

# ÍNDIX MEMÒRIA

Índex Memòria .....	1
Resum.....	3
Resumen .....	3
Abstract .....	4
Agraïments .....	5
Motivacions.....	6
<b>Capítol 1: Objectius .....</b>	<b>7</b>
<b>Capítol 2: Introducció.....</b>	<b>8</b>
<b>Capítol 3: El canvi climàtic.....</b>	<b>10</b>
3.1. Què és el canvi climàtic?.....	10
3.2. Els principals gasos d'efecte hivernacle.....	11
3.3. Els principals sectors d'emissió de gasos d'efecte hivernacle.....	11
3.4. Els efectes del canvi climàtic .....	11
3.5. La resposta que es duu a terme per combatre el canvi climàtic.....	15
3.5.1. Adaptació.....	15
3.5.2. Mitigació .....	16
3.6. Els escenaris RCP.....	17
<b>Capítol 4: Negociacions i polítiques de mitigació dels efectes del canvi climàtic.....</b>	<b>19</b>
4.1. Convenció Marc de les Nacions Unides pel Canvi Climàtic (UNFCCC).....	19
4.1.1. Objectiu de la convenció.....	20
4.1.2. Principis de la Convenció .....	21
4.1.3. Creació de la Conferència de les Parts (COP).....	22
4.1.4. Els Estat-Part de UNFCCC .....	23
4.2. Històric de les Conferències de les Parts (COP).....	23
<b>Capítol 5: El Global Carbon Budget .....</b>	<b>30</b>
<b>Capítol 6: Models de repartiment del Global Carbon Budget .....</b>	<b>33</b>
6.1. El Model de Justícia Climàtica (MJC) .....	33
6.1.1. Bases principals .....	34
6.1.2. El Model de Justícia Climàtica.....	34
6.1.3. Resultats del model .....	36
6.2. El Model Jayaraman .....	38

6.2.1.	Bases principals .....	39
6.2.2.	Detalls de la optimització del Model Jayaraman .....	40
6.2.3.	Resultats del model i comparativa amb el MJC .....	42
6.3.	El model de repartiment de la quota d'emissions acumulades de carboni (Michael Raupach) .....	47
6.3.1.	Repartiment de la quota d'emissions.....	48
6.3.2.	Les quotes de carboni regionals .....	49
6.3.3.	Factors addicionals del model .....	51
6.3.4.	Resultats del model i comparativa amb el MJC .....	51
<b>Capítol 7: Corbes de mitigació dels països segons el seu Carbon Budget .....</b>		<b>57</b>
<b>Capítol 8: Pressupost.....</b>		<b>67</b>
<b>Capítol 9: Conclusions .....</b>		<b>68</b>
<b>Capítol 10: Referències i bibliografia .....</b>		<b>71</b>

## **RESUM**

El treball s'ha estructurat en dues parts. La primera part explica el fenomen del canvi climàtic: concepte, gasos que s'alliberen a l'atmosfera i que contribueixen a l'escalfament global, els sectors d'emissió de gasos d'efecte hivernacle, els efectes que provoca i la resposta que es duu a terme per combatre'l. El treball explica també la Convenció Marc de les Nacions Unides pel Canvi Climàtic (UNFCCC) la qual celebra anualment la Conferència de les Parts (COP) per tractar la resposta a nivell global al canvi climàtic.

La segona part del treball estudia un mètode de repartiment de les emissions d'efecte hivernacle alternatiu al que està posant en pràctica actualment Nacions Unides basat en el concepte del Global Carbon Budget. Aquest mètode alternatiu es posa en pràctica mitjançant l'estudi del model de repartiment d'emissions del Grup de Governament del Canvi Climàtic (GGCC) anomenat Model de Justícia Climàtica (MJC) i comparant-lo amb dos altres models que també es basen en el Global Carbon Budget. A més a més, s'han elaborat unes corbes de mitigació de les emissions alternatives a les que el GGCC utilitzava i s'han comparat amb les ja existents.

## **RESUMEN**

El trabajo se ha estructurado en dos partes. La primera parte explica el fenómeno del cambio climático: concepto, gases que se liberan en la atmosfera i que contribuyen al calentamiento global, los sectores de emisión de gases de efecto invernadero, los efectos que provoca i la respuesta que se lleva a cabo para combatirlo. El trabajo explica también la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático (UNFCCC) la cual celebra anualmente la Conferencia de las Partes (COP) para tratar la respuesta a nivel global al cambio climático.

La segunda parte del trabajo estudia un método de reparto de las emisiones de efecto invernadero alternativo al que está poniendo en práctica actualmente Naciones Unidas basado en el concepto de Global Carbon Budget. Este método alternativo se pone en práctica mediante el estudio del modelo de reparto de emisiones del Grupo Gubernamental del Cambio Climático (GGCC) llamado Modelo de Justicia Climática (MJC) y comparándolo con otros dos modelos que se basan también en el Global Carbon Budget. Además se han elaborado unas curvas de mitigación de las emisiones alternativas a las que utilizaba el GGCC i se han comparado con las ya existentes.

## **ABSTRACT**

The dissertation has been organized in two parts. The first one explains the climate change: concept, gases that are released into the atmosphere and contribute to global warming, the emitting sectors of greenhouse gases, the effects that it causes and the response to combat it. The dissertation also explains the United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) which held annually the Conference of the Parties (COP) to discuss the global response to climate change.

The second part of the paper studies an alternative method for allocating the greenhouse gases which is currently implementing United Nations based on the concept of Global Carbon Budget. This alternative method is implemented by the study of the model developed by the Group Governance on Climate Change (GGCC) called Model of Climate Justice (MCJ) and it is compared with two other models that are also based on the Global Carbon Budget. It has also been developed alternative mitigation curves which are used by GGCC and they have been compared to the existing ones.

## **AGRAÏMENTS**

Agrair, primer que tot i amb especial esmena a la professora Olga Alcaraz Sendra, la tutora del treball de fi de grau per l'orientació, la confiança, el constant suport, la seva exigència i ajuda durant la realització del projecte.

Agrair també al meu amic Víctor Caramés Font per les explicacions sobre informes legals que van ser de gran ajuda.

Per acabar, vull agrair a la meva família pel suport constant durant aquests mesos en els que he estat realitzant el treball de fi de grau.

Moltes gràcies a tots.

## **MOTIVACIONS**

L'any 2015 vaig començar a treballar en una organització no governamental (ONG) que s'encarrega d'ajudar a persones refugiades. Això va despertar en mi una inquietud de voler enfocar el meu futur laboral en el sector de la cooperació internacional.

A l'hora de triar un treball de fi de grau doncs, es va buscar el que tenia una relació més directe, dins del món de l'enginyeria, amb aquest sector. Va ser llavors quan vaig tenir una primera reunió molt encoratjadora amb l'Olga i vaig decidir realitzar aquest treball de fi de grau. La intenció principal d'aquest treball és aprendre. Aprendre sobre el canvi climàtic. Aprendre sobre política internacional. Aprendre sobre nous mètodes per combatre el canvi climàtic. Aprendre diferents models d'anàlisi de les emissions de gasos d'efecte hivernacle.

# Capítol 1:

# **OBJECTIUS**

Els objectius marcats en aquest projecte es resumeixen a continuació.

1. Recerca d'informació relativa a les polítiques i les negociacions del canvi climàtic.
2. Recerca d'informació relativa al Global Carbon Budget.
3. Recerca d'informació relativa a models de repartiment del Global Carbon Budget entre els diferents Estats.
4. Comparar el model del Grup Governamental del Canvi Climàtic GGCC, anomenat Model de Justícia Climàtica amb els models que s'han trobat de repartiment del Global Carbon Budget a les revistes científiques.
5. Elaborar unes corbes de mitigació alternatives a les que ja estaven utilitzant el GGCC.

## Capítol 2:

# INTRODUCCIÓ

En motiu de la cimera de París de la COP 21 l'any 2015 sobre el canvi climàtic en la que els països van signar l'acord de París, emergeix de nou una problemàtica que ja fa molts anys que està present. Com es pot emprendre una política de mitigació d'emissions a nivell global?

Tradicionalment hi ha hagut una manera d'abordar la problemàtica de les emissions que ha consistit en fixar uns percentatges de reducció d'emissions de gasos d'efecte hivernacle respecte un any base. Aquest enfoc tradicional sempre ha estat que cada país disposa d'una determinada corba d'emissions històriques i aleshores, fixant un any base, que és l'any a partir del qual el país comença a reduir les emissions, s'elabora l'objectiu – que pot venir donat pels acords polítics signats en les conferències de les parts COP – de reducció de les emissions. Aquest plantejament de la problemàtica del canvi climàtic es pot veure reflectit per exemple, en el Protocol de Kyoto on els països Annex I havien de reduir un 5,2% les seves emissions respecte l'any 1990.

Aquest enfoc, que és el que els països encara ara estan fent servir quan estan formulant els seus compromisos de reducció d'emissions, no permet controlar quines són les emissions acumulades que s'han alliberat a l'atmosfera en un interval de temps. Justament, recents estudis científics<sup>i,ii,iii,iv</sup> posen l'accent en que l'important són les emissions acumulades, no les emissions en un determinat any. Perquè és important? Perquè són les emissions acumulades les que estan directament relacionades amb el canvi de forçament radiatiu *i*, en conseqüència, amb l'augment de temperatura.

En aquest projecte s'estudia i es compara, a partir del concepte del Global Carbon Budget el qual es defineix al capítol 5, diferents models de repartiment



del Global Carbon Budget. Aquests models parteixen d'uns criteris únics que s'apliquen a la totalitat dels països, i per tant escapen del tradicional repartiment de les emissions. Els models permeten adjudicar a cada país el seu Carbon Budget i aleshores cada país podria construir o dissenyar el seu propi camí de mitigació atenent a les seves circumstàncies i les seves capacitats, sempre complint amb el pressupost de carboni corresponent al país. Es pren de punt de partida el Carbon Budget perquè és el que determinarà finalment l'augment de la temperatura mitja a la superfície de la Terra. Els models que s'han estudiat i comparat són:

- El Model de Justícia Climàtica. Elaborat pel Grup de Governament del Canvi Climàtic de la Universitat Politècnica de Catalunya<sup>v</sup>.
- El Model Jayaraman. Elaborat pel Tata Institute of Social Sciences and Delhi Science Forum<sup>vi</sup>.
- El Model Raupach. Elaborat per Michael R. Raupach, Climate Change Institute, Australian National University<sup>vii</sup>.

El Model de Justícia Climàtica ha estat elaborat per un grup de recerca de l'Escola Universitària d'Enginyeria Tècnica Industrial de Barcelona anomenat GGCC (Grup de Governament del Canvi Climàtic) que està treballant en temes relacionats amb el Carbon Budget i fent tot el seguiment del procés de implementació de l'acord de París. Aquest model és el que es pren de referència en aquest projecte per enfocar la problemàtica no de la manera tradicional, sinó mitjançant el Carbon Budget.

A més a més en el grup de recerca GGCC es van elaborar unes corbes per, a partir del Carbon Budget adjudicat als diferents països, traçar un camí de mitigació de les emissions. Aprofitant que en els articles on s'expliquen els altres dos models estudiats s'han trobat altres mètodes de disseny de corbes, aquests s'han estudiat, analitzat i s'han tornat a realitzar mitjançant les bases de dades utilitzades en el Model de Justícia Climàtica per a finalment, poder-los comparar.

# Capítol 3:

## **EL CANVI CLIMÀTIC**

### 3.1. Què és el canvi climàtic?

El canvi climàtic es defineix com la modificació de les característiques del clima en períodes de temps llargs. Aquesta variació del clima és deguda solament a causes antropogèniques, tant directes com indirectes. El canvi bàsicament s'aprecia en les emissions de gasos d'efecte hivernacle a l'atmosfera i les seves conseqüències.

La temperatura de la Terra és deguda a l'equilibri entre la radiació que emet el sol i la que absorbeix la Terra. La superfície de la Terra absorbeix tota la radiació i l'emet. Una part de la radiació escapa de l'atmosfera, però la gran majoria es manté degut als núvols i als gasos d'efecte hivernacle. L'activitat de l'home durant les últimes dècades ha fet augmentar la concentració dels gasos d'efecte hivernacle que es dipositen a l'atmosfera, i per conseqüència la radiació que s'escapa és menor. Aquest fenomen provoca que la temperatura de la Terra augmenti a un ritme que no s'havia registrat mai. És per això que s'anomena el fenomen: efecte hivernacle. Bàsicament, consisteix en que la temperatura a l'atmosfera augmenta degut als gasos que s'hi depositen de manera antropogènica. L'efecte hivernacle és un fenomen natural que s'està veient modificat o alterat per l'emissió de gasos per l'home.

## 3.2. Els principals gasos d'efecte hivernacle

Els principals gasos d'efecte hivernacle són:

- Diòxid de carboni CO<sub>2</sub> (76%)
- Metà CH<sub>4</sub>(16%)
- Òxid de nitrogen N<sub>2</sub>O (6%)
- HidrofluorocarbursHFCs (<2%)
- PerfluorurcarbursPFCs (<2%)
- Hexafluorur de sofre SF<sub>6</sub>(<2%)
- Trifluorur de sofre NF<sub>3</sub> (<2%)

L'existència del canvi climàtic ha quedat corroborada amb les concentracions dels tres principals gasos. Segons les Nacions Unides, des de l'any 1750 la concentració de diòxid de carboni a l'atmosfera ha augmentat un 40%, el metà un 150% i l'òxid de nitrogen un 20%. Això ha provocat un augment mig de la temperatura de 0,85°C.

## 3.3. Els principals sectors d'emissió de gasos d'efecte hivernacle

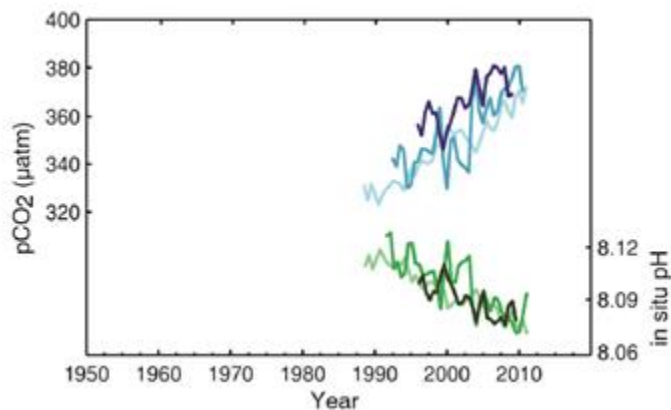
Els principals sectors d'emissió de gasos d'efecte hivernacle són:

- Sector energètic
- Indústria
- Transport
- Agricultura
- Residus
- Crema de combustibles

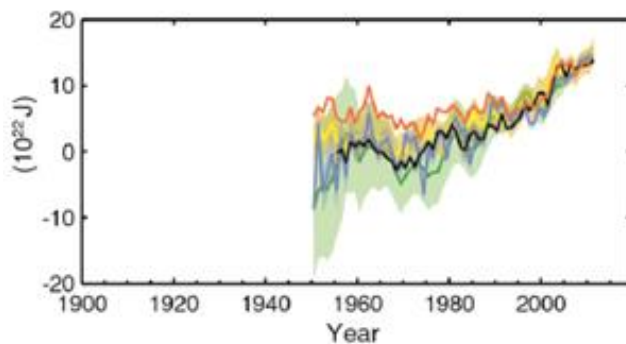
## 3.4. Els efectes del canvi climàtic

Científics han corroborat els següents impactes que ha tingut l'augment de l'emissió de gasos d'efecte hivernacle:

**1.- Escalfament i acidificació dels oceans.** Quan el diòxid de carboni es dissol en el mar es forma un àcid. Si augmenta aquesta acidificació, la biodiversitat que habita als oceans es pot veure alterada i pot fer que per exemple els esculls de coral hagin de lluitar per sobreviure. A més a més pot fer desaparèixer espècies marines, trastocar les xarxes tròfiques marines i alterar la composició biològica i química dels oceans.

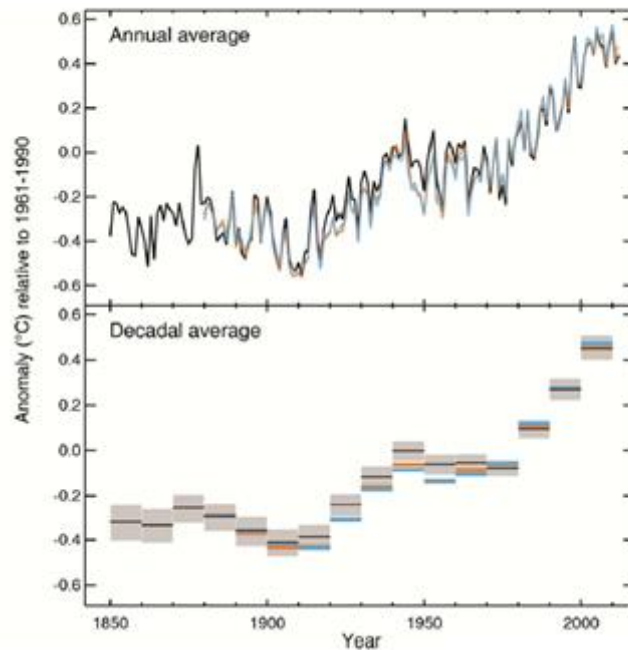


**Fig. 1.-** Concentració de CO<sub>2</sub> i pH en els oceans. Font IPCC 2013



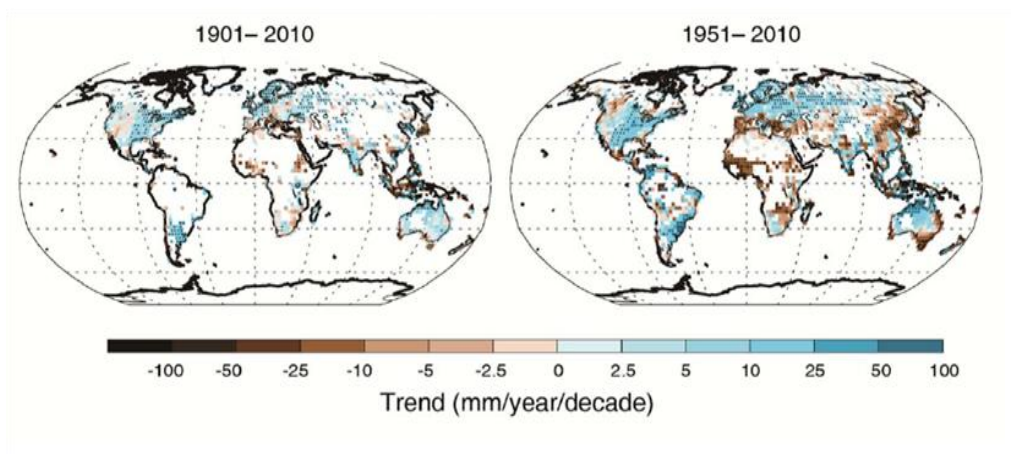
**Fig. 2.-** Evolució de la quantitat de calor mitjana en la part superior dels oceans. Font IPCC 2013

**2.- Temperatura de la superfície.** Cadascuna de les tres últimes dècades ha estat, successivament, més calenta a la superfície de la Terra que qualsevol dècada anterior des de 1850. L'augment de la temperatura està molt estesa a tot el món, però hi ha importants variacions regionals. L'escalfament ha estat més marcat en les regions polars del nord on aquest escalfament ha produït que es fongui el gel del pol nord a un ritme altíssim.



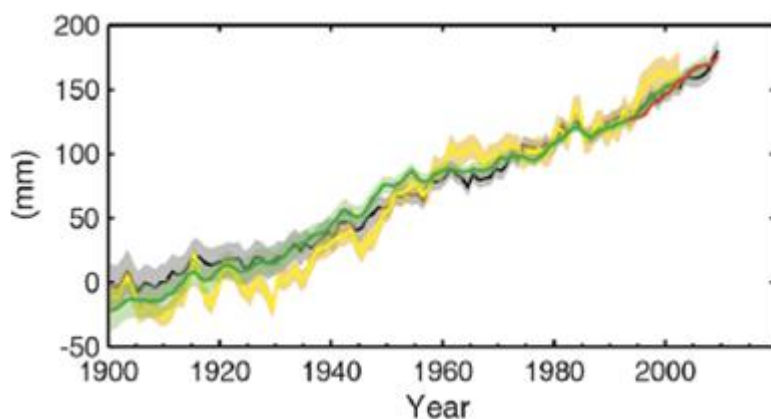
**Fig. 3.-** Mitjana mundial de la temperatura a la Terra i a la superfície dels oceans des del 1850 fins al 2012. Font IPCC 2013

**3.- Precipitacions.** S'ha observat un augment generalitzat de les precipitacions intenses, fins i tot en llocs on les quantitats totals han disminuït. Les observacions mostren també que els canvis en les precipitacions es produeixen en: quantitat, freqüència, intensitat i tipus de precipitació.



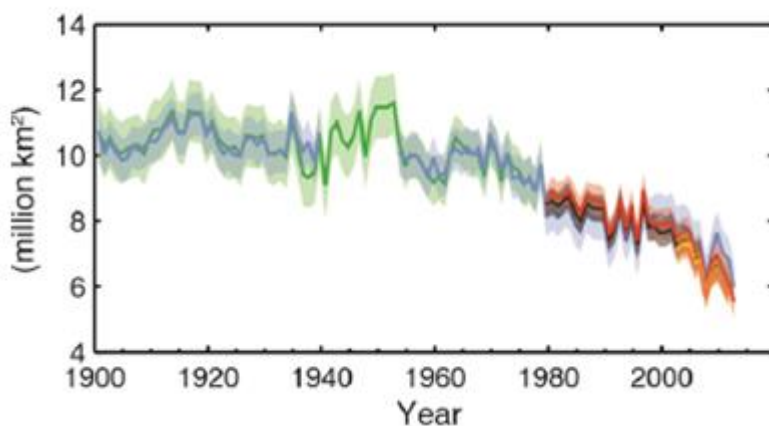
**Fig. 4.-** Canvi en la precipitació observada entre 1901-2010 i des 1951-2010. Font IPCC 2013

**4.- Augment del nivell del mar.** Les observacions mostren que el nivell del mar ha augmentat 0,19 metres durant el segle passat. Aquest augment és més gran que durant els dos mil·lennis anteriors. Les dues principals causes de l'augment són: la dilatació tèrmica, és a dir la expansió de l'aigua degut a l'augment de calor, i el desglaç de les capes de gel de la Terra i dels glaciers. Les conseqüències que pot generar van des de la inundació de zones costeres, contaminació d'aqüífers i sòl agrícola a la pèrdua de l'hàbitat d'espècies animals i vegetals.



**Fig. 5.-** Augment del nivell del mar (mm) 1900-2010. Font IPCC 2013

**5.- Pèrdua de la extensió de gel a l'Àrtic.** En els últims vint anys l'Àrtic i Groenlàndia han estat perdent massa de gel a un ritme frenètic. Es calcula també que actualment la massa de gel de l'Àrtic és la meitat de gruixuda que fa trenta anys.



**Fig. 6.-** Massa de gel a l'Àrtic (km<sup>2</sup>) 1900-2010. Font IPCC 2013

**6.- Canvis en els sistemes físics i biològics.** El canvi en el clima afecta en els sistemes tant físics com biològics: pèrdua d'espècies i d'ecosistemes, canvis en la densitat de les glaceres etc. Aquests canvis tenen lloc, sobretot, en situacions on hi ha un escalfament de l'entorn.

## 3.5. La resposta que es duu a terme per combatre el canvi climàtic

Una vegada explicat el fenomen del canvi climàtic, els gasos d'efecte hivernacle, els principals sectors d'emissió d'aquests gasos i les conseqüències, s'introdueix als conceptes d'adaptació i mitigació. Aquests dos conceptes expliquen la resposta que es duu a terme per tal de combatre el canvi climàtic.

### 3.5.1. *Adaptació*

L'adaptació al canvi climàtic es refereix als ajustos en sistemes humans i naturals en resposta a les variacions climàtiques per tal de moderar el dany o aprofitar les oportunitats que poden beneficiar el medi. Hi ha dos tipus d'adaptació:

- Anticipada. L'adaptació anticipada es refereix a l'adopció de mesures de preparació al canvi climàtic. Aquestes mesures podrien ser, per exemple, el desenvolupament de nous codis de construcció per a protegir els assentaments humans.
- Reactiva. L'adaptació reactiva es refereix a l'acció quan els efectes del canvi climàtic són visibles, com per exemple els canvis en pràctiques agrícoles, mesures de reg addicionals, etc.

Per iniciar qualsevol proposta d'acció d'adaptació pel canvi climàtic, primerament s'ha d'observar els factors que afecten el procés: variables climàtiques, no climàtiques, socioeconòmiques i mediambientals. Aquestes variables es poden utilitzar per avaluar els impactes climàtics i les vulnerabilitats relacionades. El seguiment i l'avaluació de les accions d'adaptació poden ajudar a proporcionar informació per assegurar que les activitats d'adaptació són apropiades. Els components que contribueixen a l'avaluació d'aquesta vulnerabilitat són la sensibilitat i l'exposició i aquests permeten identificar la vulnerabilitat segons diferents sectors, grups de població i nivells.

Existeixen una sèrie d'avaluacions donades per UNFCCC per avaluar els impactes i la vulnerabilitat. Es va crear una primera generació d'avaluacions, centrada en els impactes i posteriorment es va crear una segona generació la qual estava centrada en l'adaptació. Aquestes avaluacions permeten identificar i seleccionar les diferents opcions d'un sistema a l'adaptació per poder finalment determinar una capacitat d'adaptació del sistema tenint en compte la vulnerabilitat del mateix.





8GtC i a l'actualitat no hi ha cap indicació de com es tancarà. Els beneficis d'aplicar aquesta mitigació són: mediambiental, econòmic i social.

Un desenvolupament baix en carboni requereix:

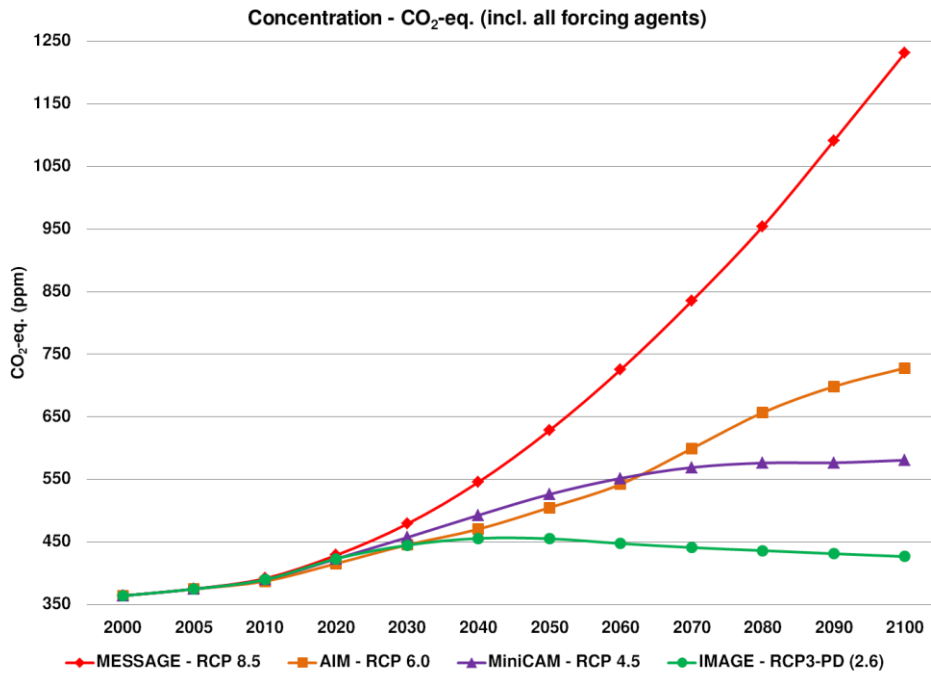
- Pensament polític
- Patrons de producció i consum
- Redirigir les inversions cap a tecnologies netes.

## 3.6. Els escenaris RCP

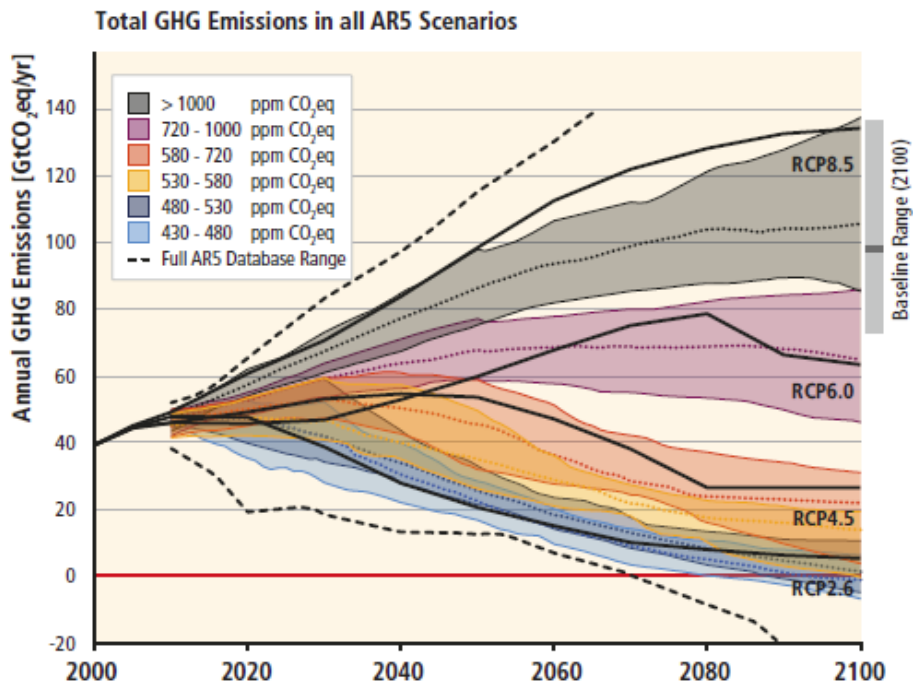
Les sigles RCP corresponen a Representative Concentration Pathways (Trajectòries de Concentració Representatives). Bàsicament són quatre escenaris diferents en el canvi mig de la temperatura a la superfície de la Terra i l'emissió de gasos d'efecte hivernacle, expressat en tones d'emissions de CO<sub>2</sub>. També es pot expressar en concentracions equivalents de CO<sub>2</sub>, que no només té en compte les emissions d'aquest gas, sinó la suma de tots els que produeixen l'efecte hivernacle i que s'expressen en emissions de CO<sub>2</sub> equivalents en parts per milió (ppm). Aquest factor, té en compte els anys que cada un dels gasos es manté a l'atmosfera i el percentatge sobre el total. Els escenaris van ser establerts pel Grup Intergovernamental d'experts sobre el Canvi Climàtic (IPCC). És un estudi sobre els diferents efectes que tindria l'activitat humana fins a l'any 2100 sobre la Terra. Els escenaris són:

- **RCP2,6.** Es tracta d'un escenari considerat de mitigació (descriu el concepte anteriorment). En aquest escenari es contempla un augment de la temperatura de la superfície d'entre 0,7 i 1,3°C.
- **RCP 4,5.** L'augment de la temperatura en l'escenari RCP 4,5 va des de 1,1 fins a 2,6°C. Aquest escenari està considerat com d'estabilització de l'efecte hivernacle.
- **RCP 6,0.** Escenari considerat també d'estabilització però amb un augment de la temperatura superior, d'entre 1,4 i 3,1°C.
- **RCP 8,5.** Augment de la temperatura de la superfície d'entre 2,6 i 4,5°C. L'escenari RCP 8,5 està considerat com a un augment massa elevat de la superfície de la Terra.

Els escenaris RCP es basen en models climàtics que simulen canvis degut a accions antropogèniques i a més són utilitzats per a l'Informe d'Avaluació del Grup Intergovernamental d'experts sobre el Canvi Climàtic (IPCC). Els valors numèrics corresponen als valors de radiació, expressada en W/m<sup>2</sup>.



**Fig. 8.-** Diferents escenaris RCP expressat en emissions de CO<sub>2</sub> equivalents des de l'any 2000 al 2100. Font: [www.smithsonian.com](http://www.smithsonian.com)



**Fig. 9.-** Diferents escenaris RCP expressat en giga tones de CO<sub>2</sub> equivalent de l'any 2000 al 2100. Font: IPCC AR5

# Capítol 4: **NEGOCIACIONS I POLÍTIQUES DE MITIGACIÓ DELS EFECTES DEL CANVI CLIMÀTIC**

## 4.1. Convenció Marc de les Nacions Unides pel Canvi Climàtic (UNFCCC)

L'any 1992 es va celebrar la Convenció de Rio de Janeiro (també anomenada “Earth Summit”). Va ser una de les Convencions de la Terra – organitzades per la ONU – on hi van ser presents representants d'organitzacions no governamentals i es van abordar diferents problemàtiques relacionades amb el desenvolupament sostenible. En la Convenció de Rio de Janeiro, es van donar a conèixer tres tractats internacionals:

- Convenció Marc de les Nacions Unides sobre el Canvi Climàtic (UNFCCC).
- A més a més, es va proposar la UNCBD (United Nations Convention on Biological Diversity) un tractat sobre la conservació i l'ús sostenible de la diversitat biològica.
- També es va proposar la UNCCD (United Nations Convention to Combat Desertification), una convenció per a la lluita contra la desertificació orientada a països que experimenten greus sequeres i desertificació, especialment a l'Àfrica.

El resultat final de la Convenció de Rio es tradueix en l'elaboració i la firma d'uns textos, que tot i no ser legalment vinculants per als països, va ser un primer pas important per guiar als països per un desenvolupament sostenible.

- Declaració de Rio sobre el Medi Ambient i el Desenvolupament. Es tracta del document principal resultant de la convenció i detalla els principis que defineixen els drets i les responsabilitats dels Estats. Aquesta declaració busca desenvolupar i alhora reafirmar la Declaració de la Conferència de les Nacions Unides sobre el Medi Humà (Estocolm, 1972)<sup>xx</sup>. L'objectiu principal de la Declaració és assolir el desenvolupament sostenible, reconeixent el dret dels essers humans a una vida saludable i productiva en harmonia amb la naturalesa<sup>xxi</sup>.
- Es va redactar el programa "Agenda 21" que és un pla detallat de les accions que s'han de dur a terme a nivell mundial, nacional i local, per entitats de les Nacions Unides, els governs i els seus estats membres i per grups principals particulars en totes les àrees en les que hi ha impactes humans sobre el medi ambient: salut, habitatge, contaminació de l'aire, gestió dels mars, boscos i muntanyes, la desertificació, la gestió dels recursos hídrics i el sanejament, la gestió de l'agricultura i la gestió de residus.
- La Declaració de Principis Forestals. Són un conjunt de principis subjacents a la gestió sostenible dels boscos d'arreu del món.

Gràcies doncs a la Convenció de Río de 1992, es va crear la Convenció Marc de les Nacions Unides per al Canvi Climàtic.

#### *4.1.1. Objectiu de la convenció*

A l'article 2 de la Convenció Marc de la Nacions Unides per al Canvi Climàtic, s'estableix clarament el seu objectiu final. Aquest objectiu és aconseguir l'estabilització de les concentracions de gasos d'efecte hivernacle a l'atmosfera a un nivell que impedeixi les interferències antropogèniques perilloses en el sistema climàtic. La definició del que s'entendrà com a gasos d'efecte hivernacle s'estableix a l'article 1 del text referit, juntament amb altres definicions d'altres conceptes i processos necessaris per a poder complir els objectius de la Convenció. El nivell de concentracions s'hauria d'aconseguir en un termini suficient per permetre que els ecosistemes s'adaptin naturalment al canvi climàtic, assegurar que la producció d'aliments no es veu amenaçada i permetre que el desenvolupament econòmic segueixi endavant de manera sostenible.

A més a més el mateix article 2 estableix que les decisions adoptades per les COP (Conferències de les Parts) comparteixen el mateix objectiu de la Convenció. Les COP s'analitzen en apartats posteriors, però ja es pot preveure la importància que té la COP en el desenvolupament i l'adopció de mesures per al compliment de l'objectiu final de la Convenció. Això ens anuncia que els acords adoptats en la Convenció no seran fixes en el temps i que s'aniran actualitzant segons les circumstàncies i necessitats del moment mitjançant els acords adoptats en la COP.

#### *4.1.2. Principis de la Convenció*

Les mesures que els Estats-Part adoptin per al compliment de l'objectiu de la Convenció hauran de guiar-se per una sèrie de principis que el mateix Conveni estableix en el seu article 3. Aquests principis són els següents:

1. Principi d'equitat. Els Estats-Part, en base a la seva responsabilitat i capacitats per a combatre el canvi climàtic, haurien de d'adoptar mesures per a protegir el sistema climàtic en benefici de la població present i futura. Expressament l'article fa menció que els països desenvolupats han de, precisament, guiar i liderar aquest combat, donat que son els principals emissors de gasos d'efecte hivernacle i que les seves capacitats i recursos son superiors als països en vies de desenvolupament.
2. Principi de proporcionalitat. Aquest principi està format per dos aspectes. El primer fa referència als països en vies de desenvolupament que son especialment vulnerables als efectes adversos del canvi climàtic. El segon té en compte la càrrega que han de suportar els països en vies de desenvolupament per adoptar les mesures de la Convenció. Els països en vies de desenvolupament, són precisament els més vulnerables als efectes del canvi climàtic ja que disposen de menys recursos per a poder adaptar-se o mitigar aquests efectes. Per tant, aquest principi de proporcionalitat, és necessari per a combatre de manera més efectiva les conseqüències del canvi climàtic en zones de la Terra on poden tenir més incidència.
3. Principi d'economia de les mesures. L'objectiu de la Convenció és reduir la generació de gasos d'efecte hivernacle al menor cost possible. Les mesures s'haurien d'adoptar en el moment en que hi hagi indicis substancials de que no dur-les a terme podria incrementar desproporcionadament els costos per reconduir la situació. Per aconseguir-ho, les mesures combatives hauran d'adoptar-se preveient tots els aspectes per tal de tenir polítiques i mesures realment efectives en la lluita per la reducció de emissions.
4. Principi sobre el desenvolupament sostenible. La Convenció és conscient que el creixement econòmic va lliga a la possibilitat d'adoptar mesures més eficaces per combatre els efectes del canvi climàtic. Per això no lluita contra aquest creixement, però si recomana a cada una de les Parts, en la

mesura de les seves condicions, promoure mesures a nivell nacional que minimitzin el canvi produït pel ser humà i permetin un desenvolupament sostenible.

5. Principi de cooperació internacional. Aquest últim principi explica que els Estats-Part han de cooperar per al creixement econòmic i un desenvolupament sostenible, particularment en els països en vies de desenvolupament, ajudant-los a que es puguin adaptar millor als efectes del canvi climàtic. Aquestes mesures no han de ser adoptades en cap cas amb finalitats de discriminació ni una restricció encobert al comerç internacional.

#### *4.1.3. Creació de la Conferència de les Parts (COP)*

A l'article 7 de la Convenció es va establir una Conferència de les Parts. Els punts que componen l'article 7 són:

1. La Convenció estableix una Conferència de les Parts. Bàsicament és la creació de la COP.
2. Presa de decisions que comportin el compliment i l'aplicació eficaç de la Convenció:
  - a) Control periòdic de les obligacions dels Estats-Part per tal d'aconseguir l'objectiu de la Convenció.
  - b) Paper proactiu sobre les mesures adoptades per a fer front al canvi climàtic. Aquest paper ha de variar segons cada Estat-Part, depenent de les seves capacitats, circumstàncies i els seus respectius compromisos.
  - c) Si dos o més Estats-Part ho demanen, la Conferència de les Parts ha de facilitar la coordinació de mesures adoptades per aquests. Aquesta coordinació de les mesures, ha de tenir en compte les capacitats, circumstàncies i els respectius compromisos en la Convenció.
  - d) Promoure i dirigir inventaris d'emissions d'efecte hivernacle creades per les fonts i la seva absorció.
  - e) Avaluar l'eficàcia de les mesures adoptades i fomentar l'absorció de gasos.
  - f) Control de compliment de les mesures i efectes ambientals econòmics i socials.
  - g) Aprovar informes periòdics sobre aplicació de les mesures.
  - h) Finançament per a l'adopció de les mesures i la mitigació dels efectes del canvi climàtic.
  - i) Creació d'òrgans subsidiaris que convinguin per a l'aplicació de la Convenció.
  - j) Acordar i aprovar el reglament intern i el reglament financer i el dels òrgans subsidiaris. Aquest punt dóna a la COP una autonomia financera per part de la Convenció.
  - k) Sol·licitar ajuda d'organitzacions internacionals.

3. La COP aprovarà el seu propi reglament intern que podrà establir procediments per a l'adopció d'acords sempre i quan la matèria sobre la que estableixi el procediments no ha estat regulada per la Convenció.
4. Establiment dels períodes de reunió de la COP, de manera anual.
5. Regulació dels períodes extraordinaris de reunió i les necessitats i regles marcades per a poder establir i convocar un període extraordinari de reunió.
6. Descripció dels observadors de la Conferència de les Parts.

#### *4.1.4. Els Estat-Part de UNFCCC*

Els Estats-Part que formen la Convenció Marc de les Nacions Unides per al Canvi Climàtic es divideixen en tres grups diferents:

- Estats-Part de l'Annex 1. És un grup format per 43 països desenvolupats i països amb economies en transició.
- Estats-Part de l'Annex 2. És un grup format per 23 països en vies de desenvolupament però no països amb economies en transició. Es tracta d'un subconjunt dels Estats-Part de l'Annex 1.
- Estats-Part de No-Annex 1. Bàsicament països en vies de desenvolupament i entitats no governamentals.

Els compromisos de tots els Estats-Part són:

1. Desenvolupar inventaris nacionals de gasos d'efecte hivernacle.
2. Formular les mesures de mitigació i adaptació.
3. Cooperar en tecnologies de transferència.
4. Promocionar un desenvolupament sostenible.
5. Tenir en compte consideracions en el planejament del desenvolupament.
6. Promocionar i cooperar en recerca.
7. Cooperar en intercanvi d'informació.
8. Promocionar l'educació, la formació i la sensibilització de la població.
9. Comunicar a la COP informació relacionada amb la implementació.

## **4.2. Històric de les Conferències de les Parts (COP)**

A continuació s'explica les COP més rellevants des de la seva primera sessió a Berlín el 1995 i els acords més importants que es van prendre per a combatre el

canvi climàtic i complir amb l'objectiu de la Convenció Marc de les Nacions Unides per al Canvi Climàtic.

1992	1995	1997	2001	2009	2010	2011	2014	2015
Rio Earth Summit UNCBD UNCCD UNFCCC	COP 1: Berlin	COP 3: El Protocol de Kyoto - Gasos d'efecte hivernacle - 2 períodes d'actuació - Mecanismes de flexibilitat	COP 7: Marràqueix - S'aproven els mecanismes de flexibilitat del Protocol de Kyoto	COP 15: Copenhagen	COP 16: Cancún - Compromís d'augmentar la temperatura màxima de la Terra 2°C	COP 17: Durban - Ad Hoc Working Group: Preparant la COP 21	COP 20: Lima	COP 21: París

**Fig. 10.-** Històrics de les Conferències de les Parts més rellevants. Font pròpia.

### **1995**

L'any 1995 es va celebrar a Berlín, la primera conferència dels Estats-Part COP 1. En aquesta primera conferència es va acordar establir un procés per negociar compromisos més fermes per als països desenvolupats, és a dir els Estats-Part que formen l'Annex 1.

### **1997**

El protocol de Kyoto es va adoptar l'any 1997 en la Convenció dels Estats-Part COP 3 a Kyoto, Japó. A partir d'aquest any, és aquest protocol el que serveix com a base d'operacions de les Convencions. El protocol compromet als països a establir les emissions de gasos d'efecte hivernacle a partir dels principis de la Convenció. Tanmateix, la pròpia Convenció només anima als països a dur-lo a terme. Els grups que formen el Protocol de Kyoto es divideixen en els membres de l'Annex I, l'Annex II i els No-Annex I. Dins dels Estats-Part de l'Annex I, s'inclouen els de l'Annex B, que són països desenvolupats juntament amb els que tenen economies en transició, és a dir els països que busquen donar el pas cap al capitalisme i l'economia de mercat.

El protocol s'explica en tres diferents seccions; gasos d'efecte hivernacle, períodes de compromís de mitigació i mecanismes per facilitar la reducció d'emissions.

- Gasos d'efecte hivernacle. El protocol regula els gasos d'efecte hivernacle:
  1. Diòxid de carboni CO<sub>2</sub>
  2. Metà CH<sub>4</sub>
  3. Òxid de nitrogen N<sub>2</sub>O
  4. Hidrofluorcarburs HFCs
  5. Perfluorurcarburs PFCs
  6. Hexafluorur de sofre SF<sub>6</sub>
  7. Trifluorur de nitrogen NF<sub>3</sub>



A més a més el protocol divideix els sectors en els que aquests gasos són emesos a l'atmosfera. Es divideixen en cinc grans categories: energia, processos industrials, ús de dissolvents i altres productes, agricultura i residus.

- Períodes de compromís de mitigació.
  1. El primer període comprèn de l'any 2008 al 2012. 37 països desenvolupats es comprometen a reduir les seves emissions un mínim d'un 5% per sota dels nivells del 1990 i asseguren que les seves quantitats de CO<sub>2</sub> emissions equivalents no excedeixen una quantitat assignada. A més a més a cada Partit de l'Annex B se li assignen unes certes quantitats d'emissions de CO<sub>2</sub>. En un principi, la Unió Europea (UE) va anar més enllà i es va comprometre a reduir les seves emissions conjuntes un 8% menys que el 1990. Per a aconseguir-ho es va marcar el percentatge que cada Estat membre de la UE havia de reduir tenint en compte el creixement de l'Estat i fixava els límits que aquests podien emetre. Per exemple, fins a l'any 2012, Dinamarca havia de reduir un 21% les seves emissions mentre que Espanya podia augmentar-les un 15%. Conjuntament doncs, tots els estats reduïen les emissions un 8%.
  2. El segon període comprèn de l'any 2013 al 2020. Es basa en el "Doha Amendment to the Kyoto Protocol". Els països es comprometen durant aquest període a reduir els gasos d'efecte hivernacle un mínim d'un 18% per sota dels nivells de 1990. L'inconvenient d'aquest segon període és que no és vigent ja que no està ratificat pel percentatge necessari d'emissors. Per a que podés entrar en vigor, almenys un 55% dels estats emissors han de ratificar-ho, és a dir aprovar-ho al Parlament de cada país.
- Els tres mecanismes de Kyoto van establir mesures per crear flexibilitat als països de l'Annex I per complir les seves obligacions amb el protocol.
  1. Aplicació conjunta que permet als Estats-Part de l'Annex I implementar projectes de reducció de les emissions en altres Estats-Part de l'Annex I (economia en transició), i utilitzar les corresponents unitats de reducció d'emissions en el compliment dels objectius de Kyoto. Aquest mecanisme ofereix una alternativa a la reducció d'emissions a nivell nacional.
  2. El mecanisme de desenvolupament net permet als Estats-Part de l'Annex I a invertir en projectes de desenvolupament sostenible en els Estats-Part No-Annex I. Aquesta inversió en els països en vies de desenvolupament és a canvi de crèdits d'emissions ja que hi ha països que no tenen obligacions de reduir les emissions de gasos d'efecte hivernacle. Per tant, si un país desenvolupat inverteix en projectes de desenvolupament sostenible en un país en vies de desenvolupament, el país inversor es queda amb els crèdits de reducció de les emissions sobre el seu país.

3. El tercer mecanisme, el comerç d'emissions proporciona als Estats-Part de l'Annex I la possibilitat d'adquirir crèdits de carboni d'altres Estats-Part de l'Annex I que tenen més crèdits de carboni degut a la reducció d'emissions que van més enllà del seu compromís amb el Protocol de Kyoto. Aquests mecanismes continuen encara sota el segon període de compromís.



**Fig. 11.-** Posició dels diversos països al 2005 respecte el Protocol de Kyoto. Font: <http://tamaraexternalidades.blogspot.com.es/2010/12/el-protocolo-de-kyoto.html>

## **2001**

L'any 2001 va tenir lloc la Conferència dels Estats-Part COP 7 a Marràqueix on es van fer importants avenços cap a la creació de nous instruments de finançament i planificació per a l'adaptació, i l'establiment d'un marc de transferència de tecnologia. Els Estats-Part van preparar l'escenari per a la ratificació del Protocol de Kyoto i van concloure el treball sobre el Pla d'Acció de Buenos Aires (COP 5). Aquest paquet de mesures i acords es coneix com els Acords de Marràqueix. A més la data de la Cimera Mundial del Desenvolupament Sostenible, l'any 2002, va ser presentada com a objectiu per a que el Protocol de Kyoto entrés en vigor.

Què es va acordar a Marràqueix?

- Es van establir unes regles per a les operacions entre els Estats-Part per al comerç internacional d'emissions en el Protocol de Kyoto i per a l'aplicació conjunta (un dels tres mecanismes del Protocol explicat anteriorment).

- Un règim de compliment de les emissions dels Estats-Part. Això va esbossar amb les conseqüències que s'aplicarien als Estats-Part que no complissin amb els objectius d'emissions, però va ajornar als Estats-Part en el Protocol, una vegada que va entrar en vigor la decisió de si aquestes conseqüències serien legalment vinculants.
- Procediments de comptabilitat per a la flexibilitat dels mecanismes.
- Una decisió de considerar a la COP 8 com a aconseguir una revisió de l'adequació dels compromisos que podrien donar lloc a debats sobre els futurs compromisos dels països en desenvolupament.

## **2005**

L'any 2005 es va celebrar el COP 11 a Montreal, el qual va ser molt important pel que fa a la ratificació del Protocol de Kyoto, ja que aquest va entrar en vigor (el primer període) després que Rússia el ratifiqués. Els temes més importants que es van discutir a la Conferència van ser:

- Consideració del procés per a tractar les mesures per combatre el canvi climàtic un cop finalitzat el primer període del Protocol de Kyoto, és a dir, a partir de l'any 2012.
- Iniciatives de capacitació: es tracta de millorar la capacitat de les persones, organitzacions i institucions dels països en vies de desenvolupament i en els països en economies de transició per tal d'identificar, planificar i posar en pràctica maneres de mitigar i d'adaptar-se al canvi climàtic. Està orientat precisament a objectius que no disposen del coneixement ni de les capacitats per a poder mitigar l'efecte del canvi climàtic o la tecnologia per a adaptar-s'hi.
- Es van tractar diferents qüestions financeres i relacionades amb el pressupost, incloses les directrius per al Medi Ambient Mundial.
- Es va establir un Grup de Treball Especial sobre els Nous Compromisos dels Estats-Part de l'Annex I (AWG-KP), és a dir per als països desenvolupats.

## **2009**

La Conferència sobre el Canvi Climàtic de Copenhaguen va plantejar la política de canvi climàtic al més alt nivell polític, amb prop de 115 líders mundials que assisteixen a les sessions d'alt nivell. La Conferència va produir l'Acord de Copenhaguen, que va ser recolzada per la majoria de països. Tot i que hi havia moltes expectatives en la Conferència, el text final resultant va resultar ser no vinculant, sense objectius quantitatius i sense terminis. Els punts més importants de l'acord van ser:

- L'acceptació de la voluntat política de combatre el canvi climàtic amb urgència.

- Estabilitzar la concentració de gasos d'efecte hivernacle a l'atmosfera en un nivell que eviti una interferència antropogènica perillosa en el sistema climàtic.
- Objectiu a llarg termini de limitar l'augment màxim de la temperatura mitjana mundial a no més de 2°C sobre els nivells pre-industrials, subjecte a una revisió en 2015. Una sèrie de països en desenvolupament va acordar comunicar els seus esforços per limitar efecte hivernacle emissions de gasos de cada dos anys.
- El finançament a llarg termini, en el que els països desenvolupats van acordar donar suport l'objectiu de mobilitzar US \$ 100 mil milions a l'any en 2020 per atendre les necessitats dels països en desenvolupament.

### **2010**

La COP 16 es va celebrar a Cancún i es resumeix en el text: Els Acords de Cancún. Aquests, constitueixen una fita important per al procés del clima de les Nacions Unides ja que va incloure el paquet més important mai acordat pels governs per ajudar a les nacions en vies de desenvolupament a enfrontar el canvi climàtic. Abastava les finances, la tecnologia i la creació de capacitat de suport per ajudar a aquests països a complir amb les necessitats urgents d'adaptació al canvi climàtic.

El punt més important, tanmateix va ser l'acord de que la temperatura de la Terra no podia augmentar més de 2°C respecte als nivells de 1990 i assegurava la transparència internacional de les accions preses pels països per aconseguir-ho.

### **2015**

El desembre del 2015 va tenir lloc a París la Conferència de les Parts 21 (COP 21). L'objectiu principal d'aquesta Conferència era trobar una resposta a l'augment de la temperatura de la Terra degut a les emissions de gasos d'efecte hivernacle generades per l'activitat humana, que amenaça en aniquilar la presència humana en determinades parts del món.

L'acord que van arribar els Estats-Part de la Conferència marca un canvi de direcció en la lluita contra el canvi climàtic, ja que es confirma l'objectiu de mantenir l'augment de la temperatura per sota dels 2°C. El text final de l'acord també estableix per primera vegada l'objectiu de reduir encara més aquest augment de la temperatura, fins a 1,5°C per tal de protegir les illes de la Terra, és a dir els territoris més amenaçats i exposats als efectes de l'augment del nivell del mar.

A diferència de les altres Conferències de les Parts, en aquesta, per primera vegada cada Estat-Part de la COP envia les seves propostes en forma de pla d'acció per a combatre el canvi climàtic i reduir les emissions de gasos d'efecte hivernacle. Aquests plans d'acció, coneguts com INDCs "Intended Nationally

Determined Contribution" conformen una nova forma d'abordar les polítiques de mitigació del canvi climàtic. Anteriorment, i el Protocol de Kyoto n'és un exemple, s'havia intentat pactar un percentatge de reducció d'emissions, ara l'enfoc canvia, i cada país manifesta quina és la seva intenció de reducció d'emissions. El problema rau en que quan es sumen els compromisos presentats per la totalitat dels països es constata que encara s'està molt lluny d'assolir l'objectiu dels 2°C reflectit a l'acord de París<sup>xxiv,xxv,xxvi</sup>. Aquesta nova metodologia, també està enfocada a que les emissions assoleixin el seu punt màxim tan aviat com sigui possible.

Així doncs, i segons els articles 2 i 4 de la Convenció Marc sobre el Canvi Climàtic en la seva reunió anual en la Conferència de les Parts 21 celebrada a París, explica els punts i acords més importants presos pels Estats-Part:

- L'article 2 explica les intencions de mitigació d'emissions que tenim actualment i, per tant de les quals partim en aquest moment.
- A l'article 4 s'obliga als Estats-Part a presentar cada cinc anys noves i més ambiciosos contribucions previstes determinades a nivell nacional per a combatre el canvi climàtic. En altres paraules, cada país ha de contribuir en trobar mesures per a la mitigació del canvi climàtic. A més a més, l'article diu que el conjunt de les mesures proposades pels Estats-Part, serà analitzat per fer-ne un balanç global.

Tanmateix dels avenços importants presos a París, hi ha alguna que altra problemàtica sobre l'Acord de París:

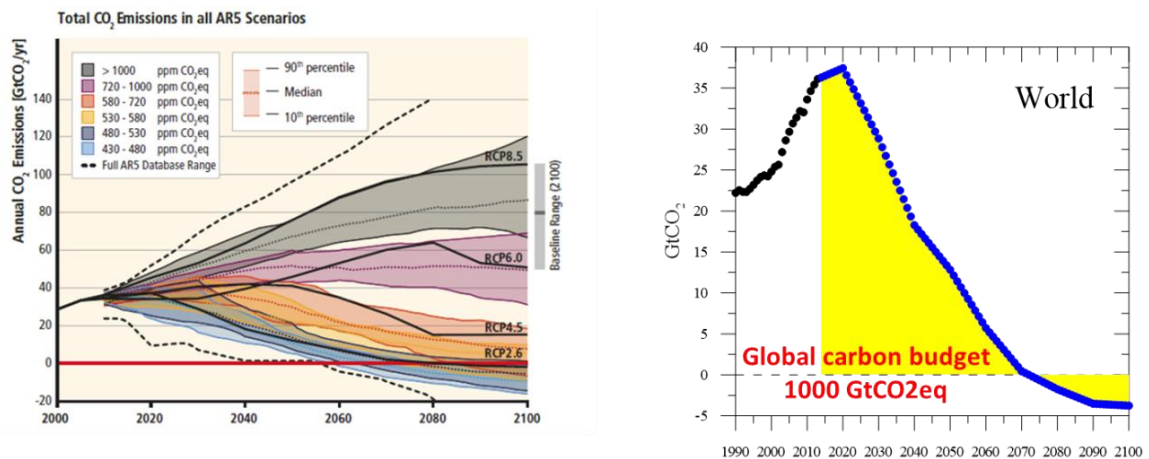
- Manca de mecanisme de realimentació política de la metodologia. Parlem doncs d'un tractat vinculant que no vincula en res.
- Injust pels països en vies de desenvolupament. L'acord estableix l'obligació dels països industrialitzats a finançar els projectes per combatre el canvi climàtic als països pobres, mentre que es convida als països en desenvolupament a contribuir-hi de manera voluntària.
- Necessitat de US\$100b per a finançar projectes que permetin als països a adaptar-se al canvi climàtic.

L'acord estarà obert a la signatura dels països el 22 d'abril a Nova York. L'acord només podrà entrar en vigor una vegada que hagi estat ratificat per 55 països, que representen almenys el 55% de les emissions.

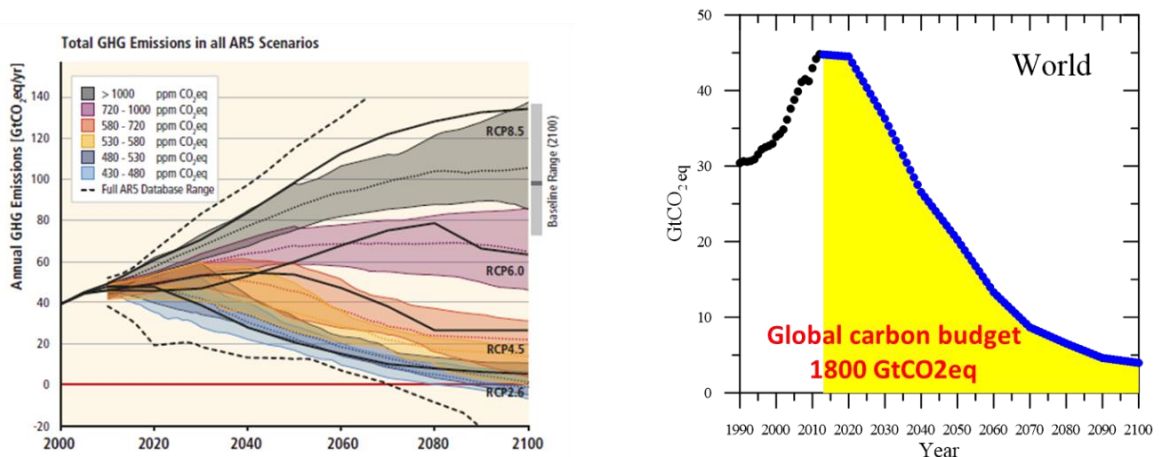
# Capítol 5: **EL GLOBAL CARBON BUDGET**

El concepte de Global Carbon Budget es defineix com el pressupost d'emissions de carboni que el món pot emetre fins a l'any 2100 per tal de complir amb l'objectiu de limitar l'augment de la temperatura mitja de la Terra per sota dels 2°C respecte la temperatura mitjana a l'època pre-industrial. L'últim informe de l'IPCC AR5<sup>viii</sup> (Intergovernmental Panel on Climate Change, 5<sup>th</sup> Assessment Report) planteja diversos escenaris d'emissions i els relaciona amb l'augment de la temperatura mitja de la Terra, anomenats escenaris RCP (Representative Concentration Pathways).

Els països membres de UNFCCC van consensuar l'any 2010 a Cancún, que "la temperatura mitjana de la superfície de la Terra no ha d'augmentar més de 2°C, comparada amb la temperatura de la era pre-industrial". A partir d'aquest consens es determina que l'únic escenari RCP que podria complir amb aquest consens és l'escenari RCP 2.6. Tanmateix, aquests escenaris només són prediccions que condueixen a un diferent augment de la temperatura mitja de la Terra i poden quedar properes o llunyanes al que pot passar a la realitat. Tot i així i tal i com ja s'ha dit, l'escenari RCP 2.6 és l'únic que té una probabilitat – es diu que aquesta probabilitat està al voltant del 66% – d'assolir l'objectiu dels 2°C.



**Fig. 12.-** Emissions de diòxid de carboni i pressupost mundial de diòxid de carboni fins al 2100. Font : [https://sth.upc.edu/ggcc?set\\_language=en](https://sth.upc.edu/ggcc?set_language=en)



**Fig. 13.-** Emissions totals de gasos d'efecte hivernacle i pressupost mundial de diòxid de carboni equivalent fins al 2100. Font : [https://sth.upc.edu/ggcc?set\\_language=en](https://sth.upc.edu/ggcc?set_language=en)

L'element més important de l'escenari RCP 2.6 no és la trajectòria al llarg del temps sinó l'àrea (zona groga a les figures 12 i 13) que cobreix. Aquesta àrea és bàsicament el que es defineix com el Global Carbon Budget i que quantifica el total d'emissions que es poden emetre a l'atmosfera per tal d'arribar a l'objectiu de no incrementar la temperatura mitja de la Terra 2°C en comparació amb els nivells pre-industrials. El Carbon Budget només té en compte l'escenari RCP 2.6 ja que és l'únic que té la probabilitat d'assolir l'objectiu. A l'informe AR5 no hi ha cap proposta de distribució de les emissions de gasos d'efecte hivernacle. Només diu la trajectòria que els països haurien de seguir per tal de complir amb els escenaris RCP i per tant és necessari elaborar models de repartiment i de mitigació de les emissions d'efecte hivernacle.

Actualment els compromisos dels Estats es formulen per tal d'aconseguir reduir en un any objectiu un determinat percentatge d'emissions, respecte les emissions en un any base. Tanmateix, aquest plantejament no és l'adequat ja que no implica cap compromís respecte la trajectòria d'emissions seguida entre l'any base i l'any objectiu i per tant, no controla quines seran les emissions acumulades en aquest interval de temps. És important ser conscients que l'augment de temperatura està directament relacionat amb les emissions acumulades que s'alliberen a l'atmosfera d'aquí fins a final de segle, no pas, amb les emissions en un determinat any. Per tal d'assolir l'objectiu dels 2°C cal controlar les emissions acumulades des d'ara i fins a finals de segle per a que no sobrepassin les 1000 GtCO<sub>2</sub> o per a tots els gasos d'efecte hivernacle, 1800 GtCO<sub>2</sub>eq. La forma d'aconseguir-ho passa per utilitzar el concepte de Global Carbon Budget i realitzar un seguiment de com aquest pressupost es va "consumint" al llarg d'aquest segle. D'altra banda, i aquest és un dels objectius d'aquest projecte, també es pot plantejar com s'hauria de repartir el Global Carbon Budget, entre els diferents països per tal que cadascun adopti les polítiques necessàries per inscriure les seves accions de mitigació dins del pressupost assignat. Bàsicament el que es proposa és que cada país dissenyi el seu camí de mitigació de les emissions però que sigui compatible amb el Carbon Budget que li correspon, és a dir que l'àrea de les emissions sigui la que toca, tot i que la trajectòria no segueixi la mateixa evolució que la de l'escenari RCP. Així doncs no es tracta d'arribar a un valor determinat d'emissions a l'any 2100, sinó que el pressupost d'emissions d'efecte hivernacle – 1000 GtCO<sub>2</sub> o bé 1800 GtCO<sub>2</sub>eq – no es sobrepassi.



# Capítol 6: **MODELS DE REPARTIMENT DEL GLOBAL CARBON BUDGET**

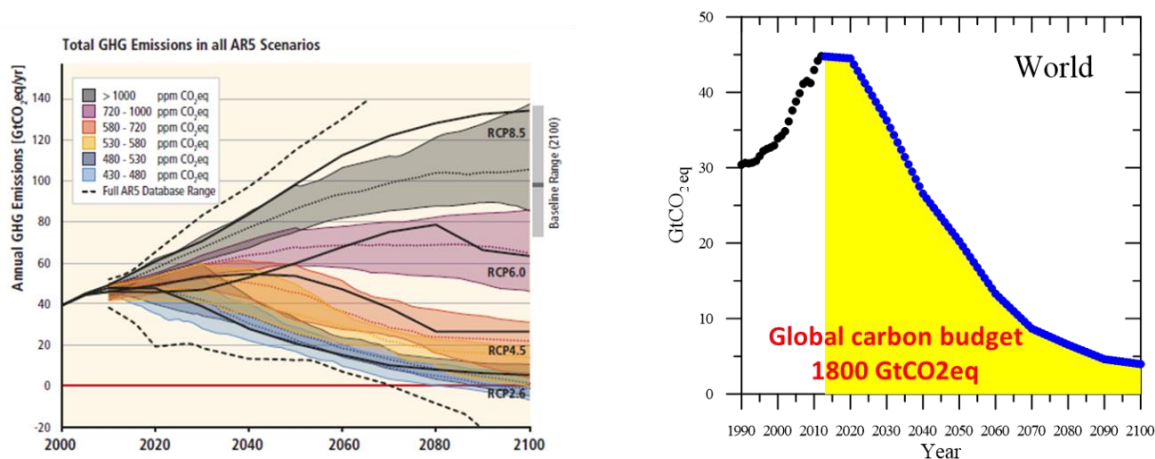
## 6.1. El Model de Justícia Climàtica (MJC)

El model explica una proposta quantificada, basada en criteris de justícia climàtica per càpita, de la distribució entre els estats de la UNFCCC dels objectius de mitigació d'emissions definits per l'escenari RCP 2.6 de l'informe AR5 del IPCC<sup>viii</sup>.

El Model de Justícia Climàtica manifesta que la comunitat internacional ha de trobar "una proposta basada en criteris quantificables compartits pels Estats-Part de la Convenció", que pugui fer possible arribar a acord sòlid<sup>v</sup>.

### 6.1.1. Bases principals

El punt de partida del model és l'acord signat i ratificat a Cancún en l'escenari de la COP 16 on s'acorda que "La temperatura mitjana de la superfície de la Terra no ha d'augmentar més de 2°C, comparada amb la temperatura de la era pre-industrial". Per a aconseguir-ho parteix de l'informe AR5 del IPCC<sup>viii</sup>, el qual explica que només hi ha un possible escenari per a poder complir aquest objectiu: l'escenari RCP 2.6.



**Fig. 14.-** Emissions totals de gasos d'efecte hivernacle i pressupost mundial de diòxid de carboni equivalent fins al 2100. Font : [https://sth.upc.edu/ggcc?set\\_language=en](https://sth.upc.edu/ggcc?set_language=en)

L'element més important de l'escenari RCP 2.6 no és la seva trajectòria durant el temps sinó la superfície que la defineix i que quantifica el "Global Carbon Budget" (explicat en el capítol 5), és a dir la quantitat de gasos d'efecte hivernacle que encara poden ser emesos a l'atmosfera per tal de complir amb l'objectiu marcat per l'escenari RCP 2.6. La quantitat de gasos d'efecte hivernacle que encara es poden emetre doncs, des d'ara fins al final de segle, és de 1800 GtCO<sub>2</sub>eq o bé 1000 GtCO<sub>2</sub>.

### 6.1.2. El Model de Justícia Climàtica

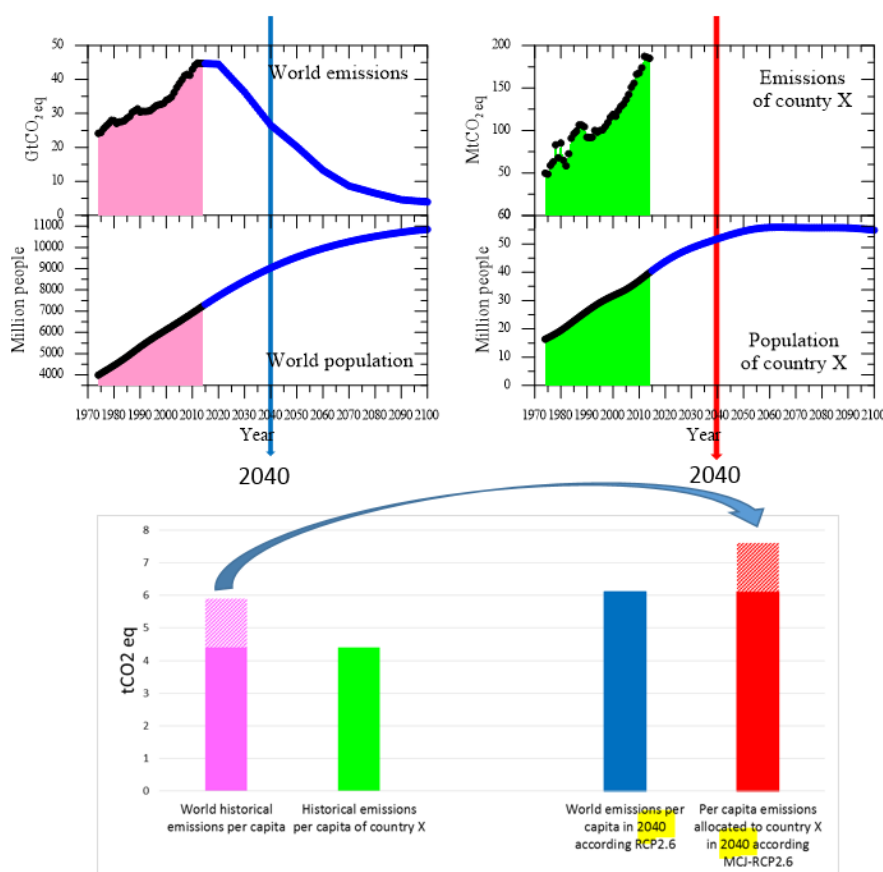
El Model de Justícia climàtic s'ha elaborat amb l'objectiu de determinar la quantitat total d'emissions o el "Carbon Budget" que hi hauria disponible per als Estats-Part des de l'actualitat fins al 2050 i al 2100, com a resultat de distribuir el Global Carbon Budget en tots els països segons els següents criteris:

- Tractar tots els habitants del planeta de manera equitativa.
- Tenir en compte les diferents responsabilitats històriques de cada un dels Estats-Part de UNFCCC per al que emissions respecta. Aquest factor de responsabilitat històrica es calcula determinant la desviació de les emissions històriques per càpita de cada país respecte les emissions

històriques per càpita mundials. El període d'emissions històriques considerat va des de l'any 1993 fins a l'actualitat. Es considera el 1993 perquè és l'any posterior a la cimera de Rio on es va aprovar la Convenció pel Canvi Climàtic<sup>ix</sup>. És a la Convenció on els països posen de manifest que han d'establir polítiques per a establitzar les emissions de gasos d'efecte hivernacle d'origen antropogènic fins a nivells que no interfereixin perillosament amb el sistema climàtic global.

- El creixement de la població.
- Pressupost restant d'emissions a nivell mundial (Global Carbon Budget).

Amb tot, en la mesura que les emissions per càpita dels gasos d'efecte hivernacle dels diferents països no són els mateixos, el model quantifica la responsabilitat històrica per càpita i ho té en compte a l'hora de determinar les possibles emissions futures de cada un dels països (més responsabilitat històrica significa menys possibles emissions futures i viceversa).



**Fig. 15.-** Mostra dels criteris del MJC. Font: [https://sth.upc.edu/gccc?set\\_language=en](https://sth.upc.edu/gccc?set_language=en)

Els països seleccionats per a l'elaboració del model es divideixen en dos grups:

- TOP 15: Principals països emissors d'emissions de gasos d'efecte hivernacle: Xina, Estats Units, Unió Europea (28 països), Índia, Rússia,

- Japó, Iran, Corea, Canadà, Aràbia Saudita, Sudàfrica, Mèxic, Indonèsia, Brasil, Austràlia.
- Altres: subdividit en tres grups; Altres països africans, altres països de l'Amèrica llatina i el Carib i la resta del món.

Pel que fa a les emissions, el model inicialment va ser formulat considerant únicament el CO<sub>2</sub> de la crema de combustibles fòssils i la indústria, que, el 2010, va ascendir al 65% de les emissions totals de gasos d'efecte hivernacle d'acord amb l'informe de l'IPCC<sup>viii</sup>. Aquestes dades s'han obtingut a partir de les bases de dades del Banc Mundial<sup>x</sup>. Més endavant es va estendre el model a les emissions de gasos d'efecte hivernacle no-CO<sub>2</sub>. Les de l'ús de la terra, canvi d'ús de la terra i silvicultura (UTS), no s'han considerat en el Model de Justícia Climàtica ja que no es disposa de les dades completes de tots els països relatives a aquests gasos.

El segon conjunt de dades utilitzades en la preparació del model són dades històriques de població entre 1990 i 2010<sup>xi</sup>, i les projeccions entre 2011 i 2050/2100 preparat per la Divisió de Població del DAES i recollits a World Population Prospects: The 2012 Revision<sup>xii</sup>.

El model defensa que l'actual i tradicional enfoc en la formulació dels objectius de mitigació de UNFCCC no és l'apropiat. Aquest enfoc tradicional sempre ha estat que cada país disposa d'una determinada corba d'emissions històriques i aleshores, fixant un any base, que es l'any a partir del qual el país comença a reduir les emissions, s'elabora l'objectiu de reducció de les emissions.

Aquest enfoc, que és el que els països encara ara estan fent servir quan estan formulant els seus compromisos de reducció d'emissions, no permet controlar quines són les emissions acumulades que s'han alliberat a l'atmosfera en un interval de temps. El MJC defensa que el que s'hauria de fer doncs és adjudicar a cada país el seu Carbon Budget a partir dels criteris de repartiment basats en l'equitat i les responsabilitats històriques i que aleshores cada país construis o dissenyés el seu propi camí de mitigació atenent a les seves circumstàncies i les seves capacitats.

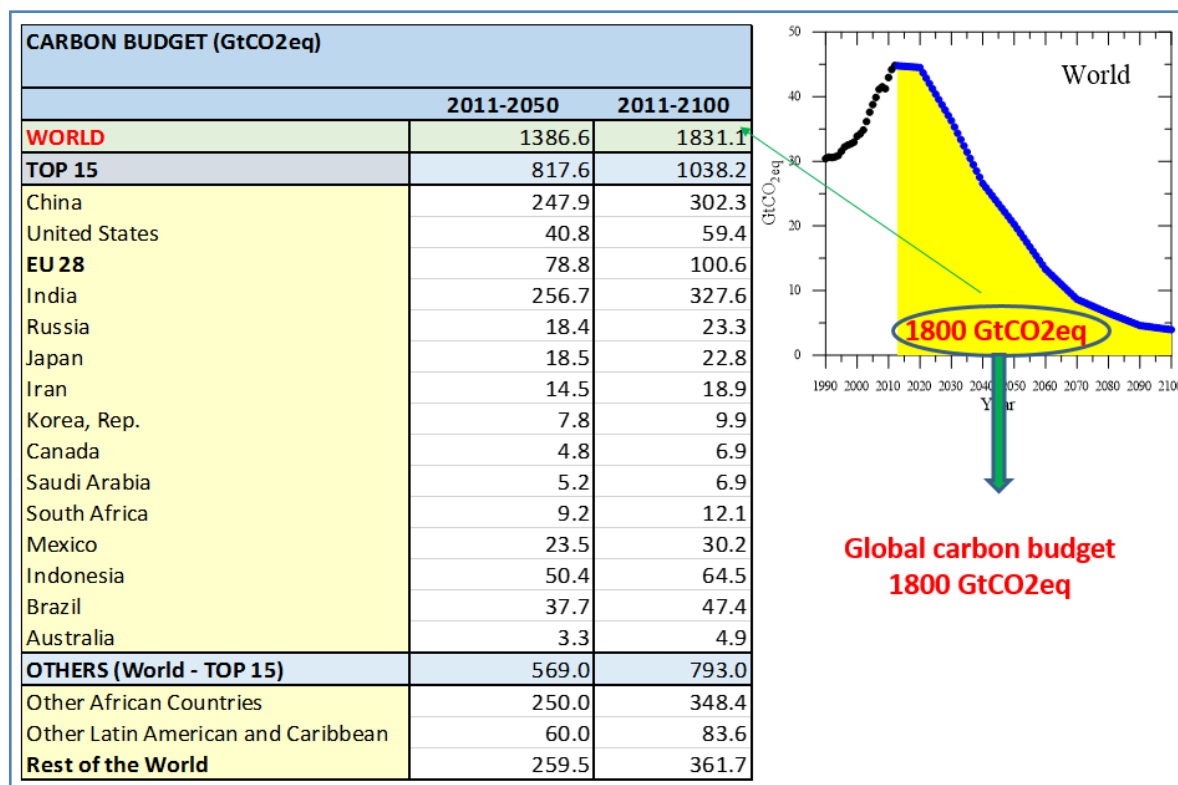
### 6.1.3. Resultats del model

El resultats del model es mostren a la figura 16 on es pot comprovar la quantitat d'emissions que el món pot emetre fins al 2050 i fins al 2100 amb el pressupost de carboni d'aproximadament 1800 GtCO<sub>2</sub>eq.

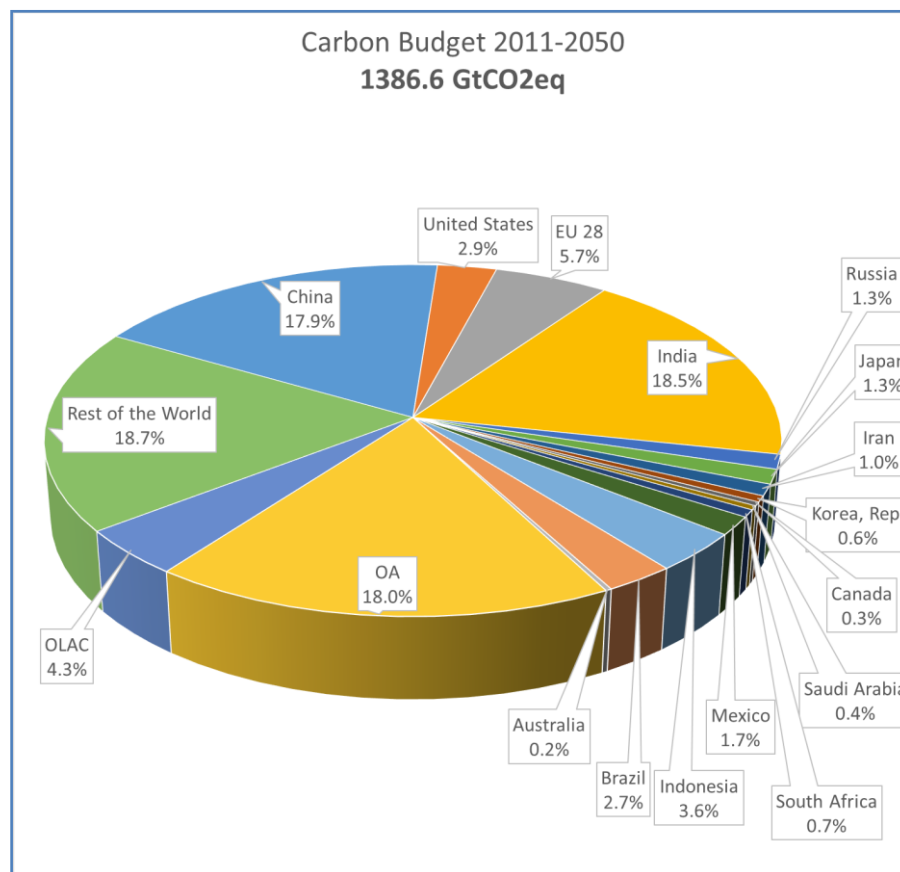
Tal i com ja s'ha comentat en les bases del model, els aspectes que s'han tingut en compte alhora de repartir les emissions són bàsicament l'equitat – entesa com a justícia climàtica – i responsabilitats històriques. La justícia climàtica reparteix les emissions que encara es poden emetre a l'atmosfera tenint en compte que

cada ésser humà té el "dret" d'emetre les mateixes quantitats de gasos d'efecte hivernacle que qualsevol altre, independentment de quin sigui el seu país de procedència d'aquí al 2100. Per altra banda, els valors obtinguts es veuen clarament influenciats per les responsabilitats històriques ja que països com els Estats Units han emès molts gasos d'efecte hivernacle en l'última meitat del segle XX. Això condiona molt el pressupost restant d'emissions que els habitants d'aquest país poden emetre i per això el valor que els hi pertoca és tan baix (59,4 GtCO<sub>2</sub>eq, un 2,9% del total d'emissions) tot i tenir una població l'any 2011 de 315 milions de persones.

Un altre exemple clar on es poden veure reflectits els criteris de repartiment del Model de Justícia Climàtica és el cas de la Índia. Tanmateix, aquest exemple mostra la gran influència de la població en els criteris de repartiment. La Índia, amb una població l'any 2011 de 1221 milions de persones li pertocarien unes emissions de 327,6 GtCO<sub>2</sub>eq, el que representa un percentatge del 18,5% del total d'emissions. Aquest percentatge és molt elevat primerament perquè aquest país disposa d'un volum de població molt alt però també perquè històricament la Índia no ha emès molts gasos d'efecte hivernacle a l'atmosfera i per tant no es veu tan penalitzada pel criteri de responsabilitat històrica.



**Fig. 16.-** Resultats del Model de Justícia Climàtica. Distribució del Global Carbon Budget. Font: <https://sth.upc.edu/ggcc/la-nostre-proposta-els-nostres-informes-volums-i-ii-i-iii>



**Fig.17.-** Repartiment de les emissions de gasos d'efecte hivernacle dels principals 15 països emissions, altres països africans (OA) i altres països de Llatinoamèrica i el Carib (OLAC). Font: <https://sth.upc.edu/ggcc/la-nostra-proposta-els-nostres-informes-volums-i-ii-i-iii>

## 6.2. El Model Jayaraman

El model Jayaraman està realitzat pel grup de recerca del Jayaraman (Tata Institute of Social Sciences and Delhi Science Forum) i està recollit a l'article "Carbon budgets for climate change mitigation – a GAMS-based emissions model" <sup>vii</sup>.

El model es basa en els principis de l'equitat i responsabilitats comunes però diferenciades de cadascun dels països i les seves respectives capacitats. Els autors argumenten que les emissions acumulades són un indicador més robust que el flux d'emissions.

Segons els autors del model, actualment hi ha dos enfocaments a l'hora d'analitzar les emissions d'un país:

- Enfoc basat en consideracions econòmiques: té per objectiu trobar un balanç òptim entre els costos de mitigació i adaptació. El problema que comporta aquest enfoc és que es calcula suposant una "futura tecnologia d'aturada". Aquest enfoc econòmic basat en la futura tecnologia d'aturada es fonamenta en la substitució de l'ús de combustibles fòssils per una que sigui econòmicament més viable. L'autor del model utilitza el concepte introduït en l'article "A question of Balance" de William Nordhaus<sup>xiii</sup> en el que es determina que un substitut a baix preu i benigne econòmicament pels combustibles fòssils seria a la llarga altament beneficiós. Aquest substitut dels combustibles fòssils és l'anomenada futura tecnologia d'aturada, referint-se a l'aturada de les emissions d'aquest sector.
- Enfoc basat en les emissions: la càrrega de mitigació de reducció de les emissions es calcula en la desviació que cada país es compromet seguint una trajectòria que no canviï el model de creixement del país (trajectòria d'emissions si el país no prengués mesures de mitigació). El problema que comporta és que l'enfoc es basa en les trajectòries en les que el model de negoci segueix el comportament actual sense variacions, i en computació, és a dir, en moltes suposicions.

El model Jayaraman enfoca el repartiment de les emissions de manera totalment diferent de l'actual. Parteix de la premissa bàsica de que tots els esforços de mitigació han de començar amb el reconeixement de les limitacions físiques imposades per la necessitat de limitar l'escalfament global. En segon lloc, considera l'atmosfera com un bé comú global, és a dir la suma d'emissions a l'atmosfera constitueix la utilització d'un recurs limitat però comú. Tenint en compte l'article 3.1 de UNFCCC es constata aquest principi d'equitat i de les responsabilitats comunes però diferenciades: les emissions de gasos d'efecte hivernacle passades i presents es distribueixen de manera desigual entre els països, i aquests tenen capacitats i recursos diferents per a fer front a les causes i als efectes del canvi climàtic. Per tant, a l'article 3.1 es constata que els països desenvolupats "haurien de prendre la iniciativa en el que respecta a combatre el canvi climàtic i els seus efectes adversos"<sup>xiv</sup>. Es fa doncs, una diferenciació en funció de les diferents capacitats, situacions específiques i vulnerabilitats dels països. La qüestió crucial en la mitigació global és la pràctica de la implementació d'aquest partionament físic de les emissions.

### *6.2.1. Bases principals*

El model Jayaraman es desenvolupa amb uns criteris que són la base en la que es fonamenta el model per a poder determinar el repartiment del Global Carbon Budget. Jayaraman, l'autor principal del model, els anomena paràmetres d'entrada del model i són:

1. Emissions acumulades del país des del 1850.
2. Població mundial de l'any 2009.
3. Emissions de CO<sub>2</sub> anuals actuals. Per a poder decidir el total d'aquestes emissions s'ha d'introduir primerament la definició següent: "Land Use Change and Forestry"(LUCF). És un sector dels inventaris de gasos d'efecte hivernacle que cobreix les emissions i absorcions de gasos d'efecte hivernacle resultants de les activitats d'ús directe de la terra induït per l'home, canvi d'ús de la terra i silvicultura. Es tracta de les emissions atribuïbles a les activitats forestals i el canvi de l'ús del sòl. Així doncs, aquestes emissions actuals de cada regió són la suma de:
  - a. No-LUCF: provinents majoritàriament de la crema de combustibles fòssils.
  - b. LUCF: emissions atribuïdes a les activitats forestals i el canvi de l'ús del sòl amb dades extrapolades al 2009 tenint en compte les del 2006 en el CAIT 7.0 i tenint en compte les del 2000 en el CAIT 6.0<sup>xv</sup>.
4. Rati de creixement o disminució actual de les emissions de CO<sub>2</sub>.

El model Jayaraman assigna un pressupost de carboni per a cada país i l'anomena "entitlements", per a tot el període 1850-2050. Aquests "entitlements" es calculen repartint el pressupost global per a tot el món entre els països en funció únicament de la seva població. Tenint en compte el que els països han emès en el període històric, i el seu pressupost de carboni o "entitlement" per a tot el període, calculen el seu pressupost restant de carboni per als propers anys. Aquests valors poden ser positius o negatius, depenent del que el país ha gastat. Després construeix una trajectòria de reducció d'emissions per a cada país amb un mètode d'optimització.

El repartiment d'emissions just per una regió des del 2009 al 2050 es calcula restant les seves emissions acumulades històriques del seu pressupost nacional de carboni.

Si agafem d'any base el 1850, els països en vies de desenvolupament tenen una proporció aclaparadora de l'espai de carboni que es pot emetre fins al 2010. Si agafem d'any base el 1970, tenim uns resultats similars, ja que els principals països emissors de gasos d'efecte hivernacle han emès la gran quantitat d'aquests gasos a l'atmosfera durant els últims 40-50 anys (des del 1970 fins al 2009).

### 6.2.2. *Detalls de la optimització del Model Jayaraman*

El problema bàsic és que la quota física de l'espai de carboni que disposen els països està basada en una sèrie de regles.



1<sup>a</sup> regla basada en l'**equitat**. Aquesta regla aplica el principi de que els països que menys emissions han emès, es poden permetre augmentar les seves emissions mentre que els que més han emès, han de reduir-les.

$$A_i = FS_i - AS_i(t) \quad (1)$$

On:

- $FS_i$  és la part justa de les emissions del país  $i$  entre el 1850 i el 2050.
- $AS_i$  és la part actual de contribució a les emissions del país  $i$  entre 1850 i l'any  $t$ .
- $A_i$  és la desviació de la part justa corresponent al país  $i$ .

2<sup>a</sup> regla. Compleix el **pressupost global de carboni** en la suma de les emissions acumulades dels països.

$$B = GB - \sum AS_i \quad (2)$$

On:

- $GB$  és el pressupost de carboni del país.
- $B$  és la desviació del pressupost global de carboni.

Per tant, el pressupost global de carboni és la diferència entre el que encara es pot emetre amb la suma de la contribució de cada país des de l'any 1850.

3<sup>a</sup> regla. **Emissions per càpita**. Limita els països en els quals les seves emissions anuals estan per sobre de la mitja mundial per tal de reduir el rati de creixement de les seves emissions i començar abans així, la reducció d'emissions i reduir per tant també les emissions globals abans.

$$C_i = PCT_{tw} - PCE_i(t) \quad (3)$$

On:

- $PCT$  és el llindar acceptable d'emissions per càpita per un determinat període de temps.
- $PCE$  són les emissions per càpita del país  $i$  a l'any  $t$ .
- $C_i$  és la desviació del límit de les emissions per càpita del país  $i$ .

Aquestes regles determinen les penalitzacions que reben els països per incomplir les emissions previstes per complir amb els objectius de reducció i per tant es formula una equació (4) per tal de minimitzar aquestes penalitzacions:

$$\text{Minimitar OBJECTIU} = -A - B - C \quad (4)$$

El model utilitza **11 paràmetres per examinar l'impacte de les responsabilitats històriques, per a les assignacions pressupostàries pel futur.**

3 primers paràmetres: assignen una càrrega per violar cada una de les restriccions o regles.

- $W_a = 10$  (càrrega assignada per violar la regla 1)
- $W_b = 10$  (càrrega assignada per violar la regla 2)
- $W_c = 3$  (càrrega assignada per violar la regla 3)

4 paràmetres: assignen el rati anual màxim de reducció que els països tenen permès per disminuir les emissions.

- RoR1: rati anual màxim de reducció permès a l'any 2020
- RoR2: rati anual màxim de reducció permès a l'any 2030
- RoR3: rati anual màxim de reducció permès a l'any 2050
- RoR4: rati anual màxim de reducció permès a l'any 2100

4 últims paràmetres: assignen el rati màxim de creixement que els països tenen permès per augmentar les emissions.

- RoG1: rati anual màxim de creixement permès a l'any 2020
- RoG2: rati anual màxim de creixement permès a l'any 2030
- RoG3: rati anual màxim de creixement permès a l'any 2050
- RoG4: rati anual màxim de creixement permès a l'any 2100

Utilitzant totes aquestes regles i paràmetres, el model Jayaraman utilitza un mètode d'anàlisi anomenat GAMS (General Algebraic Modeling System). A grans trets, és un software d'alt nivell per al modelatge de sistema per a la optimització matemàtica.

Els països seleccionats per a l'elaboració del model es divideixen en dos grups:

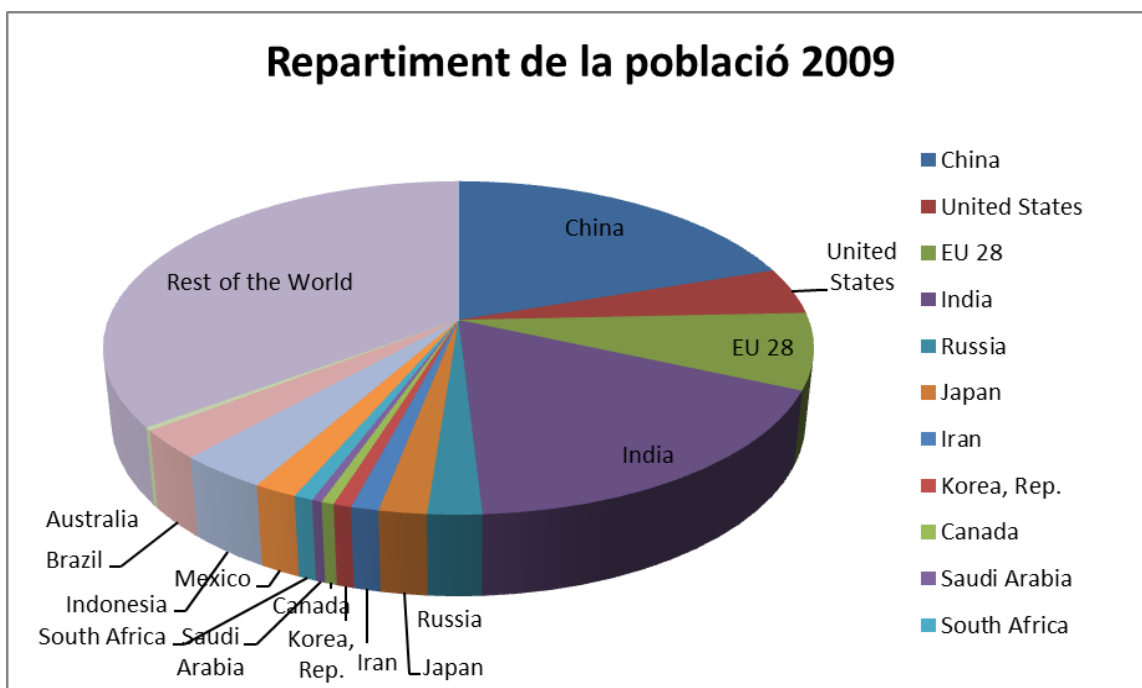
- TOP 12: Principals països emissors d'emissions: Xina, Estats Units, Unió Europea (28 països), Índia, Rússia, Japó, Corea, Canadà, Sudàfrica, Mèxic, Indonèsia, Brasil i Austràlia.
- Resta del món.

### *6.2.3. Resultats del model i comparativa amb el MJC*

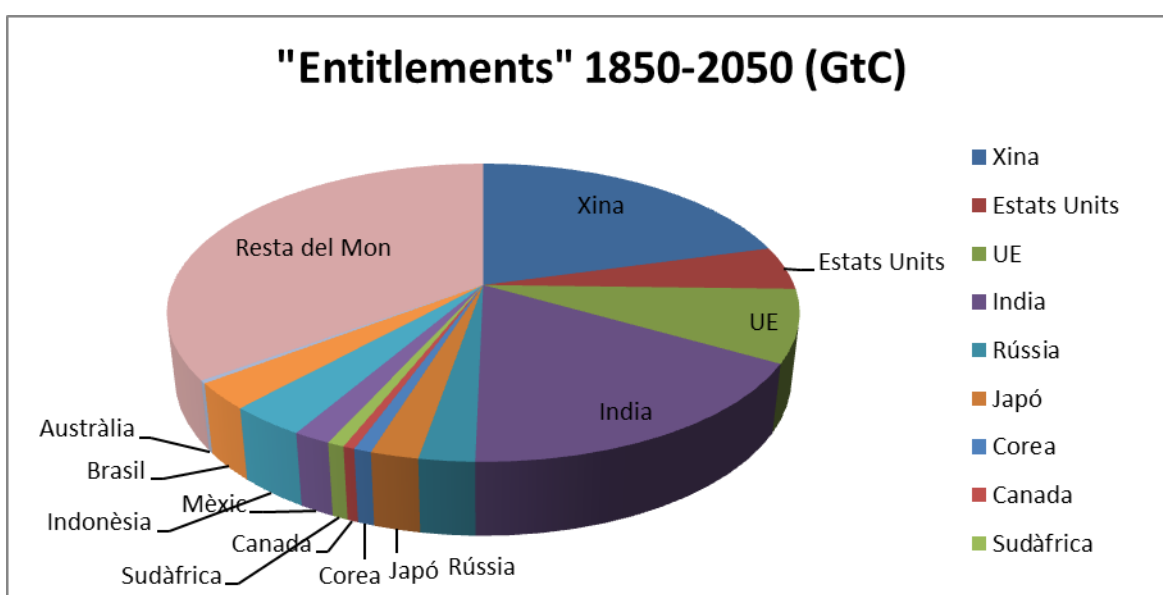
Primerament, per a poder comparar els resultats dels dos models, s'han agafat els països coincidents en els principals emissors de gasos d'efecte hivernacle i els països que estaven inclosos en aquest grup al model MJC i no al Jayaraman s'han afegit al grup "Resta del món". Per tant la comparació es fa mitjançant els dos

grups utilitzats en el model Jayaraman, però adaptant els valors del mètode MJC d'acord amb els països utilitzats en el primer.

El model Jayaraman comença amb el repartiment de les emissions per a la població tenint en compte les responsabilitats històriques, des del 1850 al 2100. Per a fer-ho s'analitza i es compara la població mundial de l'any de referència del model Jayaraman (2009) amb el repartiment just de les emissions des del 1850 al 2050 utilitzant les dades proporcionades per l'article "Carbon budgets for climate change mitigation – a GAMS-based emissions model" <sup>vi</sup>.



**Fig. 18.-** Repartiment de la població per països a l'any 2009. Font: pròpia



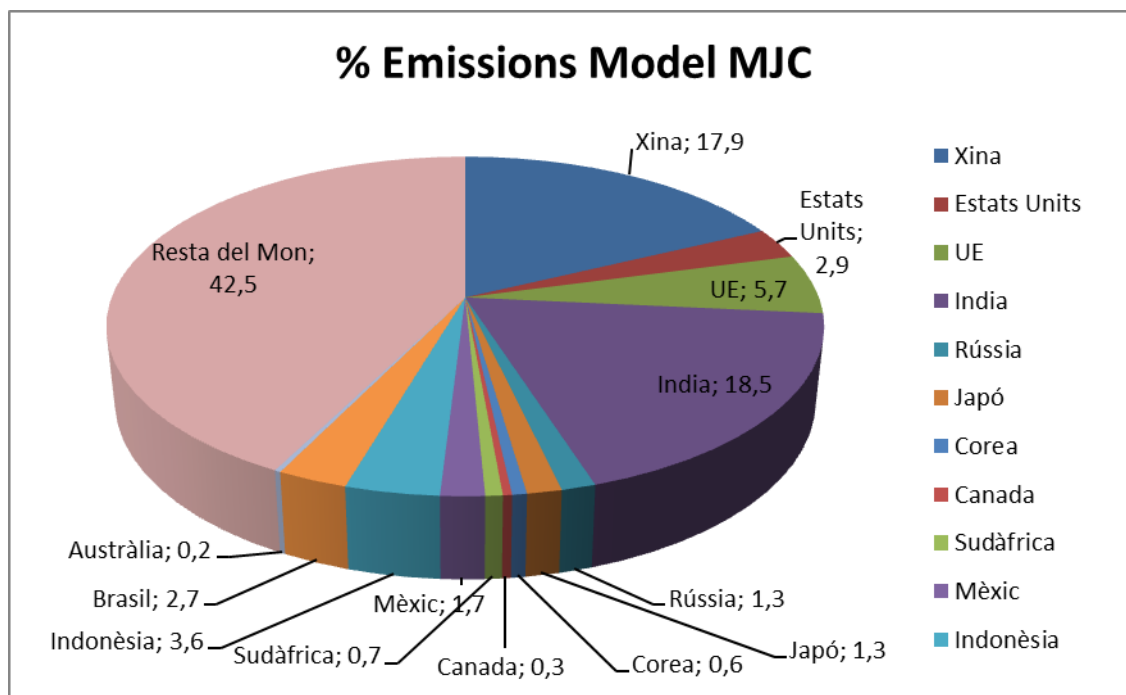
**Fig. 19.-** Repartiment just de les emissions des del 1850 al 2050. Font: "Carbon budgets for climate change mitigation – a GAMS-based emissions model" <sup>vi</sup>.

Amb aquests resultats, i tenint en compte tots els factors del model, obté un pressupost de carboni o una quota, negativa per segons quins països. És per aquest motiu que utilitza un model matemàtic GAMS per a poder "traslladar" les dades negatives en positives i poder determinar una quota de repartiment possibilista per a cada zona en el període de temps de 2010 al 2050.

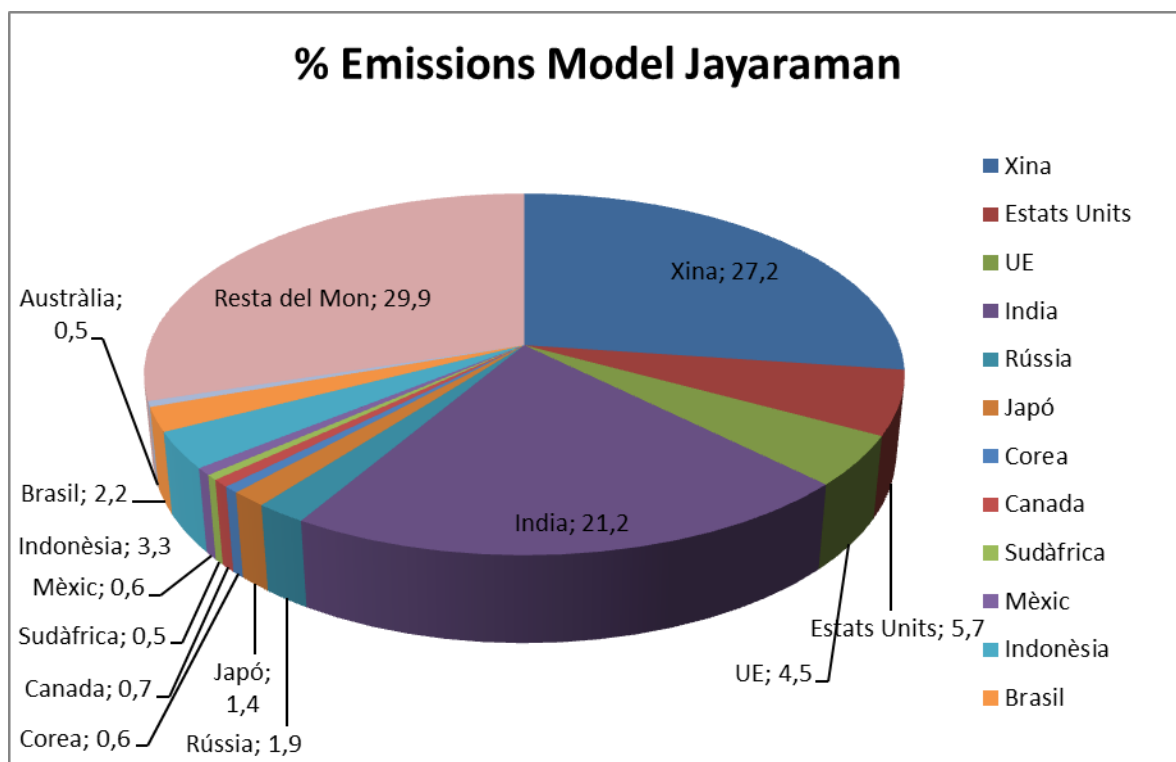
Finalment les dades que obté utilitzant aquest model són les que es poden comparar amb les obtingudes amb el model MJC, tal i com es pot veure a la taula 1.

**Taula 1.-** Comparació de les emissions dels models MJC i Jayaraman. Font: pròpia

	<b>MJC (GtCO<sub>2</sub>eq) 2010-2050</b>	<b>JAYARAMAN (GtCO<sub>2</sub>eq) 2010-2050</b>	<b>Percentatges MJC</b>	<b>Percentatges Jayaraman</b>	<b>Diferència</b>	<b>Discrepància</b>
<b>TOP</b>	798	827	%	%	%	
<b>Xina</b>	248	321	17,88	27,18	9,3	34,2
<b>Estats Units</b>	41	68	2,94	5,73	2,8	48,6
<b>UE</b>	79	53	5,68	4,47	-1,2	-27,1
<b>Índia</b>	257	250	18,51	21,18	2,7	12,6
<b>Rússia</b>	18	22	1,33	1,89	0,6	29,8
<b>Japó</b>	19	16	1,33	1,37	0,04	3
<b>Corea</b>	8	7	0,56	0,58	0,02	3,3
<b>Canada</b>	5	8	0,35	0,67	0,3	48
<b>Sudàfrica</b>	9	6	0,66	0,48	-0,2	-39,4
<b>Mèxic</b>	24	8	1,69	0,65	-1,1	-162
<b>Indonèsia</b>	50	38	3,64	3,25	-0,4	-11,8
<b>Brasil</b>	38	26	2,72	2,16	-0,6	-25,8
<b>Austràlia</b>	3	6	0,24	0,50	0,3	52,5
<b>Resta del Món</b>	589	353	42,46	29,89	-12,6	-42,1
<b>TOTAL</b>	1387	1180	100,00	100,00		



**Fig. 20.-** Percentatge d'emissions de CO2 equivalent dels principals països i la resta del món amb els resultats del mètode MJC fins al 2100. Font: pròpia.



**Fig. 21.-** Percentatge d'emissions de CO2 equivalent dels principals països i la resta del món amb els resultats del mètode Jayaraman fins al 2100. Font: pròpia.

Un cop analitzat el model Jayaraman es poden extreure una sèrie de conclusions. Hi ha valors finals d'emissions de determinades regions que realment sí que coincideixen molt amb el nostre model, com és el cas de la Índia, on aquest valor

només varia al voltant d'un 2,5%. Hi ha molts altres casos en que la diferència en el valor percentual d'emissions en un model i en un altre és molt reduït. Analitzant els valors, es podrien dividir els resultats en grups depenent de la diferència més o menys important entre els percentatges d'un model i un altre:

- Països on el percentatge no supera el 1,5%: UE, Índia, Japó, Rússia, Corea, Canadà, Sudàfrica, Mèxic, Indonèsia, Brasil i Austràlia. Segons el model MJC representa el 31,03% de les emissions totals, mentre que el mètode Jayaraman parla del 37,2%. Per tant, aquest grup de països emissors coincideix en un mètode i en un altre i els paràmetres i factors que han tingut en compte un i altre podrien coincidir.
- Països on el percentatge no supera el 3%: Índia i Estats Units. El model MJC ens diu que aquests dos països representen el 21,45% de les emissions totals, mentre que el model Jayaraman diu que és el 26,91%.
- La diferència més important és produeix en un país en concret: la Xina. El model MJC diu que les emissions en aquest país són del 17,88% i el model Jayaraman parla d'un 27,18%. Precisament es tracta del país més poblat del món, on hi habiten gairebé un de cada 5 habitants (19,15%). Aquesta diferència tant important ens pot portar a pensar en que el model Jayaraman li dóna una importància molt gran al número de persones que habiten al país i no tant a la responsabilitat històrica d'aquest.

**Taula 2.- Comparació percentual de les emissions segons el model MJC i el model Jayaraman. Font: pròpia.**

Països	MJC	JAYARAMAN	Diferència %
<b>TOP 12- Índia i USA</b>	12,52	16,02	<1,5%
<b>Índia i Estats Units</b>	21,45	26,91	<3%
<b>Xina</b>	17,88	27,18	9,3%

En aquí ja es pot veure que els repartiments coincideixen molt més que en la comparació percentual dels dos models.

Un cop analitzats i comparats els models es pot concloure que el model Jayaraman té una sèrie d'inconvenients:

1. Les dades a nivell de país tenen incerteses de l'ordre de  $\pm 150\%$  per fluxos grans el que provoca una possible variació dels valors reals molt elevada.
2. Les dades de LUCF només van des del 1990 fins al 2000, mentre que les No-LUCF van des del 1850.
3. Els paràmetres tant de creixement com de reducció van en funció del rati de creixement o de reducció actual d'emissions (CGR). Jayaraman, un dels

autors de l'article i elaboradors del model, no dona dades de l'origen de la font d'aquest rati d'emissions ni quines factors té en compte.

4. Falta informació de les fonts utilitzades per a la valoració consistent dels resultats. Per exemple, quan parla dels paràmetres que utilitza per penalitzar als països que violin alguna de les restriccions, o els ratis de creixement o disminució que els països tenen permès utilitza uns valors que no estan referenciats ni justificats.

A més a més dels inconvenients, s'ha d'esmentar les diferències dels dos models estudiats:

1. El model Jayaraman inclou la contribució no-LUCF la qual fa que hi hagi variacions molt grans de valors de dades.
2. L'origen dels valors d'emissions de gasos d'efecte hivernacle dels dos mètodes no se sap si és el mateix.
3. Hi ha unes discrepàncies grans degut a les previsions de creixement de la població mundial, especialment en el cas de Mèxic. El model MJC utilitza una previsió de creixement de la població, és a dir té en compte que la població a l'any 2100 haurà augmentat. Per altra banda el model Jayaraman utilitza un any fixe de població (2009).

### 6.3. El model de repartiment de la quota d'emissions acumulades de carboni (Michael Raupach)

El model de Michael Raupach (a partir d'ara ens hi referirem com a model Raupach) està explicat a l'article "Sharing a quota on cumulative carbon emissions"<sup>vii</sup>. El model pren de punt de partida la quota global de carboni disponible per tal de no superar la temperatura mitja de la Terra 2°C (respecte a nivells pre-industrials) cap a escales regionals i nacionals. Els principis que té en compte pel repartiment de les emissions van des de la continuació de l'actual distribució de les emissions fins a una distribució per càpita equitativa d'emissions acumulades. La barreja d'aquests criteris de valoració resulta com l'opció més viable.

El problema de compartir l'esforç global de mitigació del canvi climàtic s'aborda des de la perspectiva de l'equitat, la política internacional i les institucions i l'economia i el finançament. El model Raupach combina les perspectives des de dues bandes d'anàlisi: la quota global de carboni i l'esforç de repartiment.

Raupach es centra en el repartiment d'emissions de CO<sub>2</sub> provinents de combustibles fòssils, principal contribuïdor a l'efecte del canvi climàtic. No inclou

aerosols ni altres gasos d'efecte hivernacle degut a la complexitat de fer-ho i a l'abast que vol arribar amb el model.

### 6.3.1. *Repartiment de la quota d'emissions*

Per al repartiment de la quota de carboni hi ha dues mètriques generals que són inèrcia i equitat.

1. Inèrcia: reflexa la distribució de les **emissions** (actuals).
2. Equitat: reflexa la distribució de la **població**.

Repartiment de la quota del país  $j$ :

$$s_j(\text{emissions}) = \frac{f_j}{F}; s_j(\text{population}) = \frac{p_j}{P} \quad (5)$$

On:

- $s_j$  és el repartiment de la quota del país  $j$ .
- $f_j$  i  $p_j$  són les emissions (actuals i acumulades) i la població (present i futura) respectivament, pel país  $j$ .
- $F$  i  $P$  són les corresponents emissions i població del món.

Depenent de l'elecció de l'any de referència de les emissions i de la població, la fórmula pot acomodar el repartiment per emissions actuals o històriques, i pot incorporar possibles futurs canvis en la població. Inconvenients del repartiment: si es fa segons la inèrcia, els països en vies de desenvolupament es quedarien sense accés a l'energia i a les oportunitats de desenvolupament mentre que si es fa segons l'equitat suposaria unes demandes de mitigació extremadament altes per als països desenvolupats. Aquest model enfoca l'anàlisi de la mitigació en un punt entremig entre aquestes dues mètriques.

1<sup>a</sup> possibilitat:

$$s_j(w) = (1 - w) \frac{f_j}{F} + w \frac{p_j}{P} \quad (6)$$

On:

- $w$  és l'índex de repartiment entre 0 (inèrcia) i 1 (equitat).

Aquest índex de repartiment afecta molt a la quota de repartiment de les regions ja que la resposta d'augmentar aquest índex per una regió depèn de si les emissions per càpita en la regió són més grans o més petites que les emissions per càpita globals.

Exemple amb les regions Índia, resta d'Àsia, Orient Mitjà, Àfrica i Amèrica Llatina.



**Taula 3.-** Comparació de la quota de repartiment segons l'índex *w*. Font pròpia.

Índex de repartiment ( <i>w</i> )	Quota de repartiment de les regions anteriors ( <i>s</i> )
1	65%
0,5	46%
0	27%

Aquest índex de repartiment pot variar també segons altres paràmetres que es poden tenir en compte, a més a més de l'equitat i la inèrcia. Aquestes altres mètriques poden ser tant de responsabilitat com de capacitat, o com ara el producte interior brut (PIB). Tanmateix el model es centra bàsicament en les emissions i en la població i explora per sobre la possibilitat d'incloure altres mètriques.

### 6.3.2. Les quotes de carboni regionals

La quota global de carboni des del passat (1870) fins al futur (2100) es representa, segons el model de Raupach, segons l'equació (7).

$$Q_{tot} = Q_{vast}(FFI) + Q_{vast}(LUC) + Q_{future}(FFI) + Q_{future}(LUC) \quad (7)$$

On:

- $Q_{tot}$  és la quota per emissions antropogèniques de CO<sub>2</sub> des del 1870 al 2100.
- Les sigles FFI i LUC corresponen a les emissions per processos industrials i crema de combustions fòssils (FFI) i per canvi en l'ús de la terra (LUC) tant del passat, és a dir les que ja han estat emeses, com del futur, les futures disponibles.

S'introdueix un nou concepte o mètrica per a avaluar les emissions de gasos d'efecte hivernacle. Es tracta de la possibilitat d'èxit d'assolir l'augment de temperatura previst per a cada cas. Així doncs segons l'escenari d'un determinat augment de la temperatura s'hi afegeix ara una probabilitat d'assolir aquesta temperatura i per tant la quota global de carboni que es pot emetre canvia segons probabilitat d'assolir-ho i segons la temperatura màxima mitja que pot augmentar la Terra.

L'estimació de quota de carboni utilitzada en aquest estudi, amb un 50% de probabilitat d'èxit d'assolir la temperatura de 2, 2.5 i 3°C són  $Q_{tot} = 3.500, 4.400$  i  $5.300 \text{ GtCO}_{2eq}$  respectivament.

La quota global disponible de carboni ( $Q_{\text{avail}}$ ), és a dir un cop restada la que ja s'ha emès a l'atmosfera, és de 1.400, 2.300 i 3.200 GtCO<sub>2</sub> pels límits de 2, 2.5 i 3°C respectivament, amb una probabilitat d'èxit del 50%.

Les quotes que corresponen a cada regió es poden determinar mitjançant:

- Primerament, les anomenades "committed emissions" o **emissions compromeses**, que són estimacions de les emissions futures del CO<sub>2</sub>. Aquestes emissions corresponen a les emissions futures que es preveuen atenent a les infraestructures de crema de combustibles fòssils existents actualment al món<sup>xvi</sup>.

A l'any 2010, es va introduir aquest concepte d'emissions compromeses, les dades de les quals es centren en un moment determinat i no tenen en compte que el context polític hagi pogut canviar al llarg del temps. El mateix autor, a l'any 2014 a l'article "Commitment Accounting of CO<sub>2</sub> emissions" utilitza aquest context i defensa que tot i les mesures polítiques adoptades per disminuir les emissions, aquestes han seguit una trajectòria totalment oposada i a falta de disminuir, han augmentat una mitja del 4% des del 2000 fins al 2012.

En els resultats que obté en el seu estudi, Raupach diu que les emissions compromeses són les emissions que es crearan en un futur tenint en compte els processos actuals de creació de plantes de combustió de combustibles fòssils en un període de 5 anys. Les emissions compromeses provenen principalment del sector de l'energia, que van ser un 40% del total d'emissions de combustibles fòssils el 2011. A partir d'aquí es pren com a punt de partida una vida útil dels generadors d'energia de 40 anys.

- En segon lloc, les quotes es poden comparar amb les **reserves de combustibles fòssils** de carbó, petroli, gas, petroli no convencional i gas no convencional. Aquestes reserves es basen, segons l'autor i la font de referència<sup>xvii</sup>, en l'anàlisi d'aquests recursos tenint en compte el desenvolupament dels mercats, l'exportació, la importació i el consum de combustibles fòssils. Aquest anàlisi es centra en detall amb els dipòsits de gas de lutita a Europa, la diferenciació entre gas i petroli convencional i no convencional i el potencial de gas i petroli a l'Àrtic. Les xifres de recursos utilitzades en l'anàlisi també inclouen xifres sobre els recursos energètics que fins ara no han estat econòmicament explotats, com ara l'esquist bituminós, el gas aquífer i el gas natural d'hidrats de gas. L'únic combustible fòssil amb disponibilitat limitada des del punt de vista geològic és el petroli cru. La producció ja està disminuint per raons tècniques, en un moment en què encara hi ha importants recursos disponibles.

Un cop determinada la quota de carboni (Carbon Budget) que li correspon a cada país, el model de Raupach també realitza un mètode que permet indicar als països quin camí han de seguir per tal de complir amb aquest pressupost d'emissions. Aquest mètode de mitigació està explicat en el capítol 7.

### 6.3.3. Factors addicionals del model

El model elaborat per Raupach és molt polivalent. En gran mesura està centrat en la població però amb l'eina de l'índex de repartiment ( $w$ ) que permet modular el que cada país ha d'emetre, però també hauria d'incloure altres paràmetres que afecten al resultat final de repartiment de les emissions. Malgrat tot aquests factors no s'han tingut en compte a l'hora de realitzar el model degut a unes polítiques de lluita contra el canvi climàtic futures molt incertes. Aquests paràmetres addicionals importants per ell són:

- Grau d'inclusió de les emissions històriques.
- Efecte d'aplaçament de la mitigació.
- Comptabilitat basada en les emissions territorials i de consum.
- Efecte del moment triat de la població.
- Efecte d'incorporar el PIB en el principi de repartiment.
- Emissions negatives.

### 6.3.4. Resultats del model i comparativa amb el MJC

Les dades d'emissions de CO<sub>2</sub> utilitzades tant en el model Raupach com en el model GGCC són les que provenen de la crema de combustibles fòssils i de la fabricació de ciment. Inclouen el diòxid de carboni produït durant el consum de combustibles sòlids, líquids, gasosos i de la crema de gas.

A la hora de comparar les dades d'emissions de diòxid de carboni, no s'utilitzen totes les dades històriques d'emissions des del 1850 fins a l'actualitat. Això és degut primerament a la falta de les mateixes. Per tant, es tenen en compte les dades a partir d'un any de referència, fixat el 1960. Això és degut a que la major part de les emissions històriques d'aquest gas prové precisament d'aquest últim període. És per aquests dos motius que s'utilitzen les dades d'emissions de CO<sub>2</sub> des del 1960 fins a l'actualitat. A més a més, el llistat de països analitzats és el mateix que en l'anàlisi dels altres dos models.

Aquests resultats s'han separat en diferents anàlisis:

Primerament s'han analitzat les dades d'emissions de l'any 2011 per poder-les comparar amb els que mostra Raupach a l'article "Sharing a quota on cumulative carbon emissions"<sup>vii</sup> i obtenir així la quota de repartiment de les emissions per a cada regió. Raupach utilitza un període de temps de cinc anys mentre que en aquest anàlisi s'utilitzen les dades d'un sol (2011).

**Taula 4.-** Quota de repartiment de les emissions segons l'índex de repartiment ( $w$ ).  
Font: pròpia.

PAÏSOS	EMISSIONS GtCO <sub>2</sub>	POBLACIÓ (milions de persones)	ÍNDEX DE REPARTIMENT		
			w=0	w=0,5	w=1
<b>Xina</b>	9,02	1344,1	0,260	0,226	0,192
<b>Estats Units</b>	5,31	311,7	0,153	0,099	0,044
<b>EU 28</b>	3,57	505,5	0,103	0,088	0,072
<b>Índia</b>	2,07	1247,4	0,060	0,119	0,178
<b>Rússia</b>	1,81	143,0	0,052	0,036	0,020
<b>Japó</b>	1,19	127,8	0,034	0,026	0,018
<b>Corea</b>	0,59	49,8	0,017	0,012	0,007
<b>Canadà</b>	0,49	34,3	0,014	0,009	0,005
<b>Mèxic</b>	0,47	120,4	0,013	0,015	0,017
<b>Indonèsia</b>	0,56	244,8	0,016	0,026	0,035
<b>Brasil</b>	0,44	200,5	0,013	0,021	0,029
<b>Austràlia</b>	0,37	22,3	0,011	0,007	0,003
<b>POBLACIÓ TOTAL</b>		7007,5	0,253	0,316	0,379
<b>EMISSIONS TOTALES (GtCO<sub>2</sub>)</b>	34,65		1,000	1,000	1,000
<b>RESTA DEL MÓN</b>	8,77	2655,7			

A la taula 4 es pot apreciar els resultats obtinguts aplicant l'equació 6 en les dades d'emissions utilitzades en el model de justícia climàtica (MJC) per a l'any fixat al 2011. S'obté així un índex de repartiment de les emissions d'efecte hivernacle pels diferents territoris que s'aplica a les emissions de cada regió. Aquestes dades que s'obtenen mitjançant l'índex de repartiment de les emissions són els que es comparen primerament amb els mostrats per l'autor del model en el seu article "Sharing a quota on cumulative carbon emissions"<sup>vii</sup> i posteriorment amb els resultats del model GGCC.

Fent el mètode d'anàlisi descrit anteriorment, el pressupost de carboni restant que queda per a cada regió es pot veure a les taules 5, 6 i 7. Amb aquest plantejament del Carbon Budget, el període d'emissions utilitzat és el de tot el

període, és a dir des de 1960 fins al 2100. Així doncs en un principi aquest model té en compte les responsabilitats històriques. El resultat d'aquest plantejament és que a cada regió se li ha de restar el que ha emès des del 1960 al 2011 per poder obtenir finalment el Carbon Budget disponible pel període 2012-2100. En efecte, i tal i com es pot veure en les taules 5, 6 i 7 i igualment com succeïa amb el model Jayaraman hi ha regions que ja han esgotat el seu pressupost de carboni, és a dir que ja han emès més del que podien.

**Taula 5.-** Quota de repartiment de les emissions segons l'índex de repartiment  $w=0$ .  
Font: pròpia.

PAÏSOS	w=0				
	1960-2100 (GtCO <sub>2</sub> )	2012-2100 (GtCO <sub>2</sub> )	2012-2100 (%)	2012-2100* (GtCO <sub>2</sub> )	2012-2100* (%)
Xina	562	424	39,03	283	26,03
Estats Units	330	85	7,88	166	15,31
EU 28	223	23	2,09	112	10,32
Índia	129	92	8,50	65	5,99
Rússia	113	20	1,81	57	5,22
Japó	74	26	2,36	37	3,43
Corea	37	24	2,25	18	1,70
Canadà	30	9	0,79	15	1,40
Mèxic	29	15	1,38	15	1,35
Indonèsia	35	27	2,45	18	1,63
Brasil	27	17	1,52	14	1,27
Austràlia	239	10	0,94	12	1,07
Resta del món	545	315	28,99	275	25,30

**Taula 6.-** Quota de repartiment de les emissions segons l'índex de repartiment  $w=0,5$ .  
Font: pròpia.

PAÏSOS	w=0,5				
	1960-2100 (GtCO <sub>2</sub> )	2012-2100 (GtCO <sub>2</sub> )	2012-2100 (%)	2012-2100* (GtCO <sub>2</sub> )	2012-2100* (%)

<b>Xina</b>	488	350	32,23	246	22,61
<b>Estats Units</b>	213	-32	-2,91	107	9,88
<b>EU 28</b>	189	-11	-0,98	95	8,76
<b>Índia</b>	257	220	20,23	129	11,89
<b>Rússia</b>	78	-15	-1,35	39	3,63
<b>Japó</b>	57	8	0,77	29	2,63
<b>Corea</b>	26	14	1,27	13	1,21
<b>Canadà</b>	20	-1	-0,11	10	0,95
<b>Mèxic</b>	33	19	1,75	17	1,53
<b>Indonèsia</b>	55	47	4,30	28	2,56
<b>Brasil</b>	45	33	3,10	22	2,06
<b>Austràlia</b>	15	2	0,20	8	0,69
<b>Resta del món</b>	682	438	40,32	343	31,60

**Taula 7.-** Quota de repartiment de les emissions segons l'índex de repartiment  $w=1$ .  
Font: pròpia.

PAÏSOS	w=1				
	1960-2100 (GtCO2)	2012-2100 (GtCO2)	2012-2100 (%)	2012-2100* (GtCO2)	2012-2100* (%)
<b>Xina</b>	414	276	25,44	208	19,18
<b>Estats Units</b>	96	-149	-13,69	48	4,45
<b>EU 28</b>	157	-44	-4,06	78	7,21
<b>Índia</b>	384	347	31,96	193	17,80
<b>Rússia</b>	44	-49	-4,50	22	2,04
<b>Japó</b>	39	-9	-0,82	20	1,82
<b>Corea</b>	15	3	0,29	7	0,71
<b>Canadà</b>	11	-11	-1,02	5	0,49
<b>Mèxic</b>	37	23	2,12	19	1,72

<b>Indonèsia</b>	75	67	6,15	38	3,49
<b>Brasil</b>	62	51	4,68	31	2,86
<b>Austràlia</b>	7	-6	-0,54	3	0,32
<b>Resta del món</b>	818	574	52,82	411	37,90

Mitjançant aquest plantejament del Carbon Budget els resultats que s'obtenen són negatius per alguna regió, tal i com ja s'ha comentat. Tanmateix, l'autor mostra només resultats positius d'emissions de gasos d'efecte hivernacle. Això és degut a que finalment el període de temps que utilitza en el seus càlculs és per al període de 2011 al 2100 i no té en compte responsabilitats històriques (no resta les emissions de gasos d'efecte hivernacle de les regions des del 1960 fins al 2011) sinó que els paràmetres que té en compte són la població i l'equitat, i ho fa mitjançant la variació del paràmetre que anomena índex de repartiment ( $w$ ).

Per això a l'hora de mostrar els resultats s'afegeix una nova columna a les taules 5, 6 i 7 en la que les emissions de gasos d'efecte hivernacle des del 1960 al 2011 no es resten per calcular el Carbon Budget de cada regió (marcat amb un asterisc a la taula). Així doncs aquests són els resultats que utilitzem per comparar-los amb els del model de justícia climàtica GGCC mostrats en la figura 22.



**Fig. 22.-** Resultats obtinguts aplicant el mètode del model de Raupach. Els gràfics superiors mostren els resultats per els tres índex de repartiment ( $w$ ) mentre que el gràfic inferior correspon als resultats del model GGCC.

Observant els resultats obtinguts en la figura X, podem afirmar que el mètode de Raupach obté uns resultats molts semblant al model de justícia climàtica GGCC quan l'índex de repartiment és 1, és a dir quan el repartiment es basa en l'equitat.



# Capítol 7:

## **CORBES DE MITIGACIÓ DELS PAÏSOS SEGONS EL SEU CARBON BUDGET**

Una vegada determinat el Carbon Budget que cada país disposa, el model Raupach proposa un mètode per dissenyar el camí de mitigació dels gasos d'efecte hivernacle de cada un dels països. És a dir, a grans termes el que proposa és que a partir del pressupost d'emissions del país determinat, li marca un camí per seguir amb l'objectiu de complir amb el pressupost de carboni. Per a fer-ho, i tal i com descriu en el seu article “Sharing a quota on cumulative carbon emissions”<sup>vii</sup>, explica el concepte del temps d'emissions.

Aquest temps d'emissions és el temps pel qual la quota de carboni disponible fins a l'any 2100 per a una determinada regió es mantindria estable als nivells actuals fins que s'esgoti la quota. Aquest temps depèn molt de l'índex de repartiment  $w$ . Quan aquest índex és 0, el temps és el mateix per a tots els països i igual al temps global d'emissions. Tan bon punt aquest índex augmenta fins a arribar a 1, el temps d'emissions augmenta per a les regions on les emissions per càpita són més petites que la mitja global.

$$T_j = \frac{s_j Q_{avail}}{f_j} \quad (8)$$

On:

- $T_j$  és el temps d'emissions d'un país  $j$
- $s_j$  és la quota de repartiment que disposa el país  $j$
- $Q_{\text{avail}}$  és la quota disponible d'emissions
- $f_j$  són les emissions actuals del país  $j$

El temps d'emissions es veu molt influenciat per la persistència de les emissions. Aquesta persistència es refereix al temps que es necessita per implementar noves tecnologies baixes en emissions en la distribució d'energia, adoptar mesures d'eficiència energètica i fer canvis de comportament en el consum de l'energia.

La persistència de les emissions a l'atmosfera es pot calcular mitjançant l'equació 9 la qual proporciona la trajectòria de les emissions en un determinat temps  $f(t)$ .

$$f(t) = f_0(1 + (r + m)t)e^{-mt} \quad (9)$$

On:

- $f_0$  són les emissions quan es comença el procés de mitigació en un temps  $t=0$
- $r$  és el rati de creixement lineal de les emissions (unitats/any)
- $m$  és el rati de mitigació exponencial de disminució de les emissions (unitats/any)

La persistència de les emissions està molt influenciada pel rati de creixement  $r$  i el rati de mitigació  $m$ . Aquest rati de creixement  $r$  és lineal i representa les emissions que els països estan emetent actualment a través de les infraestructures d'extracció i transport de combustibles fòssils. Les corbes d'emissions de gasos d'efecte hivernacle incorporen un rati de mitigació  $m$  que és exponencial. Això és, les emissions dels països quan les mesures per mitigar o pal·liar els efectes de l'emissió de gasos d'efecte hivernacle.

El model et permet escollir l'any en el que els països inicien la mitigació de les emissions d'efecte hivernacle mitjançant les emissions en aquell precís any ( $f_0$ ). Per poder determinar la corba d'emissions d'una determinada regió mitjançant l'equació 9, s'introdueixen els dos ratis  $r$  i  $m$ . La relació entre un i altre té a veure amb el compliment de la quota d'emissions acumulades  $q(m)$  tal i com es mostra en l'equació 10.

$$q(m) = \frac{f_0(2m + r)}{m^2} \quad (10)$$

El valor d'aquesta quota d'emissions acumulades  $q(m)$  el tenim i mitjançant l'equació 11 podem obtenir el valor del rati  $r$ . Per obtenir aquest rati  $r$  s'utilitza

l'any 2013 com a any de referència en el que el procés de mitigació comença. A partir d'aquest any, els anys s'agafen consecutivament fins al 2100.

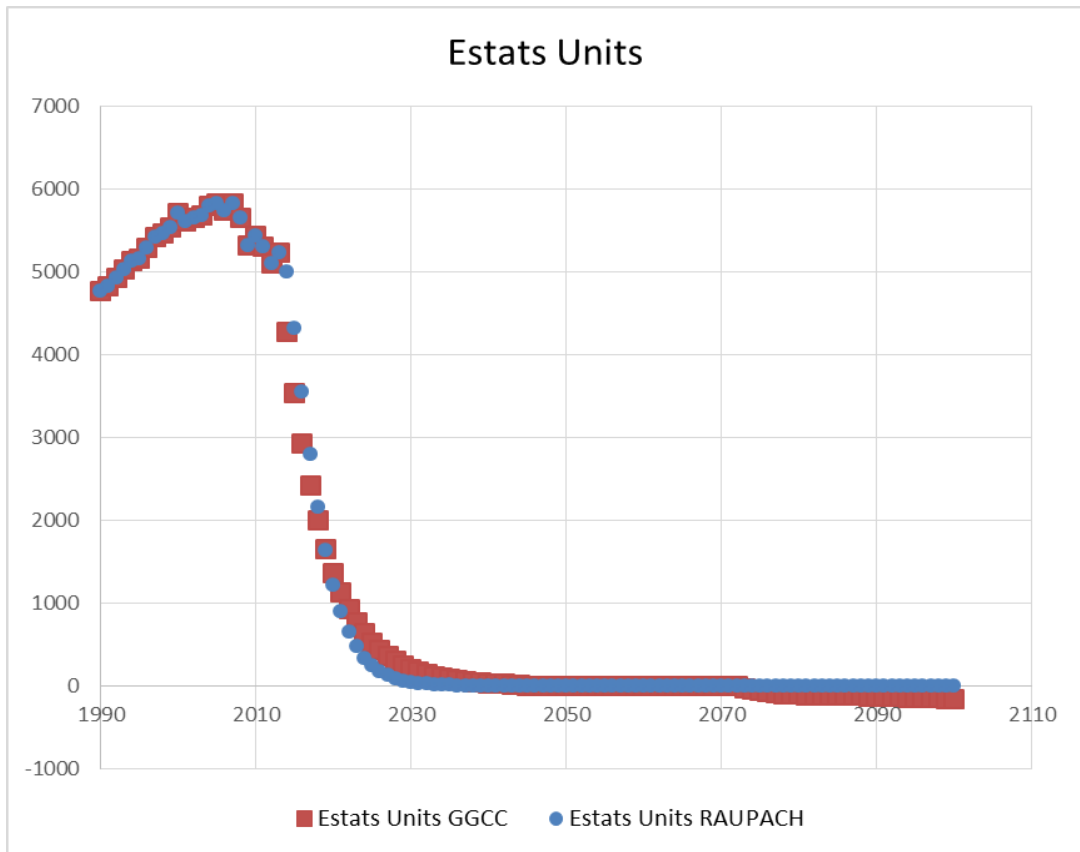
$$r = \frac{1}{f} \left( \frac{df}{dt} \right)_{t=0} = \frac{1 \Delta f}{f \Delta t} = \frac{1}{f_1} \frac{(f_2 - f_1)}{1} \quad (11)$$

Utilitzant aquest mètode, podem obtenir les corbes de mitigació a partir del pressupost de carboni de cada país i comparar-les amb les que obtenim utilitzant el Model de Justícia Climàtica GGCC. Les corbes corresponents a cada país s'han sobreposat en un únic gràfic per poder observar la discrepància entre un mètode i altre.

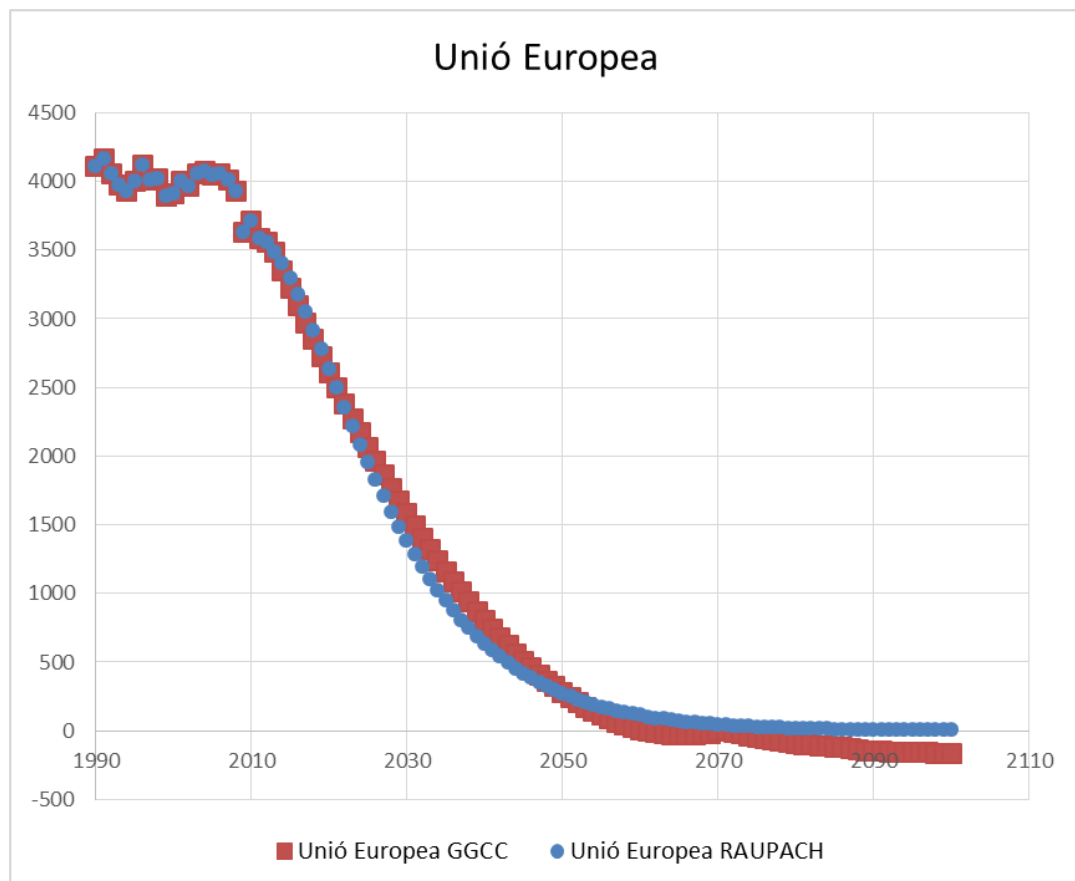
Tal i com es pot observar, el traçat de les corbes de mitigació és molt semblant en tots dos models, salvant algunes diferències. Tanmateix, l'àrea que hi ha sota cada una de les corbes de mitigació és la mateixa, ja que el pressupost de carboni per a tots dos mètodes és el mateix. Destaca sobretot el canvi que produeix la corba de mitigació de les emissions quan passa d'un augment a una reducció de les emissions acumulades. En el model Raupach s'aprecia un alentiment de les emissions el seu punt màxim, mentre que en el model GGCC, la corba traçada de vegades presenta una discontinuïtat en la primera derivada, i per tant el canvi d'augmentar a disminuir les emissions és molt més brusch. L'estabilització de les emissions es pot veure a l'Iran on el punt màxim dura un període de temps més llarg en el mètode Raupach. En les corbes del model GGCC, en països com els Estats Units hi ha una discontinuïtat molt gran mentre que el model Raupach té en compte la inèrcia i per tant les corbes de mitigació no són tan brusques.



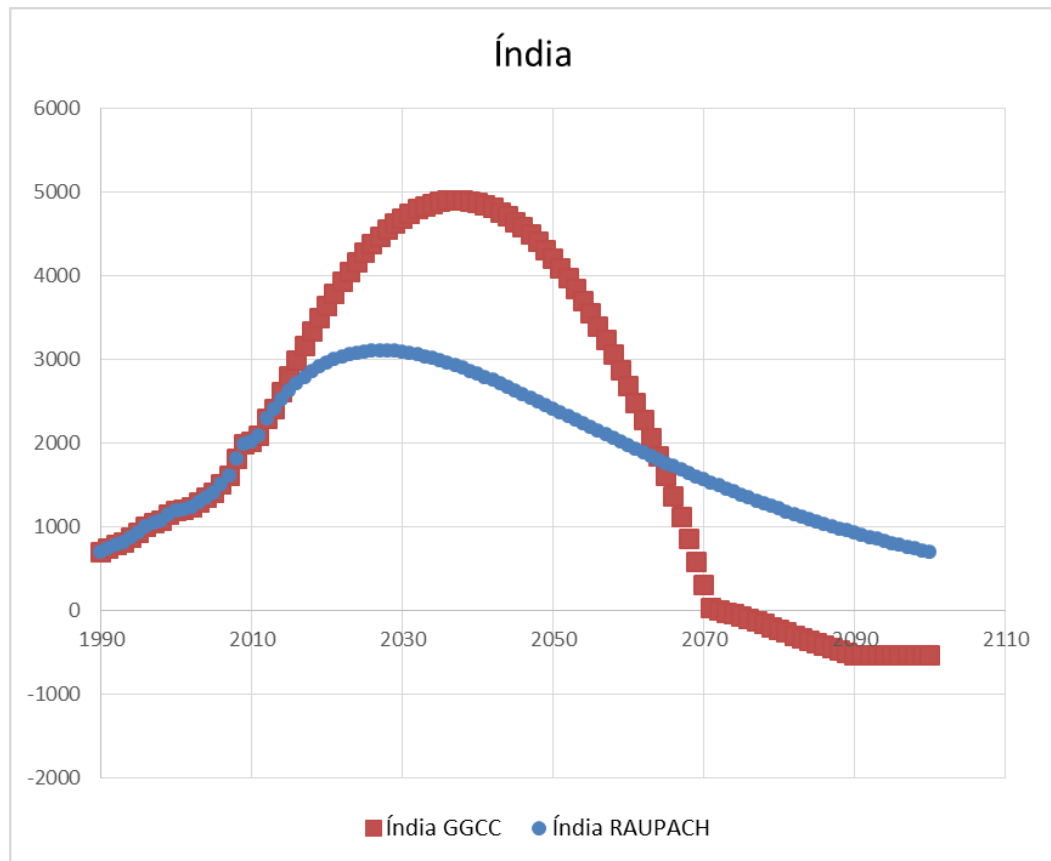
**Fig. 23.-** Corbes de mitigació de la Xina



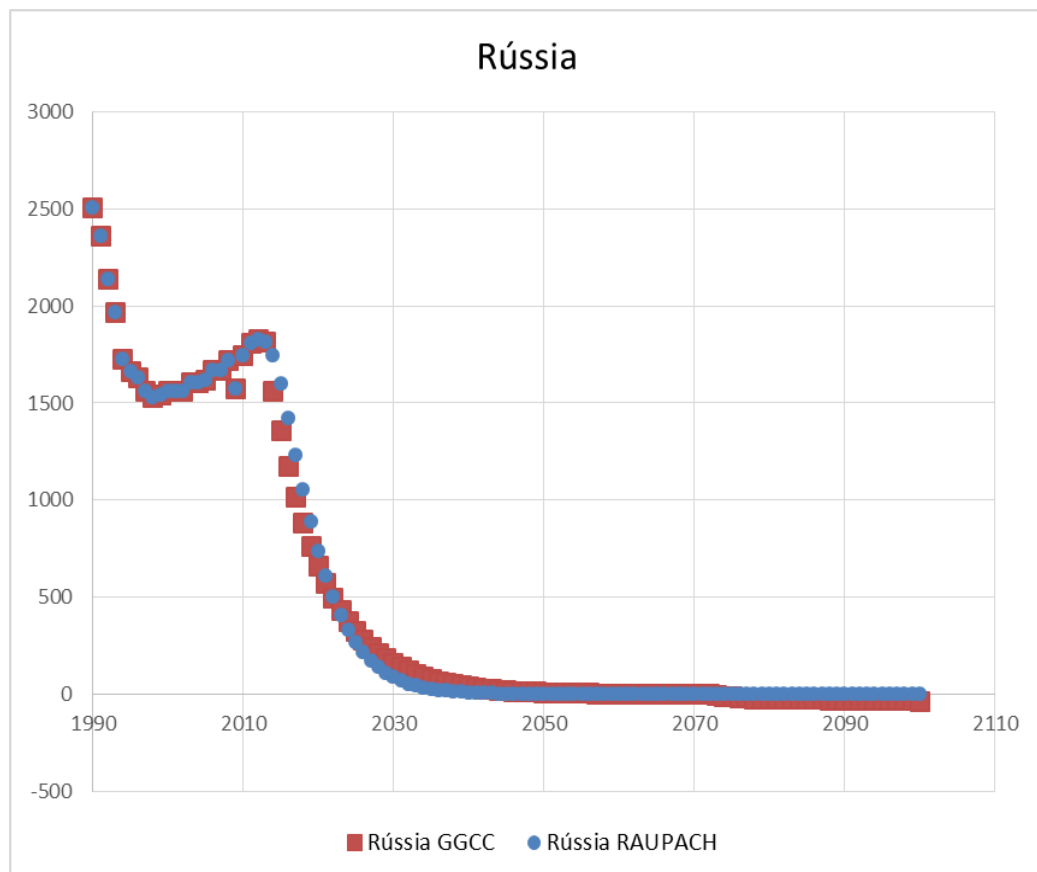
**Fig. 24.-** Corbes de mitigació dels Estats Units



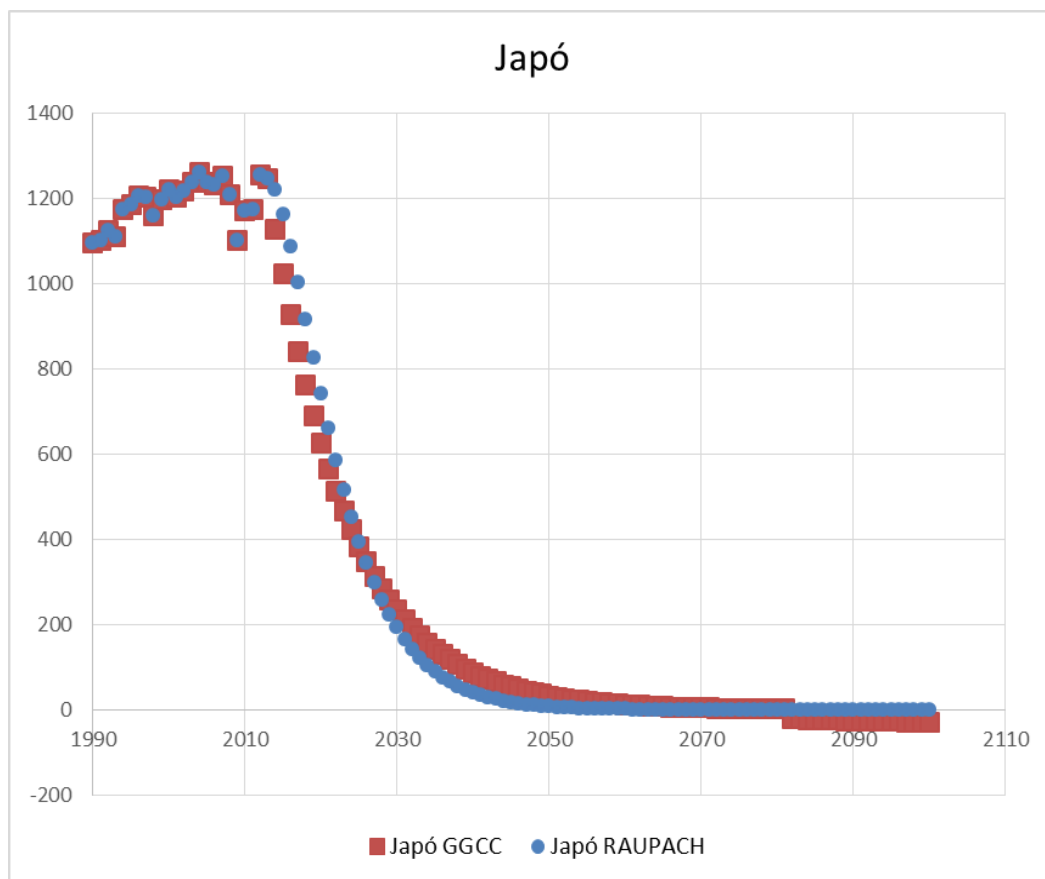
**Fig. 25.-** Corbes de mitigació de la Unió Europea



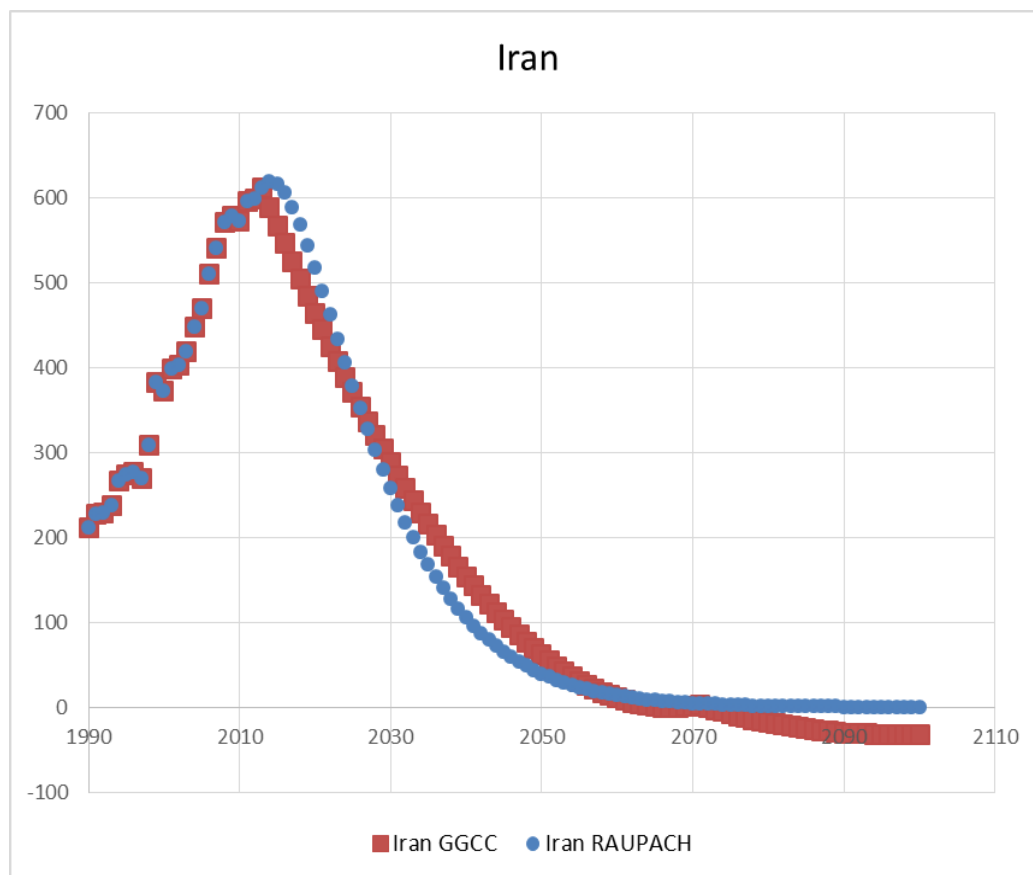
**Fig. 26.-** Corbes de mitigació de la Índia



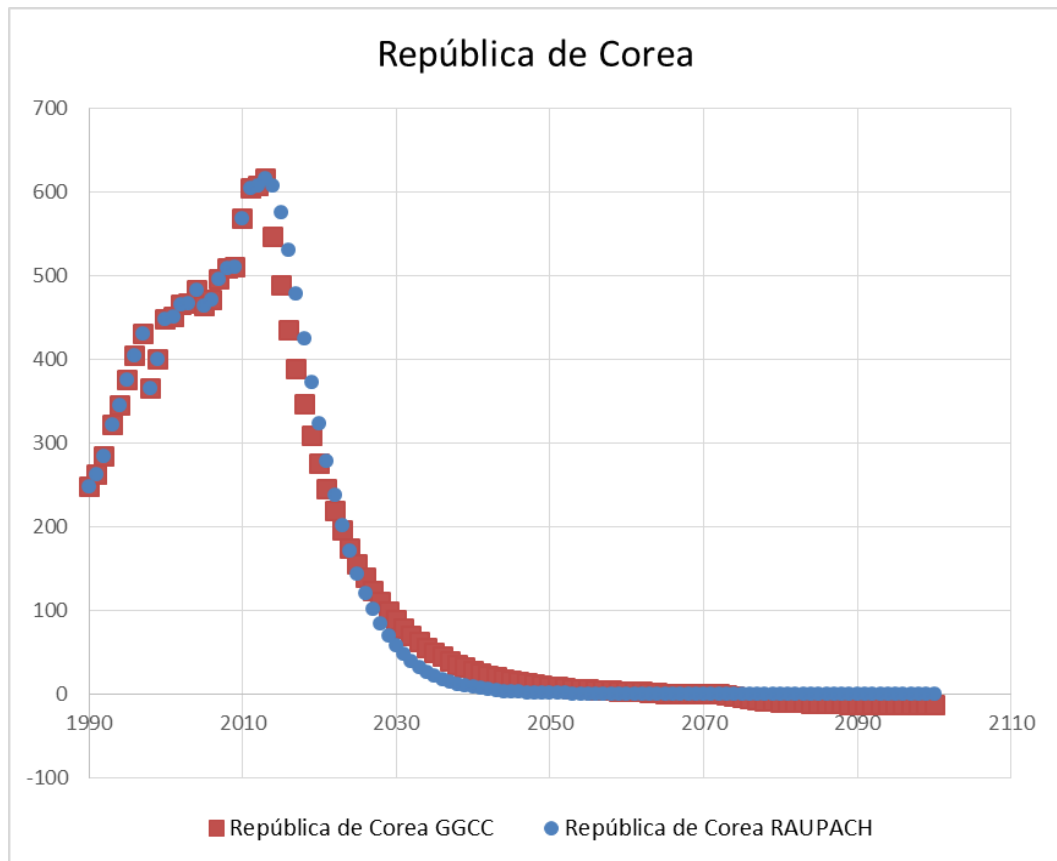
**Fig. 27.-** Corbes de mitigació de Rússia



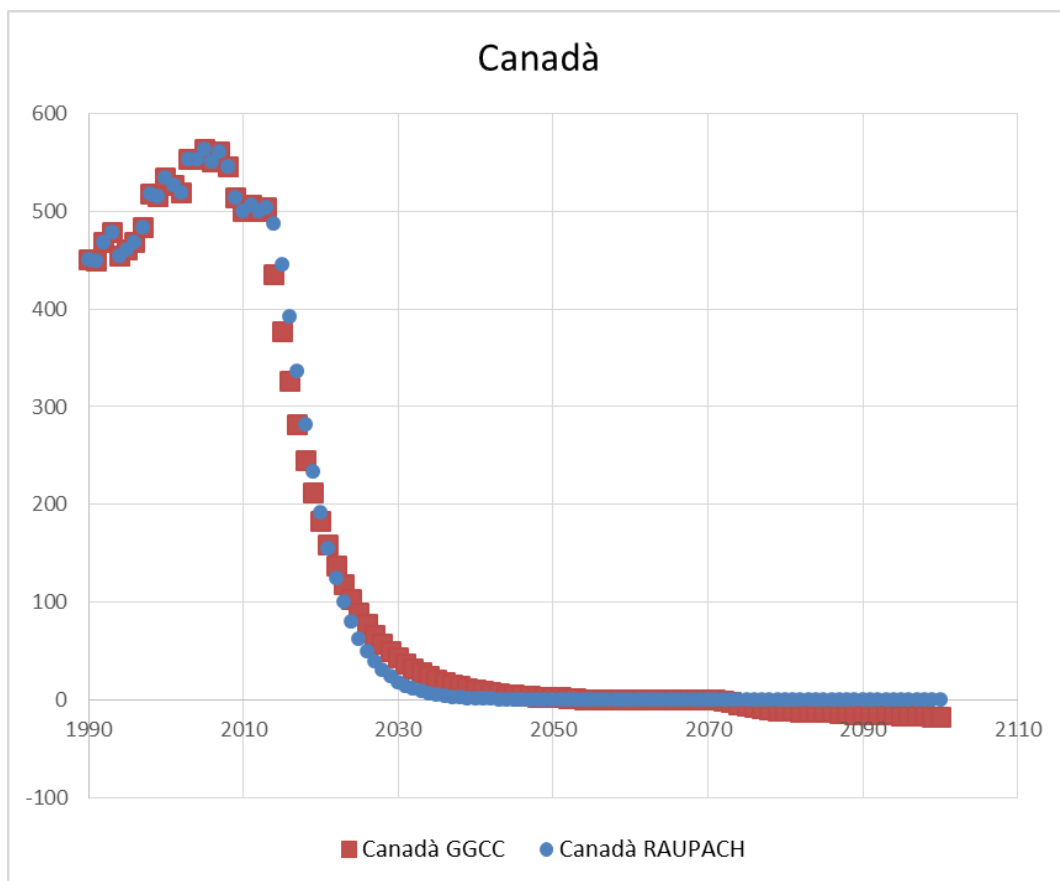
**Fig. 28.-** Corbes de mitigació de Japó



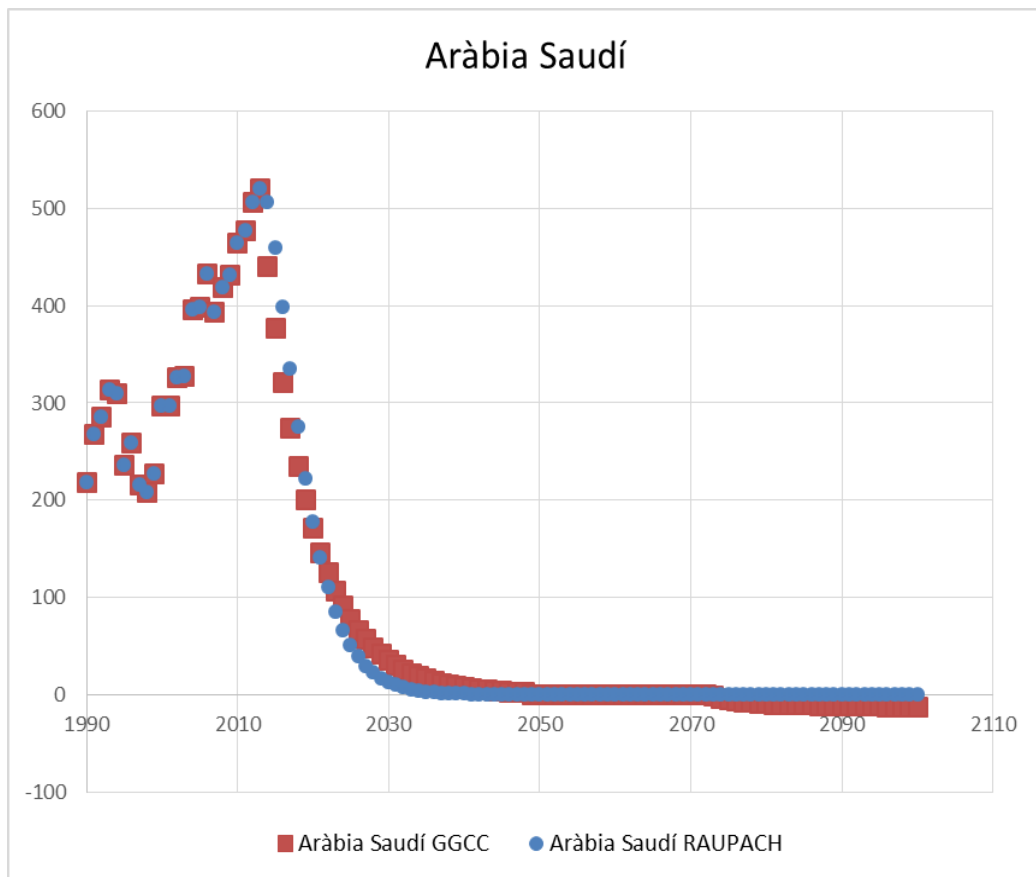
**Fig. 29.-** Corbes de mitigació de l'Iran



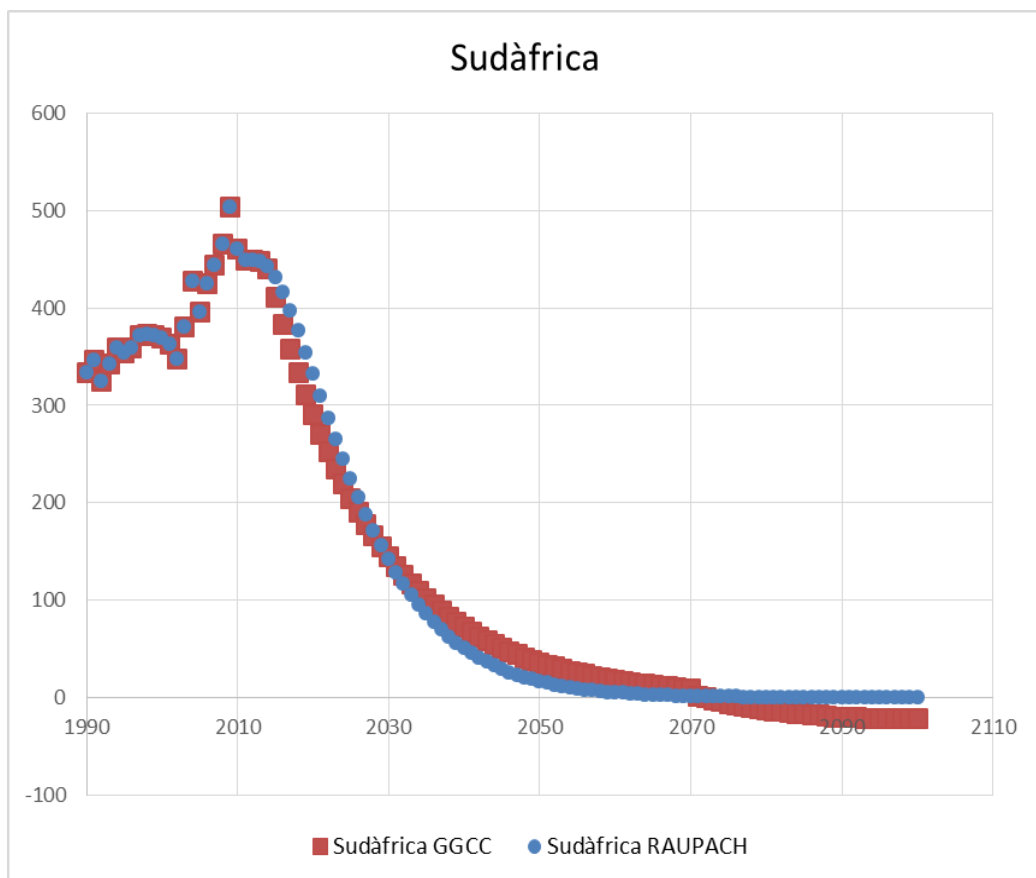
**Fig. 30.-** Corbes de mitigació de Corea



**Fig. 31.-** Corbes de mitigació de Canadà

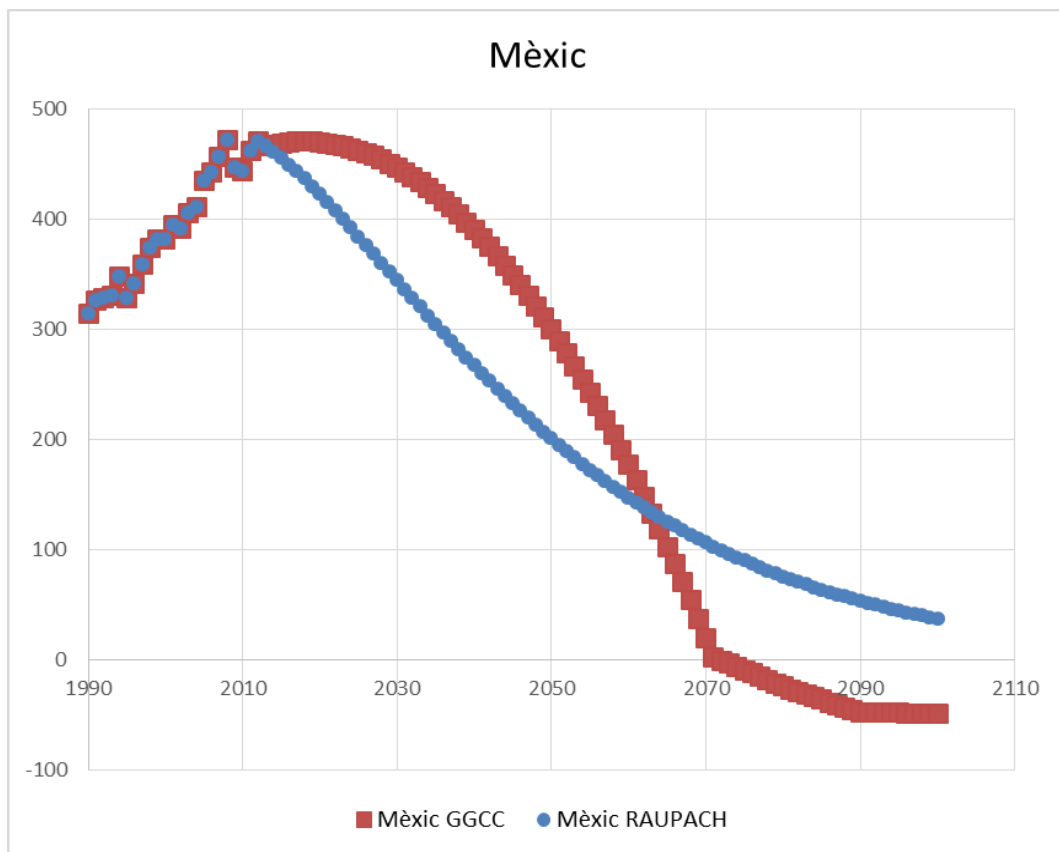


**Fig. 32.-** Corbes de mitigació d'Aràbia Saudí

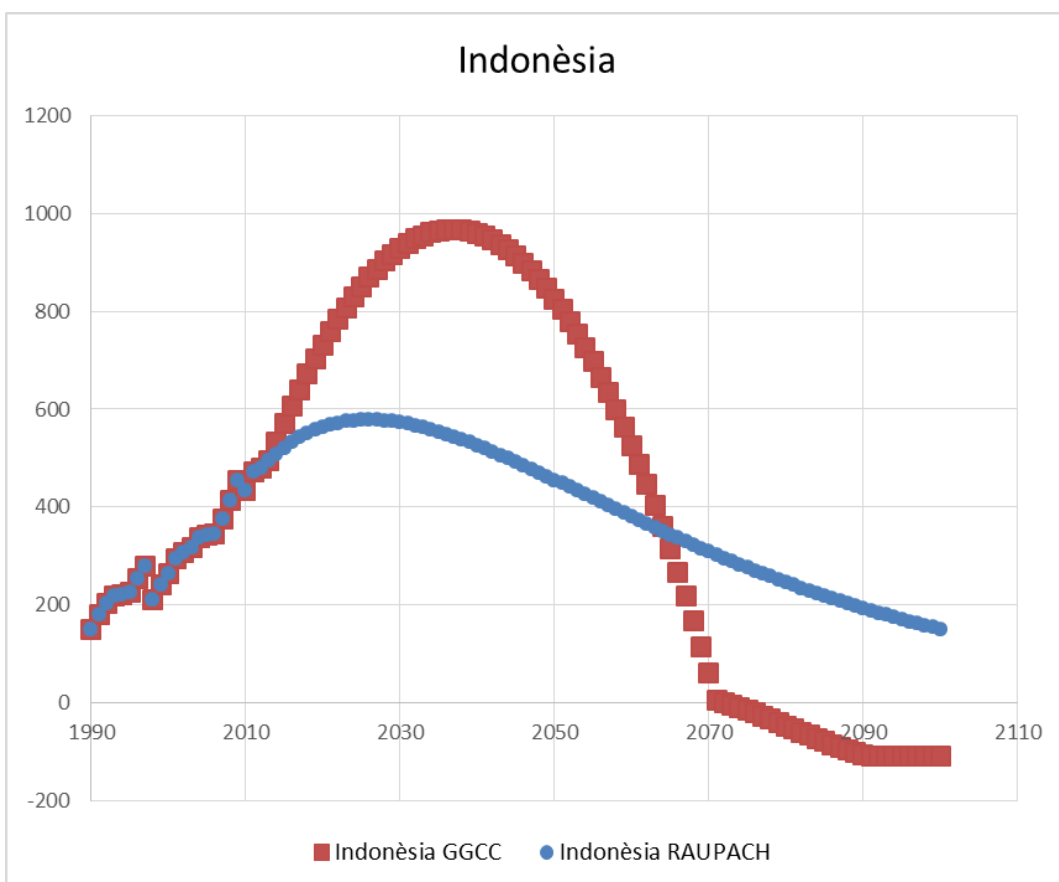


**Fig. 33.-** Corbes de mitigació d'Aràbia Saudí

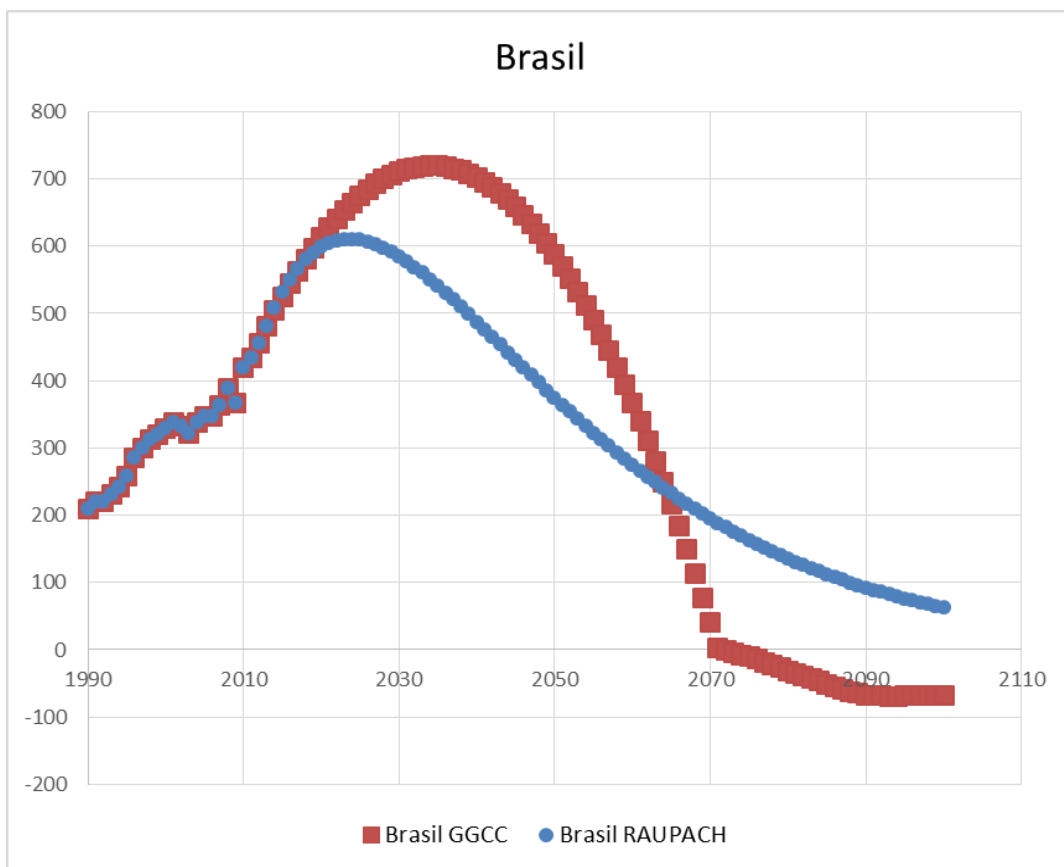




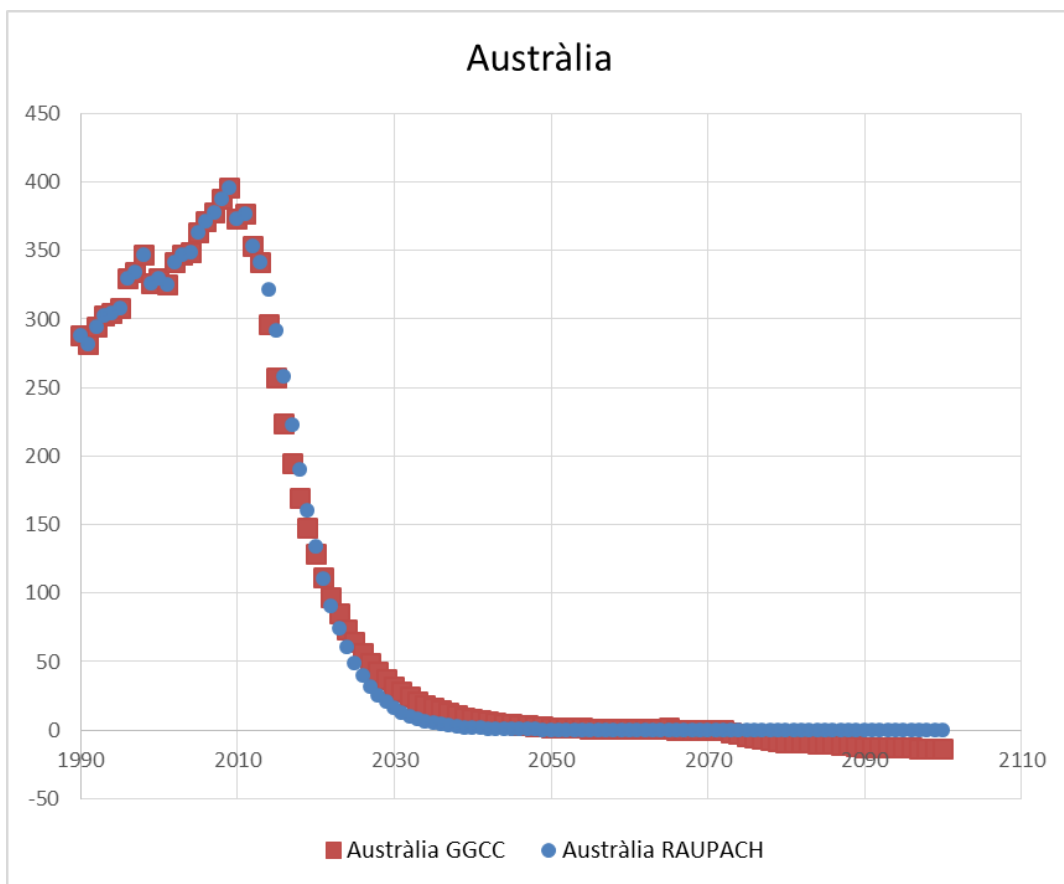
**Fig. 34.-** Corbes de mitigació de Mèxic



**Fig. 35.-** Corbes de mitigació d'Indonèsia



**Fig. 36.-** Corbes de mitigació del Brasil



**Fig. 37.-** Corbes de mitigació d'Austràlia

## Capítol 8: **PRESSUPOST**

A la taula 8 es pot observar els costos del desenvolupament del treball fi de grau. Al tractar-se d'un treball teòric només s'han tingut en compte els honoraris corresponent a l'autor del projecte.

**Taula 8.-** Costos del treball fi de grau.

<b>Enginyer</b>	<b>Cost (€/h)</b>	<b>Hores/Setmana</b>	<b>Setmanes</b>	<b>Cost Total (€)</b>
Oriol Vilà	8	25	26	5200

Impostos aplicables per imperatiu legal no inclosos.

# Capítol 9:

# **CONCLUSIONS**

Un cop decidit el treball final de grau es van proposar uns objectius que es volien aconseguir al finalitzar-lo. Aquests eren:

- 1) Recerca d'informació relativa a les polítiques i les negociacions del canvi climàtic
- 2) Recerca d'informació relativa al Global Carbon Budget
- 3) Recerca d'informació relativa a models de repartiment del Global Carbon Budget entre els diferents Estats
- 4) Comparar el model del Grup Governamental del Canvi Climàtic GGCC, anomenat Model de Justícia Climàtica amb els models que s'han trobat de repartiment del Global Carbon Budget a les revistes científiques
- 5) Elaborar, basant-nos en referències bibliogràfiques, unes corbes de mitigació alternatives a les que ja estaven utilitzant el GGCC

Primerament es va realitzar una recerca d'informació relativa al canvi climàtic per a poder posar en context el treball. Aquesta recerca va consistir, en gran part, a la realització d'un curs online de Nacions Unides el qual explicava què era el canvi climàtic, els gasos que s'alliberen a l'atmosfera i que contribueixen a l'escalfament global, els sectors d'emissió de gasos d'efecte hivernacle, els efectes que el provoca i la resposta que es duu a terme per combatre'l. Aquest últim apartat és de gran importància ja que explica les dues respostes principals que l'ésser humà realitza per a combatre el canvi climàtic: l'adaptació i la mitigació. La mitigació es refereix als esforços per reduir o evitar l'emissió de gasos d'efecte hivernacle o millorar la seva eliminació a l'atmosfera. Aquest

concepte és el punt de partida dels models de repartiment de les emissions estudiats en aquest treball.

Tanmateix, aquest concepte de mitigació de les emissions d'efecte hivernacle va estretament lligat a la política. Un desenvolupament baix en carboni, les diferents opcions de mitigació (tecnologia, pràctiques, etc.) o l'economia verda s'implementen mitjançant les aprovacions dels acords i els compromisos pertinents per part, en aquest cas, de Nacions Unides.

L'evolució d'aquestes polítiques de mitigació del canvi climàtic s'han estudiat amb èxit en aquest treball, destacant-ne les més importants. Tot i els avenços realitzats al llarg dels últims 20 anys, hi segueixen havent moltes traves polítiques per a l'aplicació dels processos de mitigació: la no ratificació dels acords signats en les COP per part dels principals països industrialitzats n'és l'exemple més clar.

El segon i tercer objectius del treball s'han realitzat amb èxit ja que s'ha estudiat el concepte de Global Carbon Budget. Aquest concepte s'ha explicat i argumentat amb bases tècniques (elaborades per l'informe AR5 de l'IPCC) i polítiques (elaborades pels informes de les COP de UNFCCC). Un cop conegut el concepte s'han buscat i analitzat models que l'utilitzessin com a mètode de repartiment de les emissions d'efecte hivernacle.

Dels tres models analitzats cal diferenciar, per damunt de tot, els criteris de repartiment que han utilitzat cadascun, és a dir la filosofia en la que es basa cadascun d'ells:

1. Model de Justícia Climàtica: utilitza un mètode basat en la responsabilitat històrica i la equitat.
2. Model Jayaraman: utilitza un mètode basat principalment en l'equitat.
3. Model Raupach: fa un balanç entre la justícia climàtica, entesa com a població (equitat), i la situació actual, és a dir la tendència actual de les emissions (inèrcia).

Utilitzant els criteris de repartiment de cada model, hi ha una gran diferència en els resultats depenent del període de temps que s'esculli. Si s'apliquen els criteris de repartiment per a tot el període (1850-2100) observem en els models Jayaraman i Raupach que hi ha països que ja han gastat tot el pressupost de carboni que tenien disponible i tenen un Carbon Budget negatiu des de l'actualitat fins a final de segle.

Per contra, el MJC només aplica els criteris de repartiment d'ara fins a final de segle però aplicant el criteri de responsabilitat històrica, que permet obtenir valors positius de Carbon Budget per a tots els països. El model Jayaraman utilitza un model matemàtic GAMS per a poder "traslladar" aquests valors

negatiu a positiu i poder determinar una quota de repartiment possibilista per a cada zona en el període de temps del 2010 al 2050. El model Raupach, tot i fer un balanç entre l'equitat i la inèrcia, també obté valors negatius si el criteri s'aplica per a tot el període. Per això si s'aplica el criteri en el període 2011-2100 obtenim uns resultats molt semblants al model MJC depenent de l'índex de repartiment. Aquest índex de repartiment és el paràmetre que utilitza per a modular ambdós criteris (inèrcia i equitat). Quan l'índex de repartiment està basat en l'equitat el model Raupach obté uns resultats molt similars al Model de Justícia Climàtica. Així doncs quan apliques el criteri des de l'actualitat fins a finals de segle, el terme de compensació històrica desapareix.

Per acabar, s'ha aconseguit traçar les corbes de mitigació alternatives a les que ja estaven utilitzant el GGCC. Es constata que hi ha una discrepància màxima d'un 13% entre el Carbon Budget i l'àrea de la corba de mitigació alternativa, que és un dels paràmetres que s'han calculat.

A més a més, i tal i com ja s'ha comentat, aquestes corbes de mitigació alternatives tenen en compte la inèrcia. En les corbes del model del GGCC, existeix una discontinuïtat en la primera derivada de la corba en països com els Estats Units, que passen d'augmentar les emissions a disminuir-les en un període de temps massa curt i per tant poc factible a la realitat. Per contra, i gràcies a la inèrcia, aquesta discontinuïtat en la primera derivada no existeix en les corbes alternatives, que mostren un escenari més probable en la que les emissions que poden fer els països disposen d'un període d'estabilització en el seu màxim més llarg, per després disminuir-les.

En conclusió, aquest treball m'ha servit per a poder entendre bé el canvi climàtic, el marc polític que existeix per a combatre'l, tant a nivell d'adaptació com de mitigació. A més a més he entès un nou mètode de repartiment de les emissions de gasos d'efecte hivernacle per a que es compleixi el consens obtingut a Cancún en la COP16: "La temperatura mitjana de la superfície de la Terra no ha d'augmentar més de 2°C, comparada amb la temperatura de la era pre-industrial". Aquest nou mètode, que consisteix en assignar un Carbon Budget als països i proposar un camí a seguir per complir-lo també s'ha pogut elaborar mitjançant l'estudi i l'anàlisi dels tres models de repartiment i les corbes de mitigació de les emissions de gasos d'efecte hivernacle.

# Capítol 10:

# **REFERÈNCIES I**

# **BIBLIOGRAFIA**

[i]

Peters, G.P., *etal.* 2015. Measuring a fair ambitious climate agreement using cumulative emissions. *Environ. Res. Lett.* 10, 105004

[ii]

Zickfeld, K.; Arora, V.K.; Gillett, N.P. 2012. Is the climate response to CO<sub>2</sub> emissions path dependent? *Geophys. Res. Lett.*, 39, L05703. doi:10.1029/2011GL050205

[iii]

Herrington, T., Zickfeld, K. 2014. Path independence of climate and carbon cycle response over a broad range of cumulative carbon emissions. *Earth Syst. Dynam.*, 5, 409-422. Doi:10.5194/esd-5-409-2014

[iv]

Meinshausen, M. et al. 2009. Greenhouse-gas emission targets for limiting global warming to 2°C. *Nature*, 458, 1158-1163. doi:10.1038/nature08017

[v]

Olga Alcaraz, Josep Antequera, Pablo Buenestado, Beatriz Escribano, Albert Turon, Josep Xercavins (Maig 2015). Proposta quantificada - basada en criteris de justícia climàtica per càpita - de la distribució entre els estats de la UNFCCC

dels objectius de mitigació d'emissions definits per l'escenari RCP2.6 de l'informe AR5 del IPCC.

[vi]

Tejal Kanitkar, T. Jayaraman, Mario D'Souza i Prabir Purkayastha (2013). Carbon budgets for climate change mitigation – a GAMS-based emissions model.

[vii]

Michael R. Raupach, Steven J. Davis, Glen P. Peters, Robbie M. Andrew, Josep G. Canadell, Philippe Ciais, Pierre Friedlingstein, Frank Jotzo, Detlef P. van Vuuren and Corinne Le Quéré. 21 September 2014. Sharing a quota on cumulative carbon emissions.

[viii]

[https://www.ipcc.ch/report/ar5/index\\_es.shtml](https://www.ipcc.ch/report/ar5/index_es.shtml)

[ix]

[http://unfccc.int/essential\\_background/convention/items/6036.php](http://unfccc.int/essential_background/convention/items/6036.php)

[x]

<http://datos.bancomundial.org/indicador/EN.ATM.CO2E.PC/countries/1W?display=default>

[xi]

<http://www.un.org/en/development/desa/population/>

[xii]

World Population Prospects: The 2012 Revision

<http://esa.un.org/unpd/wpp/index.htm>

[xiii]

[http://www.econ.yale.edu/~nordhaus/homepage/Balance\\_2nd\\_proofs.pdf](http://www.econ.yale.edu/~nordhaus/homepage/Balance_2nd_proofs.pdf)

[xiv]

<https://unfccc.int/resource/docs/convkp/conveng.pdf>

[xv]

<http://www.wri.org/resources/data-sets/cait-country-greenhouse-gas-emissions-data>

[xvi]

<http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/9/8/084018>

[xvii]

BGR *Energy Study 2013: Reserves, Resources and Availability of Energy Resources* (Federal Institute for Geosciences and Natural Resources, 2013).

[xviii]

José-Manuel Giménez-Gómez (2016). The global carbon budget: a conflicting claims problem.



[xix]

UNFCCC 2015. Synthesis report on the aggregate effect of the intended nationally determined contributions.

[xx]

[http://cads.gencat.cat/web/.content/Documents/Publicacions/N11\\_estocolm.pdf](http://cads.gencat.cat/web/.content/Documents/Publicacions/N11_estocolm.pdf)

[xxi]

<http://www.un.org/spanish/esa/sustdev/agenda21/riodeclaration.htm>

[xxii]

<http://www.wri.org/resources/data-sets/cait-country-greenhouse-gas-emissions-data>

[xxiii]

<http://www.nature.com/nclimate/journal/v4/n10/extref/nclimate2384-s1.pdf>

[xxiv]

[http://unfccc.int/documentation/documents/advanced\\_search/items/6911.php?priref=600008831](http://unfccc.int/documentation/documents/advanced_search/items/6911.php?priref=600008831)

[xxv]

UNFCCC 2015. Synthesis report on the aggregate effect of the intended nationally determined contributions.

[xxvi]

UNFCCC 2016. Aggregate effect of the intended nationally determined contributions: an update.