Bulgària	-0,213492	0,17554	53
Croàcia	-0,901813	0,314011	53
Xipre	-0,630166	0,452229	53
Txèquia	0,471762	0,111696	53
Dinamarca	0,200915	0,104908	53
Estònia	0,512719	0,158801	53
Finlàndia	0,100621	0,25578	53
França	-0,217328	0,145713	53
Alemanya	0,326859	0,134364	53
Grècia	-0,507939	0,550933	53
Hongria	-0,317063	0,101795	53
Irlanda	-0,075985	0,228747	53
Itàlia	-0,322837	0,241786	53
Letònia	-0,649011	0,20446	53
Lituània	-0,450844	0,239791	53
Luxemburg	1,207387	0,290154	53
Malta	-0,834004	0,567634	53
Holanda	0,197984	0,083396	53
Polònia	0,061626	0,093446	53
Portugal	-1,01641	0,556807	53
Romania	-0,438714	0,207199	53
Eslovàquia	0,012184	0,123493	53
Eslovènia	-0,360649	0,273198	53
Espanya	-0,56869	0,379563	53
Suècia	-0,159442	0,237535	53
Regne Unit	0,145487	0,169764	53
All	-0,152894	0,551961	1484

En negreta i ombrejat els països i sectors amb la variable $\overline{CO_2}/\overline{CO_2}$ amb mitjana 0 (interval de confiança del 5%)

Taula 51: descriptius de $\log(\overline{CO_2}/\overline{CO_2})$ per sectors

País	Agricultura			Energia			Indústria		
	Mitjana	Desviació Estàndard	Obs.	Mitjana	Desviació Estàndard	Obs.	Mitjana	Desviació Estàndard	Obs.
Àustria	-0,080	0,126	23	2,096	0,074	23	-0,608	0,089	23
Bèlgica	-0,145	0,048	13	2,404	0,070	23	-0,149	0,061	23
Bulgària	-0,365	0,217	23	1,867	0,101	23	-1,132	0,252	23
Croàcia	-0,467	0,103	21	1,483	0,125	23	-0,611	0,197	22
Xipre	-0,930	0,133	23	1,843	0,082	23	-0,286	0,163	22
Txèquia	-0,465	0,136	20	2,521	0,065	23	-0,939	0,081	23
Dinamarca	0,644	0,097	23	2,317	0,154	23	-0,838	0,116	23
Estònia	0,612	0,083	21	2,594	0,189	23	-1,645	0,343	22
Finlàndia	0,168	0,076	23	2,445	0,087	23	0,175	0,197	23
França	0,192	0,084	23	1,813	0,072	23	-0,682	0,225	23
Alemanya	-0,250	0,090	23	2,350	0,075	23	-0,612	0,147	23
Grècia	-0,226	0,097	23	2,063	0,086	23	-0,011	0,134	23
Hongria	-0,297	0,102	23	1,742	0,079	23	-0,917	0,148	23
Irlanda	1,633	0,107	23	2,272	0,107	23	-0,525	0,220	23
Itàlia	-0,531	0,091	23	2,009	0,063	23	-0,563	0,127	23
Letònia	0,235	0,149	21	1,385	0,215	23	-1,923	0,697	22
Lituània	0,321	0,128	21	1,503	0,257	23	-0,562	0,334	23
Luxemburg	0,141	0,075	13	3,089	0,150	23	0,007	0,137	22
Malta	-1,237	0,172	23	1,842	0,065	23	-1,839	1,111	20
Holanda	0,174	0,115	23	2,410	0,026	23	-0,359	0,431	23
Polònia	-0,153	0,082	23	2,151	0,065	23	-1,128	0,101	23
Portugal	-0,411	0,077	23	1,630	0,125	23	-0,690	0,157	23
Romania	-0,241	0,148	23	1,680	0,165	23	-0,969	0,096	23
Eslovàquia	-0,650	0,177	20	2,028	0,123	23	-0,649	0,178	23
Eslovènia	-0,322	0,075	21	2,029	0,071	23	-0,814	0,191	22
Espanya	-0,129	0,088	23	1,872	0,127	23	-0,503	0,242	23
Suècia	-0,221	0,098	23	1,788	0,139	23	-1,101	0,071	23
Regne Unit	-0,180	0,129	23	2,205	0,104	23	-1,025	0,297	23
All	-0,116	0,547	608	2,051	0,396	644	-0,740	0,576	635

En negreta i ombrejat els països i sectors amb la variable $\overline{CO_2}/\overline{CO_2}$ amb mitjana 0 (interval de confiança del 5%)

Taula 52: descriptius de $\log(\overline{CO_2}/\overline{CO_2})$ per subsectors

País	Electricitat/calor			Manufactures			Transport			Altres		
	Mitjana	Desviació Estàndard	Obs.	Mitjana	Desviació Estàndard	Obs.	Mitjana	Desviació Estàndard	Obs.	Mitjana	Desviació Estàndard	Obs.
Àustria	0,751	0,257	42	0,449	0,156	42	0,652	0,261	42	0,555	0,189	42
Bèlgica	1,132	0,163	42	1,150	0,176	42	0,665	0,230	42	1,082	0,134	42
Bulgària	1,351	0,173	42	0,145	0,298	42	-0,490	0,338	42	-0,092	1,104	42
Croàcia	0,401	0,399	42	0,050	0,254	42	-0,077	0,232	42	-0,568	0,305	42
Xipre	0,780	0,390	42	0,049	0,337	42	0,309	0,341	42	-1,385	0,421	42
Txèquia	1,742	0,165	42	1,353	0,538	42	-0,096	0,393	42	0,824	0,479	42
Dinamarca	1,578	0,258	42	0,153	0,279	42	0,712	0,151	42	0,694	0,501	42
Estònia	2,268	0,199	23	0,052	0,380	23	0,276	0,263	23	-0,555	0,357	23
Finlàndia	1,420	0,364	42	0,953	0,226	42	0,703	0,169	42	0,461	0,324	42
França	0,282	0,369	42	0,416	0,301	42	0,581	0,169	42	0,606	0,169	42
Alemanya	1,582	0,093	42	0,730	0,346	42	0,565	0,152	42	0,931	0,230	42
Grècia	1,081	0,419	42	-0,084	0,136	42	0,265	0,396	42	-0,215	0,237	42
Hongria	0,890	0,194	42	0,130	0,464	42	-0,183	0,215	42	0,489	0,145	42
Irlanda	1,077	0,228	42	0,334	0,221	42	0,529	0,386	42	0,841	0,107	42
Itàlia	0,830	0,199	42	0,333	0,198	42	0,445	0,277	42	0,319	0,046	42
Letònia	0,313	0,412	23	-0,628	0,174	23	0,105	0,256	23	-0,474	0,329	23
Lituània	0,614	0,260	23	-0,232	0,341	23	0,117	0,245	23	-0,707	0,534	23
Luxemburg	1,070	0,713	42	2,080	0,974	42	1,819	0,695	42	1,316	0,097	42
Malta	1,202	0,504	42	-3,279	0,707	13	0,012	0,364	42	-1,423	0,333	42
Holanda	1,337	0,133	42	0,951	0,157	42	0,557	0,148	42	0,989	0,164	42
Polònia	1,646	0,162	42	0,332	0,261	42	-0,261	0,237	42	0,535	0,252	42
Portugal	0,180	0,668	42	-0,176	0,205	42	0,033	0,466	42	-0,969	0,267	42
Romania	0,936	0,178	42	0,529	0,615	42	-0,895	0,389	42	-0,331	0,550	42
Eslovàquia	1,068	0,167	42	0,972	0,382	42	-0,147	0,248	42	0,569	0,343	42
Eslovènia	0,862	0,416	42	0,264	0,234	42	0,461	0,303	42	-0,016	0,277	42
Espanya	0,667	0,302	42	0,243	0,150	42	0,443	0,356	42	-0,507	0,187	42
Suècia	0,220	0,159	42	0,522	0,356	42	0,789	0,101	42	0,233	0,878	42
Regne Unit	1,394	0,110	42	0,381	0,385	42	0,588	0,151	42	0,673	0,127	42
All	1,022	0,573	1119	0,416	0,759	1090	0,310	0,593	1119	0,175	0,832	1119

En negreta i ombrejats els països i subsectors amb la variable $\overline{CO_2}/\overline{CO_2}$ amb mitjana 0 (interval de confiança del 5%)

9.3. Resultats dels tests d'arrels unitàries

Taula 53: Test d'arrels unitàries amb un canvi estructural per al conjunt de l'economia

		Perron			Dickey					
		Intercepte	Tendència	Mixt	Intercepte		Tendència		Mixt	
					Abrupte	Suau	Abrupte	Suau	Abrupte	Suau
Àustria	Any	1994	1988	1994	1989	1989	1993	1988	1994	1994
	t-valor	-4.08	-2.73	-3.76	-3.84	-3.70	-2.86	-2.74	-3.74	-3.87
Bèlgica	Any	1990	1985	1990	1981	1972	1986	1978	1982	1990
	t-valor	-3.83	-1.94	-3.85	-3.34	-2.70	-5.91***	-4.15*	-6.96***	-3.79
Bulgària	Any	1990	2004	1990	1989	1991	2010	2010	1990	1991
	t-valor	-5.74**	-3.45	-4.43	-4.75**	-4.46**	-3.69	-3.54	-4.44	-3.31
Croàcia	Any	1990	1985	1990	1973	1973	1984	1985	1990	1988
	t-valor	-3.40	-2.83	-3.87	-2.60	-2.62	-2.84	-2.83	-5.41**	-3.44
Xipre	Any	2003	2002	1999	1986	1975	2001	2001	2000	2000
	t-valor	-1.71	-4.03	-3.48	-2.61	-2.64	-5.54***	-5.87***	-5.41**	-5.76***
Txèquia	Any	1989	1983	1989	1989	1989	1982	2012	1989	1989
	t-valor	-4.39	-2.60	-3.64	-4.52**	-4.57**	-2.64	-2.63	-4.17	-4.31
Dinamarca	Any	1990	2002	1990	1996	1996	1999	2002	1990	1990
	t-valor	-3.64	-3.54	-4.66	-3.22	-3.35	-3.39	-3.54	-4.66	-4.76
Estònia	Any	1991	1980	1991	1990	1988	1976	1980	1991	1992
	t-valor	-6.87***	-1.95	-6.13	-3.50	-2.39	-2.06	-1.95	-6.13***	-5.97***
Finlàndia	Any	2003	1969	1968	2003	1984	1974	1969	2005	1972
	t-valor	-2.82	-3.54	-3.44	-3.90	-3.07	-2.81	-3.54	-3.76	-3.32
França	Any	1980	1989	1980	1980	1980	1997	1996	1984	1980
	t-valor	3.12	-2.21	-3.19	-3.91	-3.40	-4.13	-2.56	-4.98*	-3.22
Alemanya	Any	1969	1970	1969	1985	1985	2008	1972	1978	2002
	t-valor	-1.40	-1.90	-1.95	-2.48	-2.46	-2.06	-3.65	-3.43	-2.14
Grècia	Any	1971	1998	1996	2011	1972	1993	1992	1991	1986
	t-valor	-1.92	-3.42	-2.30	-3.70	-2.16	-2.45	-2.73	-2.52	-2.74
Hongria	Any	1973	1984	1973	1987	1987	1983	1984	1989	1973
	t-valor	-3.43	-2.27	-3.75	-2.93	-2.98	-4.27*	-2.67	-4.93*	-3.73
Irlanda	Any	1990	2004	1997	1989	1989	2005	2012	1997	1997
	t-valor	-2.46	-2.49	-3.61	-2.97	-2.98	-2.58	-2.58	-3.61	-3.71
Itàlia	Any	2004	2004	1996	1986	1987	2001	2005	1996	1986
	t-valor	-4.47	-4.43	-4.89	-6.80***	-5.62***	-4.72**	-4.43**	-4.89	-4.78
Letònia	Any	1991	1981	1991	1990	1987	1988	1981	1991	1987
	t-valor	-5.38**	-2.17	-4.36	-3.98	-3.92	-4.82**	-2.20	-4.50	-5.19**
Lituània	Any	1991	1980	1991	1991	1983	1976	1983	1990	1983
	t-valor	-9.91***	-2.21	-8.15***	-5.17	-3.16	-2.23	-3.34	-3.26	-3.31
Luxemburg	Any	1970	1995	1974	1974	1974	1987	1993	1986	1977
	t-valor	-3.11	-2.50	-2.96	-3.81	-3.78	-3.58	-3.83	-3.52	-3.63
Malta	Any	1999	1995	1985	1980	1981	1994	1996	1985	1985
	t-valor	-3.70	-4.42	-6.37***	-3.48	-3.75	-4.45*	-2.96	-6.37***	-6.37***
Holanda	Any	1981	1989	1981	1990	1990	1987	1989	1990	1990
	t-valor	-4.68	3.98	-4.61	-4.67**	-4.74**	-3.85	-3.98	-4.60	-4.73
Polònia	Any	1989	1981	1989	1987	1994	1978	1981	1988	1973
	t-valor	-3.43	-2.39	-3.11	-3.23	-2.56	-2.46	-2.42	-3.03	-2.5
Portugal	Any	2002	2002	1988	1985	1986	2000	2002	1988	1988
	t-valor	-2.75	-2.74	-3.87	-2.89	-2.79	-3.06	-2.74	-3.87	-3.82
Romania	Any	1989	1980	1989	1989	1987	1979	1981	1989	1988
	t-valor	-4.23	-2.79	-3.85	-3.44	-3.13	-2.99	-2.81	-3.85	-3.86
Eslovàquia	Any	1977	1987	1977	1990	1990	1983	1987	1977	1977
	t-valor	-3.96	-2.60	-3.90	-3.65	-3.66	-2.78	-2.60	-3.90	-4.00
Eslovènia	Any	1980	2000	1980	1980	1980	1999	2000	1980	1980
	t-valor	-4.79	-3.26	-4.68	-3.53	-3.56	-3.20	-3.26	-4.68	-4.83
Espanya	Any	2004	2004	1998	1988	1988	2005	2011	1998	1988
	t-valor	-2.04	-2.47	-2.68	-2.87	-2.78	-2.56	-2.94	-2.68	-5.61**
Suècia	Any	1991	1987	1991	1977	1977	1985	1987	1994	1991
	t-valor	-2.96	-2.20	-2.89	-2.67	-2.72	-2.24	-2.20	-3.09	-2.88
UK	Any	1990	1976	1970	2001	2001	2009	1977	1977	1975
	t-valor	-3.44	-3.12	-3.27	-5.21***	-3.67	-2.89	-3.04	-2.91	-3.23

*** significatiu al 1%; ** significatiu al 5%; * significatiu al 10%

Taula 54: Resultats dels test d'arrels unitàries amb més d'un canvi estructural per al conjunt de l'economia (Carrion et al, 2009)

País	m	M2							M3						
		PT	MPT	ADF	ZA	MZA	MSB	MZT	PT	MPT	ADF	ZA	MZA	MSB	MZT
Àustria	2	20.3*	20.5*	-2.6	-13.1	-11.4	0.2*	-2.3	16.1*	16.1*	-3.2	-17.9	-14.8	0.18	-2.7
Bèlgica	2	30.8*	31.5*	-2.0	-7.6	-7.0	0.27*	-1.9	20.0*	19.1*	2.8	-14.2	-12.2	0.20*	-2.4
Bulgària	2	32.1*	32.3*	-1.8	-7.3	-6.8	0.25*	-1.7	16.7*	16.2*	-3.2	-17.7	-14.7	0.18*	-2.6
Croàcia	2	17.8*	18.3*	-2.9	-14.8	-12.7	0.19*	-2.5	16.3*	16.7*	-3.0	-17.6	-14.6	0.17*	-2.5
Xipre	1	18.3*	18.2*	-2.0	-10.2	-9.1	0.20*	-1.8	18.3*	18.07*	-2.02	-10.4	-9.2	0.20*	-1.8
Txèquia	2	21.5*	22.1*	-2.5	-11.9	-10.6	0.21*	-2.2	17.0*	14.6*	-3.6	-20.8	-16.3	0.17*	-2.8
Dinamarca	2	15.7*	12.0*	-3.8	-21.2	15.6	0.18*	-2.8	18.4*	14.2*	-3.4	-17.4	-13.2	0.19*	-2.6
Estònia	1	22.5*	23.0*	-1.77	-6.7	-6.3	0.26*	-1.7	11.7	10.4	-3.2	-17.9	-17.8	0.18*	-2.7
Finlàndia	2	11.0*	11.2*	-3.5	-19.8	-16.0	0.18-	-2.8	8.2*	7.7*	-5.3*	-36.2*	-23.4	0.15*	-3.4
França	3	17.4*	17.8*	-3.4	-20.0	-16.1	0.17*	-2.8	12.0*	12.0*	-5.9*	-42.7*	-25.1	0.13*	-3.4
Alemanya	1	20.09	18.8*	-1.9	-6.5	-5.8	0.29*	-1.7	20.2*	19.0*	-1.9	-6.4	-5.7	0.29*	-1.7
Grècia	2	17.6*	17.8*	-2.9	-15.7	-13.2	0.18*	-2.4	13.9*	14.0*	-3.5	-20.7	-16.6	0.17*	-2.8
Hongria	2	30.3*	30.4*	-2.1	-8.2	-7.6	0.26*	-1.9	19.1*	17.5*	-3.0	-15.5	-13.4	0.19*	-2.6
Irlanda	2	9.4*	9.2*	-6.1*	-43.2*	-24.8	0.14*	-3.5	20.4*	17.6*	-2.96	-15.2	-12.9	0.20*	-2.5
Itàlia	3	33.7*	32.0*	-2.4	-10.3	-9.3	0.23*	-2.1	15.4*	14.9*	-4.3*	-27.07	-19.9	0.16*	-3.2
Letònia	3	15.9*	15.5*	-3.1	-16.2	-13.4	0.19*	-2.6	15.8*	14.8*	-3.2	-17.2	-14.0	0.19*	-2.6
Lituània	1	28.3*	29.0	-1.4	-4.8	-4.6	0.29*	-1.33	17.5*	16.9*	-2.1	-9.8	-8.8	-0.22*	-1.9
Luxemburg	2	22.5*	22.9*	-2.5	-11.4	-10.2	0.22*	-2.3	18.3*	17.4*	-3.0	-15.9	-13.5	0.19*	-2.6
Malta	2	25.8*	25.4*	-2.4	-20.1	-8.4	0.23*	-2.0	22.8*	22.2*	-2.8	-25.5	-9.6	0.23*	-2.2
Holanda	2	19.0*	18.0*	-2.8	-18.0	-12.3	0.20*	-2.5	18.9*	18.0*	-2.7	-15.4	-12.3	0.20*	-2.5
Polònia	2	18.8*	19.1*	-2.6	-11.9	-10.4	0.22*	-2.3	16.4*	15.8*	-2.98	-14.9	-12.5	0.20*	-2.5
Portugal	2	13.6*	13.9*	-3.2	-17.4	-14.5	0.18*	-2.7	12.5*	11.7*	-3.66*	-21.4	-17.0	0.17*	-2.9
Romania	2	21.1*	21.2*	-2.2	-9.6	-9.5	0.23*	-2.2	18.9*	17.0*	-2.9	-14.2	-11.9	0.21*	-2.4
Eslovàquia	2	10.7*	10.7*	-4.0*	-25.0*	-18.8	0.16*	-3.0	12.6*	12.4*	-3.1	-22.7	-16.2	0.17*	-2.8
Eslovènia	2	16.8*	15.0*	-3.2	-17.4	-14.5	0.18*	-2.6	17.0*	15.3*	-3.1	-17.0	-14.1	0.19*	-2.6
Espanya	3	26.6*	26.3*	-2.7	-13.2	-11.5	0.21*	-2.4	15.1*	14.5*	-4.6*	-29.8	-21.0	0.15*	-3.2
Suècia	2	28.2*	28.8*	-2.1	-8.5	-7.8	0.25*	-1.9	18.4*	17.2*	-3.0	-15.4	-13.1	0.20*	-2.6
Regne Unit	3	17.1*	17.5*	-3.7	-33.7*	-16.2	0.16*	-2.7	22.8*	22.0*	-2.7	-18.7	-12.2	0.21*	2.5

* significatiu al 5%

Taula 55: Dates dels canvis estructurals: sector agrícola

País	Any	País	Any	País	Any	País	Any
Austria	2003	Estonia	1996 -2005	Italy	-	Portugal	1994 2004
Belgium	-	Finland	2004	Latvia	2006	Romania	1994 2003
Bulgaria	1994 2001	France	1994 2007	Lithuania	1996 2007	Slovakia	1998 2004
Croatia	1996	Germany	-	Luxembourg	-	Slovenia	1999
Cyprus	2005	Greece	-	Malta	2007	Spain	1995 2007
Czech Republic	2001	Hungary	-	Netherlands	1996 2001 2007	Sweden	1994 2007
Denmark	-	Ireland	1994 2006	Poland	2005	U. Kingdom	1994 2000

Taula 56: Resultats test arrels unitaris amb un canvi estructural del sector agrícola

Sector agrícola		Test Dickey-Fuller amb 1 canvi estructural					
		Intercepte		Tendència		Mixt	
		Abrupte	Suau	Abrupte	Suau	Abrupte	Suau
Àustria	Any	2003	2005	2003	2003	2003	2005
	t-valor	-11.43***	-6.35***	-4.27*	-4.57**	-9.82***	-6.24***
Bèlgica	Any	2011	2009	2006	2004	2010	2004
	t-valor	-3.01	-3.16	-3.40	-5.49***	-1.65	-6.18***
Bulgària	Any	2011	2008	1999	1995	2010	1997
	t-valor	-4.69**	-3.43***	-4.35*	-4.50**	-4.69	-3.63
Croàcia	Any	1997	1997	1998	1997	1999	2000
	t-valor	-4.10	-3.40*	-5.39***	-3.72	-3.94	-4.45
Xipre	Any	2007	2003	2004	1999	2000	1999
	t-valor	-4.36*	-6.96***	-4.45*	-4.77**	-3.86	-5.11*
Txèquia	Any	2001	2003	2007	2004	2001	2001
	t-valor	-4.47**	-2.68	-3.97	-4.19*	-6.69***	-4.83
Dinamarca	Any	2001	2002	1998	1996	1998	1997
	t-valor	-6.72***	-5.80***	-4.99**	-5.387***	-5.40**	-6.19***
Estònia	Any	2005	2005	2002	1997	2001	2001
	t-valor	-3.17	-3.17	-5.29***	-3.50	-5.36**	-4.50
Finlàndia	Any	2004	2005	2004	2002	2007	2005
	t-valor	-4.01	-5.51***	-6.30***	-5.76***	-7.29	-6.94***
França	Any	2010	1997	2000	1999	2002	1996
	t-valor	-2.26	-3.12	-3.71	-4.97***	-4.49	-5.04*
Alemanya	Any	1998	2006	2012	1992	2003	1997
	t-valor	-4.01	-4.10	-4.19	-4.84**	-4.10	-5.37**
Grècia	Any	2009	2008	2010	1992	2006	2006
	t-valor	-4.09	-5.38***	-3.72	-4.01	-5.83***	-4.77
Hongria	Any	1998	1998	2009	1992	2007	2000
	t-valor	-4.37*	-4.37*	-3.99	-4.65	-8.91***	-4.21
Irlanda	Any	2006	2006	2000	2001	1999	2000
	t-valor	-2.73	-2.73	-3.74	-3.86	-3.42	-3.88
Itàlia	Any	2000	2000	2001	2000	2003	2008
	t-valor	-4.66**	-4.84**	-5.22***	-5.39***	-5.29**	-5.18**
Letònia	Any	2005	2006	2009	2000	2005	2000
	t-valor	-3.95	-4.38*	-4.92	-8.68***	-6.17***	-21.76***
Lituània	Any	2008	2008	2003	2005	2001	2003
	t-valor	-4.72**	-4.62**	-4.64**	-4.61**	-5.37**	-5.99***
Luxemburg	Any	2005	2006	2007	2003	2007	2006
	t-valor	-26.95***	-4.88**	-20.12***	-6.08***	-15.45***	-7.74***
Malta	Any	2009	2008	1999	2010	2004	2005
	t-valor	-4.11	-3.80	-4.08	-4.11*	-5.34**	-5.07*
Holanda	Any	1999	2000	2006	2003	2002	2000
	t-valor	-3.05	-2.58	-5.73***	-2.81	-5.68**	-3.56
Polònia	Any	2004	2005	2005	2000	2005	2004
	t-valor	-4.08	-4.29	-4.70**	-3.88	-4.60	-5.83***
Portugal	Any	2002	2000	2001	2001	2001	2000
	t-valor	-2.27	-3.44	-3.74	-4.72**	-4.82	-4.93*
Romania	Any	2004	2004	2011	1994	2003	2004
	t-valor	-6.32***	-5.18***	-4.81**	-3.54	-4.42	-3.49
Eslovàquia	Any	2004	2003	2001	2001	2003	1999
	t-valor	-2.88	-2.51	-4.54**	-4.00	-3.91	-4.17
Eslovènia	Any	2000	2001	2007	2002	2000	1999
	t-valor	-4.72**	-4.90**	-3.95	-4.69**	-4.46	-4.68
Espanya	Any	2007	2007	2003	2002	2002	2002
	t-valor	-4.74**	-2.54	-4.42*	-4.69**	-7.87***	-4.84
Suècia	Any	2008	2005	2012	1997	2008	1996
	t-valor	-2.78	-2.20	-6.13***	-4.93***	-5.78***	-4.86
United Kingdom	Any	2006	2004	1998	1997	2000	1996
	t-valor	-1.95	-2.09	-6.28***	-5.56***	-7.03***	-5.39**

Taula 57: Resultats test arrels unitaris amb més d'un canvi estructural del sector agrícola

País	m	M0/M2							M1/M3						
		PT	MPT	ADF	ZA	MZA	MSB	MZT	PT	MPT	ADF	ZA	MZA	MSB	MZT
Àustria	1	13.0*	13.7*	-4.5*	-21.2*	-11.0	0.21*	-2.3	12.6*	13.7*	-4.3*	-20.0*	-10.9	0.21*	-2.3
Bèlgica	0	255.5*	245.3*	-0.1	-3.7	1.2	1.9*	-2.3	35.7*	44.7*	-6.5*	-13.9	-1.4	0.5*	-0.7
Bulgària	2	17.43*	18.9*	-3.3	-14.2	-9.4	0.23*	-2.2	18.0*	19.5*	-4.0*	-24.7*	-12.1	0.20*	-2.42
Croàcia	1	15.6*	16.6*	-3.8*	-16.9	-10.1	0.22*	-2.2	20.2*	20.4*	-2.7	-10.8	-8.1	0.24*	-2.0
Xipre	1	17.4*	19.0*	-2.7	-11.1	-8.3	0.24*	-2.0	17.4*	19.0*	-2.7	-11.1	-8.3	0.24*	-2.0
Txèquia	1	16.4*	18.2*	-4.2*	-17.8	-8.9	0.24*	-2.1	17.9*	19.4*	-3.4*	-14.4	-8.4	0.24*	-2.0
Dinamarca	0	2.9*	3.1*	-2.6*	-17.7*	-8.2	0.24*	-2.0	9.5*	10.2*	-2.8	-19.7	-9.0	0.23	-2.1
Estònia	2	23.6*	26.2*	-3.73*	-15.7	-8.6	0.23*	-2.1	23.5*	27.0*	-5.1*	-21.3	-8.7	0.24	-2.1
Finlàndia	1	13.4*	13.6*	-3.5*	-16.6	-10.3	0.21*	-2.2	71.1*	76.3*	-1.3	-13.4	-1.1	0.50*	-0.55
França	2	17.8*	19.1*	-4.6*	-22.1*	-10.3	0.21*	-2.2	17.9*	19.1*	-4.8*	-22.7*	-10.3	0.21*	-2.2
Alemanya	0	95.8*	62.0*	-2.75*	-3.3	-0.35	1.1*	-0.39	143.7*	123.1*	-2.6*	-7.4	-0.51	0.81*	-0.42
Grècia	0	2.7*	2.5*	-3.7*	-16.9*	-10.1	0.22*	-2.24	8.2*	8.8*	-3.9*	-17.7*	-10.4	0.22*	-2.3
Hongria	0	6.0*	3.8*	-2.3	-9.2	-6.5	0.28*	-1.8	53.3*	46.3*	-1.75	-7.44*	-2.0	0.50*	-0.99
Irlanda	2	20.2*	21.9*	-4.8*	-23.2	-10.7	0.21*	-2.2	19.3*	20.9*	-4.7*	22.8	-10.7	0.20*	-2.2
Itàlia	0	2.2*	2.4*	-2.9*	-18.6*	-10.7	0.21*	-2.3	7.5*	8.1*	-3.0*	-19.8*	-11.4	0.21*	-2.4
Letònia	1	25.7*	28.0*	-1.8	-5.8	-4.9	0.3*	-1.5	22.3*	24.0*	-2.1	-7.4	-5.8	0.28*	-1.6
Lituània	2	26.0*	29.0*	-6.1*	-24.0*	-7.7	0.25*	-2.0	26.7*	30.0*	-6.8*	-25.8*	-7.3	0.26*	-1.9
Luxemburg	0	8.5*	7.8*	-6.2*	-15.6*	-3.1	0.4*	-1.2	8.5*	7.8*	-6.2*	-15.6*	-3.1	0.40*	-1.2
Malta	1	13.6*	14.2*	-3.4*	-15.1	-9.2	0.23*	-2.1	15.7*	15.7*	-4.6*	-20.5	-9.1	0.22*	-2.0
Holanda	3	24.0*	26.2*	-5.0*	-23.5	-10.4	0.21*	-2.23	26.1*	28.7*	-3.6	-28.3	-10.1	0.22*	-2.2
Polònia	1	18.4*	20.0*	-2.1	-8.4	-6.7	0.25*	1.7	18.6*	20.1*	-2.1	-8.3	-6.7	0.25	-1.7
Portugal	2	15.2*	16.6*	-4.7*	-22.0	-10.9	0.21*	-2.3	25.8*	27.9*	-8.0*	-31.8*	-8.2	0.24*	2.0
Romania	2	33.4*	35.9*	-1.0	-4.4	-4.0	0.23*	-0.93	21.7*	22.7*	-2.8	-14.3	-9.6	0.20*	-1.9
Eslovàquia	2	19.3*	21.5*	-4.1*	-17.6	-9.0	0.23*	2.1	22.7*	25.5*	-3.9*	-17.3	-8.9	0.23*	-2.0
Eslovènia	1	11.6*	12.8*	-3.5*	-15.11*	-9.1	0.23*	-2.1	17.3*	18.9*	-5.1*	-22.4*	-8.8	0.23*	-2.0
Espanya	2	20.5*	22.3*	-6.1*	-27.4*	-10.1	0.22*	-2.2	20.7*	22.5*	-6.2*	-27.6*	-9.9	0.22*	-2.2
Suècia	2	44.1*	47.4*	-1.9	-14.8	-1.7	0.33*	-0.54	16.9*	17.6*	-4.5	-22.0	-11.0	0.20*	-2.25
Regne Unit	2	15.8*	17.1*	-4.4*	-20.2	-10.7	0.22*	-2.3	16.3*	17.6*	-3.99*	-18.2	-10.4	0.22*	-2.3

Taula 58: Dates dels canvis estructurals: sector energètic

País	Any	País	Any	País	Any	País	Any
Austria	1994 2000	Estonia	1994 2006	Italy	1994 1999 2007	Portugal	1997
Belgium	1994 2003	Finland	1994	Latvia	1994 2006	Romania	1997
Bulgaria	1998 2006	France	1997 2002	Lithuania	1994	Slovakia	1994 2002
Croatia	1995 2000 2007	Germany	2002 2007	Luxembourg	1994 2001	Slovenia	1994 2007
Cyprus	1996	Greece	1994 1999	Malta	-	Spain	1994 1999 2007
Czech Republic	-	Hungary	2006	Netherlands	1994 2007	Sweden	1994 1999 2004
Denmark	2003	Ireland	1996 2007	Poland	1999 2007	U. Kingdom	2002 2007

Taula 59: Resultats test arrels unitaris amb un canvi estructural del sector energètic

Sector energètic		Test Dickey-Fuller amb 1 canvi estructural					
		Intercepte		Tendència		Mixt	
		Abrupte	Suau	Abrupte	Suau	Abrupte	Suau
Àustria	Any	2010	2008	2004	2004	2004	2006
	t-valor	-2.33	-2.21	-3.71	-5.06***	-7.17***	-4.05
Bèlgica	Any	2003	2003	1999	1996	2000	2001
	t-valor	-3.46	-3.40	-2.75	-3.56	-2.28	-3.20
Bulgària	Any	2006	2006	2002	2003	1998	1999
	t-valor	-4.92**	-5.02***	-5.49***	-5.97***	-7.80***	-6.85***
Croàcia	Any	2008	1999	2005	2008	2003	2003
	t-valor	-3.32	-3.67	-4.21	-4.01	-4.07	-4.60
Xipre	Any	2009	1997	2010	1997	2009	2008
	t-valor	-4.82**	-4.30*	-4.52*	-4.96***	-4.35	-3.46
Txèquia	Any	2001	2001	1998	1996	1999	2002
	t-valor	-4.94**	-5.15***	-5.56***	-6.05***	-6.40***	-5.90***
Dinamarca	Any	1999	2003	211	1996	1998	1998
	t-valor	-2.89	-3.06	-3.93	-4.87**	-4.87	-5.67**
Estònia	Any	2008	2008	2004	1999	2002	1996
	t-valor	-3.62	-3.62	-5.41***	-4.68**	-5.53**	-3.76
Finlàndia	Any	2000	1996	1999	2003	2004	2000
	t-valor	-3.15	-3.46	-5.01**	-4.54**	-4.44	-4.54
França	Any	2004	2005	2000	2000	2002	2001
	t-valor	-3.22	-3.33	-3.15	-4.05	-5.15*	-4.77
Alemanya	Any	2002	1998	2011	2005	2010	2002
	t-valor	-5.35***	-5.88***	-3.49	-4.70**	-2.96	-6.14***
Grècia	Any	1997	1997	2005	2004	2005	1999
	t-valor	-3.35	-3.41	-4.72**	-5.19***	-4.28	-4.67
Hongria	Any	2009	2006	2000	2000	1998	1998
	t-valor	-2.35	-2.57	-5.14***	-4.79**	-4.79	-5.13*
Irlanda	Any	2008	2004	2002	2002	2003	1999
	t-valor	-2.67	-2.59	5.18***	-4.31*	-4.41	-4.58
Itàlia	Any	2007	2008	2001	2001	2001	2001
	t-valor	-3.34	-2.48	-4.78**	-4.96***	-4.77	-5.23**
Letònia	Any	2006	2007	2011	1999	2001	1998
	t-valor	-4.77**	-3.84	-3.23	-3.88	-3.24	-3.06
Lituània	Any	2006	1999	2005	2000	2001	1997
	t-valor	-3.12	-4.31*	-8.04***	-5.53***	-9.12***	-4.41
Luxemburg	Any	2003	2002	2012	1996	2008	2004
	t-valor	-8.32***	-4.22*	-5.39	-3.11	-4.70	-4.87
Malta	Any	2005	1998	2003	1994	2004	1996
	t-valor	-3.81	-4.50**	-11.53***	-5.30***	-11.81***	-5.57**
Holanda	Any	2007	2005	2008	2008	2005	2002
	t-valor	-5.93***	-4.10	-6.25***	-3.34	-6.40***	-2.88
Polònia	Any	1997	2004	2008	2004	2009	2005
	t-valor	-4.96**	-4.65**	-5.21***	-4.92***	-5.57**	-5.25**
Portugal	Any	1997	1997	2002	2001	1998	1998
	t-valor	-2.91	-3.02	-5.67***	-5.30***	-5.95***	-6.27***
Romania	Any	1997	1997	2003	2001	2004	2003
	t-valor	-5.66***	-5.22***	-5.72***	-4.97***	-7.11***	-7.32***
Eslovàquia	Any	2002	1999	2007	2007	2003	2008
	t-valor	-6.46***	-5.42***	-6.91***	-6.33***	-7.38***	-6.12***
Eslovènia	Any	2004	2001	1998	1997	1999	1999
	t-valor	-1.87	-3.89	-4.85**	-4.75**	-5.58**	-5.57**
Espanya	Any	1997	1996	2005	2004	2004	2003
	t-valor	-2.71	-2.91	-4.42*	-6.31***	-4.33	-4.38
Suècia	Any	2005	2004	2011	1996	2000	1997
	t-valor	-3.46	-3.20	-2.65	-3.28	-5.23**	-3.11
United Kingdom	Any	2006	2006	2001	2001	2003	1999
	t-valor	-2.78	-2.84	-4.32*	-4.54**	-4.22	-4.55

Taula 60: Resultats test arrels unitaris amb més d'un canvi estructural del sector energètic

País	m	M0/2						M2/3							
		PT	MPT	ADF	ZA	MZA	MSB	MZT	PT	MPT	ADF	ZA	MZA	MSB	MZT
Àustria	2	15,29*	16,37*	-3,85*	-17,24	-9,88	0,22*	-2,21	30,76*	33,07*	-4,05*	-27,81*	-6,88	0,27*	-1,85
Bèlgica	2	20,55*	22,24*	-5,75*	-26,03*	-9,82	0,22*	-2,17	21,59*	22,98*	-5,81*	-25,49*	-9,52	0,23*	-2,17
Bulgària	2	20,28*	21,89*	-4,80*	-21,82	-10,29	0,22*	-2,26	22,22*	23,79*	-6,98*	-29,64*	-9,01	0,24*	-2,12
Croàcia	3	25,77*	28,27*	-6,08*	-27,61*	-10,28	0,22*	-2,26	25,88*	28,33*	-6,33*	-28,41*	-10,06	0,22*	-2,24
Xipre	1	16,79*	18,09*	-2,36	-10,91	-8,14	0,22*	-1,77	16,86*	18,05*	-2,11	-9,50	-7,45	0,22*	-1,66
Txèquia	0	10,52*	9,07*	-1,29	-11,90	-2,67	0,42*	-1,13	7,94*	8,47*	-4,73*	-21,98*	-10,78	0,22*	-2,32
Dinamarca	1	32,68*	34,00*	-1,93	-14,19	-4,60	0,31*	-1,43	15,11*	16,05*	-4,71*	-22,90*	-10,52	0,21*	-2,16
Estònia	2	22,91*	24,94*	-6,81*	-29,78*	-9,24	0,23*	-2,11	17,91*	19,24*	-4,68*	-21,85	-10,89	0,21*	-2,33
Finlàndia	1	13,23*	14,15*	-4,55*	-21,25*	-10,73	0,21*	-2,30	13,16*	14,12*	-4,70*	-22,22*	-10,81	0,21*	-2,28
França	2	20,22*	21,89*	-4,75*	-22,00	-10,26	0,22*	-2,21	32,02*	34,40*	-1,84	-13,41	-4,81	0,25*	-1,22
Alemanya	2	18,63*	20,17*	-4,41*	-22,11	-10,92	0,20*	-2,18	18,75*	20,25*	-4,42*	-22,50	-10,89	0,20*	-2,14
Grècia	2	16,84*	18,33*	-5,49*	-25,52*	-10,68	0,22*	-2,30	20,88*	22,21*	-3,67*	-23,81	-8,94	0,24*	-2,10
Hongria	1	19,03*	19,15*	-4,59*	-19,93*	-8,45	0,23*	-1,95	16,79*	17,21*	-5,07*	-23,31*	-9,51	0,22*	-2,07
Irlanda	2	17,54*	19,03*	-4,07*	-20,07	-10,84	0,20*	-2,20	18,60*	19,99*	-4,87*	-23,78*	-10,84	0,20*	-2,22
Itàlia	3	23,19*	25,33*	-5,78*	-26,73	-10,48	0,22*	-2,27	26,35*	29,12*	-5,93*	-28,07*	-10,16	0,21*	-2,15
Letònia	2	20,53*	22,30*	-3,99*	-18,58	-10,33	0,21*	-2,22	19,55*	21,18*	-4,29*	-20,51	-10,61	0,21*	-2,22
Lituània	1	15,96*	17,08*	-3,09	-13,75	-9,24	0,22*	-2,08	15,96*	17,08*	-3,09	-13,75	-9,24	0,22*	-2,08
Luxemburg	2	32,19*	34,44*	-3,68*	-13,50	-6,63	0,27*	-1,81	23,17*	24,61*	-3,33	-14,60	-9,53	0,23*	-2,17
Malta	0	75,80*	58,18*	0,03	-6,24	0,61	0,95*	0,58	84,43*	89,42*	-2,06	-9,42	-0,90	0,69*	-0,63
Holanda	2	22,31*	24,23*	-3,49	-15,20	-9,28	0,23*	-2,13	19,00*	20,36*	-4,61*	-21,13	-10,53	0,22*	-2,29
Polònia	2	23,15*	25,22*	-6,96*	-30,32*	-9,41	0,23*	-2,16	21,68*	23,40*	-6,25*	-28,13*	-10,10	0,22*	-2,24
Portugal	1	13,98*	15,22*	-5,66*	-26,01*	-10,53	0,22*	-2,29	15,51*	16,73*	-6,25*	-27,89*	-9,91	0,22*	-2,22
Romania	1	16,35*	17,40*	-3,44*	-14,83	-9,20	0,23*	-2,14	17,65*	18,36*	-3,81*	-16,24	-9,03	0,23*	-2,12
Eslovàquia	2	25,07*	27,20*	-3,35	-21,58	-7,66	0,25*	-1,93	21,86*	23,61*	-4,60*	-31,64*	-9,52	0,23*	-2,16
Eslovènia	2	26,89*	28,86*	-6,16*	-25,11*	-8,09	0,25*	-1,99	25,04*	26,31*	-6,23*	-25,56*	-8,30	0,24*	-2,02
Espanya	3	26,17*	28,63*	-5,70*	-27,09*	-9,94	0,21*	-2,09	26,37*	28,91*	-6,05*	-28,49*	-9,95	0,21*	-2,12
Suècia	3	23,31*	25,39*	-5,14*	-24,87*	-10,72	0,21*	-2,21	22,80*	24,95*	-5,37*	-24,91	-10,77	0,22*	-2,32
Regne Unit	2	19,89	21,34*	-4,70*	-27,00*	-10,43	0,17*	-1,82	21,57*	23,55*	-7,41*	-31,44*	-8,94	0,24*	-2,11

Taula 61: Dates dels canvis estructurals: sector industrial

País	Any	País	Any	País	Any	País	Any
Austria	1994 2001 2007	Estonia	2003	Italy	1998 2007	Portugal	-
Belgium	-	Finland	1998 2003	Latvia	2001 2006	Romania	1998 2006
Bulgaria	1996 2004	France	1997 2002	Lithuania	1999	Slovakia	1997 2007
Croatia	1996 2001 2007	Germany	1998 2007	Luxembourg	1998 2006	Slovenia	1998
Cyprus	1996	Greece	1994 2004	Malta	1996 2001	Spain	1996 2007
Czech Republic	1998 2006	Hungary	1994 1999 2006	Netherlands	2001 2006	Sweden	1994 1999 2007
Denmark	1994 2002	Ireland	1996 2007	Poland	1994 2007	U. Kingdom	1994 1999 2004

Taula 62: Resultats test arrels unitaris amb un canvi estructural del sector industrial

Sector industrial		Test Dickey-Fuller amb 1 canvi estructural					
		Intercepte		Tendència		Mixt	
		Abrupte	Suau	Abrupte	Suau	Abrupte	Suau
Àustria	Any	2008	1996	2006	2005	2006	2005
	t-valor	-3.92	-1.37	-5.23***	-1.01	-5.95***	-4.65
Bèlgica	Any	2008	2004	2009	2009	2007	2002
	t-valor	-5.06***	-3.60	-5.30***	-3.66	-5.39	-3.91
Bulgària	Any	2004	2004	2003	2002	2004	2004
	t-valor	-4.39*	-4.35*	-3.63	-3.09	-3.83	-4.03
Croàcia	Any	1997	1999	2001	1999	2000	1997
	t-valor	-2.33	-3.11	-5.20***	-3.59	-3.73	-3.63
Xipre	Any	1997	1997	2009	2008	1999	1999
	t-valor	-3.68	-3.86	-2.46	-2.50	-2.52	-3.20
Txèquia	Any	2010	2006	2003	2005	2000	2001
	t-valor	-2.76	-2.37	-4.09	-3.93	-6.92***	-5.67**
Dinamarca	Any	2002	2001	2012	2012	2009	2001
	t-valor	-4.03	-3.84	-3.18	-3.07	-3.01	-3.36
Estònia	Any	2003	2000	1999	2010	1999	2003
	t-valor	-3.27	-2.67	-3.33	-2.32	-2.72	-2.73
Finlàndia	Any	2000	2002	2008	1995	1998	2001
	t-valor	-2.99	-3.03	-6.56***	-3.19	-2.85	-4.76
França	Any	1997	1996	2000	2009	2006	2002
	t-valor	-4.32*	-2.47	-2.99	-4.26*	-6.21***	-5.64**
Alemanya	Any	1997	2004	2003	2005	2003	2004
	t-valor	-2.48	-3.25	-4.90**	-3.93	-4.71	-3.68
Grècia	Any	2010	2008	1998	1998	1998	1997
	t-valor	-2.49	-2.56	-4.82**	-4.42**	-4.07	-4.60
Hongria	Any	2002	2001	2002	2001	2006	2003
	t-valor	-6.91***	-7.47***	-5.88***	-5.73***	-6.78***	-5.30**
Irlanda	Any	1998	2001	2005	2004	2003	2004
	t-valor	-2.72	-3.56	-5.61***	-4.35*	-5.74***	-5.09*
Itàlia	Any	2006	303	2004	1998	2001	2008
	t-valor	-3.40	-4.25*	-3.09	-4.13*	-3.02	-3.60
Letònia	Any	2002	2001	2001	1999	1998	2001
	t-valor	-1.19	-2.17	-6.94***	-6.10***	-9.09***	-5.43**
Lituània	Any	2000	1999	2006	2009	2006	2000
	t-valor	-3.69	-3.93	-6.31***	-3.91	-5.73***	-4.07
Luxemburg	Any	2006	2006	2007	2005	2005	2001
	t-valor	-4.47**	-4.30*	-10.06***	-4.78**	-7.81***	-5.27**
Malta	Any	2008	2007	2002	2002	2003	2001
	t-valor	-12.48***	-1.47	-4.00	-4.75**	-4.19	-10.25***
Holanda	Any	2003	2002	2010	1998	2000	1998
	t-valor	-3.66	-3.53	-3.88	-6.30***	-4.38	-5.76***
Polònia	Any	2011	2007	2011	2012	2000	1999
	t-valor	-2.42	-2.14	-2.35	-2.37	-4.06	-4.03
Portugal	Any	2004	1996	2002	2011	2000	2002
	t-valor	-4.01	-3.21	-4.30*	-3.51	-3.47	-4.04
Romania	Any	2005	2007	2005	2004	2003	2002
	t-valor	-1.78	-1.96	-4.91**	-3.75	-5.15*	-4.27
Eslovàquia	Any	2008	2007	2006	2006	2004	2007
	t-valor	-4.09	-4.03	-4.49*	-4.71**	-4.31	-4.66
Eslovènia	Any	1998	1998	2010	2004	2002	2003
	t-valor	-3.84	-3.14	-5.09***	-3.30	-7.49***	-4.65
Espanya	Any	2007	2005	2002	2004	2004	2003
	t-valor	-2.51	-2.92	-2.28	-4.06	-3.21	-3.87
Suècia	Any	1999	1999	2011	1999	2005	2005
	t-valor	-2.21	-2.39	-4.06	-4.26*	-5.52**	-6.48***
United Kingdom	Any	2001	1998	2001	2005	2003	2004
	t-valor	-2.90	-2.71	-1.22	-4.86**	-1.49	-3.94

Taula 63: Resultats test arrels unitaris amb més d'un canvi estructural del sector industrial

País	m	M0/2							M2/3						
		PT	MPT	ADF	ZA	MZA	MSB	MZT	PT	MPT	ADF	ZA	MZA	MSB	MZT
Àustria	3	21,80*	23,80*	-4,45*	-21,04	-10,97	0,21	-2,32	25,77*	28,58*	-4,97*	-22,68	-10,21	0,22*	-2,24
Bèlgica	0	12,52*	6,87*	-1,75*	-6,97	-3,54	0,34	-1,19	20,02*	18,38*	-2,24	-9,19	-4,94	0,32*	-1,56
Bulgària	2	21,89*	23,10*	-4,87*	-22,07	-8,66	0,22	-1,91	25,30*	26,36*	-6,00*	-24,39*	-7,61	0,25*	-1,87
Croàcia	3	25,63*	27,98*	-4,22	-18,89	-9,46	0,22	-2,11	27,60*	30,05*	-3,57*	-15,13	-8,53	0,24*	-2,01
Xipre	1	24,46*	25,93*	-1,84	-6,76	-4,40	0,34	-1,48	23,33*	25,28*	-2,08	-8,11	-6,20	0,26*	-1,59
Txèquia	2	21,38*	23,29*	-6,06*	-27,88*	-10,12	0,22	-2,20							
Dinamarca	2	21,85*	23,63*	-5,11*	-22,77*	-9,81	0,22	-2,20	22,69*	24,25*	-3,03*	-21,22*	-9,53	0,22*	-2,11
Estònia	1	23,46*	25,57*	-1,94	-7,18	-5,92	0,27	-1,59	19,78*	20,81*	-2,50	-10,09	-7,51	0,25*	-1,86
Finlàndia	2	25,72*	27,94*	-2,82	-11,19	-7,88	0,25	-1,98	24,64*	26,64*	-3,09	-12,59	-8,26	0,25*	-2,02
França	2	27,79*	30,21*	-2,38	-9,30	-7,21	0,26	-1,84	26,20*	27,70*	-2,74	-11,17	-8,08	0,25*	-1,98
Alemanya	2	27,79*	30,21*	-2,38	-9,30	-7,21	0,26	-1,84	21,74*	23,70*	-3,35	-14,99	-9,88	0,22*	-2,21
Grècia	2	21,85*	23,46*	-5,01*	-22,47	-9,58	0,22	-2,14	17,60*	19,13*	-4,20*	-19,84	-10,82	0,21*	-2,29
Hongria	3	26,38*	28,86*	-5,42*	-24,31	-9,38	0,22	-2,09	31,55*	34,80*	-5,96*	-26,47	-7,82	0,23*	-1,76
Irlanda	2	14,32*	15,35*	-3,89*	-17,93	-10,58	0,22	-2,29	15,54*	16,83*	-3,94*	-18,02	-10,41	0,22*	-2,27
Itàlia	2	22,28*	24,00*	-5,06*	-24,36*	-9,72	0,21	-2,02	19,31*	20,60*	-4,01*	-22,01	-10,97	0,18*	-2,00
Letònia	2	19,31*	20,60*	-4,01*	-22,01	-10,97	0,18	-2,00	22,65*	24,71*	-2,95	-12,30	-8,66	0,24*	-2,08
Lituània	2	41,44*	41,55*	-2,08	-5,25	-3,04	0,40	-1,20	42,55*	42,38*	-2,15	-5,36	-3,02	0,40*	-1,21
Luxemburg	2	19,98*	21,69*	-5,08*	-24,57*	-10,07	0,21	-2,08	20,84*	22,31*	-5,61*	-25,44*	-9,46	0,22*	-2,09
Malta	2	24,55*	27,12*	-2,49	-10,10	-7,40	0,25	-1,83	21,41*	24,42*	-4,31*	-18,92	-9,49	0,23*	-2,16
Holanda	2	22,61*	24,35*	-2,86	-12,01	-8,16	0,24	-1,94	28,32*	30,67*	-2,39	-8,66	-6,54	0,28*	-1,80
Polònia	2	19,14*	20,75*	-3,63*	-17,41	-10,37	0,21	-2,16	19,71*	21,11*	-4,29*	-22,43	-10,87	0,19*	-2,08
Portugal	0	9,02*	6,83*	-2,05	-10,14	-3,45	0,22	-0,76	15,45*	15,94*	-2,09	-10,30	-5,39	0,25*	-1,36
Romania	2	16,88*	18,27*	-3,02	-12,97	-8,97	0,23	-2,09	17,19*	18,62*	-2,99	-12,65	-8,80	0,24*	-2,08
Eslovàquia	2	18,93*	20,63*	-3,68*	-17,24	-10,47	0,21	-2,24	19,52*	21,09*	-3,85*	-17,41	-10,03	0,22*	-2,22
Eslovènia	1	18,13*	19,74*	-2,29	-8,97	-6,96	0,26	-1,78	19,58*	20,92*	-2,31	-9,17	-7,07	0,25*	-1,78
Espanya	2	19,35*	20,76*	-4,03*	-18,52	-9,87	0,22	-2,15	21,59*	22,73*	-5,54*	-24,38	-9,49	0,23*	-2,16
Suècia	3	15,59*	16,66*	-4,05*	-18,43	-10,21	0,22	-2,24	25,03*	27,61*	-5,88*	-27,15*	-10,14	0,22*	-2,20
Regne Unit	3	23,87*	26,14*	-4,72*	-22,12	-10,98	0,21	-2,34	29,36*	32,35*	-7,12*	-30,40*	-9,00	0,23*	-2,11

Taula 64: Dates dels canvis estructurals: subsector elèctric/calor

País	Any	País	Any	País	Any	País	Any
Austria	1989 2000	Estonia	1994 2006	Italy	1994	Portugal	1980 1990
Belgium	1983 2001	Finland	1993	Latvia	1996 1999	Romania	1997
Bulgaria	1980 1990	France	1983	Lithuania	1994	Slovakia	1980 1990 2001
Croatia	1980 1990	Germany	1989	Luxembourg	1980 1992 2002	Slovenia	1980
Cyprus	1980 1990 2002	Greece	1982 1993	Malta	1983 2000	Spain	1980 1998
Czech Republic	1994	Hungary	1987 2002	Netherlands	1981 1992	Sweden	-
Denmark	1981 1999	Ireland	1992 2002	Poland	1989 2000	U. Kingdom	1980 1990

Taula 65: Resultats test arrels unitaris amb un canvi estructural del subsector elèctric/calor

Sector elèctric/calor		Test Dickey-Fuller amb 1 canvi estructural					
		Intercepte		Tendència		Mixt	
		Abrupte	Suau	Abrupte	Suau	Abrupte	Suau
Àustria	Any	1989	1989	1984	1982	1989	1989
	t-valor	-4.33*	-4.26*	-3.88	-4.12*	-6.40***	-6.57***
Bèlgica	Any	1983	1982	1987	1988	1984	1982
	t-valor	-3.24	-3.76	-6.00***	-3.22	-6.61***	-3.94
Bulgària	Any	1990	1989	2005	2006	1996	1996
	t-valor	-2.54	-2.45	-2.72	-2.64	-3.03	-3.14
Croàcia	Any	1999	1990	2007	1980	1989	1988
	t-valor	-5.54***	-6.20***	-2.85	-2.93	-6.33***	-6.24***
Xipre	Any	1991	1991	2009	1976	1997	1989
	t-valor	-2.46	-3.47	-5.08***	-4.39**	-5.43**	-5.63**
Txèquia	Any	1999	2000	2001	1973	1999	1997
	t-valor	-6.41***	-6.31	-2.71	-2.86	-6.39***	-3.66
Dinamarca	Any	2010	2003	1997	1998	1995	1990
	t-valor	-2.81	-2.88	-4.50*	-4.55**	-4.38	-4.67
Estònia	Any	2006	2008	2003	1995	2007	2002
	t-valor	-3.81	-3.31	-3.60	-4.01	-3.88	-5.23**
Finlàndia	Any	1992	1992	1992	2012	1993	1993
	t-valor	-3.91	-3.98	-3.91	-3.21	-3.43	-3.68
França	Any	1983	1983	1988	1990	1984	1984
	t-valor	-4.51**	-4.58**	-3.70	-3.22	-4.45	-4.61
Alemanya	Any	1984	1984	1995	1998	1989	1998
	t-valor	-3.67	-3.66	-2.34	-2.52	-5.59**	-2.51
Grècia	Any	1991	1991	2001	2002	2002	2002
	t-valor	-3.57	-3.43	-4.81**	-4.78**	-4.67	-4.76
Hongria	Any	1987	1984	2012	2012	1987	1984
	t-valor	-2.78	-2.75	-2.47	-2.52	-4.96	-5.93***
Irlanda	Any	1990	1988	2001	2002	1991	1994
	t-valor	-2.72	-3.10	-3.06	-2.72	-3.07	-3.17
Itàlia	Any	1994	1994	2008	2010	1994	1994
	t-valor	-4.60**	-4.65**	-3.28	-3.37	-4.00	-4.20
Letònia	Any	2010	1997	2005	2005	2006	2001
	t-valor	-3.57	-3.61	-4.56	-4.61**	-4.57	-4.09
Lituània	Any	2002	1998	2008	1994	2001	1997
	t-valor	-5.63***	-3.26	-6.25***	-3.82	-6.02***	-4.11
Luxemburg	Any	1993	1997	2002	2005	1996	2003
	t-valor	-3.68	-3.29	-3.79	-4.19*	-5.44**	-3.58
Malta	Any	1983	1983	1990	1990	1985	1985
	t-valor	-4.12	-4.25*	-4.96**	-5.00***	-5.91	-6.19***
Holanda	Any	1991	1989	1984	1982	1991	1991
	t-valor	-3.46	-3.58	-2.84	-2.93	-3.92	-3.98
Polònia	Any	1989	1989	2004	2005	1989	2001
	t-valor	-5.86***	-2.60	-2.67	-2.59	-4.32	-2.51
Portugal	Any	1988	1988	2000	2001	1997	1998
	t-valor	-3.49	-3.76	-5.37***	-5.44	-5.21	-5.49
Romania	Any	1997	1997	1990	1992	1997	1997
	t-valor	-4.69**	-4.80**	-3.96	-4.09*	-4.58	-4.82
Eslovàquia	Any	1989	1988	1984	1983	2000	1987
	t-valor	-2.71	-2.69	-3.58	-3.83	-5.22**	-4.77
Eslovènia	Any	2011	1991	1984	1986	1989	1989
	t-valor	-2.51	-2.87	-4.23	-3.75	-6.51***	-6.65
Espanya	Any	1998	1996	2006	2011	1998	1998
	t-valor	-4.32*	-3.96	-3.43	-3.52	-4.45	-4.03
Suècia	Any	2004	1993	2003	1973	1995	1995
	t-valor	-6.44***	-5.97***	-6.44***	-5.35***	-7.85***	-7.14***
United Kingdom	Any	1983	1983	1995	1993	1989	1998
	t-valor	-2.74	-2.83	-5.31***	-4.44**	-5.79***	-5.38**

Taula 66: Resultats test arrels unitaris amb més d'un canvi estructural del subsector elèctric/calor

País	m	M0/2							M2/3						
		PT	MPT	ADF	ZA	MZA	MSB	MZT	PT	MPT	ADF	ZA	MZA	MSB	MZT
Àustria	2	19,46	20,12	-2,50	-17,64	-10,97	0,21	-2,30	11,24	11,69	-4,00*	-34,63*	-18,99	0,16	-3,07
Bèlgica	2	22,72	23,70	-2,56	-11,28	-9,73	0,23	-2,20	18,54	14,75	-4,42*	-24,74	-15,63	0,18	-2,80
Bulgària	2	28,89	28,06	-2,12	-9,18	-7,91	0,25	-1,98	32,51	27,80	-2,20	-11,78	-7,96	0,25	-1,97
Croàcia	2	15,06	15,26	-3,65*	-20,03	-14,93	0,18	-2,72	13,30	12,97	-3,43	-24,80*	-17,69	0,17	-2,95
Xipre	3	16,36	15,72	-5,00*	-31,01*	-18,69	0,16	-3,02							
Txèquia	1	16,88	17,61	-2,51	-10,88	-9,42	0,23	-2,17	14,08	14,08	-2,94	-14,35	-11,81	0,21	-2,42
Dinamarca	2	15,58	15,80	-2,91	-25,29	-14,52	0,18	-2,65	11,62	11,49	-6,36*	-41,42*	-20,43	0,15	-3,14
Estònia	2	21,53	23,43	-6,12*	-27,66*	-9,86	0,22	-2,18	17,81	19,17	-4,88*	-22,94	-10,94	0,21	-2,33
Finlàndia	2	13,15	13,24	-2,97	-15,28	-12,42	0,19	-2,41	11,07	11,51	-3,45*	-20,80*	-15,51	0,17	-2,57
França	1	31,22	30,32	-1,91	-6,37	-5,43	0,30	-1,63	18,03	14,33	-2,99	-14,45	-11,59	0,21	-2,40
Alemanya	1	27,02	26,69	-1,65	-6,37	-5,49	0,26	-1,43	17,20	16,39	-2,39	-12,84	-10,43	0,19	-1,94
Grècia	2	19,55	16,92	-3,86*	-19,74	-13,10	0,20	-2,56	22,58	19,53	-3,42	-16,33	-11,35	0,21	-2,38
Hongria	2	29,95	30,90	-2,12	-8,16	-7,33	0,26	-1,91	21,68	21,65	-2,69	-12,35	-10,49	0,22	-2,29
Irlanda	2	24,49	23,81	-2,57	-11,06	-9,22	0,23	-2,15	21,52	17,80	-3,31	-17,02	-12,49	0,19	-2,43
Itàlia	1	12,56	12,55	-2,74	-15,20	-12,04	0,20	-2,44	13,35	12,18	-3,33*	-16,92	-12,53	0,20	-2,47
Letònia	1	21,90	22,70	-2,59	-9,16	-6,18	0,28	-1,74	22,39	23,46	-2,54	-9,01	-6,21	0,28	-1,75
Lituània	1	13,76	14,74	-3,75*	-17,29	-10,19	0,22	-2,21	13,68	14,62	-3,79*	-17,50	-10,26	0,22	-2,22
Luxemburg	3	25,24	27,71	-6,00*	-27,30*	-10,25	0,22	-2,25	23,69	26,11	-5,56*	-25,71*	-10,65	0,22	-2,30
Malta	2	13,00	12,33	-5,49*	-34,04*	-19,03	0,16	-3,07	13,14	13,38	-4,47*	-26,36*	-17,43	0,17	-2,95
Holanda	2	11,27	11,77	-4,38*	-26,29*	-17,85	0,17	-2,97	12,94	13,06	-3,84*	-21,70	-15,95	0,18	-2,82
Polònia	2	33,06	32,58	-2,02	-7,43	-6,76	0,27	-1,84	23,47	21,50	-2,42	-12,09	-10,24	0,20	-2,05
Portugal	2	11,21	11,59	-4,99*	-30,92*	-19,15	0,16	-3,09	13,14	12,48	-4,39*	-26,21*	-17,78	0,17	-2,98
Romania	1	17,34	15,99	-2,26	-13,67	-9,80	0,23	-2,21	17,75	18,54	-2,12	-11,96	-8,45	0,24	-2,06
Eslovàquia	3	28,69	28,74	-2,46	-14,42	-9,74	0,23	-2,21	16,07	15,58	-4,30*	-43,03*	-18,20	0,16	-2,98
Eslovènia	1	11,29	11,62	-3,40*	-18,22	-14,12	0,19	-2,63	14,11	13,54	-2,94	-21,34	-11,98	0,20	-2,45
Espanya	2	16,99	17,54	-3,28	-17,12	-13,54	0,19	-2,60	14,46	13,87	-4,29*	-25,37	-17,25	0,17	-2,92
Suècia	0	3,50	2,31	-3,05*	-15,38*	-12,02	0,20	-2,38	5,86	5,59	-4,05*	-23,13*	-16,30	0,18	-2,85
Regne Unit	2	12,44	12,85	-4,24*	-25,21	-17,45	0,17	-2,93	11,69	11,43	-5,71*	-36,70*	-20,02	0,16	-3,11

Taula 67: Dates dels canvis estructurals: subsector manufactures/construcció

País	Any	País	Any	País	Any	País	Any
Austria	1992 2002	Estonia	1998	Italy	1989 1999	Portugal	1980 1990
Belgium	1989 1999	Finland	1980 1990	Latvia	2005	Romania	1980 1991
Bulgaria	1980 1994	France	1980 1991	Lithuania	2005	Slovakia	1983
Croatia	1980 2002	Germany	2002	Luxembourg	1980 1996	Slovenia	1980 1998
Cyprus	1980 1990 2002	Greece	1981 1994	Malta	NA	Spain	1990 2000
Czech Republic	1980 1990	Hungary	1980 1990	Netherlands	1980 1992 2002	Sweden	1980 1991 2002
Denmark	1980 1991	Ireland	1996 2006	Poland	1992	U. Kingdom	1980 1990

Taula 68: Resultats test arrels unitaris amb 'un canvi estructural del subsector manufacturer/construcció

Sector manufacturer/construcció		Test Dickey-Fuller amb 1 canvi estructural					
		Intercepte		Tendència		Mixt	
		Abrupte	Suau	Abrupte	Suau	Abrupte	Suau
Àustria	Any	1994	1994	1992	1992	1989	1988
	t-valor	-1.99	-2.07	-5.91***	-5.24***	-6.20***	-5.38***
Bèlgica	Any	1989	1989	1984	1981	1989	1989
	t-valor	-2.94	-2.97	-2.29	-2.42	-3.45	-3.53
Bulgària	Any	1987	1985	2006	2004	1996	1999
	t-valor	-2.80	-3.10	-4.03	-4.22*	-4.11	-6.11***
Croàcia	Any	1996	1996	1994	1996	1990	1986
	t-valor	-3.01	-3.03	-2.78	-2.75	-3.93	-3.37
Xipre	Any	1985	1984	2002	2001	2001	2001
	t-valor	-3.53	-3.35	-5.60***	-6.18***	-5.76***	-4.92*
Txèquia	Any	1989	1989	1984	1982	1989	1989
	t-valor	-3.94	-3.56	-2.63	-2.64	-4.64	-5.93***
Dinamarca	Any	4993	1993	2007	2007	1990	1993
	t-valor	-4.73**	-5.00***	-3.57	-2.75	-3.62	-4.73
Estònia	Any	2002	2001	2003	2002	2002	2005
	t-valor	-4.21*	-4.08	-4.18	-3.40	-4.31	-5.17*
Finlàndia	Any	1989	1989	2005	1997	1991	1991
	t-valor	-4.31	-4.38*	-2.23	-4.57**	-5.19**	-5.10*
França	Any	1989	1989	1989	2006	1985	1986
	t-valor	-4.19	-4.04	-4.31*	-2.23	-4.72	-4.08
Alemanya	Any	2007	2003	2005	2005	2001	2003
	t-valor	-3.18	-2.39	-4.10	-4.14*	-4.00	-4.05
Grècia	Any	1989	1989	2003	2004	1994	1997
	t-valor	-3.69	-3.51	-4.59**	-4.73**	-5.20	-5.34**
Hongria	Any	1997	1990	2002	2003	1997	1990
	t-valor	-3.48	-3.25	-2.36	-2.34	-3.01	-3.12
Irlanda	Any	1991	1985	2007	2004	2003	1998
	t-valor	-3.73	-3.40	-5.02**	-4.44**	-4.92*	-6.94***
Itàlia	Any	1989	1989	2003	2003	1989	1989
	t-valor	-4.16	-4.09	-2.20	-1.98	-2.78	-2.84
Letònia	Any	2005	2005	2002	2003	1999	1999
	t-valor	-3.38	-3.62	-5.07***	-5.14	-5.98***	-5.92***
Lituània	Any	2005	2005	2001	1998	2001	1997
	t-valor	-2.79	-2.92	-7.74***	-5.76	-7.38***	-6.26***
Luxemburg	Any	1994	1994	1985	1988	1997	1992
	t-valor	-5.66***	-4.44*	-2.13	-2.12	-4.01	-6.48***
Malta	Any	-	-	-	-	-	-
	t-valor	-	-	-	-	-	-
Holanda	Any	1990	1989	1997	1999	1986	1989
	t-valor	-2.42	-2.61	-3.55	-3.64	-5.68**	-3.74
Polònia	Any	1992	1992	2001	2004	1992	1988
	t-valor	-7.81***	-4.82**	-3.91	-4.15*	-7.13***	-4.60
Portugal	Any	1987	1987	2000	2002	1997	1997
	t-valor	-3.66	-3.37	-3.88	-3.04	-5.18**	-5.09*
Romania	Any	1991	1992	1984	1979	1991	1991
	t-valor	-5.26***	-3.66	-3.25	-3.78	-5.02*	-4.17
Eslovàquia	Any	1986	1990	2005	1974	1990	1994
	t-valor	-5.19***	-3.83	-4.84**	-4.96***	-4.98*	-3.76
Eslovènia	Any	1998	1993	1992	1992	2004	1998
	t-valor	-3.53	-3.21	-2.53	-2.58	-6.47***	-3.02
Espanya	Any	1989	1989	2005	2012	1997	1997
	t-valor	-3.50	-3.40	-1.84	-1.81	-1.99	-2.19
Suècia	Any	2001	1989	2003	2004	1991	1991
	t-valor	-5.21***	-3.12	-1.75	-1.73	-4.58	-4.51
United Kingdom	Any	1989	1989	2005	2006	2008	1990
	t-valor	-3.28	-3.32	-2.54	-2.58	-2.47	-3.79

Taula 69: Resultats test arrels unitaris amb més d'un canvi estructural del subsector manufacturer i construcció

País	m	M0/2							M2/3						
		PT	MPT	ADF	ZA	MZA	MSB	MZT	PT	MPT	ADF	ZA	MZA	MSB	MZT
Àustria	2	13,44	12,30	-4,24*	-24,30	-16,34	0,17	-2,85	12,14	12,11	-4,18*	-24,21	-16,63	0,17	-2,87
Bèlgica	2	17,56	17,88	-3,20	-16,56	-12,99	0,19	-2,51	15,85	14,99	-3,80*	-21,58	-15,61	0,18	-2,75
Bulgària	2	17,16	17,87	-2,98	-15,16	-12,36	0,20	-2,43	16,30	15,60	-3,48	-19,06	-14,29	0,18	-2,61
Croàcia	2	19,94	20,37	-2,70	-13,06	-10,93	0,21	-2,26	20,92	20,67	-2,50	-13,01	-10,84	0,19	-2,09
Xipre	3	16,68	16,57	-4,20*	-24,46	-16,91	0,17	-2,90	16,90	16,29	-4,40*	-26,46	-17,46	0,17	-2,91
Txèquia	2	11,53	11,19	-6,18*	-38,85*	-19,76	0,16	-3,14	14,57	12,86	-4,42*	-26,02*	-17,22	0,17	-2,93
Dinamarca	2	28,68	29,49	-1,89	-7,73	-6,93	0,24	-1,69	19,06	17,43	-2,77	-16,34	-12,75	0,19	-2,39
Estònia	2	15,09	15,37	-3,18*	-12,83	-8,11	0,25	-2,01	13,67	13,63	-3,80*	-16,28	-9,15	0,23	-2,13
Finlàndia	2	17,40	17,49	-3,28	-16,92	-13,20	0,19	-2,56	16,40	14,98	-3,98*	-22,17	-15,41	0,18	-2,77
França	2	12,86	12,76	-4,48*	-26,92*	-17,67	0,17	-2,94	11,75	11,36	-5,46*	-34,20*	-19,60	0,16	-3,13
Alemanya	1	14,16	13,96	-2,46	-13,60	-10,29	0,22	-2,21	10,99	10,89	-3,22	-17,54	-13,70	0,18	-2,52
Grècia	2	31,49	26,42	-2,11	-14,45	-7,20	0,26	-1,89	25,64	21,48	-2,24	-14,07	-8,86	0,24	-2,11
Hongria	2	37,06	36,37	-1,84	-6,37	-5,87	0,29	-1,69	12,25	11,74	-4,68*	-29,00*	-18,74	0,16	-3,02
Irlanda	2	25,65	25,99	-2,24	-11,75	-8,79	0,24	-2,09	16,89	17,21	-2,99	-20,35	-13,45	0,19	-2,54
Itàlia	2	16,04	16,41	-3,19	-17,02	-13,42	0,19	-2,51	12,45	12,02	-4,51*	-27,45*	-18,23	0,16	-2,99
Letònia	1	16,92	17,73	-4,03*	-17,51	-9,23	0,23	-2,12	20,21	20,06	-5,23*	-21,14*	-8,14	0,25	-2,02
Lituània	1	16,45	17,33	-2,96	-13,12	-8,60	0,23	-1,94	29,95	28,69	-2,44	-7,03	-4,15	0,35	-1,44
Luxemburg	2	20,14	21,95	-5,84*	-27,01*	-10,41	0,22	-2,25	19,94	21,46	-5,77*	-26,83*	-10,47	0,22	-2,25
Malta	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Holanda	3	11,92	11,52	-4,82*	-29,53*	-18,71	0,16	-3,06	13,28	12,98	-4,09*	-23,54	-16,58	0,17	-2,88
Polònia	1	22,23	22,62	-2,00	-7,33	-6,64	0,27	-1,81	17,17	16,70	-2,51	-10,69	-9,01	0,24	-2,12
Portugal	2	15,57	15,91	-3,59	-19,49	-14,74	0,18	-2,71	12,50	12,99	-3,88*	-30,41*	-18,05	0,17	-3,00
Romania	2	22,91	23,87	-2,51	-11,21	-9,67	0,22	-2,16	17,16	16,99	-3,40	-17,94	-13,68	0,19	-2,60
Eslovàquia	1	19,58	19,80	-2,25	-8,99	-7,98	0,25	-1,99	16,40	14,37	-2,82	-13,27	-11,02	0,21	-2,34
Eslovènia	2	35,35	35,55	-1,95	-10,80	-6,36	0,28	-1,78	13,01	12,86	-4,32*	-25,65	-17,58	0,17	-2,96
Espanya	2	14,06	14,29	-3,54	-19,15	-14,45	0,19	-2,67	18,57	17,77	-2,83	-22,22	-11,57	0,21	-2,40
Suècia	3	14,75	14,26	-4,75*	-28,38*	-17,61	0,17	-2,95	15,60	14,44	-4,65*	-27,43	-17,31	0,17	-2,93
Regne Unit	2	26,32	26,96	-2,24	-12,83	-8,39	0,24	-2,02	19,41	19,70	-2,66	-20,31	-11,66	0,20	-2,31

Taula 70: Dates dels canvis estructurals: subsector transport

País	Any	País	Any	País	Any	País	Any
Austria	1980 2000	Estonia	2000	Italy	1980 2002	Portugal	1980 1991
Belgium	2002	Finland	1980 1990 2000	Latvia	1994 2000 2005	Romania	1980 1990
Bulgaria	1980 2002	France	1992 2002	Lithuania	-	Slovakia	1980 1990 2000
Croatia	1980 1990 2001	Germany	1992 2002	Luxembourg	1980 1990 2000	Slovenia	1981 1993
Cyprus	1983	Greece	1980	Malta	1985 1999	Spain	1987
Czech Republic	1981 1992 2002	Hungary	1980 1990 2001	Netherlands	1985 2002	Sweden	1989 2000
Denmark	1989 1999	Ireland	1982 1995	Poland	1980 1990 2002	U. Kingdom	1992 2002

Taula 71: Resultats test arrels unitaris amb un canvi estructural del subsector transport

Sector transport		Test Dickey-Fuller amb 1 canvi estructural					
		Intercepte		Tendència		Mixt	
		Abrupte	Suau	Abrupte	Suau	Abrupte	Suau
Àustria	Any	1997	1997	1987	1987	1990	1990
	t-valor	-2.54	-2.59	-3.84	-3.82	-4.01	-4.21
Bèlgica	Any	2001	2002	1995	1995	1991	1997
	t-valor	-3.26	-3.65	-3.98	-3.83	-4.05	-4.06
Bulgària	Any	2004	2003	1997	1996	1992	1992
	t-valor	-3.29	-3.11	-4.53**	-4.59**	-4.48	-4.72
Croàcia	Any	1986	1987	1995	1995	1990	1990
	t-valor	-2.22	-2.28	-4.33*	-2.92	-7.89***	-6.63***
Xipre	Any	1983	1990	1994	1996	1991	1989
	t-valor	-2.87	-3.77	-6.14***	-2.79	-9.35***	-4.59
Txèquia	Any	2001	1994	1990	1991	1987	1991
	t-valor	-3.16	-2.73	-4.83**	-4.76**	-4.55	-5.23**
Dinamarca	Any	1996	1985	1990	1987	1984	1983
	t-valor	-1.91	-2.06	-5.40***	-5.50***	-7.21***	-5.13*
Estònia	Any	2000	2000	1999	1992	2000	2000
	t-valor	-4.02	-4.10	-5.13***	-5.45***	-7.76***	-5.36**
Finlàndia	Any	1995	1995	1992	1976	1995	1982
	t-valor	-2.64	-2.66	-3.28	-4.52**	-3.30	-3.20
França	Any	2001	2000	1995	1989	1994	2002
	t-valor	-2.91	-3.02	-2.65	-3.69	-4.26	-2.94
Alemanya	Any	2000	1997	1993	1992	1989	1996
	t-valor	-4.55**	-4.77**	-3.94	-5.06***	-4.36	-5.05*
Grècia	Any	2011	1982	1986	1987	1987	1987
	t-valor	-2.49	-2.43	-3.53	-3.86	-3.54	-3.97
Hongria	Any	2004	1988	1996	2007	1990	1990
	t-valor	-1.78	-2.45	-3.94	-3.10	-5.09*	-4.93*
Irlanda	Any	1997	1993	2012	1980	2005	1996
	t-valor	-5.25***	-3.05	-4.52**	-4.73**	-4.72	-3.84
Itàlia	Any	2002	2002	1994	1994	1991	1991
	t-valor	-2.40	-2.35	-3.37	-1.83**	-3.59	-3.66
Letònia	Any	1999	1999	2011	1997	2009	1998
	t-valor	-4.02	-3.26	-2.98	-3.19	-2.30	-3.03
Lituània	Any	2006	2006	2003	1998	2004	2001
	t-valor	-7.69***	-3.04	-6.44***	-5.20***	-6.31***	-4.83
Luxemburg	Any	1988	1987	1999	1997	2000	1988
	t-valor	-3.27	-3.05	-4.85**	-3.62	-4.78	-3.89
Malta	Any	1999	1999	1994	1996	2000	2000
	t-valor	-3.94	-4.02	-3.77	-3.85	-5.40**	-5.62**
Holanda	Any	1984	1984	1987	2010	1998	2003
	t-valor	-2.05	-2.10	-3.53	-3.32	-5.00	-3.53
Polònia	Any	2007	1997	1991	1997	1996	1997
	t-valor	-2.14	-2.52	-3.13	-5.10***	-4.10	-3.56
Portugal	Any	1989	1988	2003	2007	2005	1996
	t-valor	-3.59	-3.39	-2.77	-2.92	-3.03	-3.10
Romania	Any	1988	1986	1987	1984	1988	1986
	t-valor	-2.70	-2.58	-5.00**	-3.89	-6.25***	-4.84
Eslovàquia	Any	2000	1982	1994	1994	1990	1990
	t-valor	-2.42	-2.26	-6.15***	-5.81***	-6.08***	-6.14***
Eslovènia	Any	2006	1991	1987	2011	1992	1984
	t-valor	-2.61	-2.33	-2.46	-2.65	-2.95	-3.22
Espanya	Any	2010	1986	2007	2011	2004	1997
	t-valor	-2.67	-2.67	-2.84	-3.51	-2.86	-3.17
Suècia	Any	1989	1988	1987	1985	1993	1989
	t-valor	-2.55	-2.37	-4.78**	-4.74**	-4.71	-5.24**
United Kingdom	Any	1997	1997	1997	1991	1995	1982
	t-valor	-2.39	-2.33	-4.97**	-2.76	-4.89	-3.61

Taula 72: Resultats test arrels unitaris amb més d'un canvi estructural del subsector transport

País	m	M0/2							M2/3						
		PT	MPT	ADF	ZA	MZA	MSB	MZT	PT	MPT	ADF	ZA	MZA	MSB	MZT
Àustria	2	11,45*	11,63*	-4,82*	-29,91*	-18,73	0,16*	-3,02	14,80*	14,00*	-3,10	-19,90	-15,20	0,18*	-2,76
Bèlgica	1	12,54*	13,04*	-2,84	-13,89	-11,49	0,20*	-2,35	12,41*	12,72*	-2,90	-14,22	-11,72	0,20*	-2,39
Bulgària	2	15,19*	15,25*	-3,30	-17,50	-13,76	0,19*	-2,59	11,83*	10,98*	-5,06*	-31,27*	-19,03	0,16*	-3,08
Croàcia	3	22,84*	22,01*	-3,06	-15,22	-12,32	0,20*	-2,48	15,78*	15,20*	-4,63*	-28,09*	-18,04	0,16*	-2,97
Xipre	1	18,30*	18,92*	-2,02	-7,80	-7,05	0,26*	-1,82	17,29*	15,83*	-2,32	-9,72	-8,49	0,24*	-2,03
Txèquia	3	17,98*	17,24*	-3,67	-31,51*	-13,58	0,19*	-2,60	18,77*	17,26*	-3,27	-23,78	-13,55	0,19*	-2,60
Dinamarca	2	15,58*	14,98*	-3,80*	-33,40*	-13,94	0,19*	-2,64	18,01*	17,27*	-2,87	-19,36	-12,15	0,20*	-2,43
Estònia	1	12,63*	13,04*	-4,83*	-22,22*	-10,56	0,22*	-2,30	12,58*	13,23*	-5,30*	-24,18*	-10,40	0,22*	-2,28
Finlàndia	3	15,37*	15,16*	-5,06*	-31,02*	-18,74	0,16*	-3,06	14,28*	14,15*	-5,55*	-35,24*	-20,08	0,16*	-3,16
França	2	20,04*	20,72*	-1,84	-9,13	-8,11	0,20*	-1,64	23,85*	20,52*	-2,25	-11,15	-8,49	0,24*	-2,06
Alemanya	2	20,56*	20,55*	-2,45	-10,35	-8,85	0,24*	-2,10	14,57*	14,83*	-3,06	-15,15	-12,27	0,20*	-2,47
Grècia	1	46,48*	42,46*	-1,79	-2,00	-1,27	0,35*	-0,44	17,47*	17,42*	-1,68	-7,86	-7,03	0,21*	-1,50
Hongria	3	20,65*	20,84*	-3,00	-14,93	-11,99	0,20*	-2,41	16,79*	14,86*	-4,28*	-25,09	-16,90	0,17*	-2,89
Irlanda	2	37,05*	37,01*	-2,07	-7,38	-6,33	0,28*	-1,78	23,41*	20,41*	-2,89	-14,32	-11,55	0,20*	-2,33
Itàlia	2	32,99*	34,15*	-1,94	-7,28	-6,63	0,27*	-1,77	13,66*	13,70*	-4,10*	-23,95	-16,95	0,17*	-2,90
Letònia	3	24,04*	26,30*	-4,16*	-19,40	-10,83	0,21*	-2,32	26,28*	29,24*	-6,04*	-27,73*	-10,16	0,22*	-2,22
Lituània	0	32,14*	21,23*	-1,01	-2,57	-1,13	0,65*	-0,74	59,93*	55,87*	-0,97	-3,77	-1,28	0,53*	-0,68
Luxemburg	3	25,26*	26,13*	-2,85	-13,78	-11,44	0,21*	-2,37	20,09*	18,69*	-3,85*	-21,82	-16,01	0,18*	-2,83
Malta	2	20,75*	21,57*	-2,51	-16,10	-10,82	0,21*	-2,26	15,99*	14,29*	-3,94*	-22,60	-16,35	0,17*	-2,85
Holanda	2	13,33*	13,10*	-3,14	-16,40	-13,08	0,19*	-2,51	14,20*	13,83*	-2,49	-15,98	-12,58	0,19*	-2,40
Polònia	3	25,10*	25,02*	-2,64	-11,76	-9,85	0,22*	-2,21	20,83*	18,31*	-3,60	-18,97	-13,55	0,19*	-2,57
Portugal	2	26,52*	26,23*	-2,52	-10,78	-9,02	0,23*	-2,11	17,24*	15,99*	-3,64	-20,03	-14,92	0,18*	-2,71
Romania	2	12,87*	12,28*	-4,81*	-30,10*	-18,76	0,16*	-3,00	13,57*	13,61*	-4,01*	-24,12	-17,01	0,17*	-2,83
Eslovàquia	3	15,15*	14,76*	-5,67*	-35,98*	-20,07	0,16*	-3,16	14,64*	14,75*	-6,94*	-44,02*	-20,08	0,16*	-3,16
Eslovènia	2	20,23*	20,22*	-2,60	-11,93	-10,18	0,22*	-2,22	16,44*	15,47*	-2,96	-19,23	-13,48	0,19*	-2,54
Espanya	1	16,59*	16,18*	-2,21	-9,01	-7,69	0,25*	-1,89	16,15*	15,29*	-2,34	-9,84	-8,17	0,24*	-1,94
Suècia	2	22,58*	23,54*	-2,39	-10,86	-9,38	0,22*	-2,07	16,15*	15,88*	-3,39	-18,68	-14,33	0,18*	-2,60
Regne Unit	2	21,89	20,58*	-2,68	-11,68	-9,46	0,23*	-2,17	22,67*	20,80*	-2,67	-11,57	-9,36	0,23*	-2,16

Taula 73: Dates dels canvis estructurals: subsector altres

País	Any	País	Any	País	Any	País	Any
Austria	1980	Estònia	1994	Italy	1988 1998	Portugal	1989 1999
Belgium	1980 1991	Finland	1980 2002	Latvia	1994 2005	Romania	1998 2002
Bulgaria	1989 1999	France	1980 1991 2002	Lithuania	1994	Slovakia	1980 1990 2000
Croatia	1989 1999	Germany	1983 2002	Luxembourg	1990 2000	Slovenia	191 1991
Cyprus	1988 2002	Greece	1987 1997	Malta	1991 2002	Spain	1981 1991 2001
Czech Republic	1991 2001	Hungary	1980 2000	Netherlands	1980 1990	Sweden	1982 2002
Denmark	1981 2000	Ireland	1989	Poland	1980 1990	U. Kingdom	1980 1990 2002

Taula 74: Resultats test arrels unitaris amb un canvi estructural del subsector altres

Sector Altres		Test Dickey-Fuller amb 1 canvi estructural					
		Intercepte		Tendència		Mixt	
		Abrupte	Suau	Abrupte	Suau	Abrupte	Suau
Àustria	Any	2011	1990	2002	2003	2002	1994
	t-valor	-1.92	-1.77	-2.53	-2.59	-4.94*	-2.78
Bèlgica	Any	1991	1991	2004	2003	2008	1991
	t-valor	-4.28*	-4.34*	-2.00	-2.04	-4.39	-4.27
Bulgària	Any	1987	1989	2002	2004	1987	1989
	t-valor	-4.40*	-4.28*	-2.51	-2.50	-3.09	-3.93
Croàcia	Any	1989	1988	2007	2006	1989	1988
	t-valor	-3.85	-3.36	-3.80	-4.04	-4.85	-4.44
Xipre	Any	2004	1997	2000	2001	2004	2003
	t-valor	-2.92	-1.63	-3.43	-3.47	-7.73***	-4.46
Txèquia	Any	1989	1989	1984	1986	1990	1990
	t-valor	-3.72	-3.71	-3.00	-2.83	-4.58	-4.74
Dinamarca	Any	2000	2000	1984	1986	1991	1991
	t-valor	-2.03	-1.99	-3.26	-2.84	-3.32	-3.44
Estònia	Any	2010	1998	2011	1998	2010	1998
	t-valor	-7.41	-4.62**	-6.07***	-4.74**	-6.01***	-4.57
Finlàndia	Any	1995	1998	1984	1981	1991	1990
	t-valor	-2.77	-2.71	-3.73	-3.61	-5.15*	-5.87***
França	Any	1991	1990	1995	1982	1991	1991
	t-valor	-3.79	-2.88	-2.77	-3.68	-5.17*	-4.93*
Alemanya	Any	1983	1983	1997	1997	2003	2003
	t-valor	-3.99	-4.10	-4.91**	-5.04***	-5.29**	-5.70**
Grècia	Any	1986	1986	2007	2008	2002	2002
	t-valor	-2.75	-2.91	-3.05	-3.07	-3.00	-3.21
Hongria	Any	1984	1984	1986	1987	1991	1991
	t-valor	-2.37	-2.49	-3.77	-3.96	-3.90	-4.15
Irlanda	Any	1988	1988	1996	1998	1989	1989
	t-valor	-4.12	-4.17	-3.97	-4.05	-6.49***	-6.68***
Itàlia	Any	1988	1988	1984	1980	1988	1988
	t-valor	-2.56	-2.59	-3.37	-4.01	-4.87	-5.11*
Letònia	Any	2009	2008	1999	1998	1998	1997
	t-valor	-4.54**	-3.89	-6.41***	-4.37**	-5.15*	-5.02*
Lituània	Any	2006	2007	2002	2001	2000	1999
	t-valor	-5.12***	-3.31	-9.43***	-4.07	-8.63***	-5.16*
Luxemburg	Any	1990	1990	2004	2006	1990	1990
	t-valor	-4.76**	-4.80**	-2.79	-2.87	-4.97*	-5.10*
Malta	Any	2004	2003	1998	1999	1991	1991
	t-valor	-3.76	-3.48	-3.79	-3.89	-4.67	-4.90*
Holanda	Any	1990	1990	1984	1982	1988	1990
	t-valor	-3.91	-4.02	-3.50	-3.57	-3.94	-4.74
Polònia	Any	2008	1985	2005	1982	1989	1997
	t-valor	-2.71	-2.93	-2.73	-2.85	-4.59	-3.52
Portugal	Any	1987	2000	2002	1973	2055	1999
	t-valor	-3.63	-3.13	-3.14	-3.53	-2.87	-2.71
Romania	Any	1988	1985	2000	1999	1988	1988
	t-valor	-4.25*	-2.76	-2.77	-2.73	-4.94*	-5.04*
Eslovàquia	Any	1990	2000	1984	1986	1991	1988
	t-valor	-2.33	-2.32	-3.62	-3.31	-4.48	-4.19
Eslovènia	Any	1989	1989	2002	2002	1995	1995
	t-valor	-3.76	-3.81	-3.45	-3.42	-3.58	-3.80
Espanya	Any	1989	1989	2007	2007	1999	1999
	t-valor	-2.67	-2.57	-3.64	-3.54	-3.63	-3.70
Suècia	Any	2003	2003	2010	2012	2008	2001
	t-valor	-1.55	-1.72	-3.14	-2.77	-4.06	-3.37
United Kingdom	Any	1988	1990	1998	2001	1993	1992
	t-valor	-3.20	-3.55	-4.70**	-3.37	-5.36**	-6.42***

Taula 75: Resultats test arrels unitaris amb més d'un canvi estructural del subsector altres

País	m	M0/2							M2/3						
		PT	MPT	ADF	ZA	MZA	MSB	MZT	PT	MPT	ADF	ZA	MZA	MSB	MZT
Àustria	1	24,43	24,66	-1,62	-6,40	-5,83	0,25	-1,47	26,83	27,51	-1,37	-5,65	-4,92	0,26	-1,29
Bèlgica	2	18,18	18,36	-3,15	-15,61	-12,24	0,20	-2,47	15,77	14,86	-3,77*	-20,77	-15,14	0,18	-2,75
Bulgària	2	14,86	15,34	-3,21	-18,03	-14,01	0,18	-2,50	13,14	12,92	-3,89*	-22,90	-16,43	0,17	-2,79
Croàcia	2	11,48	11,96	-4,89*	-30,25*	-19,06	0,16	-3,08	13,59	13,59	-4,06*	-23,92	-16,94	0,17	-2,88
Xipre	2	17,22	16,61	-3,12	-15,99	-12,49	0,19	-2,44	16,04	14,11	-3,50	-21,94	-14,52	0,19	-2,69
Txèquia	2	19,49	16,88	-3,04	-19,94	-13,22	0,19	-2,52	19,72	16,57	-3,61*	-19,37	-13,56	0,19	-2,53
Dinamarca	2	16,66	17,30	-2,59	-18,18	-13,31	0,19	-2,57	13,78	13,05	-4,31*	-25,59*	-17,60	0,17	-2,97
Estònia	1	13,98	15,08	-3,87*	-18,69	-10,62	0,21	-2,20	13,56	14,50	-3,88*	-18,70	-10,50	0,21	-2,18
Finlàndia	2	20,41	21,06	-2,82	-13,36	-11,17	0,21	-2,36	15,51	13,56	-4,27*	-25,45*	-17,50	0,17	-2,94
França	3	18,25	17,12	-3,82	-21,04	-15,03	0,18	-2,73	18,04	15,99	-4,25*	-24,26	-16,12	0,18	-2,82
Alemanya	2	8,59	8,50	-3,66*	-30,44*	-17,15	0,17	-2,93	7,21	7,44	-3,63*	-26,82*	-19,61	0,16	-3,13
Grècia	2	13,88	14,11	-3,49	-27,50*	-15,74	0,17	-2,75	11,71	11,02	-5,71*	-35,88*	-19,75	0,16	-3,14
Hongria	2	14,36	14,52	-3,89*	-22,17	-16,17	0,18	-2,84	15,26	14,77	-3,88*	-21,93	-15,92	0,18	-2,81
Irlanda	1	26,26	24,33	-1,80	-9,01	-6,43	0,26	-1,67	26,26	24,33	-1,80	-9,01	-6,43	0,26	-1,67
Itàlia	2	15,74	14,44	-3,95*	-23,10	-16,56	0,17	-2,83	12,58	13,04	-3,79*	-30,90*	-18,12	0,17	-3,00
Letònia	2	18,76	20,32	-5,34*	-25,04*	-10,57	0,21	-2,25	24,17	25,93	-6,50*	-28,33*	-8,78	0,23	-2,01
Lituània	1	14,05	15,19	-4,14*	-19,03	-10,54	0,22	-2,29	13,05	14,10	-4,13*	-19,00	-10,57	0,22	-2,30
Luxemburg	2	11,52	11,53	-5,13*	-31,74*	-19,01	0,16	-3,07	12,43	11,60	-5,27*	-32,75*	-19,02	0,16	-3,06
Malta	2	11,18	11,03	-6,40*	-41,81*	-20,37	0,15	-3,12	22,98	23,90	-2,51	-20,76	-8,99	0,23	-2,11
Holanda	2	17,69	17,09	-3,14	-15,96	-12,34	0,20	-2,42	14,58	13,23	-4,34*	-24,80	-15,97	0,18	-2,80
Polònia	2	14,00	14,56	-3,66*	-20,68	-15,43	0,18	-2,73	15,29	13,91	-3,91*	-22,16	-15,95	0,18	-2,81
Portugal	2	32,58	33,49	-1,90	-8,93	-6,32	0,28	-1,78	25,53	24,26	-2,29	-12,22	-8,72	0,24	-2,08
Romania	2	12,31	12,35	-4,69*	-28,28*	-18,15	0,17	-3,01	13,10	13,18	-4,24*	-24,79	-17,04	0,17	-2,91
Eslovàquia	3	22,76	22,64	-3,28	-16,97	-13,33	0,19	-2,57	17,19	17,54	-4,20*	-25,34	-17,49	0,17	-2,90
Eslovènia	2	11,86	12,23	-4,53*	-27,35*	-18,22	0,17	-3,02	12,50	12,13	-4,61*	-28,18*	-18,49	0,16	-3,03
Espanya	3	14,93	15,21	-3,75	-21,12	-15,65	0,18	-2,78	16,86	15,08	-4,38*	-24,55	-15,68	0,18	-2,80
Suècia	2	23,53	23,65	-1,91	-10,24	-9,15	0,23	-2,09	15,93	14,89	-3,54	-19,12	-14,61	0,18	-2,70
Regne Unit	3	26,03	26,97	-2,75	-19,48	-9,65	0,22	-2,14	20,98	19,45	-3,26	-25,34	-13,55	0,19	-2,57

Hipòtesi de Porter amb l'ús de l'índex EPS confeccionat per l'OCDE

Resum

El treball planteja dos models econòmics per a testar la hipòtesi formulada per Porter (1991) i ampliada per Jaffe et al. (1995) amb dades de 14 països de l'OCDE, en la versió feble i forta. Una de les novetats d'aquesta investigació és la utilització de l'índex de restricció de les polítiques mediambientals (EPS) elaborat per l'OCDE com a indicador del major o menor grau de restricció en les regulacions mediambientals de cada país. Els resultats obtinguts estan en la línia d'altres treballs però és destacable el fet que, del conjunt de països que formen part de l'estudi, USA, Alemanya i Japó tenen un pes en el conjunt de l'activitat innovadora de les tres quartes parts del total. A més, la reacció davant un increment de la pressió mediambiental d'aquests països és positiva, si es mesura en termes de nombre de patents sol·licitades o en productivitat total, i diferent al comportament de la resta de països estudiats.

1. Introducció

D'entre els instruments utilitzats per a controlar les emissions de gasos d'efecte hivernacle (*greenhouse gas*, GHG) el que les autoritats governamentals tenen al seu abast són les regulacions mediambientals. Les polítiques de reducció d'emissions s'han centrat en la creació de taxes i sancions, la internalització dels costos mitjançant mecanismes de mercat, com el sistema europeu de drets d'emissió, o avantatges fiscals en la producció de béns menys contaminants, com en la indústria automobilística.

Les conseqüències per a les empreses de les regulacions mediambientals (RMA) són un increment de costos per poder fer front a les despeses ocasionades per a reduir la contaminació. La forma en què les empreses reaccionen davant d'aquest canvi en l'estructura de costos ha donat pas a diferents visions.

1.1. Els paradisos de pol·lució

La teoria clàssica simplement considera que les RMA provoquen un increment en els costos empresarials, la qual cosa repercuteix en el compte de resultat i la rendibilitat i, com a conseqüència, se'n redueix la competitivitat de les empreses i, a nivell macroeconòmic, dels països que les adopten.

Tanmateix cal esperar que les empreses reaccionen davant les RMA i adopten decisions adequades per a adaptar-se a les noves condicions reguladores. Un primera interpretació sobre les conseqüència a nivell agregat és l'anomenada *pollution haven hypothesis* (PHH). Segon aquesta teoria, les empreses reaccionen traslladant la producció contaminant des del país que ha fixat unes RMA més restrictives cap a països que tenen una regulació més dèbil.

Aquesta idea és compatible amb la corba de Kuznets ambiental (*environmental Kuznets curve*, EKC). L'EKC pronostica que en el procés de desenvolupament d'un país, el deteriorament mediambiental (les emissions de GHG, per exemple) augmenta inicialment, però, quan el país arriba a un cert grau de desenvolupament, les emissions de GHG es redueixen. Darrere d'aquesta idea hi ha subjacent la consideració com a bé normal dels béns mediambientals, de manera que a més renda del país hi ha una major demanda de qualitat mediambiental per part de la població, i el fet que les activitats més contaminants es desplacen cap a països en desenvolupament; idea, aquesta última, que és compatible amb la PHH pel fet que gran part dels països en desenvolupament tenen unes RMA més laxes.

La comprovació empírica, però, no ha donat suport a aquesta hipòtesi. Estudis realitzats per Javocik i Wei (2004), Millimet i List (2007), Dietzemberger i Mukhopadhyay (2007), Cole i Elliot (2007), entre altres, no troben suficient evidència de la seua existència.

Els motius per no trobar evidència de la PHH, segons Ederington et al. (2003), és que entre els països desenvolupats, endògenament similars, les diferents RMA incentiven les empreses a desplaçar l'activitat, però les activitats més contaminants no ho fan perquè les economies a escala, costos fixos i costos de transport no ho permeten. A més, la necessitat d'adaptar-se a les diferències en qualitat i quantitat en la dotació de factors interns no compensa l'avantatge mediambiental.

Copeland i Taylor (2004) van proposar la distinció entre PHH i el *pollution haven effect* (PHE):

- *Pollution haven effect* (PHE) implica que una RMA afecta la localització i els fluxos de comerç en forma d'avantatge comparatiu.
- *Pollution haven hypothesis* (PHH) implica que les RMA suposen un canvi sistemàtic en el comportament industrial.

En el cas del PHE, els estudis realitzats per List i Kunze (2000), Keller i Levison (2002), Greenstone (2002) o Levison i Taylor (2008), per posar una mostra, hi donen suport. Per una

altra part, D'Agostino (2015) considera que les empreses canviaran la localització de la producció sempre que no tinguin cap altra alternativa per a reaccionar front a les restriccions imposades per les RMA. Per a Kalanova i Johnston (2011) la localització de l'empresa en un país amb regulacions favorables és un avantatge competitiu a nivell industrial (paper, química o petroler) o empresarial. Zarsky(1999), però, considera que les empreses que inverteixen en aquests paradisos, normalment multinacionals, aporten tecnologies més netes que les locals, de manera que en lloc d'empitjorar la situació ambiental del país de destinació, la milloren. Finalment, Kolk i van Tulder (2010) pensen que la demanda de béns ambientals nets obliga les empreses a evitar de contaminar.

1.2. La hipòtesi de Porter

Porter (1991) i Porter van der Linde (1995) van introduir una idea totalment diferent a la PHH/PHE en considerar els efectes de les RMA sobre les decisions d'inversió de les empreses. Consideraven que l'increment de les polítiques mediambientals restrictives adoptades pels governs dissenyades de forma adequada podien millorar la competitivitat de les empreses i incentivar la innovació. Porter raonava que les RMA no només havien de servir per a solucionar una errada (externalitat) de mercat, sinó que podien servir per a estimular la investigació i influir en els costos de producció mitjançant el canvi tecnològic. Jaffe et al. (1995) va anomenar a aquesta idea com la hipòtesi de Porter (PH).

La PH va ser criticada, entre d'altres, per Palmer (1995) en considerar que no estava teòricament fonamentada ni hi havia cap evidència empírica que li donara suport. Whalley i Whitehead (1994) van considerar que no hi havia evidències de mecanismes secundaris que servien per a compensar part dels costos directes de les empreses per les RMA. Prèviament, Ladberg (1992) ja havia criticat el plantejament teòric i els exemples de Porter, com el de la indústria de la polpa i del paper suecs, en considerar que, realment, la majoria del sector va reaccionar negativament a les restriccions en l'ús de clor en el processo de blanquejament i que la reacció posterior va ser causada per factors diferents als simplement reguladors. Per a finalitzar aquestes primeres crítiques teòriques, Heyes (1999) va acceptar que era possible que els beneficis de les empreses per l'aplicació de les RMA excediren els costos però interpretava que darrere de la idea de la PH estava el fet que els costos de l'acció reguladora poden ser zero o fins i tot negatius, la qual cosa estimava inversemblant.

El plantejament inicial de Porter va modular-se davant aquestes crítiques fins que Jaffe et al. (1995) i Jaffe i Palmer (1997) van concretar els conceptes teòrics sobre la hipòtesi que s'ha mantingut fins ara. Ells van introduir per primera vegada tres nivells d'efectes en l'àmbit de la PH i que es poden definir com:

1. PH forta. És la versió dinàmica de la hipòtesi que implica que les RMA afecten positivament a mitjà termini el sector i l'economia en general perquè les empreses es reorganitzen per a millorar l'eficiència, la productivitat i aconseguir una reducció de

costos. Per a fonamentar la hipòtesi, Ambec i Barla (2002) van desenvolupar un model teòric i van concloure que les RMA poden augmentar simultàniament la investigació en R&D i els beneficis esperats de les empreses. Mohor (2002), per contra, va puntualitzar que l'efectivitat de la PH depèn del tipus de política adoptada.

2. PH menys forta. Parteix de la idea que les empreses no persiguen el fet d'aprofitar totes les possibilitats de productes o processos nous sota condicions de mercat normals. Els canvis a causa de certs tipus de RMA incentiven les empreses a trobar nous productes o processos que els permeti complir amb les regulacions millorant el compte de resultat. Les RMA estimulen la innovació i els beneficis derivats són superiors als costos.
3. PH feble. Implica que davant les RMA, les empreses intenten maximitzar resultats subjectes a les noves condicions, per la qual cosa apareixen oportunitats que, sense aquestes, no haguessen aparegut. Les RMA estimulen cert tipus d'innovacions i, a més, el cost d'oportunitat d'aquestes innovacions és major que el benefici net aconseguit.

S'han realitzat molts treballs empírics a nivell de país, sector i empresa per a comprovar les diferents versions de la PH. Aquesta investigació aporta una nova revisió al model empíric utilitzat en el treball fet per Jaffe i Palmer (1997) per al sector dels Estats Units d'Amèrica (USA) i aplicat recentment per Rubaskina et al. (2015) a països de la Unió europea (UE), per a aplicar-lo a un conjunt de dades de 14 països de l'OCDE i en utilitzar l'indicador *Environmental Policy Stringency* (EPS) creat per la mateixa OCDE com a variable representativa de les RMA de cada país.

El treball està organitzat de la manera següent: en l'apartat 2 es fa una revisió de la literatura econòmica sobre la PH; en l'apartat 3 s'exposa el model empíric utilitzat; en l'apartat 4 es mostren els resultats; i en l'apartat 5, les conclusions.

2. Revisió de la literatura

Un dels pocs estudis empírics que han comprovat les tres versions de la PH alhora és el de Lanoie et al. (2011) sobre dades de 7 països de l'OCDE mitjançant una enquesta a responsables empresarials. Troba un suport significativament alt a la versió feble, explicada per les respostes sobre recerca i desenvolupament en el sector ambiental; un suport significatiu en la versió menys forta, explicada per les preguntes sobre resultats mediambientals; i no-significació de la versió forta de la hipòtesi, explicada per les preguntes sobre els resultats empresarials.

El primer estudi empíric és de caràcter descriptiu. El treball de Lanjouw i Mody (1996) relaciona les regulacions mediambientals i l'activitat en investigació i desenvolupament que, en donar suport a la versió feble de la PH, i conclou que els esforços (costos) de les empreses d'Alemanya, Japó i USA, per a complir les noves normatives generen un increment de les

sol·licituds patens en tecnologies mediambientals amb 1 o 2 anys de retard, és a dir, es dona suport a la versió feble de la PH.

Els estudis de models econòmics que utilitzen l'estimació paramètrica de variables representatives de la innovació han utilitzat com a variable dependent el nombre de sol·licituds de patents i amb dades que mesuren una exigència major o menor en les RMA representades per les despeses per a la reducció i control de la pol·lució (*Pollution abatement and control expenditures – PACE*).

Amb aquest plantejament, seguint la versió feble de la PH, Brunnermeier and Cohen (2003) estudien la innovació ambiental de la indústria manufacturera a USA amb relació a les despeses de reducció de la pol·lució i l'aplicació de regulacions entre 1983 i 1992. Aquests autors van observar que la innovació mediambiental, mesurada amb el nombre de patents aplicades, va reaccionar davant l'increment de les despeses en reducció de la pol·lució però l'increment de la monitorització i el reforç dels controls sobre regulacions ja existents no van incentivar la innovació. A més van trobar l'evidència que la innovació mediambiental ocorre en indústries amb mercats internacionalment molt competitiu.

Popp (2005) estudia el paper de les patents com a indicador del canvi tecnològic i suggereix que en l'anàlisi de la relació entre innovació i RMA s'ha de tenir en compte la innovació induïda per les polítiques però també la innovació creada sense intervenció política i la difusió de les noves tecnologies a diferents regions o països. En un estudi empíric, Popp (2006) estudia la relació entre la innovació, mesurada per les patents, i la difusió en l'equipament de control de contaminació en plantes de producció elèctrica al Japó, Alemanya i USA, i les regulacions per a reduir les emissions de diòxid de sofre (SO_2) i diòxid de nitrogen (NO_x). Popp arriba a la conclusió que les innovacions estan clarament relacionades amb l'increment de les RMA restrictives en el país mateix però no responen als canvis legislatius d'altres països.

Un altre treball que relaciona les innovacions per a la reducció de les emissions de SO_2 , aproximada pel nombre de patents, i les RMA, entre 1970 i 2000 a 13 països de l'OCDE, està signat per De Vries and Withagen (2005). En un dels tres models testats, arriben a la conclusió que les polítiques mediambientals per a reduir les emissions de SO_2 són un incentiu per a adoptar noves tecnologies.

Carrion-Flores and Innes (2010) estudien les emissions de 127 indústries manufactureres entre 1989 i 2004 i troben que les innovacions van contribuir a la reducció de les emissions i que aquestes estaven influenciades per les polítiques mediambientals, malgrat que estimen en una ràtio (*environmental policy multiplier*) baix.

Johnstone et al. (2010) examinen l'efecte de les polítiques mediambientals en relació amb la innovació tecnològica en el sector les energies renovables, mesurat a través del nombre de patents, en un panell de dades de 25 països entre 1978 i 2003. A més de confirmar la PH en la

versió feble, conclou que cert tipus de polítiques com els certificats energètics comercialitzables o els subsidis, són necessàries per a incentivar la innovació en sectors de producció energètica, comparativament amb majors costos, com el de l'energia solar.

Lee et al. (2011) estudien la relació entre les patents sobre les tecnologies de control d'emissions en el sector de l'automòbil com a resposta a les RMA sobre el sector entre 1970 i 1998 a USA i conclouen que la intervenció governamental que obliga a l'adopció de noves tecnologies incentiva les empreses a innovar. A més, i en la mateixa línia que Popp (2005), en l'estudi es mostra que l'efecte temporal induït per les RMA entre les empreses americanes provoca que siguin més innovadores que les empreses estrangeres que operen en el mateix mercat.

Una altra variable dependent per a contrastar la PH és la despesa en R&D i Kneller and Manderson (2012) la utilitzen per a examinar la relació entre RMA i innovació en la indústria manufacturera del Regne Unit des de l'any 2000 al 2006. Aquests autors conclouen que la pressió en la reducció de la pol·lució, mesurada pels seus costos, estimula la investigació, la recerca i el desenvolupament en capital mediambiental, però aquest efecte no existeix per al conjunt del RD de les empreses. A més, assenyalen la possibilitat, no contrastada, de l'efecte expulsió de la recerca mediambiental en detriment de la recerca no mediambiental.

Per la seua part, Jaffe i Palmer (1997) van definir les tres versions de la PH i van plantejar un model econòmic amb la despesa en R&D i les patents com a variables dependents. Van contrastar-les amb dades de la indústria manufacturera d'USA des de 1976 a 1991. La principal conclusió d'aquests autors és que les despeses que les empreses han de pagar per a complir les RMA (retardada) tenen un efecte positiu sobre les despeses de R&D (PH feble), però poca evidència que els resultats positius d'aquesta recerca, mesurada en el nombre de patents aplicades amb èxit, estiguen relacionades amb els costos de compliment (PH menys forta).

Si seguim el plantejament anterior, Rubashkina et al. (2015) estudien la versió feble i forta de la PH amb dades del sector de les manufactures a 17 països europeus entre 1997 i 2009. Troben evidència de la versió feble en relacionar les despeses de reducció i de control de la contaminació (PACE) amb les patents i la R&D, però no troben aquesta relació en la versió forta quan la relacionen amb respecte a la productivitat.

Per a contrastar la versió forta de la PH, gran part dels treballs empírics utilitzen com a indicador dels resultats empresarials el factor total de la productivitat o, com es mostren en les estadístiques de l'OCDE, la productivitat multifactor. És el cas del treball de Berman and Bui (2001), on examinen l'efecte de les regulacions de qualitat de l'aigua sobre la productivitat en refineries de petroli a Los Angeles (USA) entre 1979 i 1992 i estableixen una clara relació entre les regulacions i l'increment de la productivitat a partir de 1987, en comparació amb la baixada de productivitat d'altres plantes.

Una gran part dels estudis sobre productivitat i RMA s'han centrat en la indústria manufacturera, com el treball d'Alpay et al. (2002) on van demostrar que les regulacions mediambientals en el sector de les manufactures alimentàries entre 1971 i 1994 van provocar una reducció dels guanys de les empreses però un increment de la productivitat a Mèxic i cap efecte a les empreses d'USA.

Murty (2003) va utilitzar dades de 92 empreses de la indústria del sucre a l'Índia entre 1996 i 1999 per a trobar suport a la PH en el sentit que les RMA sobre conservació d'aigua incrementava l'eficiència tècnica de les empreses.

En una línia semblant, Lanoie et al. (2008) estudien la versió forta de la PH en el sector de les manufactures a la regió canadenca de Quebec i arriba a tres conclusions: que l'efecte de les RMA sobre la productivitat en el mateix període és negatiu; que aquest efecte passa a ser positiu amb les variables retardades, resultat compatible amb la teoria de Porter; i, finalment, l'efecte positiu és més important en les indústries amb una major competència internacional.

Rutqvist (2009) estudia l'efecte de les RMA en 48 empreses manufactureres contaminants d'USA (agregades en tres grups) entre 1999 i 2005 sobre l'evolució de l'ocupació en un model on contrasta les versions fortes i menys fortes de la PH i la PHH. Els resultats no donen suport a la versió forta de la PH en el sentit que les RMA no milloren la competitivitat general de les empreses, però observa que les empreses reaccionen compensant l'increment de costos amb mecanismes d'innovació tecnològica per a mantenir la competitivitat internacional. Per una altra part, puntualitza que els resultats presenten una heterogeneïtat en funció del subsector estudiat i recomana de crear polítiques mediambientals flexibles com, per exemple, mitjançant mecanismes de mercat.

Finalment, Greenstone et al. (2012) relacionen l'efecte de les RMA de qualitat de l'aire per a la reducció de l'ozó, partícules i diòxid de sulfur amb una reducció de la productivitat a les plantes manufactureres d'USA, però una millora quan analitzen la regulació sobre emissions de monòxid de carboni.

Amb dades més detallades a nivell d'empresa i obtingudes a través del panell d'innovació de Mannheim, Rennings i Rammer (2010) troben que les innovacions en productes i processos relacionats amb el mediambient a Alemanya entre 2000 i 2002 no és diferent a la resta d'innovacions quant a l'efecte sobre beneficis i estalvi en costos. Tanmateix, troben diferències quan analitzen les innovacions induïdes per RMA: les regulacions sobre mobilitat sostenible tenen un efecte positiu sobre les vendes mentre que les regulacions sobre gestió de les aigües tenen un efecte negatiu.

En un estudi molt semblant a nivell empresarial, Rexhäuser and Rammer (2014) distingeixen entre innovacions induïdes per les regulacions i innovacions ambientals voluntàries per a comprovar la PH i conclouen que per als dos casos no es pot acceptar amb caràcter general la

hipòtesi, però els resultats han d'interpretar-se amb cautela a causa d'un possible biaix en les dades de les enquestes rebudes de les empreses alemanyes.

Els estudis més recents sobre aquest tema es basen en dades sobre comerç exterior i formulacions d'equacions gravitacionals, com el treball de Costantini i Mazzanti (2012) on estudien la versió forta i menys forta de PH amb dades d'exportacions de la EU15 i 145 països importadors entre 1996 i 2007. Aquests autors rebutgen la relació positiva en el conjunt de les exportacions, però sí l'accepten en el cas de les exportacions de productes mediambientals.

També trau resultats contradictoris De Santis (2012) en constatar un efecte negatiu de les RMA pel que fa a les relacions bilaterals de comerç exterior del països de la UE15 en estimar una equació gravitacional amb dades de 1988 a 2008. De Santis hi observa un efecte positiu amb l'entrada en vigència dels tractats mediambientals més importants (UNFCCC, Kyoto i Montreal).

Sauvage (2014) troba suport al fet que les RMA influeixen positivament l'especialització en productes ambientals de les empreses del país. Com a conseqüència, aquestes empreses milloren el seu avantatge competitiu i, en augmentar l'interés a nivell mundial dels països per a adoptar aquelles RMA, incrementen les exportacions. Aquesta recerca utilitza l'índex de restricció de les polítiques ambientals (EPS) com a variable explicativa de les RMA.

Finalment, Groba (2014) utilitza una equació gravitacional per a analitzar el rol de les polítiques mediambientals sobre les energies renovables i de les barreres comercials sobre la exportació de components electrònics d'energia solar en 21 països de la OCDE exportadors i 118 països importadors entre 1999 i 2007. Els resultats avalen l'existència de la versió menys forta de la PH i, a més, determina que aquell país que introdueix les RMA més prompte incrementa les exportacions en major quantitat.

3. Model empíric i dades

3.1. Model

El model teòric general és:

$$C=f(ER,Z) \quad (7)$$

Oc C representa a l'indicador de competitivitat o innovació, ER representa el grau de restricció en la RMA i Z són les variables de control que arpleguen l'heterogeneïtat de cada país/sector.

En la taula 76 es mostren les característiques dels estudis que han utilitzat el model.

Taula 76.: Característiques dels models en treballs previs

Treball	Variable dependent	Variables independents	Estimació
Jaffe i Palmer (1997)	Patents i R&D	PACE, Valor afegit, despesa en R&G governamental, patents estrangeres	LS amb FE
Brunnermeier (2003)	Patents	PACE, nombre de visites d'inspecció, intensitat en les exportacions, valor dels transports industrials, grau de concentració industrial i intensitat de capital de les empreses	LS amb FE, Poisson, Màxima Verosimilitud (FE i RE) binomial negatiu
De Vries (2003)	Patents	PIB, valor afegit, emissions d'òxids de sofre i emprats en R&D	LS amb VI
Lanoie (2008)	Productivitat	Ràtio entre el valor d'investigació en equips de control de la pol·lució, OSH (índex de regulació en seguretat en el treball), canvis en el nivell de producció, índex de capacitat utilitzada	GLS
Johnstone (2010)	Patents	Índex polítiques (construït a partir de tarifes d'alimentació elèctrica, REC, incentius d'investigació, taxes, preus administrats, etc.), R&D, Consum elèctric, preus de l'electricitat, sol·licituds a l'EPO ¹¹ de patents de totes les tecnologies	Màxima Verosimilitud (FE) binomial negatiu
Kneller (2012)	R&D, despeses de Capital (mediambiental i total)	Despesa en operacions ambientals, despesa en el control de la pol·lució en la fase final de la cadena de valor, valor afegit, grau de concentració empresarial, percentatge del pagament en relació a treballadors qualificats en relació al valor afegit i índex d'obertura comercial	GMM
Rubashkina et al. (2015)	R&D, patnts i TFP	PACE, valor afegit, despesa governamental en R&D, estoc en R&D, estoc en patents, intensitat de les exportacions, ràtio de penetració de les importacions, naixement i mort de les empreses	2SLS i IV-GMM

En aquest treball apliquem el model amb les variables utilitzades originalment per Jaffe i Palmer (1997). com a model base i, a més d'estudiar la versió feble de la PH, l'apliquem sobre la productivitat per a testar la versió forta. A continuació utilitzem el model ampliat basat en el treball de Rubashkina et al. (2015) per a incloure-hi més variables explicatives. Finalment, ampliem les tècniques econòmriques aplicades amb l'estimació per quantils amb l'objectiu de diferenciar els països més innovadors dels que menys inverteixen en innovació.

El primer dels models empírics que utilitzem es basen en els introduïts per Jaffe i Palmer (1997) per a testar la relació entre les MA i les conseqüències en l'economia i la innovació:

$$\log(RD)_{jit} = \beta_1 \cdot \log(VA)_{jit} + \beta_2 \cdot \log(GRD)_{it} + \beta_3 \cdot \log(EPs)_{i,t-1} + \alpha_{ij}^R + \mu_t^R + \epsilon_{ijt}^R \quad (8)$$

Amb el subíndex *i* que representa els sectors, i amb *t* que són els anys. A més:

11 EPO és l'oficina europea de patents.

- *RD* les despeses en recerca i desenvolupament.
- *VA* és el valor afegit per al sector *i*.
- *GRD* és una variable que representa els fons dedicats per l'Estat en RD al sector *i*.
- *EPS*, originàriament, és la despesa en control de la pol·lució (del *Census Bureau's Pollution Abatement Cost and Expenditure Survey* d'USA) com a *proxy* de les restriccions en RMA. En el model d'aquest treball utilitzem l'índex de restricció de la política mediambiental elaborat per al OCDE (*EPS*) en lloc de *PACE* com a indicador de les restriccions reguladores.
- α_{ij} i μ_t recullen els efectes fixos de país-sector i de temps.

El model contempla variables per a efectes fixos de país-sector i de temps. A més, utilitza la variable *ESP* (*PACE* originàriament) amb 1 i 5 retards per a controlar l'efecte a curt i llarg termini de les RMA sobre els projectes d'innovació. A l'hora de presentar els resultats, ens referirem al model expressat en la formula 8 com a model 1a.

A més, van formular una equació per a estimar l'efecte de les RMA sobre el nombre de patents (model 1b):

$$\log(P_T)_{it} = \gamma_1 \cdot \log(VA)_{it} + \gamma_2 \cdot \log(FPT)_{it} + \gamma_3 \cdot \log(EP_S)_{i,t-1} + \alpha_i^P + \mu_t^P + \epsilon_{it}^P \quad (9)$$

Junt amb variables ja explicades, utilitzen:

- *PT* són les patents aplicades amb èxit per les empreses en l'any *t*
- *FPT* són les patents aplicades amb èxit en el país (USA en el treball original) per empreses estrangeres.

Aquest model contempla efectes fixos de país i de temps i amb la variable *ESP* amb 1 i 5 retards. Al model de la formula 9 l'anomenarem model 1b.

A més, en aquesta investigació s'aplicarà un model per a la productivitat basat en el treball formulat per Jaffe i Palmer (1997) amb l'objectiu de comprovar la hipòtesi forta de Porter (model 1c):

$$\log(TPF)_{ijt} = \gamma_1 \cdot \log(VA)_{ijt} + \gamma_2 \cdot \log(GRD)_{it} + \gamma_3 \cdot \log(EP_S)_{i,t-1} + \alpha_{ij}^P + \mu_t^P + \epsilon_{ijt}^P \quad (10)$$

On:

- *TFP*, *total factor productivity*, és a dir, la productivitat multifactorial per al sector *i* l'any *t*
- *EPS* l'índex de restricció de la política mediambiental de cada país en el moment *t*

El model contempla efectes fixos de país-sector i efectes fixos de temps. Al model de la formula 10 l'anomenarem model 1c.

Aquestes formulacions, utilitzades per a l'estudi de la PH amb dades del mercat manufacturer a USA, es poden transformar en una versió més general: la variable independent d'interés, *TI*,

és la millora que experimenta l'economia de forma global o mediambiental en funció del major o menor grau de restricció de les regulacions, *EPS*, i s'inclouen altres variables independents que serveixen per a recollir les diferències entre sectors o països. Es pot formular (Rubashkina et al., 2015):

$$\log TI_{ijt} = \beta \cdot \log EPS_{ijt-q} + \gamma \cdot \log Z_{ijt-1} + \alpha_{ij} + \mu_t + \epsilon_{ijt} \quad (11)$$

On:

- TI_{ijt} és la variable que representa l'efecte sobre l'economia de les RMA: investigació (R&D), innovació (patents) o productivitat del país i , sector j a l'any t .
- EPS_{ijt} és l'indicador de RMA. Originàriament Rubashkina utilitza PACE però en el treball utilitzem EPS.
- Z_{ijt} és un vector que arreplega l'heterogeneïtat entre països o sectors; variables que recullen l'efecte fix de país i de temps.

Les variables utilitzades per a estimar les diferències de sector són:

- En tots els models: valor afegit, ràtio de penetració de les importacions, intensitat del sector exterior i , originàriament, el naixement i la mort d'empreses del sector. Aquestes dues últimes variables tenen un greu problema de manca de dades disponibles per la qual cosa, en el model aplicat, utilitzem per a aproximar el canvi cíclic la taxa de variació del nombre de treballadors per sector i país.
- En l'estimació de la R&D (model 2a): la despesa governamental en R&D i l'estoc en inversió R&D.
- En l'estimació del nombre de patents (model 2b): la despesa governamental i l'estoc de patents.
- En l'estimació de la productivitat (model 2c): només les variables comunes.

En el treball original s'apliquen diferents retards a la variable PACE: 1 període per a estimar R&D i 2 per a les patents. A més, utilitzen variables instrumentals per a evitar l'endogeneïtat de la despesa en el control de la pol·lució de les empreses dins el model.

La variable EPS no presenta cap problema d'endogeneïtat perquè, com explicarem amb més detall, és un índex complex confeccionat de manera que és exogen al comportament de les empreses. Per una altra part, introduïrem retards de 1 i 5 períodes per raons de comparabilitat amb el model 1.

3.2. Dades

S'han elaborat diferents conjunts de dades de 14 països de l'OCDE: Austràlia, Bèlgica, Txèquia, Finlàndia, França, Alemanya, Hongria, Itàlia, Japó, Corea, Noruega, Portugal, Gran

Bretanya (UK) i Estats Units d'Amèrica (USA). Per als models c, s'ha exclòs Corea, Noruega i Portugal per falta de dades. Les variables dependents són:

- RD és la despesa empresarial en recerca i desenvolupament mesurada en dòlars a preus constants (PPP) de 2010 per país, sector i any.
- PT és el nombre de sol·licituds de patents realitzades simultàniament a les tres principals oficines del món (*triadic patent: European Patent Office, the United States Patent and Trademark Office i el Japan Patent Office*) i pel país del creador de l'invent.
- TFP és la productivitat multifactorial (*total factor productivity, TFP*) per sector, país i any¹².

Les variables independents són:

- EPS, és l'índex de restricció de la política mediambiental elaborat per a l'OCDE.
- VA, és el valor afegit brut per país (en milions d'unitat monetària), per sector i any a preus corrents i en moneda nacional al qual s'ha aplicat un factor de correcció, obtingut de la base de dades del Banc Mundial, per a tenir les dades valorades a preus constants en dòlars PPP.
- M_PE, és la ràtio de penetració de les importacions per país i any, calculat en dividir les importacions per les importacions més el PIB.
- X_IN, és la intensitat del comerç exterior per país i any, mesurat com la proporció entre les exportacions i el PIB.
- K_RD, és l'estoc de R&D per país, sector i any calculat pel mètode d'estoc permanent amb una depreciació estimada de 10 anys.
- K_PT, és l'estoc de patents per país, sector i any calculat pel mètode d'estoc permanent amb una depreciació estimada de 10 anys.
- GRD, és la despesa governamental en R&D mesurada per país.
- F_PT, és el nombre de sol·licituds de patents realitzades per empreses no residents a l'oficina, per país i any.
- LAB, és la variació en el nombre de treballadors per país, sector i any calculat com el logaritme natural del nombre de treballadors d'un any menys el logaritme natural del nombre de treballadors de l'any anterior.

12 Dades obtingudes d'*EUKLEMS database* versió 3, amb any base 1995, i versió 4, sobre el qual s'ha fet un canvi de base de 2005 a 1995. Per a Austràlia les dades s'han obtingut de la seua estadística, *Australian Bureau of Statistics*, i sobre les quals s'ha calculat un canvi de base de 2012 a 1995.

3.2.2. Patents

La base de dades PATSTAT va ser creada per l'*European Patent Office* (EPO) a instàncies de l'OCDE i ofereix un gran quantitat d'informació sobre més de 80 oficines de patents mundials entre les quals es troben les més importants: l'EPO mateixa, l'oficina nordamericana de patents (USPTO), l'oficina japonesa (JPO), i les oficines de tramitació internacional de patents WIPO i NSF¹³.

L'ús de les patents com a indicador de la innovació tecnològica presenta un seguit de problemes Hašič (2014).

- Primerament, les patents protegeixen el dret legal d'explotar una innovació en l'àmbit territorial de l'oficina on s'ha sol·licitat. Si el que es vol és una protecció en tot el món, s'hauria de sol·licitar en les diferents oficines de patents del món o utilitzar un procediment internacional. D'aquest fet es deriven diferents problemes: la normativa de protecció és local i heterogènia; una mateixa innovació pot estar registrada diverses vegades, tantes com àmbits geogràfics es vol assolir i es poden comptabilitzar dues vegades; hi haurà innovacions amb protecció de caràcter local, nacional, regional i mundial; les empreses poden optar per registrar patents defensives, és a dir, per a evitar que altres empreses ho facen.
- A més, hem d'afegir que nombroses innovacions no són patentades perquè tenen un altre tipus de protecció o es prefereix conservar-la com a secret industrial.
- El valor de les patents és un element que introdueix un element heterogeni i de biaix perquè hi ha moltes sol·licituds d'invençions de poc valor econòmic i molt poques que tenen un valor alt.
- Finalment, la tendència a patentar és molt diferent entre països i sectors.

Una solució per a evitar alguns dels inconvenients esmentats és la utilització de famílies de patents. Una família és un conjunt de sol·licituds o aprovacions de patents que figuren en diferents oficines però que estan relacionades entre elles per tenir un o més d'un camp comú.

L'ús de famílies de patents presenta una sèrie d'avantatges, Martínez (2010):

- Elimina el doble recompte d'una mateixa innovació.
- No inclouen les sol·licituds locals, generalment d'un valor econòmic escàs.
- Inclouen les patents amb una repercussió internacional, amb un major valor econòmic i amb una utilitat més gran com a indicador de tendència econòmica a la innovació.

13 WIPO és la *World intellectual property services* i NSF és la *National science foundation*.

- Les famílies de patents eliminen el biaix que es produiria si no es té en compte que una empresa pot tardar un any des de la primera sol·licitud a l'oficina local per a estendre la protecció a nivell mundial.

La família de patents anomenada *triadic family* és confeccionada i publicada per l'oficina estadística de la OCDE a partir de les dades de PATSTAT. Aquesta família comptabilitza les patents de les mateixes característiques realitzades en les tres oficines més importants del món: l'EPO, la USPTO i la JPO¹⁴. Les patents amb aquestes característiques representen, aproximadament, un 21% del total de sol·licituds.

El seu ús ofereix certes avantatges: és un bon indicador de patents amb valor econòmic, perquè les empreses han de fer un esforç econòmic i de gestió per a aconseguir-les; són un bon indicador de la innovació de les empreses; elimina amb total seguretat el doble recompte (Martínez, 2010).

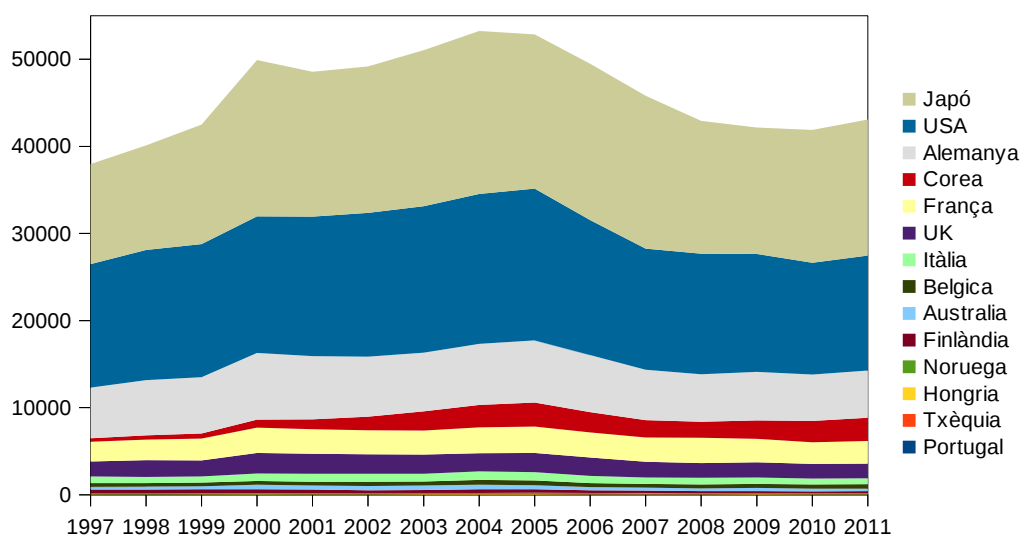
Com a inconvenients cal assenyalar que el seu caràcter restrictiu no permet una anàlisi de detall per tecnologies a causa que la freqüència de zeros en el conjunt de dades és molt alta (Haščič 2014).

En aquest treball utilitzem, per les raons exposades, dades per països de les *triadic patent family* per a estimar la relació entre les RMA i la innovació. Les patents són, per això, un bon indicador dels resultats de les empreses dels diferents països en l'esforç en R&D i, com que les patents que comptabilitzem en aquesta família tenen un cert valor econòmic, representen bé les innovacions aplicades en nous productes i processos.

Seria raonable esperar que el nombre de patents inscrites en les oficines de registre estiguen relacionades amb l'esforç en R&D i, en general es compleix. Però, com podem observar al gràfic 17, hem d'apuntar algunes diferències: USA, amb un esforç del 47% de despesa en R&D, registra només un 30.7% del total de patents; mentre que el Japó, amb un esforç del 18%, registra un 36.2% de patents; i Alemanya, amb un 10% de despesa en R&D, registra un 12.6% de les patents. La causa de les diferències la podem trobar en les diferents legislacions en matèria de protecció de la propietat intel·lectual entre països i de criteris en la comptabilització de les patents. En tot cas, s'ha de tenir present aquest fet a l'hora d'interpretar un possible biaix en les dades d'aquesta variable.

14 Comptabilitza les sol·licituds de les oficines europea i japonesa i afegeix les patents concedides per l'oficina nordamericana (ajustada en els 18 mesos que tarda la USPTO en publicar les sol·licitud o, per a les patents més antigues, el temps requerit per a l'estudi i informe, que en el cas de la USPTO és de 36 mesos de mitjana). Per aquest motiu, la publicació de les dades sobre patents es retarda, actualment, 2 anys.

Gràfic 17: Evolució del nombre de patents sol·licitades per països



3.2.3. TPF

El concepte de *Total factor productivity* TPF, introduït per Solow (1957), reflecteix l'eficiència amb què els factors treball i capital són utilitzats conjuntament en el procés de producció. Els canvis en el TPF són un reflex dels canvis produïts en les empreses quant a les pràctiques de gestió, l'ús de les marques, les estructures de l'organització, el coneixement general, els efectes de xarxa, les externalitats en els factors de producció, els ajustos en costos i les economies a escala (van Beveren, 2012). Per a comprovar la hipòtesi de Porter en la versió forta, el TPF és un bon indicador perquè, pel seu caràcter general, arreplega els efectes que les RMA tenen sobre la competitivitat i els resultats de l'empresa.

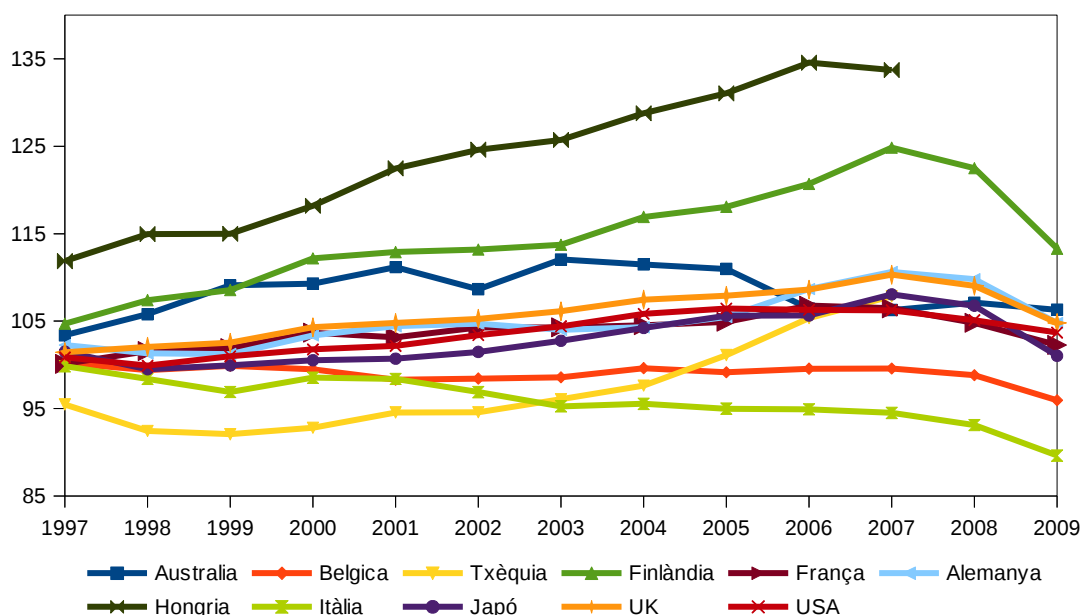
Les dades que utilitzem en el model s'han extret de la base de dades EU KLEMS en les versions 3 i 4. Aquesta base de dades és un projecte impulsat per la UE per a l'obtenció de dades fiables sobre ús de factors productius, amb una diferenciació del tipus de capital utilitzat i de la qualificació laboral.

Si observem l'evolució de la productivitat en el gràfic 18, trobem que hi ha un període de creixement entre el 2000 i el 2007 en el conjunt de les economies, excepte per a Bèlgica i Itàlia, especialment aquest últim amb un retrocés del 5%. Destaquen Hongria i Finlàndia amb increments de prop del 19% i Txèquia del 13%. En el període posterior, entre 2007 i 2009, hi ha una caiguda generalitzada del TFP.

Segons van Beveren (2012), a l'hora d'interpretar resultats hem de tenir en compte els inconvenients de l'ús d'aquest indicador:

- TFP està influït pel cicle econòmic.
- No té en compte alguns factors difícils de quantificar, com la qualitat o el disseny dels productes.
- És sensible a altres efectes com, per exemple, el funcionament de mercats imperfectes.

Gràfic 18: Evolució del TPF per països



3.2.4. EPS

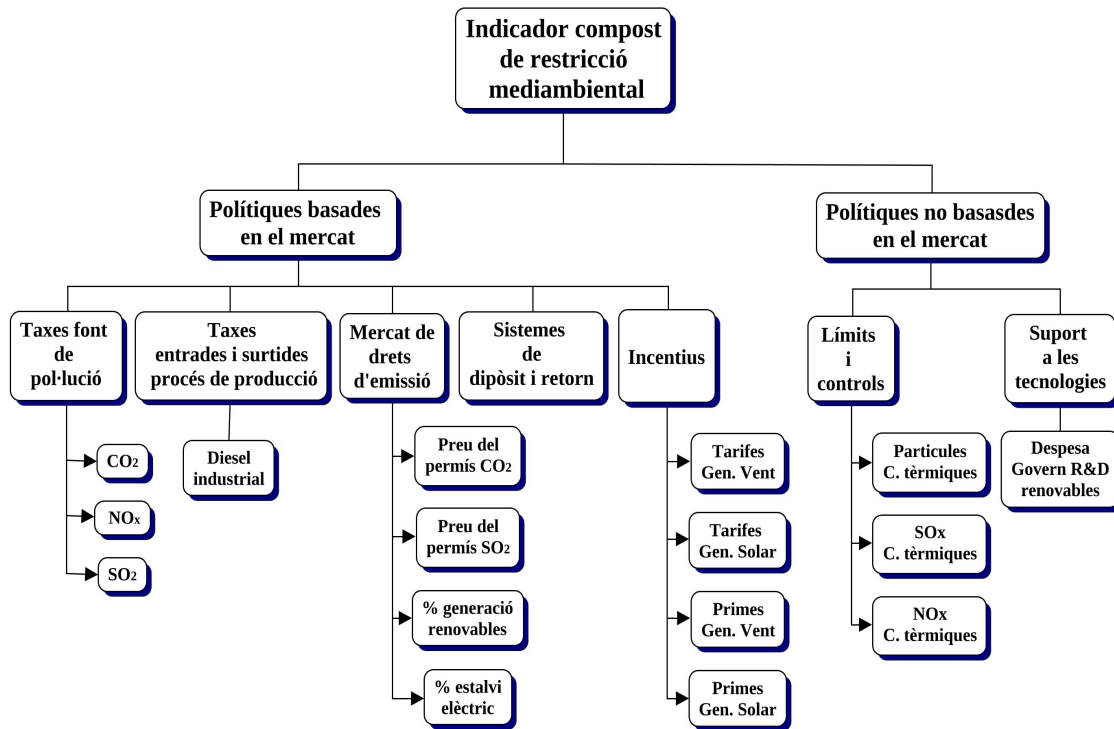
Per a poder comprovar la PH es necessita un bon indicador de la major o menor restricció de cada país en les RMA. No obstant això, és difícil mesurar-la a causa de les seua complexitat. S'ha de combinar informació quantitativa i qualitativa continguda en instruments normatius (lleis reguladores) de manera que es dispose d'una mesura comparable, específica de cada país (Botta i Koźlak, 2014).

Com hem vist, en una gran quantitat de treballs empírics s'ha utilitzat com a variable *proxy* de la restricció en les RMA la despesa en la reducció i el control de la contaminació (PACE). Aquesta variable presenta un seguit d'inconvenients :

- Els canvis en PACE es produeixen per diferents factors i no només per l'adaptació de l'empresa a les RMA.
- L'actuació de l'empresa per a reduir els efectes de les RMA poden no registrar-se en forma de despesa com, per exemple, els acords d'externalització o la deslocalització.
- Aquelles economies caracteritzades per una gran presència d'indústria pesada és més probable que presente un alt nivell de despesa en comparació amb altres economies amb major presència dels serveis (Brunel i Levison, 2013)
- La variable PACE presenta problemes de comparabilitat a través del temps i entre països, i d'endogeneïtat respecte a altres indicadors econòmics (Koźluk i Zipper, 2014).

Per a evitar aquests problemes en el treball utilitzem l'índex de restricció de la política mediambiental de la OCDE. És un indicador compost resultat d'agregar indicadors individuals sobre instruments (15 basats en el mercat i 3 generals) de política mediambiental¹⁵. En l'esquema del gràfic 19 es mostra el detall els instruments que s'utilitzen en l'elaboració de l'índex EPS calssificats per tipus de política i d'indicador.

Gràfic 19: Esquema d'indicadors utilitzats per l'OCDE per a construir l'índex EPS



L'evolució d'aquest índex per països es pot observar al gràfic 21 i en la taula 81 de l'annex. S'observa un increment del conjunt dels països a partir del 2002. Els països amb major índex EPS entre 2002 i 2011 són Txèquia, Corea, Alemanya amb anys que superen els 3 punts. El dos últims anys s'observa una reducció del conjunt dels països de l'índex EPS.

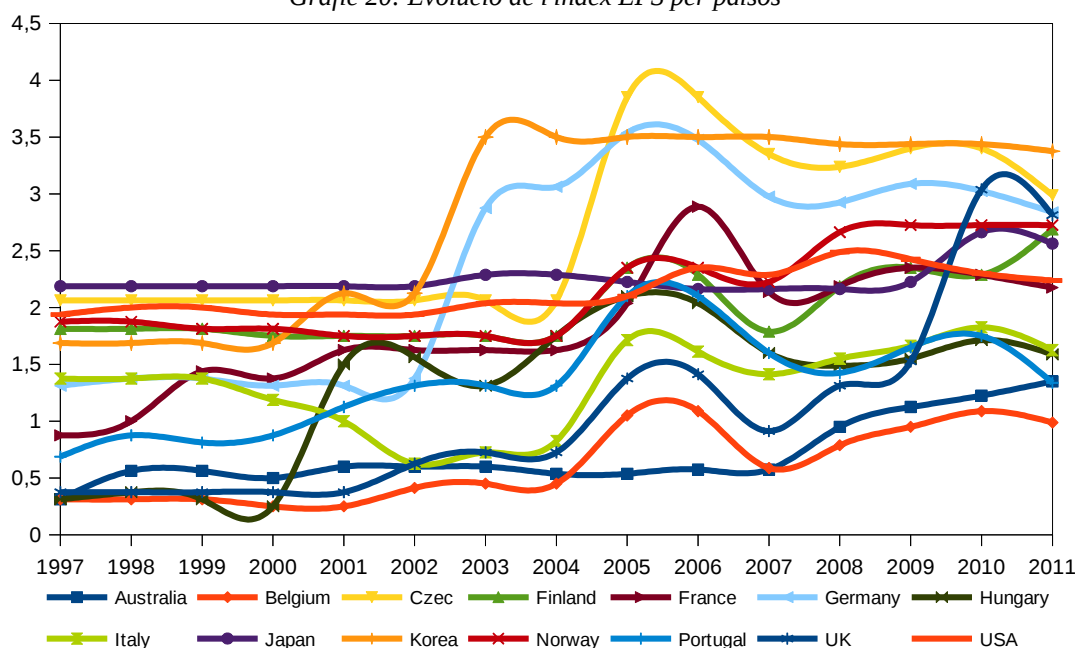
Com podem veure en la taula 77, les variacions del grau de restriccions en les RMA són molt diverses entre països: d'un increment de 6.5 vegades en l'índex de Gran Bretanya, produït especialment en els darrers anys, o 4 i 3 vegades a Hongria i Austràlia passm a l'altre extrem amb increments al voltant del 15% a USA, Japó i Itàlia.

15 Per ara no inclou indicadors sobre generació d'energia nuclear o hidroelèctrica ni sobre l'ús del sol. Tampoc utilitza indicadors que reflectisquen les regulacions voluntàries, cosa que pot provocar un cert biaix en contra dels països que, com el Japó, basen la política en RMA en aquest tipus de mesures.

Taula 77: Percentatge de variació de l'índex EPS entre 1997 i 2011

Austràlia	Bèlgica	Txèquia	Finlàndia	França	Alemanya	Hongria	Itàlia	Japó	Corea	Noruega	Portugal	UK	USA
332%	216%	45%	48%	149%	116%	408%	18%	17%	100%	45%	95%	650%	15%

Gràfic 20: Evolució de l'índex EPS per països



4. Resultats

4.1. Resultats del model base

Taula 78.: Resultats model base

Variable	1a - R&D		1b - Patents		1c - TFP	
	k=1 retard	k=5 retards	k=1 retard	k=5 retards	k=1 retard	k=5 retards
Constant	18.53 (1.41)***	22.72 (1.71)***	0.95 (0.42)***	2.69 (0.54)***	4.40 (0.39)***	4.29 (0.48)***
Log EPS(-k)	0.01 (0.063)	0.14 (0.08)*	0.16 (0.023)***	0.06 (0.02)***	0.06 (0.02)**	0.02 (0.01)
Log VA	0.55 (0.10)***	0.23 (0.10)**	0.001 (0.003)	0.00 (0.00)	0.01 (0.03)	0.01 (0.03)
Log grd	-0.072 (0.021)***	-0.062 (0.029)**	-	-	0.01 (0.00)	0.001 (0.007)
Log FPT	-	-	0.76 (0.04)***	0.61 (0.05)***	-	-
R ²	0.97	0.98	0.99	0.99	0.80	0.90
S.E.	0.55	0.45	0.15	0.13	0.08	0.07
Estadístic F	308.35***	340.74***	8212***	9266***	33.32***	46.64***

* significatiu al 10%, ** significatiu al 5%, *** significatiu a l'1%

Models d'estimació LS amb efectes fixos de país-sector i temps amb correcció HAC (Newey-West)¹⁶

16 En el model 1b només amb efectes de país.

En el model 1a, que estima les despeses de R&D, s'observa que el coeficient d'EPS no és significativa amb 1 retard però és significatiu i positiu, al 10% de significació, amb 5 retards. Això implica que les polítiques mediambientals no tinguen efectes sobre la decisió de les empreses en les despeses en R&D a l'any següent d'adoptades, però incentiven l'increment de les despeses després de 5 anys, cosa que confirma la versió feble de la PH.

La variable que representa la dimensió del país i sector és significativa i positiva, és a dir, que els països i sectors de major dimensió tenen un major nivell de R&D. La despesa governamental en R&D és significativa i negativa, la qual cosa es pot interpretar com un efecte expulsió de les inversions empresarials.

En el model 1b, l'índex de restricció de les polítiques mediambientals, EPS, és significatiu i positiu tant per a 1 any de la variable retardada com per a 5 anys. Aquest resultat confirma la hipòtesi feble de Porter de forma que les regulacions provoca una reacció de les empreses en innovació per a compensar la pèrdua de competitivitat originada per l'increment dels costos en la reducció de la contaminació.

La participació estrangera en la innovació a través de la sol·licitud de patents és significativa i positiva, indicatiu del caràcter multinacional de la innovació.

Finalment, el model 1c, que estima la versió forta de la PH, és sensible als retards: amb un retard, EPS és significativa però amb 5 retards ja no ho és. Aquest resultat implica una influència positiva, però molt feble i a curt termini, de les RMA en la millora general dels resultats de les empreses, mesurats per la productivitat del conjunt de factors utilitzats.

Aquests resultats són contraris als obtinguts per Jaffe i Palmer (1997) respecte la variable que representa les restriccions mediambientals (PACE en Jaffe i EPS en la nostra investigació) tant per a R&D com per a les patents, però confirmen els resultats del treball de Rubashkina et al. (2015). En relació amb el valor afegit i les patents de països estrangers presenten els mateixos resultats però no per a la despesa del govern en R&D perquè s'ha obtingut un coeficient amb signe negatiu diferent al positiu del treball original.

4.2. Resultats del model ampliat

En el model ampliat, hem aplicat diferents retards a la variable que representa les RMA. Així, per a la R&D s'ha aplicat 1 i 5 períodes de retard, a la vista del resultat del model anterior i per a arregar millor l'efecte a llarg termini en les operacions d'innovació de les empreses.

En el model 2a, la variable EPS no és significativa amb qualsevol retard, la qual cosa significa que no es pot acceptar la hipòtesi de Porter respecte a la despesa en R&D.

Taula 79.: Resultats model 2

Variable	2a - R&D		2b - Patents		2c -TFP	
	k=1 retard	K=5 retards	K=1 retard	K=5 retards	K=1 retard	k=5 retards
Constant	7.25 (1.94)***	16.84 (2.29)***	0.834 (0.496)*	5.33 (0.82)***	4.26 (0.44)***	4.10 (0.49)***
Log EPS	0.03 (0.08)	0.12 (0.07)	0.097 (0.020)***	0.04 (0.02)**	0.05 (0.02)**	0.02 (0.02)
Log VA(-1)	0.63 (0.127)***	0.29 (0.12)**	-0.001 (0.003)	0.00 (0.00)	0.06 (0.03)*	0.06 (0.04)
Log GRD(-1)	-0.066 (0.02)***	-0.053 (0.03)*	0.01 (0.004)	0.013 (0.01)**	0.002 (0.01)	-0.003 (0.01)
Log KRD (-1)	0.44 (0.067)***	0.27 (0.074)***	-	-	-	-
Log KPT (-1)	-	-	0.68 (0.03)***	0.29 (0.05)***	-	-
X_IN(-1)	-0.90 (0.29)***	-0.66 (0.35)*	-0.16 (0.11)	-0.18 (0.15)	-0.25 (0.07)***	-0.13 (0.08)*
M_PE(-1)	0.06 (0.19)	-0.43 (0.22)**	0.57 (0.22)***	0.52 (0.24)**	0.03 (0.03)	0.02 (0.05)
LAB(-1)	0.49 (0.26)**	0.30 (0.31)	0.070 (0.077)	-0.006 (0.07)	-0.06 (0.06)	-0.03 (0.07)
R ²	0.97	0.98	0.99	0.99	0.82	0.90
S.E.	0.51	0.44	0.18	0.15	0.079	0.07
Estadístic F	349.44***	347.18***	5265***	5735***	35.55***	48.72**

* significatiu al 10%, ** significatiu al 5%, *** significatiu a l'1%

Models amb estimació LS d'efectes fixos de país-sector i temps amb correcció HAC (Newey-West)

Per una altra part, les característiques que determinen una major o menor despesa en R&D són:

- VA: amb una relació directa, la qual cosa explica que els països i sectors amb major capacitat de generar més valor afegit tenen, lògicament, una major capacitat de gastar en recerca i innovació.
- GRD: la despesa pública en R&D presenta una relació inversa respecte a la despesa empresarial que, com hem vist en el model 1, podria indicar un efecte d'exclusió de la inversió del sector privat.
- KRD: l'estoc de recerca i desenvolupament representa el coneixement acumulat per les empreses quan inverteixen que, en tenir signe positiu, indica que l'acumulació de l'experiència passada en despeses en R&D estimula les empreses innovadores a continuar innovant.
- X_IN: la intensitat exportadora és un indicador de la competitivitat exterior i presenta un sorprenent signe negatiu. S'esperaria un signe positiu perquè una major competència en els mercats exteriors estimula la R&D de les empreses per a situar-se en un posició d'avantatge comercial.
- M_PE: la penetració del comerç exterior té signe negatiu amb 5 períodes de retard, la qual cosa confirma la visió de Schumpeter en el sentit que la major competència exterior perjudica la innovació.

En el model 2b, EPS és significativa i de signe positiu, però perd significació amb un retard major. Les RMA tenen un efecte positiu immediat en la productivitat de la recerca i desenvolupament que s'esvaeix amb el temps. La magnitud d'aquest influència es troba entre d'entre el 10% i el 4.3% d'increment en les patents per cada punt en l'índex EPS.

Les altres variables explicatives significatives són:

- K_PT: l'estoc de patents influeix positivament sobre el nombre de sol·licituds de patents. Reafirmem que els països que tenen nivells alts de protecció a la innovació, tenen una major propensió a continuar patentant. Cal recordar que 3 països del conjunt estudiat acaparen el 80% de les sol·licituds de patents.
- M_PE: la penetració de les importacions té, a diferència de la R&D, un signe positiu i suposa que una major competència externa en els mercats interiors estimula el registre de noves patents.

Els resultats obtinguts en el models 2a i 2b són semblants als d'altres treballs amb relació a l'efecte de les RMA i l'estoc de capital (Rubashkina et al., 2015; Johnstone et al., 2010; de Vries i Withagen, 2005). En canvi, la influència de la penetració de les importacions i la intensitat exportadora mostren la mateixa significació però amb signes contraris. El conjunt de països seleccionat, més homogeni en el cas dels països de la UE amb l'exclusió d'Alemanya, pot justificar aquesta diferència de comportament.

Respecte al model 2c, EPS és significativa i positiva a curt termini però, de la mateixa manera que el primer model, deixa de ser significativa amb un retard de 5 anys. Aquest resultat és una confirmació feble de la PH que difereix dels resultats d'altres treballs en què, o no es trobava relació significativa (Rubashkina et al., 2015) o es va trobar però amb resultats contraris (Lanoie et al., 2008). La grandària reduïda del conjunt de dades del model per la disponibilitat de dades pot ser la causa d'aquesta discrepància.

4.2.1. Estimació per quantils

Estimem el model ampliat amb una regressió per quantils per a determinar si el comportament dels països amb més esforç en innovació, USA, Japó i Alemanya, tenen un comportament diferent als països amb un esforç menor.

El model d'estimació per quantils, introduït per Koenker i Basset (1978), utilitza mètodes de programació lineal per a estimar els coeficients de les variables independents condicionades al valor de la variable dependent corresponent al quantil que determinem. De forma general:

$$y_i = \beta_q \cdot x_i + e_i \quad (12)$$

Com β_q fa referència al quantil, tindrem tants coeficients estimats per a cada variable independent com percentils fixem, perquè el càlcul del coeficient està condicionat pels valors que formen part del quantil. A l'hora d'interpretar el model, hem de tenir en compte que els coeficients siguin significativament diferents de zero i que siguin significativament diferents del coeficient estimat per a un mínim de quadrats ordinaris.

Aquest model elimina gran part dels problemes d'heterogeneïtat en la distribució de les dades, presenta una distribució més robusta que OLS davant la presència d'heterocedasticitat, dades

atípiques i canvi estructural. A més, permet extraure conclusions sobre la influència de les variables independents en funció de la distribució de la variable dependent.

Hem vist en l'anàlisi de les variables que les despeses en R&D i les sol·licituds de patents no estan distribuïdes de forma simètrica perquè tres països, USA, Japó i Alemanya, suposen el 75% del volum total. Aquesta heterogeneïtat en la distribució de les variables dependents, estimada a través dels efectes fixos per país-sector, pot causar distorsions en els models per quantils. Canay (2011) va proposar un mètode en dos passos per a aprofitar la riquesa en l'anàlisi de l'heterogeneïtat que ofereix l'aplicació d'efectes fixos en dades en panell junt a la informació que mostra l'estimació per quantils en relació amb els efectes heterogenis en la variació de la variable dependent.

El mètode, que s'ha aplicat en algun treball empíric com el de Martínez-Zarzoso (2014), consisteix a aplicar una estimació amb el model d'efectes fixes i utilitzar els resultats de cada efecte país-sector per a transformar les variables dependents sobre la qual s'aplicarà la regressió del model per quantils i, en el nostre cas, amb efectes fixos de temps. La transformació es pot expressar com:

$$X'_{ijt} = X_{ijt} + \hat{\alpha}_{ij} \quad (13)$$

Per a comprovar els resultats i observar possibles diferències de comportament entre països amb diferents nivells de despesa en R&D o registre de patents, estimem el model de regressió per quantils.

Aplicarem el mètode sobre la formulació del model 2 amb 1 i 5 períodes de retard amb efectes fixos de temps, per als quantils .10 .25 .75 i .90. A més dels models que estimen la despesa en R&D i el nombre de patents, amb un major comportament heterogeni de les respectives variables dependents, l'estimarem per al model de productivitat a efectes comparatius amb els resultats anteriors.

Dels resultats obtinguts, detallats en les taules 83,84 i.85. de l'annex, destaquem que:

- En l'estimació de la RD no hi ha diferències significatives entre el model estimat amb LS i els coeficients en els diferents quantils ni els coeficients significatius. Cal destacar, respecte a les altres variables explicatives:
 - L'increment de la despesa governamental en RD afecta positivament i a curt termini la despesa privada en els països amb major despesa empresarial en RD, i no és significativa en els països de menor despesa empresarial. Descartem un efecte d'exclusió que si havien trobat en l'estimació del model amb efectes fixos.
 - La variació de la intensitat en exportacions és significativa i amb signe positiu en tots els quantils, la qual cosa indica una influència positiva de les exportacions, major per als països i sectors amb una despesa més gran en RD, amb coeficient de 0.88 i 1.03,

que els de menor despesa, 0.59 i 0.66. A més, la influència de l'increment en competència en els mercats internacionals augmenta amb el temps.

- L'evolució de la penetració en importacions és significativa però amb diferències: amb un retard els coeficients tenen signe negatiu, cosa que indicaria una reducció de les despeses davant l'increment de la competència exterior en els mercats locals possiblement per a reduir costos i millorar-ne la competitivitat; amb 5 retards el coeficient és positiu, la qual cosa indicaria que les empreses inverteixen més en RD a llarg termini per a millorar la posició de competitivitat amb innovació davant l'increment de la competència exterior en els mercats interiors.
- En l'estimació del nombre de patents sol·licitades, el comportament de la variable EPS és significativament diferent a zero i significativament diferent a l'estimació per LS. Els països amb menor activitat innovadora estan influïts negativament per l'EPS mentre que els països amb major activitat patentadora són estimulats a incrementar-la quan augmenta la pressió reguladora. Quant a les altres variables explicatives:
 - La despesa governamental influeix de forma significativa, positiva (amb un coeficient de 0.11) i amb 5 anys de retard sobre les patents entre els països menys innovadors. Als països dels percentils més alts els influeix significativament menys, amb un coeficient de 0.02.
 - L'estoc de patents té una influència positiva en tots els països sense que hi haja diferències significatives de comportament entre percentils.
 - La intensitat de les exportacions tenen signe negatiu i significatiu, especialment per als països dels percentils alts. Aquests resultats confirmen els obtinguts en la regressió amb LS, en el sentit que una major competència en els mercats internacionals perjudica l'activitat innovadora de les empreses.
 - La penetració en importacions, amb coeficients de 0.98 i 1.08 al percentil 90, té una influència contrària a les exportacions en els països de major activitat patentadora però en la línia d'explicació del model 2b.
- En relació amb el model de TFP, els països innovadors són els que donen significació a la variable EPS amb un i cinc retards, perquè els coeficients són significatius i positius en el models de quantil 75 (0.06 i 0.057). Aquest resultat confirma la PH, ja contrastada en el model 2b per a 1 retard, però únicament per als països i sectors amb major productivitat total i no per als països i sectors menys productius.

5. Conclusions

Quan les autoritats polítiques dissenyen les polítiques mediambientals que ha de complir el conjunt de la societat i, dins d'aquesta, els agents econòmics, es poden trobar amb un dilema.

Ha de prioritzar la conservació del medi on vivim tots i on han de viure les generacions futures amb, almenys, les mateixes possibilitats que les generacions actuals però ha de considerar els possibles efectes sobre els diferents agents de les decisions que adopten.

Davant d'una mesura restrictiva i des d'una visió clàssica, les conseqüències sobre el funcionament de les empreses són sempre negatives: les empreses han de disposar de recursos per a reduir la contaminació, per exemple, que es tradueix en majors costos i menors beneficis. Si les autoritats polítiques tenen en compte aquesta relació, poden sentir-se'n condicionats en les decisions.

La idea clàssica és sempre certa? I per això, només considerariem prendre mesures restrictives en el cas que els beneficis socials i mediambientals superen el cost de compliment de les RMA?

Una sortida al dilema la va proposar Porter (1991) quan va qüestionar la idea clàssica i va postular que les RMA poden incentivar la innovació i els resultats de les empreses, per exemple, en forma d'increments de la productivitat, de manera que es compensen, en part o en major mesura, els costos.

Des que Porter va publicar el seu article i Jaffe va matisar la idea, s'han fet una gran quantitat de treballs per a confirmar o rebutjar aquesta idea. El present treball ha intentat donar alguna resposta més, dins del corpus científic, a partir dels treballs de Jaffe et al. (1995) i Rubashkina (2015) en realitzar l'estudi de 14 països de l'OCDE amb l'index EPS.

Els resultats han mostrat una feble evidència de la PH en el sentit que les RMA poden influir positivament sobre les decisions que adopten les empreses en relació amb els resultats en innovació, mesurat per les sol·licituds de patents. Però el comportament dels països amb menor activitat innovadora és negatiu front a les RMA, mentre que els països que ja tenen una tradició innovadora materialitzada en drets d'explotació dels invents, són influïts de forma positiva.

No s'ha trobat cap evidència de relació entre les RMA i les despeses en R&D de les empreses, però sí s'ha comprovat una influència de les RMA sobre la productivitat total dels països i sectors que ja posseeixen un nivell alt de productivitat total, i en dóna un suport parcial a la versió forta de la hipòtesi de Porter.

Cal destacar la gran diferència quant a l'esforç en innovació entre tres països, USA, Japó i Alemanya, respecte a la resta. Aquesta diferència es fa notar en els resultats pel seu comportament diferenciat: el resultats demostren que reaccionen, a diferència de la resta de països, davant de les RMA amb un increment de l'activitat patentadora i, com a conseqüència, aconseguen una millora de la productivitat a llarg termini.

6. Bibliografía

ALPAY E, BUCCOLA S AND J KERKVLIT (2002) «Productivity growth and environmental regulation in Mexican and U.S. Food Manufacturing», *American J. of Agricultural Economics* 84(4): 887-901.

ALBRIZIO S, BOTTA E, KOŻLUK T, ZIPPERER V, (2014) Do Environmental Policies Matter for Productivity Growth? Insights from new cross-country measures of environmental policies economics department working papers núm. 1176

AMBEC S, BARLA P (2002) «A theoretical fundation of the Porter Hypotesis» *Economic letters* 75:355-360

AMBEC S, COHEN MA, ELGIE S AND P LANOIE (2011) “The Porter Hypothesis at 20: Can Environmental Regulation Enhance Innovation and Competitiveness?”, RF Discussion Paper 11-01, Washington DC: Resources for the Future.

BERMAN E, LTM BUI (2001) “Environmental Regulation and Productivity: Evidence from Oil Refineries”, *Review of Economics and Statistics* 83(3): 498–510.

BRUNNERMEIER SB AND MA COHEN (2003) “Determinants of environmental innovation of U.S. manufacturing industries”, *Journal of Environmental Economics and Management* 45: 278-293.

BOTTA E, KOŻLUK T, (2014) Measuring Environmental Policy Stringency in OECD Countries. A Composite Index Approach OECD Economics Department Working Papers, 1177

BRUNEL C, LEVINSON A, (2013) Measuring Environmental Regulatory Stringency OECD Trade and Environment Working Papers 2013/5

CANAY I, (2011) A simple approach to quantile regression for panel data *Econometrics journal* 14:368-386

CARRION-FLORES CE, INNES R, (2010) Environmental innovation and environmental performance *J. Environ. Econ. Manag.* 59, 27–42.

COLE MA, R ELLIOT (2003) “Do environmental regulations influence trade patterns? Testing old and new trade theories”, *The World Economy* 26(8): 1163-1186.

COPELAND BR AND MS TAYLOR (1995) “Trade and environment: a partial synthesis”, *American Journal of Agricultural Economics* 11: 765-71.

COSTANTINI V, MAZZANTI M, (2012) On the green and innovative side of trade competitiveness? The impact of environmental policies and innovation on EU exports. *Res. Policy* 41:132–153.

D'AGOSTNO LM, (2015) How MNEs respond to environmental regulation: integrating the Porter hypothesis and the pollution haven hypothesis *Econ. Polit* 32:245-269

DE SANTIS R (2011) "Impact of environmental regulations on trade in the main EU countries: Conflict or Synergy?" ENEPRI Working Paper No. 56, European Network of Econ Policy Research Institutes.

DE VRIES FP AND C WITHAGEN (2005) "Innovation and Environmental Stringency: The Case of Sulfur Dioxide Abatement", CentER Discussion Paper Series No. 2005-18, Tilburg University, Tilburg, The Netherlands.

DIETZENBACHER E, MUKHOPADHYAY K, (2007) An Empirical Examination of the Pollution Haven Hypothesis for India: Towards a Green Leontief Paradox? *Environmental & Resource Economics* 36:427–449

EU KLEMS, 2009. Growth and Productivity Accounts Database, November 2009 Release.

GREENSTONE M, LIST JA, SYVERSON C, (2012) "The effects of environmental regulation on the competitiveness of U.S. manufacturing", CEEPR WP 2012-013, MIT Center for Energy and Environmental Policy Research, A Joint Center of the Department of Economics, MIT Energy Initiative and MIT Sloan School of Management, Cambridge MA.

GREENSTONE M, (2002) The Impacts of Environmental Regulations on Industrial Activity: Evidence from the 1970 and 1977 Clean Air Act Amendments and the Census of Manufactures *Journal of Political Economy* 110-6:1175-1219

GROBA F, (2014) Determinants of trade with solar energy technology components: Evidence on the porter hypothesis? *Applied Economics*, 46(5):503–526.

HAŠČIČ I, (2014) The use of patent statistics for internacional comparisons and analysis of narrow technological fields. OECD working party of environmental information.

HEYES AG, LISTON-HEYES C, (1999) Corporate lobbying, regulatory conduct and the Porter hypothesis *Environmental and resource economics* 13:209-218

JAFFE AB, PETERSON SR, PORTNEY PR, STAVINS RN, (1995) Environmental regulation and the competitiveness of U.S. manufacturing: what does the evidence tell us? *J. Econ. Lit.* 33: 132–163.

JAFFE AB, PALMER K, (1997) Environmental regulation and innovation: a panel data study *The review of economics and statistics* 79(4):610-619

JOHNSTONE N, HASCIC I, POPP D, (2010) "Renewable energy policies and technological innovation: evidence based on patent counts", *Environ Resource Econ* 45: 135-155.

KALAMOVA M, JOHNSTONE N, (2011) "Environmental Policy Stringency and Foreign Direct Investment", OECD Environment Working Papers, No. 33, OECD Publishing.

KELLER W, LEVINSON A, (2002) Pollution Abatement Costs and Foreign Direct Investment Inflows to US States. *Review of Economics and Statistics*, 84(4):691–703

- KNELLER R, MANDERSON E, (2012) Environmental regulations and innovation activity in UK manufacturing industries. *Resour. Energy Econ.* 34, 211–235.
- KOENKER R; BASSETT G, (1978) Regression quantiles *Econometrica* 46(1):33-50.
- KOLK A, VAN TULDER R, (2010) International business, corporate social responsibility and sustainable development. *International Business Review*, 19(2):119–125.
- Koźluk T, Zipperer V, (2014) Environmental Policies and Productivity Growth: A Critical Review of Empirical Findings *OECD Journal: Economic Studies*, 1:2014
- LANJOUW JO, MODY A, (1996) “Innovation and the international diffusion of environmentally responsive technology”, *Research Policy* 25(4): 549-571.
- LANOIE P, PATRY M, LAJEUNESSE R, (2008) Environmental regulation and productivity: testing the Porter Hypothesis *J. Prod. Anal.* 30:121–128.
- LANOIE P, LAURENT-LUCCHETTI J, JOHNSTONE N, AMBEC S, (2011) Environmental policy, innovation and performance: new insights on the Porter Hypothesis *J. Econ. Manag. Strategy* 20:803–842.
- LEE J, VELOSO FM, HOUNSHELL DA, (2011) Linking induced technological change, and environmental regulation: evidence from patenting in the U.S. auto industry *Res. Policy* 40:1240–1252.
- LEVINSON A AND MS TAYLOR (2008) “Unmasking the Pollution Haven Effect”, *International Economic Review* 49(1): 223–254.
- LIST JA, KUNCE M, (2000) Environmental Protection and Economic Growth: What Do the Residuals Tell Us? *Land Economics*, 76(2):267-282
- MARTÍNEZ C, (2010) Insight into different types of patent families *OECD science, technology and industry working papers*. 2010/02
- MARTINEZ-ZARZOSO I, NOWAK-LEHMANN FD, REHWALD K, (2014) Is aid for trade effective? A quantile regression approach *Center for european, governance and economic development research Discussions papers* 210
- MILLIMET DL, LIST JA, (2004) The Case of the Missing Pollution Haven Hypothesis *Journal of Regulatory Economics*, 26-3:239–262
- MOHOR RD, (2002), Technical Change, External Economies, and the Porter Hypothesis *Journal of Environmental economics and management* 43:158-168
- MURTY MN, KUMAR S, (2003) Win –win opportunities and environmental regulation: testing of porter hypothesis for Indian manufacturing industries *Journal of Environmental Management* 67:139–144

OECD (2003) OECD Environmental Indicators: Development, Measurement and Use, Paris: Organisation for Economic Co-operation and Development.

PALMER K, OATES W.E, PORTNEY PR, (1995) Tightening Environmental Standards: The Benefit-Cost or the No- Cost Paradigm? *Journal of Economic Perspectives*; 9-4:119-132

POPP D (2005) Lessons from patents: Using patents to measure technological change in environmental models *Ecological Economics* 54:209 – 226

POPP D (2006) “International innovation and diffusion of air pollution control technologies: the effects of NO_x and SO₂ regulation in the US, Japan, and Germany”, *Journal of Environmental Economics & Management* 51:46-71.

PORTER M, (1991) America's green strategy *Sci. Am.* 264, 168.

PORTER ME, VAN DER LINDE C, (1995) "Toward a New Conception of the Environment-Competitiveness Relationship," *Journal of Economic Perspectives* 9(4): 97–118.

RENNINGS K, RAMMER C, (2010) The impact of regulation-driven environmental innovation on innovation success and firm performance. ZEW Discussion Paper núm. 10-065.

REXHÄUSER S, RAMMER C, (2014) Environmental innovations and firm profitability: unmasking the Porter Hypothesis *Environ. Resour. Econ.* 57:145–167

RUBASHKINA Y, GALEOTTI M, VERDOLINI E, (2015) Environmental regulation and competitiveness: Empirical evidence on the Porter Hypothesis from European manufacturing sectors *Energy Policy* 83:288–300

RUTQVIST J, (2009) Porter or Pollution Haven? An analysis of the dynamics of competitiveness and environmental regulations Harvard University, May 2009

SAUVAGE J (2014), “The Stringency of Environmental Regulations and Trade in Environmental Goods”, OECD Trade and Environment Working Papers, No. 2014/03, OECD Publishing, Paris.

VAN BEVEREN I, (2012) Total factor productivity estimation: a practical review *Journal of Economic Surveys* 26(1):98–128

ZARSKY L, (1999) Havens, halos and spaghetti: Untangling the evidence about foreign direct investment and the environment. In *Foreign Direct Investment and the Environment*. OECD (pp. 47–73). Paris: OECD.

7. Annex

Taula 80: Evolució de la despesa en R&D per països (en milions \$ constants PPP 2010)

Any	Hongria	Portugal	Txèquia	Noruega	Finlàndia	Belgica	Austràlia	Itàlia	UK	França	Corea	Alemanya	Japó	USA
1997	458	296	1231	1720	2582	4340	4457	9189	18643	24823	14211	40633	81575	204409
1998	415	346	1350	1721	2944	4458	4309	9223	19477	24978	12243	42383	82705	217156
1999	457	394	1320	1795	3422	4833	4245	9324	21480	26370	13227	46828	82454	232782
2000	618	530	1387	1969	3994	5138	4883	10037	21362	26934	15766	49814	85303	249646
2001	671	656	1421	2146	4048	5502	5899	10405	21991	28363	18205	50196	91033	244150
2002	668	636	1465	2113	4120	5043	6412	10665	22301	29200	18674	50374	93483	230759
2003	673	622	1579	2195	4297	4875	6951	10223	22191	28410	20197	51221	96610	234249
2004	740	719	1691	2066	4460	4934	7484	10420	21549	29083	23004	51116	98837	236586
2005	869	804	1743	2118	4651	4878	8566	11016	22022	28504	24836	51181	107499	248861
2006	1075	1242	1978	2232	4884	5174	9884	11298	23051	29646	28303	54325	113679	264407
2007	1099	1655	2170	2401	5221	5443	11257	12702	24483	29923	31223	55870	119078	280013
2008	1185	2085	2120	2554	5726	5618	12326	13336	24199	30418	33040	59312	118895	296465
2009	1394	2088	2030	2490	5340	5465	11828	13163	23321	31173	34567	57268	105027	285842
2010	1479	2003	2190	2431	5329	5886	11967	13558	23246	32041	39025	58921	107585	278977
2011	1638	1930	2493	2556	5401	6429	11950	13673	24661	33355	44717	63407	112003	288144

Taula 81: Evolució del EPS per països

An y	Austràlia	Belgica	Txèquia	Finlàndia	França	Alemanya	Hongria	Itàlia	Japó	Corea	Noruega	Portugal	UK	USA
1997	0.313	0.313	2.063	1.813	0.875	1.313	0.313	1.375	2.188	1.688	1.875	0.688	0.375	1.938
1998	0.563	0.313	2.063	1.813	1.000	1.375	0.375	1.375	2.188	1.688	1.875	0.875	0.375	2.000
1999	0.563	0.313	2.063	1.813	1.438	1.375	0.313	1.375	2.188	1.688	1.813	0.813	0.375	2.000
2000	0.500	0.250	2.063	1.750	1.375	1.313	0.250	1.188	2.188	1.688	1.813	0.875	0.375	1.938
2001	0.600	0.250	2.063	1.750	1.625	1.313	1.500	1.000	2.188	2.125	1.750	1.125	0.375	1.938
2002	0.600	0.413	2.063	1.750	1.625	1.375	1.563	0.625	2.188	2.125	1.750	1.313	0.625	1.938
2003	0.600	0.450	2.063	1.750	1.625	2.875	1.313	0.725	2.288	3.500	1.750	1.313	0.725	2.038
2004	0.538	0.450	2.063	1.750	1.625	3.063	1.750	0.825	2.288	3.500	1.750	1.313	0.725	2.038
2005	0.538	1.050	3.850	2.350	2.038	3.538	2.100	1.713	2.225	3.500	2.350	2.100	1.375	2.100
2006	0.575	1.088	3.850	2.288	2.888	3.475	2.038	1.613	2.163	3.500	2.350	2.100	1.413	2.350
2007	0.575	0.588	3.350	1.788	2.138	2.975	1.600	1.413	2.163	3.500	2.225	1.600	0.913	2.288
2008	0.950	0.788	3.238	2.188	2.188	2.925	1.488	1.550	2.163	3.438	2.663	1.425	1.313	2.488
2009	1.125	0.950	3.400	2.350	2.350	3.088	1.550	1.663	2.225	3.438	2.725	1.650	1.525	2.425
2010	1.225	1.088	3.400	2.288	2.288	3.025	1.713	1.825	2.663	3.438	2.725	1.750	3.038	2.300
2011	1.350	0.988	2.988	2.688	2.175	2.838	1.588	1.625	2.563	3.375	2.725	1.338	2.813	2.238

Taula 82: Correlacions entre les variables dels models

	K_PT	EPS	VA	GRD	K_RD	X_IN	M_PE	LAB
RD	-	0.120	0.742	0.411	0.981	0.439	0.251	0.144
PT	0.992	0.163	0.364	0.683	-	0.708	0.625	0.191
PR	-	0.060	-0.124	-0.135	-	-0.205	-0.108	-0.009
EPS	0.176	1.000	0.246	0.211	0.127	0.158	0.179	0.035
VA			1.000	0.405	0.735	0.401	0.157	0.151
GRD				1.000	0.421	0.737	0.237	0.086
K_RD					1.000	0.455	0.270	0.133
X_IN						1.000	0.619	0.250
M_PE							1.000	0.405

Taula 83: Estimació per quantils de R&D

Variable	R&D 1 retard				
	OLS	Q=10	Q=25	Q=75	Q=90
Constant	-9.07 (0.52)***	-13.72 (0.43)***	-11.51 (0.25)***	-7.94 (0.27)***	-5.41 (0.41)***
Log EPS(-1)	-0.10 (0.11)	0.08 (0.10)	-0.01 (0.05)	-0.11 (0.07)	-0.20 (0.12)*
Log VA(-1)	-0.47 (0.04)***	-0.48 (0.03)***#	-0.52 (0.02)***	-0.53 (0.02)***	-0.48 (0.05)***#
Log GRD(-1)	0.07 (0.04)**	-0.02 (0.04)	0.021 (0.02)	0.10 (0.02)**	0.092 (0.02)***
Log KRD (-1)	1.45 (0.04)***	1.67 (0.02)***	1.59 (0.02)***	1.43 (0.02)***	1.31 (0.03)***
X_IN(-1)	0.78 (0.19)***	0.59 (0.16)***	0.76 (0.10)**	0.82 (0.01)***	0.88 (0.12)***
M_PE(-1)	-0.10 (0.03)***	-0.07 (0.03)***#	-0.11 (0.02)***	-0.08 (0.02)***	-0.06 (0.02)***#
LAB(-1)	1.44 (0.43)**	1.554 (0.94)	1.51 (0.43)***#	1.09 (0.34)***#	1.58 (0.60)***

Variable	R&D 5 retards				
	OLS	Q=10	Q=25	Q=75	Q=90
Constant	-18.41 (0.66)***	-22.74 (0.65)***	-21.02 (0.28)***	-17.42 (0.32)***	-14.64 (0.50)***
Log EPS(-5)	-0.10 (0.11)	0.02 (0.09)	0.03 (0.05)	-0.11 (0.05)**	0.001 (0.08)
Log VA(-1)	-0.16 (0.05)**	-0.15 (0.03)**	-0.19 (0.02)***	-0.24 (0.02)***	-0.17 (0.06)***
Log GRD(-1)	0.01 (0.04)	-0.16 (0.09)#	0.01 (0.03)	0.05 (0.02)*	0.01 (0.03)#
Log KRD (-1)	1.63 (0.05)***	1.85 (0.03)***	1.76 (0.02)***	1.62 (0.02)***	1.47 (0.04)***
X_IN(-1)	0.75 (0.22)***	0.66 (0.17)***#	0.53 (0.14)***	0.77 (0.08)***	1.03 (0.12)***#
M_PE(-1)	0.38 (0.03)**	0.43 (0.02)***#	0.39 (0.02)***	0.41 (0.02)***	0.43 (0.02)***#
LAB(-1)	0.58 (0.49)	0.11 (0.54)	0.67 (0.44)	0.89 (0.55)	0.33 (0.84)

* significatiu al 10%, ** significatiu al 5%, *** significatiu al 1%

OLS: estimació amb efectes fixos de temps

indica significativitat de la diferència dels coeficients al 5%

Taula 84: Estimació per quantils de les sol·licituds de patents

Variable	PT (1 retard)				
	OLS	Q=10	Q=25	Q=75	Q=90
Constant	-8.33 (0.18)***	-9.14 (0.33)*** #	-8.51 (0.19)*** #	-8.14 (0.16)*** #	-8.79 (0.65)*** #
Log EPS	0.17 (0.03)***	-0.17 (0.06)***	0.017 (0.03)	0.17 (0.04)***	0.58 (0.10)***
Log VA(-1)	0.00 (0.01)	0.01 (0.01)	0.00 (0.01)	-0.01 (0.004)*	0.00 (0.01)
Log GRD(-1)	0.05 (0.01)***	0.06 (0.02)** #	0.01 (0.01) #	0.01 (0.01)* #	0.03 (0.02) #
Log KPT (-1)	1.58 (0.01)***	1.70 (0.02)*** #	1.65 (0.02)***	1.56 (0.02)***	1.60 (0.0)*** #
X_IN(-1)	0.02 (0.12)	-0.04 (0.32) #	0.21 (0.10)* #	-0.43 (0.12)* #	-1.11 (0.45)* #
M_PE(-1)	-0.32 (0.16)**	-0.44 (0.43) #	-0.61 (0.17)*** #	0.50 (0.15)* #	0.98 (0.64)* #
LAB(-1)	0.44 (0.17)**	0.16(0.10) #	0.09 (0.09) #	0.43 (0.14)*** #	0.00 (0.14)#

Variable	PT (1 retard)				
	OLS	Q=10	Q=25	Q=75	Q=90
Constant	-8.66 (0.21)***	-9.77 (0.25)*** #	-9.25 (0.31)*** #	-8.51 (0.31)*** #	-8.56 (0.25)*** #
Log EPS(-5)	0.01 (0.03)	-0.26 (0.03)*** #	-0.14 (0.07)* #	0.12 (0.03)*** #	0.22 (0.03)*** #
Log VA(-1)	0.00 (0.01)	0.00 (0.01)	0.00 (0.01)	0.00 (0.01)	0.00 (0.01)
Log GRD(-1)	0.07 (0.01)***	0.11 (0.02)*** #	0.05 (0.03) #	0.02 (0.01)* #	0.02 (0.01)* #
Log KPT (-1)	1.59 (0.01)***	1.68 (0.04)***	1.67 (0.02)***	1.58 (0.02)***	1.58 (0.01)***
X_IN(-1)	0.22 (0.13)	-0.65 (0.19)*** #	-0.31 (0.26) #	-0.76 (0.20)*** #	-0.98 (0.16)*** #
M_PE(-1)	-0.04 (0.17)	0.32 (0.29) #	0.07 (0.36) #	0.84 (0.24)*** #	1.08 (0.19)*** #
LAB(-1)	0.57 (0.19)***	0.00 (0.25)#	0.24 (0.17)	0.30 (0.17)*	0.00 (0.10)#

* significatiu al 10%, ** significatiu al 5%, *** significatiu al 1%

OLS: estimació amb efectes fixos de temps

indica significativitat de la diferència dels coeficients al 5%

Taula 85: Estimació per quantils de TFP

Variable	TFP (1 retard)				
	OLS	Q=10	Q=25	Q=75	Q=90
Constant	5.24 (0.08)***	4.57 (0.21)***	4.71 (0.14)***	5.40 (0.09)***	6.04 (0.18)***
Log EPS(-1)	0.01 (0.02)	-0.12 (0.06)*	-0.04 (0.03)	0.06 (0.02)***	0.06 (0.03)*
Log VA(-1)	-0.07 (0.03)***	-0.06 (0.02)*** #	-0.07 (0.01)***	-0.06 (0.01)***	-0.11 (0.01)*** #
Log GRD(-1)	0.00 (0.00)	0.00 (0.01)	0.03 (0.01)**	0.00 (0.01)	-0.01 (0.01)
X_IN(-1)	0.14 (0.05)***	0.15 (0.07)**	0.10 (0.05)**	0.01 (0.05)	0.25 (0.06)***
M_PE(-1)	0.02 (0.01)***	0.06 (0.0)***	0.04 (0.01)***	0.02 (0.06)***	-0.01 (0.01)*
LAB(-1)	0.216 (0.16)	-0.09 (0.21)	0.05 (0.25)	0.258 (0.17)	-0.22 (0.26)

Variable	TFP (5 retards)				
	OLS	Q=0.10	Q=0.25	Q=0.75	Q=0.90
Constant	5.25 (0.11)***	4.69 (0.19)*** #	5.60 (0.13)***	5.49 (0.12)***	6.05 (0.20)*** #
Log EPS(-5)	-0.001 (0.03)	-0.072 (0.06)	-0.03 (0.03)	0.057 (0.03)**	0.08 (0.04)*
Log VA(-1)	-0.07 (0.01)***	-0.06 (0.01)* #	-0.06 (0.01)***	-0.06 (0.01)***	-0.10 (0.01)*** #
Log GRD(-1)	-0.003 (0.01)	-0.01 (0.01)	0.04 (0.01)***	0.00 (0.01)	-0.02 (0.01)
X_IN(-1)	-0.11 (0.06)**	0.09 (0.06)	0.05 (0.06)	0.00 (0.07)	0.24 (0.07)***
M_PE(-1)	0.026 (0.01)***	0.07 (0.01)***	0.05 (0.01)***	0.02 (0.01)**	-0.01 (0.01)**
LAB(-1)	0.08 (0.22)	-0.13 (0.30)	-0.07 (0.26)	0.21 (0.19)	-0.23 (0.30)

* significatiu al 10%, ** significatiu al 5%, *** significatiu al 1%

OLS: estimació amb efectes fixos de temps

indica significativitat de la diferència dels coeficients al 5%

Taula 86: Efectes fixos per país i sector de l'estimació de RD

País	Sector	EF (-1)	EF (-5)	País	Sector	EF (-1)	EF (-5)
Austràlia	AGR	-1.311	-3.455	Itàlia	AGR	-3.411	-6.687
Austràlia	CON	-1.725	-3.385	Itàlia	CON	-3.691	-5.878
Austràlia	ELE	-1.642	-3.864	Itàlia	ELE	-3.000	-5.489
Austràlia	MAN	-0.895	-2.187	Itàlia	MAN	-1.407	-2.162
Austràlia	MIN	-0.929	-2.327	Itàlia	MIN	-1.484	-4.063
Austràlia	SERV	-1.836	-2.470	Itàlia	SERV	-2.688	-3.223
Bèlgica	AGR	-2.098	-5.283	Japó	AGR	-3.110	-2.298
Bèlgica	CON	-3.350	-5.896	Japó	CON	-2.395	0.337
Bèlgica	ELE	-3.041	-6.242	Japó	ELE	-2.111	0.348
Bèlgica	MAN	-1.780	-3.250	Japó	MAN	0.422	6.110
Bèlgica	MIN	-2.365	-6.877	Japó	MIN	-1.108	0.862
Bèlgica	SERV	-3.371	-4.603	Japó	SERV	-2.347	1.270
Txèquia	AGR	-5.177	-7.865	Corea	AGR	-3.582	-6.564
Txèquia	CON	-5.118	-7.249	Corea	CON	-1.912	-3.802
Txèquia	ELE	-6.000	-8.166	Corea	ELE	-1.607	-4.162
Txèquia	MAN	-3.877	-4.893	Corea	MAN	-0.849	-1.693
Txèquia	MIN	-5.342	-8.266	Corea	MIN	-2.353	-6.278
Txèquia	SERV	-4.631	-5.374	Corea	SERV	-2.583	-3.694
Finlàndia	AGR	-4.304	-8.195	Noruega	AGR	-1.908	-4.944
Finlàndia	CON	-2.724	-5.630	Noruega	CON	-2.702	-5.339
Finlàndia	ELE	-2.076	-5.379	Noruega	ELE	-2.517	-5.547
Finlàndia	MAN	-1.085	-2.719	Noruega	MAN	-1.629	-3.567
Finlàndia	MIN	-1.852	-6.099	Noruega	MIN	-3.049	-4.988
Finlàndia	SERV	-2.432	-4.016	Noruega	SERV	-2.709	-4.096
França	AGR	-1.874	-3.823	Portugal	AGR	-3.938	-7.610
França	CON	-3.321	-5.280	Portugal	CON	-3.575	-6.303
França	ELE	-1.657	-3.631	Portugal	ELE	-2.438	-5.596
França	MAN	-0.853	-1.469	Portugal	MAN	-1.907	-3.885
França	MIN	-0.592	-3.528	Portugal	MIN	-2.966	-6.628
França	SERV	-2.882	-3.296	Portugal	SERV	-2.572	-4.039
Alemanya	AGR	-2.368	-4.841	UK	AGR	-1.685	-4.128
Alemanya	CON	-3.847	-5.958	UK	CON	-3.932	-6.076
Alemanya	ELE	-2.792	-4.931	UK	ELE	-2.761	-5.259
Alemanya	MAN	-1.084	-1.462	UK	MAN	-0.917	-1.576
Alemanya	MIN	-2.498	-5.744	UK	MIN	-2.723	-4.747
Alemanya	SERV	-2.871	-3.271	UK	SERV	-2.654	-2.941
Hongria	AGR	-3.291	-6.451	USA	AGR	-0.921	-2.632
Hongria	CON	-4.122	-7.577	USA	CON	-2.065	-3.254
Hongria	ELE	-3.314	-7.045	USA	ELE	-2.196	-3.679
Hongria	MAN	-1.849	-4.128	USA	MAN	0.327	0.575
Hongria	MIN	-3.991	-8.932	USA	MIN	0.141	-1.819
Hongria	SERV	-3.004	-5.156	USA	SERV	0.000	0.000

Taula 87: Efectes fixos per país de l'estimació de PT

País	EF (-1)	EF (-5)	País	EF (-1)	EF (-5)
Austràlia	-0.900	-2.423	Itàlia	-0.723	-1.876
Bèlgica	-0.516	-1.979	Japó	0.012	0.077
Txèquia	-1.606	-4.224	Corea	-0.070	-0.974
Finlàndia	-1.067	-2.631	Noreuga	-1.323	-3.267
França	-0.308	-1.000	Portugla	-1.756	-4.515
Alemanya	-0.067	-0.461	UK	-0.337	-1.212
Hongria	-1.287	-3.647	USA	0.000	0.000

Taula 88: Efectes fixos per país i sector de l'estimació de PR

País	Sector	EF (-1)	EF (-5)	País	Sector	EF (-1)	EF (-5)
Austràlia	AGR	0.449	0.498	Alemanya	MAN	-0.120	0.026
Austràlia	CON	0.268	0.296	Alemanya	MIN	-0.052	0.056
Austràlia	ELE	-0.002	-0.079	Alemanya	SERV	-0.345	-0.243
Austràlia	MAN	0.094	0.091	Hongria	AGR	0.346	0.638
Austràlia	MIN	-0.046	-0.119	Hongria	CON	0.106	0.264
Austràlia	SERV	0.180	0.185	Hongria	ELE	-0.077	0.011
Bèlgica	AGR	-0.042	0.089	Hongria	MAN	0.085	0.273
Bèlgica	CON	-0.241	-0.095	Hongria	MIN	0.343	0.643
Bèlgica	ELE	-0.126	0.048	Hongria	SERV	-0.048	0.110
Bèlgica	MAN	-0.076	0.080	Itàlia	AGR	-0.136	-0.101
Bèlgica	MIN	-0.094	0.105	Itàlia	CON	-0.220	-0.210
Bèlgica	SERV	-0.395	-0.259	Itàlia	ELE	-0.166	-0.131
Txèquia	AGR	-0.080	0.148	Itàlia	MAN	-0.199	-0.167
Txèquia	CON	-0.596	-0.510	Itàlia	MIN	0.012	0.050
Txèquia	ELE	-0.627	-0.447	Itàlia	SERV	-0.279	-0.256
Txèquia	MAN	-0.265	-0.067	Japó	AGR	0.256	0.179
Txèquia	MIN	-0.309	-0.116	Japó	CON	0.336	0.273
Txèquia	SERV	-0.551	-0.402	Japó	ELE	0.273	0.198
Finlàndia	AGR	-0.089	0.022	Japó	MAN	0.460	0.375
Finlàndia	CON	0.292	0.497	Japó	MIN	0.585	0.528
Finlàndia	ELE	0.129	0.292	Japó	SERV	0.119	0.058
Finlàndia	MAN	0.030	0.184	UK	AGR	0.116	0.170
Finlàndia	MIN	0.246	0.379	UK	CON	-0.054	0.012
Finlàndia	SERV	-0.096	0.031	UK	ELE	0.151	0.276
França	AGR	0.093	0.185	UK	MAN	-0.084	-0.023
França	CON	0.194	0.248	UK	MIN	0.077	0.141
França	ELE	0.024	0.092	UK	SERV	-0.172	-0.120
França	MAN	-0.063	0.002	USA	AGR	-0.149	-0.214
França	MIN	0.146	0.236	USA	CON	0.200	0.218
França	SERV	-0.111	-0.020	USA	ELE	0.125	0.133
Alemanya	AGR	-0.087	0.017	USA	MAN	-0.264	-0.331
Alemanya	CON	0.182	0.408	USA	MIN	0.175	0.171
Alemanya	ELE	0.063	0.233	USA	SERV	0.000	0.000