

ANEXO 1: MEDEAS-WORLD

This report extensively documents the approach to build MEDEAS-World, a new global-aggregated energy-economy-environment model (or Integrated Assessment Model). It has been designed applying System Dynamics, which facilitates the integration of knowledge from different perspectives as well as the feedbacks from different subsystems.

MEDEAS-World runs from 1995 to 2050 and is structured into 7 submodules: Economy, Energy, Infrastructures, Materials, Land Use, Social and Environmental Impacts Indicators and Climate Change. These submodules have been programmed in approximately 100 simulation windows and using more than 4,000 variables. The modules of economy and energy are the most extensive and reach the highest degree of disaggregation. The model consists of a modular and flexible structure, where each module can be expanded/simplified/replaced by another version or submodel, new modules can be added, etc. *Figure A1.1* shows the interrelations between the 7 modules represented by boxes, whose main characteristics are:

- **Economy and population:** the economy of MEDEAS is modelled following a post-Keynesian approach assuming disequilibrium (i.e. non-clearing markets), demand-led growth and supply constraints. The economic structure is captured by the integration of IOA (35 industrial sectors and households).
- **Energy:** this module includes the renewable and non-renewable energy resources potentials and availability taking into account biophysical and temporal constraints. In total, 5 final fuels are considered (electricity, heat, solids, gases and liquids) and a diversity of energy technologies are modelled. A net energy approach has been followed.
- **Energy infrastructures:** represent the infrastructures of power plants to generate electricity and heat.
- **Climate:** this module projects the climate change levels due to the GHG emissions generated by the human societies, which also feed-back through a damage function.
- **Materials:** materials are required by the economy and MEDEAS especially tracks the material requirements for the construction, operation and maintenance of the energy infrastructures. The extraction demands are subsequently compared with the levels of available metrics of reserves and resources.
- **Land-use:** this is the less developed module of MEDEAS, and it mainly accounts for the land requirements of the renewable energies.
- **Social and environmental impacts:** this module translates the “biophysical” results of the simulations into metrics related with social and environmental impacts. The objective of this module is to contextualize the implications for human societies in terms of well-being for each simulation.

The main variables that connect the different modules are represented by arrows. Most modules have bi-directional linkages, excepting for the Land-use and Social and Environmental impacts indicators which mainly report outputs from the simulations without feed-backing to rest of the structure.

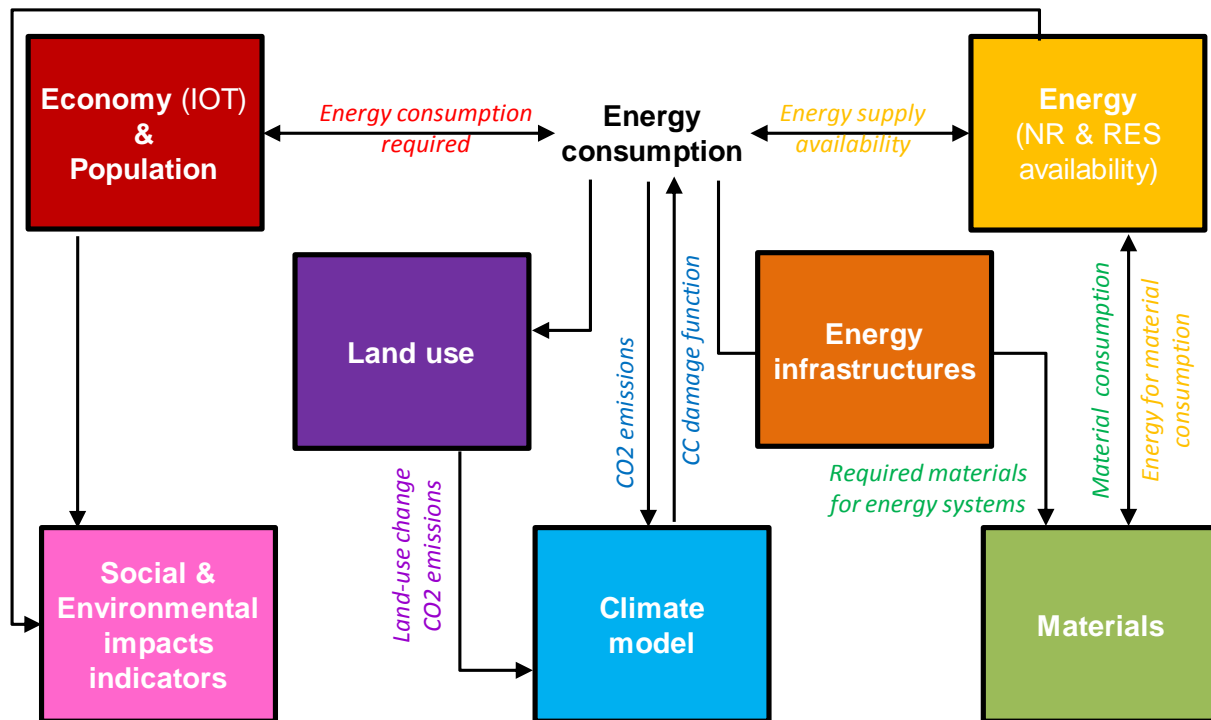


Figura A1.1: Overview of MEDEAS-World by modules and the modelled linkages between them.

The model includes several novelties in relation to the literature:

- Integration of Input-Output Matrices in the Economy submodel within a System Dynamics structure,
- Comprehensive analysis of the techno-sustainable potential of RES (renewable energy sources) for electricity and heat,
- Supply-demand closures model implementation. The energy shortage determines the feedback between the energy and the economic submodule.
- Comprehensive estimation of the EROI (Energy return on energy invested) of those RES technologies for the generation of electricity with more potential.
- Estimations of the potential mineral scarcity,
- EROI estimation and feedback.
- The effects of climate change are feedback into energy consumption.
- Socio-economic indicators model implementation.

The model obtained can still be modified and expanded, depending on the availability of new data or new information, but the current version provides a solid enough basis to serve as a framework for the European scale model.

MEDEAS incorporates three limits to growth that are rather rarely considered (even separately) in the literature: declining EROI levels, energy availability and consistent climate change impacts.

The results presented in this report illustrate the potentiality of the model: the consideration of feedbacks and interrelations between submodules lead to the conclusion that current “Green Growth” scenarios, often promoted by institutions as the way to going forward to achieve a sustainable energy transition, may have serious drawbacks. Our results show that the solution of individual problems could lead to the

creation of others. These dynamics cannot be revealed in the common models characterized by sequential structures.

Despite the challenges encountered with the model, there are still many limitations and uncertainties. In particular, further developments should address the inclusion of more dynamics in the economy module. Concretely, it is important to make a matrix evolve under scenarios, but endogenously as well. More dynamization would help to better model the allocation between different energy fuels and technologies. Moreover, the modelling of the interaction between energy supply and demand in cases of energy scarcity should be improved.

For these and other reasons detailed in the previous section, the interpretation of the results must be done with caution. MEDEAS is not intended to predict the future, but rather to guide qualitatively the best options for the energy transition towards a low carbon economy. It is a tool to explore strategies, not specific policies, since the latter are applied at a different (reduced) political scale.

For the full documentation of the model, see Capellán-Pérez et al (2017). [7]

ANEXO 2: ADAPTACIÓN DICE (DESCRIPCIÓN VARIABLES)

La descripción de las variables tal como se han introducido en el módulo climático de MEDEAS adaptado del modelo DICE, aparece a continuación con su correspondiente número como referencia en la imagen correspondiente de la estructura. La explicación añadida como comentarios (indicada con letra en cursiva) está en inglés al igual que todo el modelo. En este trabajo añadido también la definición y algunas notas explicativas en español.

A2.1 Ciclo de Carbono

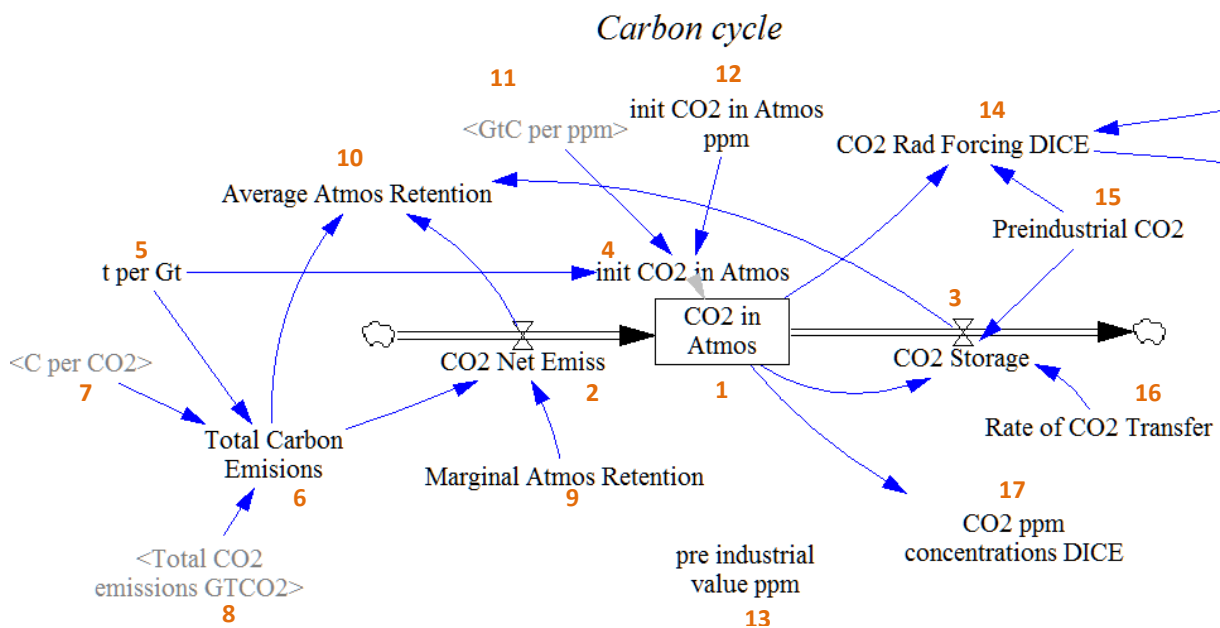


Figura A2.1: Ciclo de carbono del modelo DICE adaptado en Medeas.

- CO2 in Atmos[scenarios]**= INTEG (CO2 Net Emiss[scenarios] - CO2 Storage[scenarios], init CO2 in Atmos)
Units: TonC
CO₂ in atmosphere // Carbono en la atmósfera.
- CO2 Net Emiss[scenarios]**=Marginal Atmos Retention*Total Carbon Emissions[scenarios]
Units: TonC/Year
CO₂ emissions less short-run uptake (to mixed ocean layer). // Emisiones de CO₂ menos el almacenamiento a corto plazo.
- CO2 Storage[scenarios]**= (CO2 in Atmos[scenarios]-Preindustrial CO2)*Rate of CO2 Transfer
Units: TonC/Year
CO₂ removal from the atmosphere and storage by long-term processes.
- init CO2 in Atmos**=init CO2 in Atmos ppm*GtC per ppm*t per Gt
Units: TonC
Initial CO₂ in atmosphere. // Carbono inicial en la atmósfera.
- t per Gt**=GET XLS CONSTANTS('inputs.xlsx', 'Climate', 'P6')
Units: TonC/GtC
Conversion from tones to Gigatonnes of carbon // Conversión de toneladas a gigatoneladas de carbono. Valor: 10⁹.

6. **Total Carbon Emissions[scenarios]**=Total CO₂ emissions GTCO₂[scenarios]*C per CO₂*t perGt
Units: TonC/Year
Total annual carbon emissions. // Emisiones de carbono totales anuales.
7. **C per CO₂**=GET XLS CONSTANTS('inputs.xlsx', 'Climate', 'P4')
Units: GtC/GTCO₂e
1 kg of CO₂ contains 3/11 of carbon.//Conversión CO₂ a C. Valor: 3/11.
8. **Total CO₂ emissions GTCO₂[scenarios]**=CO₂ fossil fuel emissions[scenarios]+CO₂ land-use change emissions"+BioE CO₂ emissions[scenarios]+CO₂ emissions peat-Afforestation program 2020 GtCO₂[scenarios]
Units: GtCO₂/Year
Total annual CO₂ emissions. // Emisiones de CO₂ totales anuales. Entrada en el ciclo de carbono calculada en Medeas.
9. **Marginal Atmos Retention**=GET XLS CONSTANTS('inputs.xlsx', 'Climate', 'K10')
Units: Dmnl
Marginal Atmospheric Retention Fraction. Fraction which accumulate in the atmosphere. //Fracción que se acumula en la atmósfera.
10. **Average Atmos Retention[scenarios]**=(CO₂ Net Emiss[scenarios]- CO₂ Storage[scenarios])/Total Carbon Emissions[scenarios]
Units: Dmnl
Average atmospheric retention.// Retención atmosférica media.
11. **GtC per ppm**=GET XLS CONSTANTS('inputs.xlsx', 'Climate', 'P5')
Units: GtC/ppm
Conversion from ppm to GtC (1 ppm by volume of atmosphere CO₂ = 2,13 Gt C (Uses atmospheric mass (Ma) = 5.137 × 10¹⁸ kg)) // Conversión de ppm a GtC. Valor=2,13 GtC/ppm. Fuente: CDIAC: <http://cdiac.ornl.gov/pns/convert.html>
12. **init CO₂ in Atmos ppm**=GET XLS CONSTANTS('inputs.xlsx', 'Climate', 'K2')
Units: ppm
Initial CO₂ in atmosphere. Historical Mauna Loa CO₂ Record: Average between 1st and last month of 1995 was: (359.92+360.68)/2= 360.3 ppm // CO₂ inicial en la atmósfera. Valor= 360,3 ppm. Fuente: ftp://ftp.cmdl.noaa.gov/products/trends/co2/co2_mm_mlo.txt
13. **pre industrial value ppm**=GET XLS CONSTANTS('inputs.xlsx', 'Climate', 'K3')
Units: ppm
Pre-industrial CO₂ concentrations.// Concentración de CO₂ preindustrial. Valor= 275 ppm.
14. **CO₂ Rad Forcing DICE[scenarios]**=CO₂ Rad Force Coeff DICE*LOG(CO₂ in Atmos[scenarios]/Preindustrial CO₂,2)
Units: watt/meter/meter
Radiative Forcing from CO₂ [F(t)] (W/m²) Additional surface warming from accumulation of CO₂. // Forzamiento radiativo del CO₂. Fuente: Cowles, pg. 22.
15. **Preindustrial CO₂**=GET XLS CONSTANTS('inputs.xlsx', 'Climate', 'K17')
Units: TonC
Preindustrial CO₂ content of atmosphere. // Contenido preindustrial de CO₂ en la atmósfera. Fuente: [DICE-2013R] 588 GtC
16. **Rate of CO₂ Transfer**=GET XLS CONSTANTS('inputs.xlsx', 'Climate', 'K11')
Units: 1/Year
Fractional rate of CO₂ storage (corresponds to 120 year residence time). // Fracción de CO₂

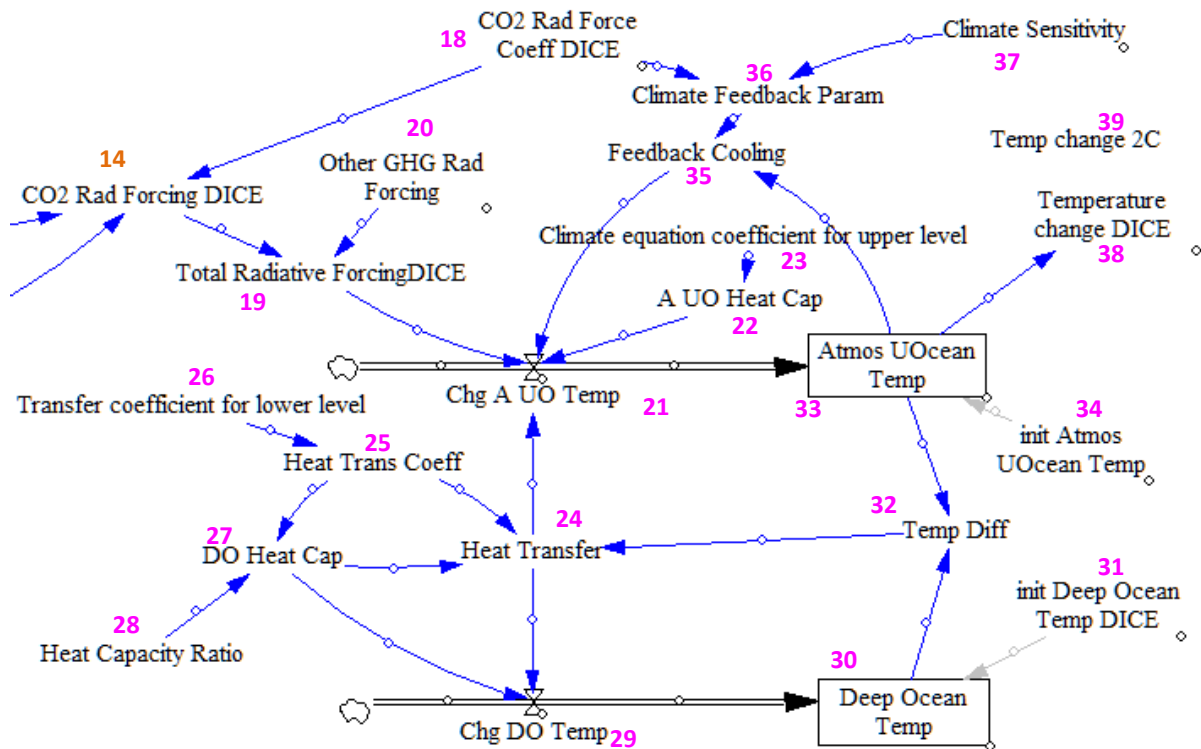
que se almacena, corresponde con un tiempo de residencia de 120 años. Valor=0,008333.

17. **CO2 ppm concentrations** DICE[scenarios]=CO2 in Atmos[scenarios]/(2.13*1e+009)

Units: ppm

1 ppm of atmospheric CO2 is equivalent to 2.13 Gigatonnes Carbon. // Concentración de CO2 ppm). Salida del ciclo de carbono.

A2.2 Sector Climático



18. **CO2 Rad Force Coeff DICE**=GET XLS CONSTANTS('inputs.xlsx', 'Climate', 'K15')

Units: watt/meter/meter

[Fiddaman] Coefficient of Radiative Forcing from CO₂ (W/m²). // Coeficiente radiativo del CO₂. Fuente: DICE-2013R. Valor= 3.8 W/m²

19. **Total Radiative Forcing DICE**[scenarios]=CO2 Rad Forcing DICE[scenarios]+Other GHG Rad Forcing

Units: watt/meter/meter

Radiative Forcing from All GHGs (W/m²) //Forzamiento radiativo de todos los gases.

20. **Other GHG Rad Forcing**:INTERPOLATE::=GET XLS DATA('inputs.xlsx', 'Climate', '20', 'K21')

Units: watt/(meter*meter)

Source: baseline scenario from DICE-2013R [3]. // Forzamiento radiativo de los otros gases. Fuente: "Representative Concentration Pathways" RCP 6.0 W/ m2. (<http://tntcat.iiasa.ac.at:8787/RcpDb/dsd?ction=htmlpage&page=compare>).

21. **Chg A UO Temp**[scenarios]=(Total Radiative ForcingDICE[scenarios]-Feedback Cooling[scenarios]-Heat Transfer[scenarios])/A UO Heat Cap

Units: DegreesC/Year

Change in the Atmosphere & Upper Ocean Temperature (degrees C/yr) // Variación de temperatura en la atmósfera y la superficie del océano.

22. **A UO Heat Cap**=1/Climate equation coefficient for upper level
 Units: watt*Year/DegreesC/(meter*meter) [8,400]
[Fiddaman] Atmosphere & Upper Ocean Heat Capacity per Unit Area [1/R1] (W-yr/m²/degrees C). // Capacidad de calor por m² de la atmósfera y la superficie del océano.
23. **Climate equation coefficient for upper level**=GET XLS CONSTANTS('inputs.xlsx', 'Climate', 'K12')
 Units: DegreesC*meter*meter/(watt*Year) [8,400]
[Fiddaman] Atmosphere & Upper Ocean Heat Capacity per Unit Area [1/R1] (W-yr/m²/degrees C). Note: equals 1/0.0226 // Coeficiente de la capacidad de calor. Valor: R1=0,0226.
24. **Heat Transfer[scenarios]**=Temp Diff[scenarios]*DO Heat Cap/Heat Trans Coeff
 Units: watt/meter/meter
Heat Transfer from the Atmosphere & Upper Ocean to the Deep Ocean. //Transferencia de calor desde la atmósfera y la superficie del océano a las profundidades del océano.
25. **Heat Trans Coeff**=1/Transfer coefficient for lower level
 Units: Year [100,4000]
[Fiddaman] Heat Transfer Coefficient (years). Coefficient of heat transfer between the atmosphere & upper ocean and the deep ocean. // Coeficiente de la transferencia de calor.
26. **Transfer coefficient for lower level**=GET XLS CONSTANTS('inputs.xlsx', 'Climate', 'K13')
 Units: 1/Year [100,4000]
[Fiddaman] Heat Transfer Coefficient [(years). 500 // Valor= 1/500=0,002.
27. **DO Heat Cap** = Heat Capacity Ratio*Heat Trans Coeff
 Units: watt*Year/DegreesC/meter/meter
Deep Ocean Heat Capacity per Unit Area (W-yr/m²/degrees C)// Capacidad del océano por unidad de área.
28. **Heat Capacity Ratio**=GET XLS CONSTANTS('inputs.xlsx', 'Climate', 'K14')
 Units: watt/(meter*meter*DegreesC) [0.1,1]
[Fiddaman] Ratio of Thermal Capacity of Deep Ocean to Heat Transfer Time Constant. Relación de la capacidad térmica del océano profundo con la constant de tiempo de transferencia de calor. Valor=0,44.
29. **Chg DO Temp[scenarios]**=Heat Transfer[scenarios]/DO Heat Cap
 Units: DegreesC/Year
Change in the Deep Ocean Temperature (degrees C/yr) [Cowles, pg. 30]// Variación de la temperatura del océano profundo.
30. **Deep Ocean Temp[scenarios]**= INTEG (Chg DO Temp[scenarios],
 init Deep Ocean Temp DICE)
 Units: DegreesC
Temperature of the Deep Ocean [T] (degrees C) [Cowles, pg. 24]// Temperatura del océano profundo.*
31. **init Deep Ocean Temp DICE**=GET XLS CONSTANTS('inputs.xlsx', 'Climate', 'K16')
 Units: DegreesC
Temperature of the Deep Ocean [T] (degrees C). // Inicialización de la temperatura del océano profundo. Fuente: [DICE-2013R . Valor=0,0068.*
32. **Temp Diff[scenarios]**=Atmos UOcean Temp[scenarios]-Deep Ocean Temp[scenarios]
 Units: DegreesC

Temperature Difference between Upper and Deep Ocean (degrees C)// Diferencia de temperatura entre la superficie y la profundidad del océano.

33. **Atmos UOcean Temp[scenarios]=** INTEG (Chg A UO Temp[scenarios],
init Atmos UOcean Temp)
Units: DegreesC
Temperature of the Atmosphere and Upper Ocean [T] (degrees C) [Cowles, pg. 24] // Temperatura de la atmósfera y la superficie del océano.
34. **init Atmos UOcean Temp=**GET XLS CONSTANTS('inputs.xlsx', 'Climate', 'K5')
Units: DegreesC
Temperatura inicial de la atmósfera y la superficie del océano (para el año 1995). Fuente: NASA GISS Surface Temperature (GISTEMP), 5-year average: +0.36 °C. NOTA: Para pasar ese valor a la referencia preindustrial, es necesario sumar la media entre los años 1880-1889 = -0,225. Valor (1955)= 0,36 + 0,225 = 0,585 °C
http://cdiac.ornl.gov/ftp/trends/temp/hansen/gl_land_ocean.txt
35. **Feedback Cooling[scenarios]=**Atmos UOcean Temp[scenarios]*Climate Feedback Param[scenarios]
Units: watt/meter/meter
Heat loss of the atmosphere/upper ocean system from feedback effects of warming (i.e. increased blackbody radiation). [Cowles, pg. 27]// Pérdida de calor del sistema atmósfera/superficie del océano (calor devuelto).
36. **Climate Feedback Param[scenarios]=**CO2 Rad Force Coeff DICE/Climate Sensitivity[scenarios]
Units: watt/meter/meter/DegreesC
Climate Feedback Parameter (W-m²/degree C)// Parámetro de realimentación del clima.
37. **Climate Sensitivity=**GET XLS CONSTANTS('inputs.xlsx', 'BAU', 'C116')
Units: DegreesC
[Fiddaman] Equilibrium temperature change in response to a 2xCO2 equivalent change in radiative forcing. // Variación de temperatura en estado de equilibrio en respuesta a un cambio de forzamiento radiativo debido al doble de concentración de CO₂. Fuente: DICE-2013R. Valor=2.9.
38. **Temperature change DICE[scenarios]=**Atmos UOcean Temp[scenarios]
Units: DegreesC
It corresponds with the variable "Atmos UOcean Temp" that it is not renamed in order to keep the original nomenclature from DICE. // Esta variable se corresponde con "Atmos UOcean Temp". Variación de temperatura en el módulo climático de DICE. Variable de salida.
39. **Temp change 2C=2**
Units: DegreesC
Temperature change of 2 °C as reference. // Límite de temperatura. Variable que se emplea en la representación gráfica de la temperatura. Debido a la discusión del límite de temperatura (Capítulo 2), también se añade el límite de 1,5 °C.

ANEXO 3: ADAPTACIÓN C-ROADS (DESCRIPCIÓN VARIABLES)

La descripción de las variables tal como se han introducido en el módulo climático de MEDEAS adaptado del modelo C-ROADS, aparece a continuación con su correspondiente número como referencia en la imagen correspondiente de la estructura. La explicación añadida como comentarios (indicada con letra en cursiva) está en inglés al igual que todo el modelo. También añadido su definición y algunas notas explicativas en español.

A3.1 Ciclo de Carbono

A3.1.1 Emisiones de origen antropogénico.

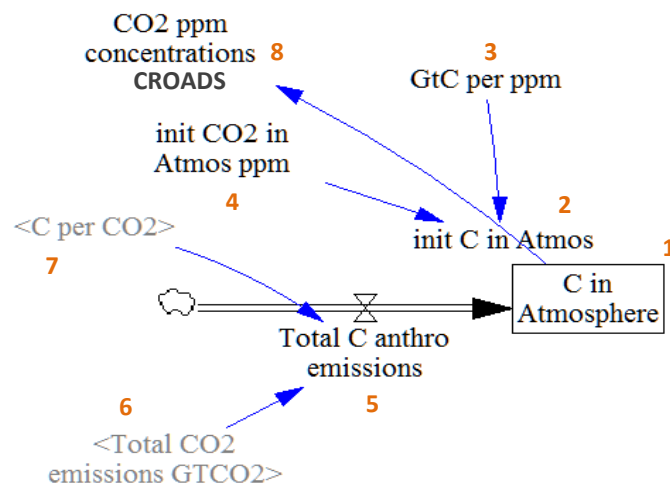


Figura A3.1: Emisiones antropogénicas. (Estructura adaptada de C-ROADS en MEDEAS).

- C in Atmosphere**= INTEG (Flux Biomass to Atmosphere +Total C anthro emissions[scenarios]-Flux Atm to Biomass +C from CH4 oxidation[scenarios]+Flux Biomass to Atmosphere + Flux C from permafrost release[scenarios]+Flux Humus to Atmosphere -Flux Atm to Ocean[Scenario], init C in Atmos)
Units: GtC
Carbon in atmosphere// Carbono en la atmósfera.
- init C in Atmos**= init CO2 in Atmos ppm*GtC per ppm
Units: GtC
Initial C in atmosphere//Carbono inicial en la atmósfera.
- GtC per ppm**= GET XLS CONSTANTS('inputs.xlsx', 'Climate', 'P5')
Units: GtC/ppm
Conversion from ppm to GtC (1 ppm by volume of atmosphere CO₂ = 2.13 Gt C (Uses atmospheric mass (Ma) = 5.137 × 10¹⁸ kg)) //Conversión de ppm a GtC (1 ppm de CO₂ = 2.13 Gt C (Utiliza la masa atmosférica (Ma) = 5.137 × 10¹⁸ kg) CDIAC: <http://cdiac.ornl.gov/pns/convert.html>
- init CO2 in Atmos ppm**= GET XLS CONSTANTS('inputs.xlsx', 'Climate', 'K2')
Units: ppm
Initial CO₂ in atmosphere. Historical Mauna Loa CO₂ Record: Average between 1st and last month of 1995 was: (359.92+360.68)/2= 360.3 ppm// CO₂ inicial en la atmósfera. Registro

histórico de CO₂ de Mauna Loa: Promedio entre el primer y último mes de 1995 fue: (359.92 + 360.68) / 2 = 360.3 ppm

Fuente: ftp://ftp.cmdl.noaa.gov/products/trends/co2/co2_mm_mlo.txt

5. **Total C anthro emissions[scenarios]**= Total CO₂ emissions GTCO₂[scenarios]*C per CO₂
Units: GtC/Year
Total annual CO₂ emissions converted to GtonsC/year.// Emisiones anuales totales de CO₂ convertidas a GtonsC / año.
6. **Total CO₂ emissions GTCO₂[scenarios]**= CO₂ fossil fuel emissions[scenarios]+CO₂ land-use change emissions"+BioE CO₂ emissions[scenarios]+CO₂ emissions peat-Afforestation program 2020 GtCO₂[scenarios]
Units: GtCO₂/Year
Total annual CO₂ emissions// Emisiones de CO₂ totales.
7. **C per CO₂** = GET XLS CONSTANTS('inputs.xlsx', 'Climate', 'P4')
Units: GtC/GTCO₂e
1 kg of CO₂ contains 3/11 of carbon.// 1 kg de CO₂ contiene 3/11 de carbono.
8. **CO₂ ppm concentrations CROADS[scenarios]**= C in Atmosphere[scenarios] / 2.13
Units: ppm
1 part per million of atmospheric CO₂ is equivalent to 2.13 GtC //1 parte por millón de CO₂ atmosférico es equivalente a 2,13 GtC.

A3.1.2 Biosfera

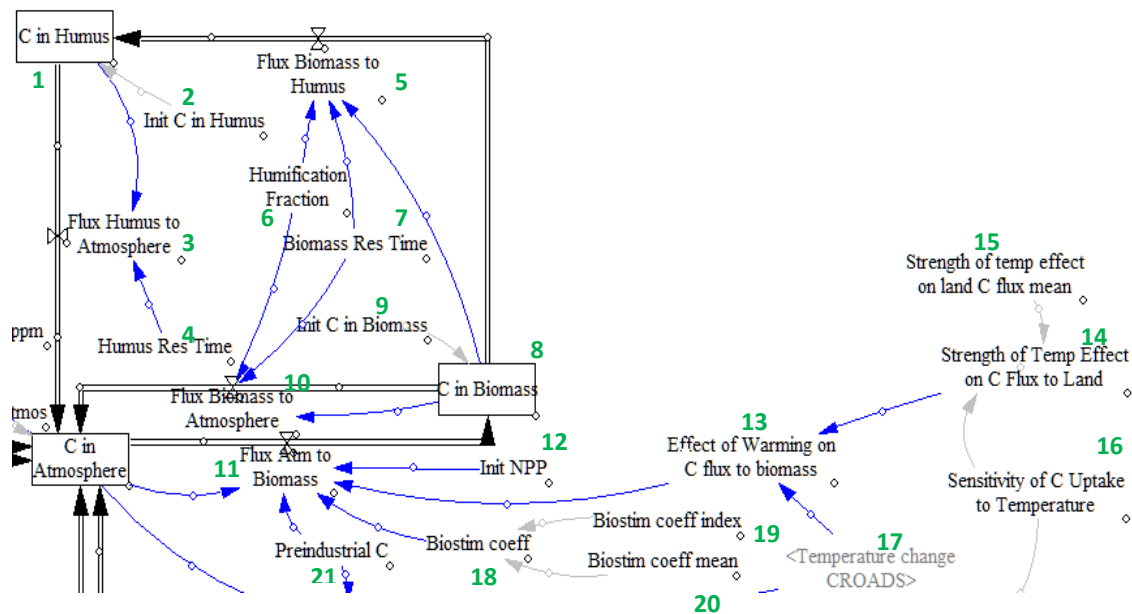


Figura A3.2: Biosfera del ciclo de carbono. (Estructura adaptada de C-ROADS en MEDEAS).

1. **C in Humus [scenarios]**= INTEG (Flux Biomass to Humus [scenarios]-Flux Humus to Atmosphere [scenarios]-Flux Humus to CH₄[scenarios], Init C in Humus)
Units: GtC
Carbon in humus. // Carbono en el humus.
2. **Init C in Humus [scenarios]**= GET XLS CONSTANTS('inputs.xlsx', 'Climate', 'G2')
Units: GtC
Initial carbon in humus.// Carbono inicial en el humus.

NOTA: El valor de esta variable proviene de la propia simulación de C-Roads para el año 1995, debido a la diferencia en el tiempo de inicialización de los modelos (C-Roads comienza en el año 1850 y Medeas en 1995).

3. **Flux Humus to Atmosphere [scenarios]**=C in Humus [scenarios]/Humus Res Time
Units: GtC/year
Carbon flux from humus to atmosphere.// Flujo de carbono del humus a la atmósfera.
 4. **Humus Res Time**= GET XLS CONSTANTS('inputs.xlsx', 'Climate', 'C2')
Units: Year
Average carbon residence time in humus. // Tiempo medio de residencia del carbono en el humus.
- Se describen las variables a continuación los flujos relativos a la **biomasa** (hojas, ramas, tallos, raíces...):
5. **Flux Biomass to Humus [scenarios]**= C in Biomass [scenarios]/Biomass Res Time*Humification Fraction
Units: GtC/Year
Carbon flux from biomass to humus.// Flujo de carbono de la biomasa al humus.
 6. **Humification Fraction**= GET XLS CONSTANTS('inputs.xlsx', 'Climate', 'C3')
Units: Dmnl
Fraction of carbon outflow from biomass that enters humus stock.// Fracción del flujo de salida de carbono de la biomasa que entra en el stock de humus
 7. **Biomass Res Time**= GET XLS CONSTANTS('inputs.xlsx', 'Climate', 'C4')
Units: Year
Average residence time of carbon in biomass.// Tiempo medio de residencia del carbono en la biomasa.
 8. **C in Biomass [scenarios]**= INTEG (Flux Atm to Biomass [scenarios]-Flux Biomass to Atmosphere [scenarios]-Flux Biomass to CH4[scenarios]-Flux Biomass to Humus [scenarios], Init C in Biomass[scenarios])
Units: GtC
Carbon in biomass.// Carbono en la biomasa.
 9. **Init C in Biomass [scenarios]**= GET XLS CONSTANTS('inputs.xlsx', 'Climate', 'G3')
Units: GtC
Initial carbon in biomass.// Carbono inicial en la biomasa.
NOTA: Proviene el valor de la propia simulación de C-Roads para el año 1995.
 10. **Flux Biomass to Atmosphere [scenarios]**= C in Biomass [scenarios]/Biomass Res Time*(1-Humification Fraction)
Units: GtC/Year
Carbon flux from biomass to atmosphere.// Flujo de carbono de la biomasa a la atmósfera.
 11. **Flux Atm to Biomass[scenarios]**= Init NPP* (1+ Biostim coeff* LN(C in Atmosphere[scenarios]/Preindustrial C))*Effect of Warming on C flux to biomass
Units: GtC/Year
Carbon flux from atmosphere to biosphere (from primary production)// Flujo de carbono a la atmósfera de la biosfera (de la producción primaria, NPP).
NOTA: la NPP crece logarítmicamente a medida q aumenta la concentración de C atmosférica.
 12. **Init NPP**= GET XLS CONSTANTS('inputs.xlsx', 'Climate', 'C5')
Units: GtC/Year
Initial net primary production. Adapted from Goudriaan, 1984//Producción primaria neta inicial.

13. **Effect of Warming on C flux to biomass[scenarios]=** 1+Strength of Temp Effect on C Flux to Land*Temperature change CROADS[scenarios]
Units: Dmnl
The fractional reduction in the flux of C from the atmosphere to biomass with rising temperatures. We assume a linear relationship.// La reducción en el flujo de carbono de la atmósfera a la biomasa al aumentar las temperaturas. Se asume una relación lineal.
14. **Strength of Temp Effect on C Flux to Land=** INITIAL (Sensitivity of C Uptake to Temperature*Strength of temp effect on land C flux mean)
Units: 1/DegreesC
Strength of temperature effect on C flux to the land// Fuerza del efecto de la temperatura sobre el flujo de C a la tierra.
15. **Strength of temp effect on land C flux mean=** GET XLS CONSTANTS('inputs.xlsx', 'Climate', 'C6')
Units: 1/DegreesC
Average effect of temperature on flux of carbon to land. Calibrated to be consistent with Friedlingstein et al., 2006. // Efecto medio de la temperatura en el flujo de carbono a la tierra.
16. **Sensitivity of C Uptake to Temperature=** GET XLS CONSTANTS('inputs.xlsx', 'Climate', 'C7')
Units: Dmnl
0 means no temperature-carbon uptake feedback and default of 1 yields the average value found in Friedlingstein et al., 2006. // El valor por defecto es de 1, con el que se obtiene el valor promedio encontrado en Friedlingstein et al., 2006. El valor de 0 significaría que no hay realimentación entre la temperatura y la absorción de C por la tierra y los océanos.
17. **Temperature change CROADS[scenarios]=** Heat in Atmosphere and Upper Ocean[scenarios]/Atm and Upper Ocean Heat Cap
Units: DegreesC
Temperature of the Atmosphere and Upper Ocean, relative to preindustrial reference period //Temperatura de la atmósfera y la parte superior del océano, en relación con el periodo de referencia preindustrial.
Nota: proviene de la ventana del modelo "Climate".
18. **Biostim coeff=** INITIAL(Biostim coeff index*Biostim coeff mean)
Units: Dmnl
Coefficient for response of primary production to carbon concentration// Coeficiente para la respuesta de la producción primaria a la concentración de carbono.
19. **Biostim coeff index=** GET XLS CONSTANTS('inputs.xlsx', 'Climate', 'C8')
Units: Dmnl
Index of coefficient for response of primary production to carbon concentration, as multiplying factor of the mean value.// Índice de coeficiente de respuesta de la producción primaria a la concentración de carbono, como factor multiplicador del valor medio.
20. **Biostim coeff mean=** GET XLS CONSTANTS('inputs.xlsx', 'Climate', 'C9')
Units: Dmnl
Mean coefficient for response of primary production to CO2 concentration. Reflects the increase in NPP with doubling the CO2 level. // Coeficiente medio de respuesta de la producción primaria a la concentración de CO2. Refleja el aumento en la NPP al duplicar el nivel de CO2. Goudriaan y Ketner, 1984; Rotmans, 1990
21. **Preindustrial C=** GET XLS CONSTANTS('inputs.xlsx', 'Climate', 'C28')
Units: GtC
Preindustrial CO2 content of atmosphere. 590 GtC//Contenido de CO2 preindustrial en la atmósfera.

A3.1.3 Océano

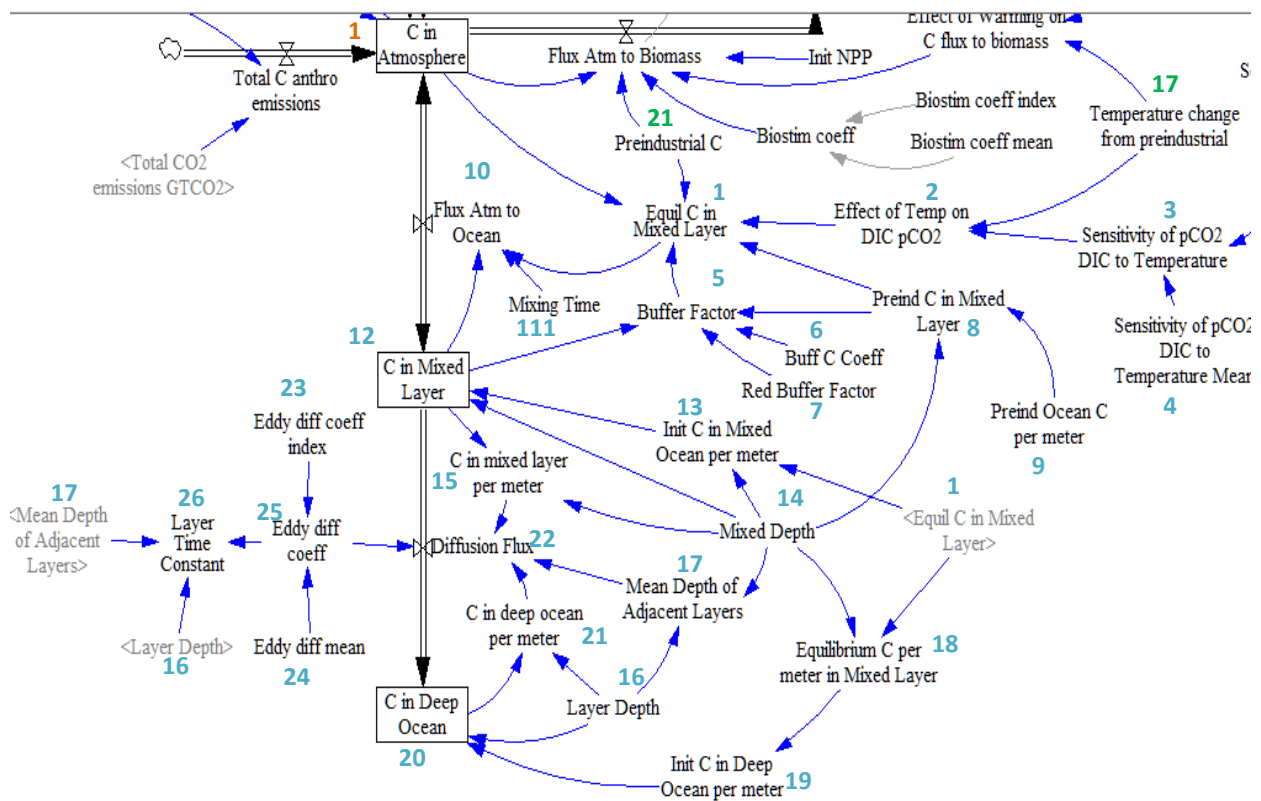


Figura A3.3: Sistema del océano en el ciclo de carbono. (Estructura adaptada de C-ROADS en MEDEAS). Los números en otro color pertenecen a otra parte de la estructura ya explicada (color correspondiente).

1. **Equil C in Mixed Layer[scenarios]**= Preind C in Mixed Layer*Effect of Temp on DIC pCO2*(C in Atmosphere[scenarios]/Preindustrial C)^(1/Buffer Factor[scenarios])
Units: GtC
Equilibrium carbon content of mixed layer. Determined by the Revelle buffering factor, and by temperature. For simplicity, we assume a linear impact of warming on the equilibrium solubility of CO₂ in the ocean. // Contenido de carbono en equilibrio en la capa de mezcla. Determinado por el factor de amortiguación de Revelle, y por la temperatura. Por simplicidad, se asume un impacto lineal del calentamiento sobre la solubilidad de equilibrio del CO₂ en el océano.
2. **Effect of Temp on DIC pCO2[scenarios]**= 1-Sensitivity of pCO2 DIC to Temperature*Temperature change from preindustrial[scenarios]
Units: Dmnl
The fractional reduction in the solubility of CO₂ in ocean falls with rising temperatures. We assume a linear relationship. // La reducción en la solubilidad del CO₂ por el aumento de las temperaturas. Se asume una relación lineal.
NOTA: Al aumentar la temperatura la solubilidad de los gases en líquido disminuye.
3. **Sensitivity of pCO2 DIC to Temperature**= INITIAL(Sensitivity of C Uptake to Temperature*Sensitivity of pCO2 DIC to Temperature Mean)
Units: 1/DegreesC
Sensitivity of pCO₂ of dissolved inorganic carbon in ocean to temperature. // Sensibilidad del CO₂ de carbono inorgánico disuelto en el océano a la temperatura.
4. **Sensitivity of pCO2 DIC to Temperature Mean**= GET XLS CONSTANTS('inputs.xlsx', 'Climate', 'C10')
Units: 1/DegreesC

Sensitivity of equilibrium concentration of dissolved inorganic carbon to temperature. Calibrated to be consistent with Friedlingstein et al., 2006. // Sensibilidad de la concentración en equilibrio del carbono inorgánico disuelto a la temperatura.

5. **Buffer Factor[scenarios]**= ACTIVE INITIAL (Ref Buffer Factor*(C in Mixed Layer[scenarios]/Preind C in Mixed Layer)^Buff C Coeff,
Initial value: Ref Buffer Factor
Units: Dmnl
Buffer factor for atmosphere/mixed ocean carbon equilibration.// Factor de amortiguación para el equilibrio de carbono en la atmósfera / capa de mezcla del océano.
NOTA: La función “**Active initial (A,N)**” se emplea cuando para inicializar una variable se necesita valores iniciales de otra, que a su vez requiere valores de la primera. Esto sólo se activa cuando se necesiten condiciones iniciales, luego ya funciona de forma normal. [5]
6. **Buff C Coeff**= GET XLS CONSTANTS('inputs.xlsx', 'Climate', 'C11')
Units: Dmnl
Coefficient of CO2 concentration influence on buffer factor.// Coeficiente de influencia de la concentración de CO2 en el factor de amortiguación.
7. **Ref Buffer Factor**= GET XLS CONSTANTS('inputs.xlsx', 'Climate', 'C12')
Units: Dmnl
Normal buffer factor// Factor de amortiguación normal.
8. **Preind C in Mixed Layer**= INITIAL(Preind Ocean C per meter*Mixed Depth)
Units: GtC
Initial carbon concentration of mixed ocean layer// Concentración inicial de carbono de la capa oceánica de mezcla
9. **Preind Ocean C per meter**= GET XLS CONSTANTS('inputs.xlsx', 'Climate', 'C13')
Units: GtC/meter
Corresponds with 767.8 GtC in a 75m layer.// Corresponde con 767,8 GtC en una capa de 75 m.
10. **Flux Atm to Ocean[scenarios]**= ((Equil C in Mixed Layer[scenarios]-C in Mixed Layer[scenarios])/Mixing Time)
Units: GtC/Year
Carbon flux from atmosphere to mixed ocean layer.// Flujo de carbono de la atmósfera a la capa de mezcla en el océano.
11. **Mixing Time**= GET XLS CONSTANTS('inputs.xlsx', 'Climate', 'C14')
Units: Year
Atmosphere - mixed ocean layer mixing time.// Tiempo de mezcla entre la atmósfera y la capa de mezcla del océano.
12. **C in Mixed Layer[scenarios]**= INTEG (Flux Atm to Ocean[scenarios]-Diffusion Flux [scenarios,Layer1],
Initial Value: Init C in Mixed Ocean per meter [scenarios]*Mixed Depth
Units: GtC
Carbon in mixed layer // Carbono en la capa de mezcla.
13. **Init C in Mixed Ocean per meter[scenarios]**= GET XLS CONSTANTS('inputs.xlsx', 'Climate', 'G4')
Units: GtC/meter
Initial carbon in mixed ocean layer.// Carbono inicial en la capa de mezcla.
NOTA: Valor de la propia simulación de C-Roads para 1995.
14. **Mixed Depth**= GET XLS CONSTANTS('inputs.xlsx', 'Climate', 'C15')
Units: meter
Mixed ocean layer depth.// Profundidad de la capa oceánica de mezcla.

15. **C in mixed layer per meter[scenarios]**= C in Mixed Layer[scenarios]/Mixed Depth
Units: GtC/meter
16. **Layer Depth[Layer1]**=GET XLS CONSTANTS('inputs.xlsx', 'Climate', 'C16')
Layer Depth[Layer2]=GET XLS CONSTANTS('inputs.xlsx', 'Climate', 'C17')
Layer Depth[Layer3]=GET XLS CONSTANTS('inputs.xlsx', 'Climate', 'C18')
Layer Depth[Layer4]=GET XLS CONSTANTS('inputs.xlsx', 'Climate', 'C19')
Units: meter
Deep ocean layer thicknesses.// Espesores de las capas del océano profundo.
Nota: Se indican aquí los valores de los espesores para cada capa en el subíndice "Layers".
Se crea por tanto el vector inicial para este subíndice.
17. **Mean Depth of Adjacent Layers[layer1]**= INITIAL((Mixed Depth+Layer Depth[layer1])/2)
Mean Depth of Adjacent Layers[lower] = INITIAL((Layer Depth[upper]+ LayerDepth[lower])/2)
Units: meter
The mean depth of adjacent ocean layers.// La profundidad media de las capas oceánicas adyacentes.
18. **Equilibrium C per meter in Mixed Layer[scenarios]**= Equil C in Mixed Layer[scenarios]/Mixed Depth
Units: GtC/meter
The equilibrium concentration of C in the mixed layer, in GtC/meter, based on the total quantity of C in that layer and the average layer depth.// La concentración en equilibrio de C en la capa de mezcla, en GtC / metro, en base a la cantidad total de C en esa capa y la profundidad media de la capa.
19. **Init C in Deep Ocean per meter[Layer1]**=GET XLS CONSTANTS('inputs.xlsx', 'Climate', 'G6')
Init C in Deep Ocean per meter[Layer2]=GET XLS CONSTANTS('inputs.xlsx', 'Climate', 'G7')
Init C in Deep Ocean per meter[Layer3]=GET XLS CONSTANTS('inputs.xlsx', 'Climate', 'G8')
Init C in Deep Ocean per meter[Layer4]=GET XLS CONSTANTS('inputs.xlsx', 'Climate', 'G9')
Units: GtC/meter
Initial carbon concentration in deep ocean layers.// Concentración de carbono inicial en las capas oceánicas profundas.
NOTA: Valores de la propia simulación de C-Roads para 1995.
20. **C in Deep Ocean[scenarios,upper]**= INTEG (Diffusion Flux[scenarios,upper]-Diffusion Flux[scenarios,lower],
Init C in Deep Ocean per meter[scenarios,upper]*Layer Depth[upper])
C in Deep Ocean [scenarios,bottom]= INTEG (Diffusion Flux[scenarios,bottom],
Init C in Deep Ocean per meter[scenarios, bottom]*Layer Depth[bottom])
Units: GtC
Carbon in deep ocean.// Carbono en el océano profundo.
Nota: Se necesita añadir otra ecuación para la última capa más profunda "Bottom→ Layer4", ya que en este caso no hay flujo de carbono que se difunda a una capa más profunda.
21. **C in deep ocean per meter[scenarios,Layers]**= C in Deep Ocean[scenarios,Layers]/Layer Depth[Layers]
Units: GtC/meter
Concentration of carbon in ocean layers.// Concentración de carbono por metro en las capas oceánicas.
22. **Diffusion Flux[scenarios,Layer1]**= (C in mixed layer per meter[scenarios]-C in deep ocean per meter[scenarios, Layer1])*Eddy diff coeff/Mean Depth of Adjacent Layers[Layer1]
Diffusion Flux[scenarios,lower]= (C in deep ocean per meter[scenarios,upper]-C in deep ocean per meter[scenarios,lower])*Eddy diff coeff/Mean Depth of Adjacent Layers[lower]
Units: GtC/Year
Diffusion flux between ocean layers.// Flujo de difusión entre capas oceánicas.
Nota: La variable posee dos ecuaciones para poder incluir tanto la difusión del carbono que

proviene de la capa de mezcla, como la que se da entre las cuatro capas oceánicas incluidas en el subscript "Layers".

23. **Eddy diff coeff index**= GET XLS CONSTANTS('inputs.xlsx', 'Climate', 'C21')

Units : Dmnl

Index of coefficient for rate at which carbon is mixed in the ocean due to eddy motion, where 1 is equivalent to the expected value (defaulted to 4400 meter*meter/year).// Índice de coeficiente para la tasa a la que el carbono se mezcla en el océano debido al movimiento en remolino, donde 1 es equivalente al valor esperado (por defecto a 4400 metros * metro / año).

24. **Eddy diff mean**= GET XLS CONSTANTS('inputs.xlsx', 'Climate', 'C22')

Units : meter*meter/Year

Rate of vertical transport and mixing in the ocean due to eddy diffusion motion.// Tasa de transporte vertical y mezcla en el océano debido al movimiento de difusión en remolino (Eddy).

25. **Eddy diff coeff**= INITIAL(Eddy diff coeff index*Eddy diff mean)

Units : meter*meter/Year

Multiplier of eddy diffusion coefficient mean// Multiplicador del coeficiente de difusión medio de eddy.

26. **Layer Time Constant[Layer1]**= INITIAL(Layer Depth[Layer1]/(Eddy diff coeff/Mean Depth of Adjacent Layers[Layer1]))

Layer Time Constant[lower]= INITIAL(Layer Depth[lower]/(Eddy diff coeff/Mean Depth of Adjacent Layers[lower]))

Units : Year

Time constant of exchange between layers.// Constante de tiempo de intercambio entre capas.

A3.1.3 Flujo de metano del humus y de la biosfera

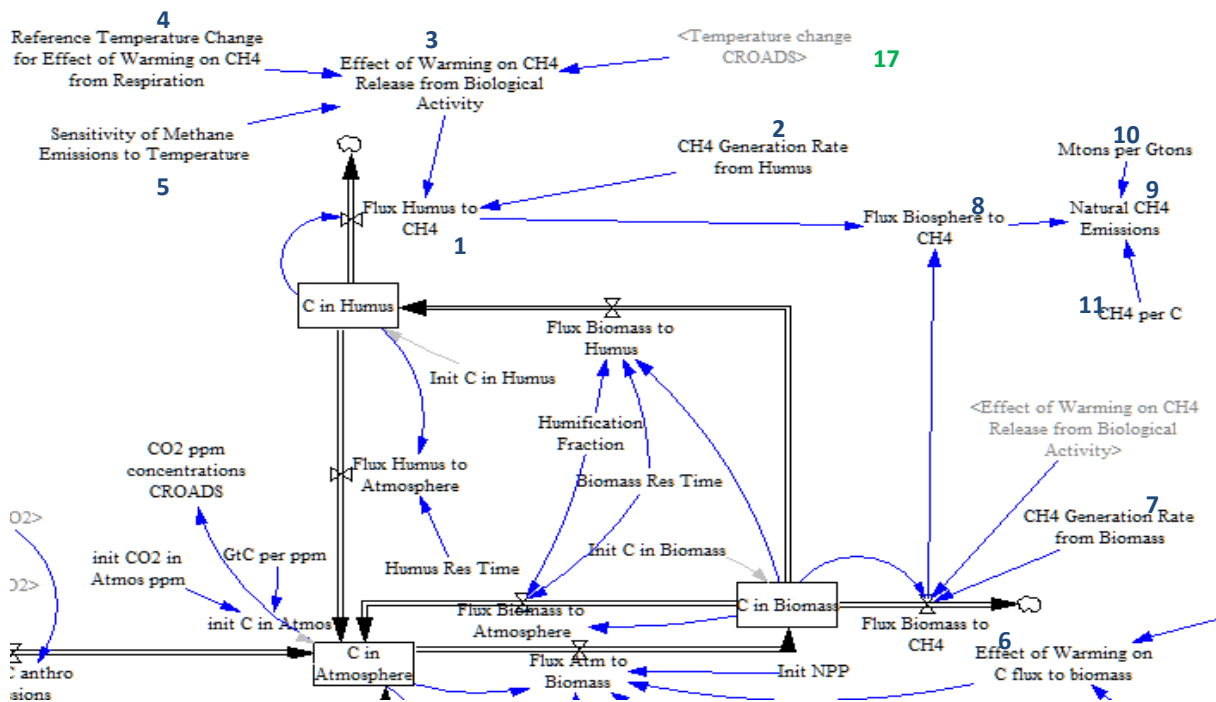


Figura A3.4: Flujo de metano del humus y de la biosfera. (Estructura adaptada de C-ROADS en MEDEAS).

1. **Flux Humus to CH4[scenarios]**= C in Humus[scenarios]*CH4 Generation Rate from Humus*Effect of Warming on CH4 Release from Biological Activity[scenarios]

Units : GtC/Year

The natural flux of methane from C in humus. The sum of the flux of methane from C in humus and the flux of methane from C in biomass yields the natural emissions of methane. Adjusted to account for temperature feedback.// El flujo natural de metano a partir del C en el humus. La suma del flujo de metano del C en el humus y el flujo de metano del C en la biomasa produce las emisiones naturales de metano. Ajustado para tener en cuenta la retroalimentación de la temperatura.

2. **CH4 Generation Rate from Humus**= GET XLS CONSTANTS('inputs.xlsx', 'Climate', 'C26')

Units : 1/Year [0,0.00016]

The rate of the natural flux of methane from C in humus. // La tasa de flujo natural de metano a partir del C en humus.

3. **Effect of Warming on CH4 Release from Biological Activity[scenarios]**= $1 + \text{Sensitivity of Methane Emissions to Temperature} * (\text{Temperature change from preindustrial[scenarios]}) / (\text{Reference Temperature Change for Effect of Warming on CH4 from Respiration})$

Units : Dmnl

The fractional increase in the flux of C as CH₄ from humus with rising temperatures. We assume a linear relationship, likely a good approximation over the typical range for warming by 2100.// El aumento en el flujo de C como CH₄ del humus al aumentar la temperatura. Se asume una relación lineal, probablemente una buena aproximación para el rango del calentamiento en 2100

4. **Reference Temperature Change for Effect of Warming on CH4 from Respiration**= GET XLS CONSTANTS('inputs.xlsx', 'Climate', 'C24')

Units : DegreesC

Temperature change at which the C as CH₄ release from humus doubles for the Sensitivity of Methane Emissions to Temperature=1// Cambio de temperatura en el que la liberación del CH₄ del humus se duplica cuando la "Sensibilidad de Emisiones de Metano a Temperatura" =1.

5. **Sensitivity of Methane Emissions to Temperature**= GET XLS CONSTANTS('inputs.xlsx', 'Climate', 'C25')

Units : Dmnl

Allows users to control the strength of the feedback effect of temperature on release of C as CH₄ from humus. Default of 0 means no temperature feedback and 1 is mean feedback.// Permite a los usuarios controlar la fuerza del efecto de retroalimentación de la temperatura en la liberación de C como CH₄ del humus. Si su valor es de 0 significa que no hay retroalimentación de la temperatura, y si es de 1 es la retroalimentación media.

6. **Flux Biomass to CH4[scenarios]**= C in Biomass[scenarios]*CH4 Generation Rate from Biomass*Effect of Warming on CH4 Release from Biological Activity[scenarios]

Units : GtC/Year

The natural flux of methane from C in biomass. Adjusted to account for temperature feedback.// El flujo natural de metano a partir del C en la biomasa. Ajustado para tener en cuenta la retroalimentación de la temperatura.

7. **CH4 Generation Rate from Biomass**= GET XLS CONSTANTS('inputs.xlsx', 'Climate', 'C27')

Units : 1/Year

The rate of the natural flux of methane from C in biomass.// La tasa de flujo natural de metano a partir del C en la biomasa.

8. **Flux Biosphere to CH4[scenarios]**= Flux Biomass to CH4[scenarios]+Flux Humus to CH4[scenarios]

Units : GtC/Year

Carbon flux from biosphere as methane, in GtC/year, arising from anaerobic respiration.//
Flujo de carbono de la biosfera como metano, en GtC / año

9. **Natural CH₄ Emissions[scenarios]**= Flux Biosphere to CH₄[scenarios]*CH₄ per C*Mtons per Gtons
Units : Mt/Year

Flux of methane from anaerobic respiration in the biosphere, in Mtons CH₄/year.// Flujo de metano de la respiración anaeróbica en la biosfera, en Mtons CH₄ / año.

10. **Mtons per Gtons**= GET XLS CONSTANTS('inputs.xlsx', 'Climate', 'P2')

Units : MtC/GtC

Converts MtonsC to GtonsC.// Convierte MtonsC a GtonsC.

11. **CH₄ per C**= GET XLS CONSTANTS('inputs.xlsx', 'Climate', 'P3')

Units : Mt/MtC

Molar mass ratio of CH₄ to C, 16/12.// Relación de masa molar de CH₄ a C, 16/12.

A3.2 Otros GEI (Gases de Efecto Invernadero)

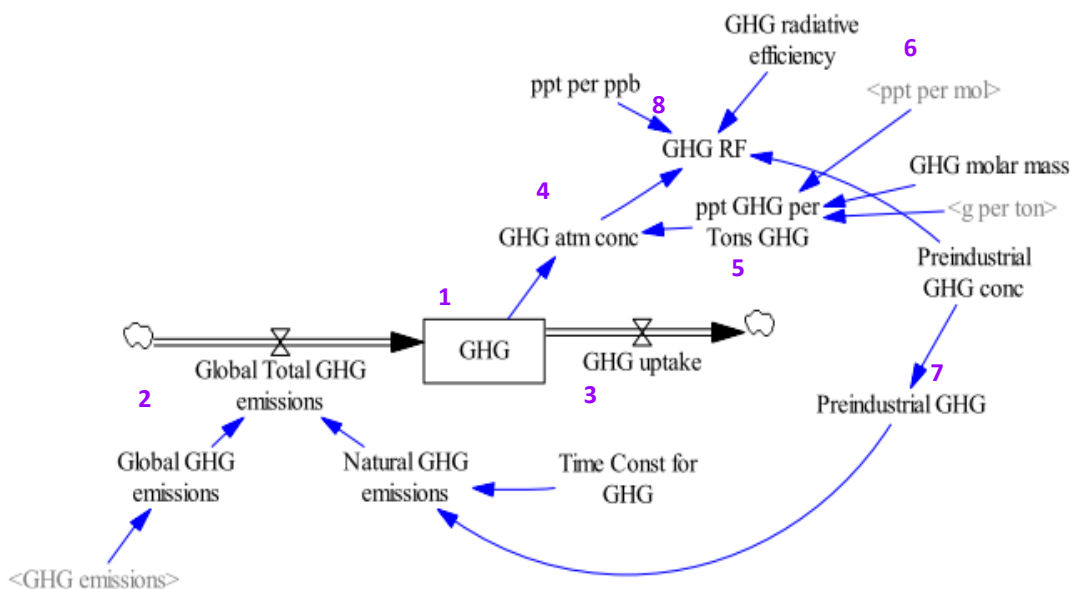


Figura A3.5: Estructura general de otros GEI en C-ROADS.

- Mass of GHG:** INTEG(Global GHG Emissions-GHG Uptake, Initial GHG mass)
Units: CH₄: MtonsCH₄ N₂O: MtonsN₂O-N PFCs: tonsCF₄ SF₆: tonsSF₆ HFCs: tonsHFC/year
Initial: Preindustrial GHG mass
The mass of GHG in the atmosphere at each time// La masa de GEI en la atmósfera en cada intervalo de tiempo.
- Global GHG Emissions**= Global GHG anthro emissions+Natural GHG emissions; OR SUM(GHG emissions[COP!])
Units: CH₄: MtonsCH₄/year N₂O: MtonsN₂O-N/year PFCs: tonsCF₄/year SF₆: tonsSF₆/year HFCs: tonsHFC/year
For GHGs with anthropogenic and natural components (CH₄, N₂O, PFC), this sums the two components together to determine the total flux into the atmospheric. // Para los GEI con componentes antropogénicos y naturales (CH₄, N₂O, PFC), esto suma los dos componentes juntos para determinar el flujo total en la atmósfera.
- GHG Uptake** = GHG/Time constant for GHG
Units: CH₄: MtonsCH₄/year N₂O: MtonsN₂O-N/year PFCs: tonsCF₄/year SF₆: tonsSF₆/year

HFCs: tonsHFC/year

4. **GHG atm conc** = Mass of GHG*conversion mass to concentration
Units: CH4 and N2O: ppb, All other GHGs: ppt
5. **ppt GHG per ton GHG**= ppt per mol/molar mass GHG*g per ton
Units: Ppt/ton
ppb GHG per Mton GHG (CH4 and N2O): ppt per mol/GHG molar mass*g per ton*ton per Mton/ppt per ppb
Units: Ppb/Mton
6. **ppt per mol**: 5.68e-009
Units: ppt/mole
7. **Initial GHG mass** = Initial GHG conc/conversion mass to concentrations
Units: CH4: MtonsCH4 N2O: MtonsN2O-N PFCs: tonsCF4 SF6: tonsSF6 HFCs: tonsHFC/year
The mass of GHG in the atmosphere at the start of the simulation (1995) based on the initial concentration and the conversion to Concentration // La masa de GEI en la atmósfera al comiendo de la simulación (1995) basado en la concentración inicial y la conversión desde unidades de concentración.
8. **GHG RF**= (GHG atm conc-Preindustrial GHG conc)*GHG radiative efficiency/ppt per ppb
Units: CH4: Watt/(meter*meter)

A3.3 Forzamiento radiativo

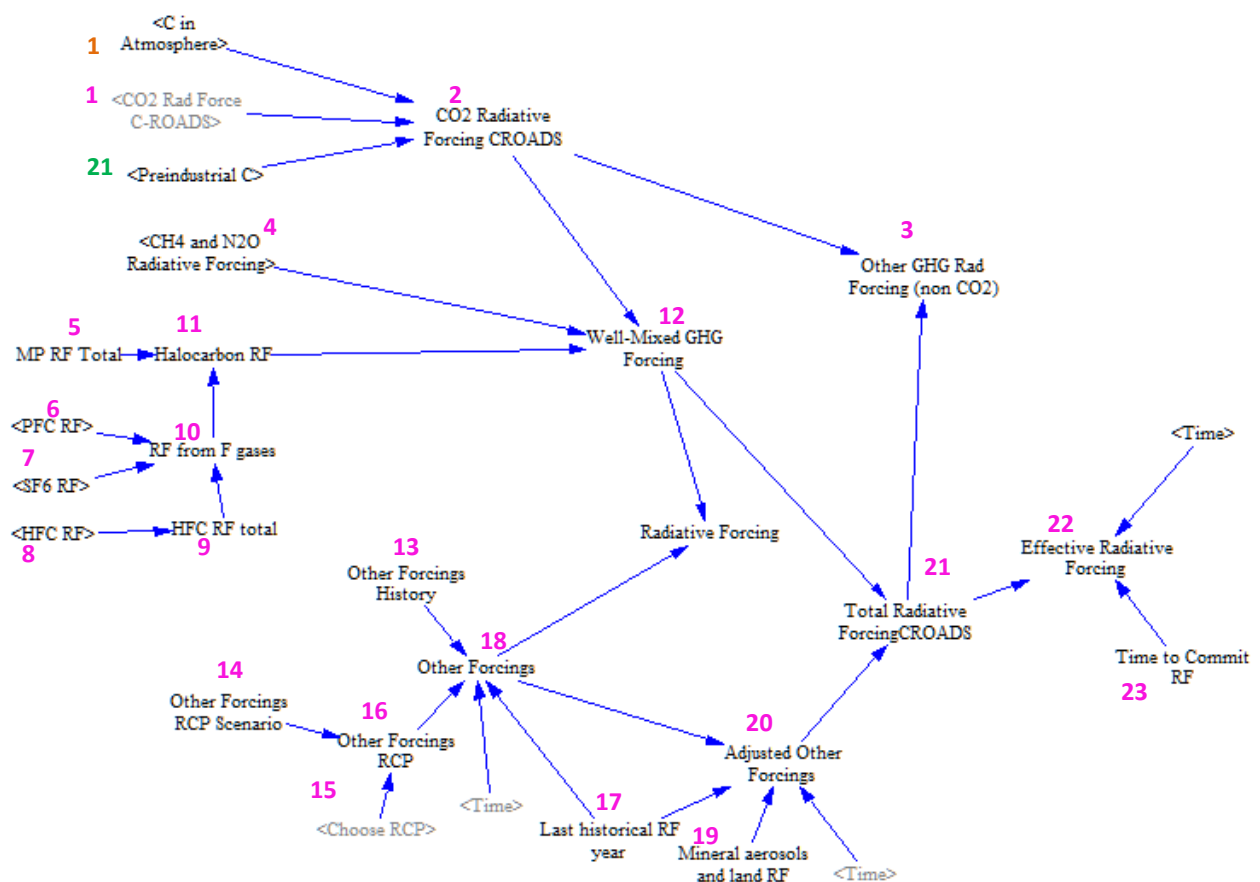


Figura A3.6: Cálculo del forzamiento radiativo. (Estructura adaptada de C-ROADS en MEDEAS)

1. **"CO2 Rad Force C-ROADS"**=GET XLS CONSTANTS('inputs.xlsx', 'Climate', 'C34')
Units: watt/meter/meter
Coefficient of Radiative Forcing from CO₂ From IPCC. //Coeficiente de forzamiento radiativo del CO₂ del IPCC
2. **CO2 Radiative Forcing CROADS[scenarios]**="CO2 Rad Force C-ROADS"*LN(C in Atmosphere[scenarios]/Preindustrial C)
Units: watt/meter/meter
Radiative forcing from accumulation of CO₂. //Forzamiento radiativo del CO₂.
3. **"Other GHG Rad Forcing (non CO2)"[scenarios]**=Total Radiative ForcingCROADS[scenarios]-CO2 Radiative Forcing CROADS[scenarios]
Units: watt/meter/meter
Radiative forcing from other gases. //Forzamiento radiativo de los otros gases (no CO₂).
4. **CH4 and N2O Radiative Forcing[scenarios]**=CH4 Radiative Forcing[scenarios] + N2O Radiative Forcing[scenarios]
Units: watt/(meter*meter)
AR5 WG1 Chapter 8 Anthropogenic and Natural Radiative Forcing. Table 8.SM.1 Adjusts total RF from CH4 and N2O to be less than the sum of RF from each individually to account for interactions between both gases. // Suma ajustada del forzamiento radiativo de los gases CH₄ y N₂O.
5. **MP RF Total**:INTERPOLATE::=GET XLS DATA('inputs.xlsx', 'Climate', '107', 'C108')
Units: watt/(meter*meter)
Radiative forcing due to Montreal Protocol gases, based on the concentration of each gas multiplied by its radiative forcing coefficient. // Forzamiento radiativo de los gases incluidos en el Protocolo de Montreal, basados en la concentración de cada gas multiplicado por su coeficiente de forzamiento radiativo.
6. **PFC RF[scenarios]**=(PFC atm conc[scenarios]-Preindustrial PFC conc)*PFC radiative efficiency/ppt per ppb
Units: watt/(meter*meter)
7. **SF6 RF[scenarios]**=(SF6 atm conc[scenarios]-Preindustrial SF6 conc)*SF6 radiative efficiency/ppt per ppb
Units: watt/(meter*meter)
8. **HFC RF[HFC type,scenarios]**=(HFC atm conc[HFC type,scenarios]-Preindustrial HFC conc)*HFC radiative efficiency[HFC type]/ppt per ppb
Units: watt/(meter*meter)
9. **HFC RF total[scenarios]**=SUM(HFC RF[HFC type!,scenarios])
Units: watt/(meter*meter)
The sum of the RFs of the individual HFC types. // La suma de los RF de cada HFC.
10. **RF from F gases[scenarios]**=PFC RF[scenarios]+SF6 RF[scenarios]+HFC RF total[scenarios]
Units: watt/(meter*meter)
Radiative forcing due to fluorinated gases, based on the concentration of each gas multiplied by its radiative forcing coefficient. // Forzamiento radiativo de los gases fluorados.
11. **Halocarbon RF[scenarios]**=RF from F gases[scenarios]+MP RF Total
Units: watt/(meter*meter)
RF from PFCs, SF₆, HFCs, and MP gases. // Forzamiento radiativo de los gases PFC, SF₆, HFC y MP.

- 12. "Well-Mixed GHG Forcing"[scenarios]=CO₂ Radiative Forcing CROADS[scenarios]+CH₄ and N₂O Radiative Forcing[scenarios]+Halocarbon RF[scenarios]**
Units: watt/(meter*meter)
- 13. Other Forcings History:INTERPOLATE::=GET XLS DATA('inputs.xlsx', 'Climate', '110', 'C111')**
Units: watt/(meter*meter)
GISS other forcings 1850-2010.// Otras forzamientos radiativos históricos (1850-2010). Fuente GISS.
- 14. Other Forcings RCP Scenario[RCP26]:INTERPOLATE::=GET XLS DATA('inputs.xlsx', 'Climate', '113', 'C114')**
Other Forcings RCP Scenario[RCP45]:=GET XLS DATA('inputs.xlsx', 'Climate', '113', 'C115')
Other Forcings RCP Scenario[RCP60]:=GET XLS DATA('inputs.xlsx', 'Climate', '113', 'C116')
Other Forcings RCP Scenario[RCP85]:=GET XLS DATA('inputs.xlsx', 'Climate', '113', 'C117')
Units: watt/(meter*meter)
RCPs starting in 2010. // Trayectorias RCP que comienzan en el año 2010.
- 15. Choose RCP[SCEN1]=GET XLS CONSTANTS('inputs.xlsx', 'SCEN1', 'G116')**
Choose RCP[SCEN2]=GET XLS CONSTANTS('inputs.xlsx', 'SCEN2', 'G116')
Choose RCP[SCEN3]=GET XLS CONSTANTS('inputs.xlsx', 'SCEN3', 'G116')
Choose RCP[SCEN4]=GET XLS CONSTANTS('inputs.xlsx', 'SCEN4', 'G116')
Choose RCP[BAU]=GET XLS CONSTANTS('inputs.xlsx', 'BAU', 'G116')
Units: Dmnl
Choose RCP (Representative Concentration Pathways) // Se elige la trayectoria RCP en función del valor que se le da a esta variable: 1. RCP 2.6 2. RCP 4.5 3. RCP 6.0 4. RCP 8.5
- 16. Other Forcings RCP[scenarios]:INTERPOLATE::=IF THEN ELSE(Choose RCP[scenarios]=1, Other Forcings RCP Scenario[RCP26], IF THEN ELSE(Choose RCP[scenarios]=2, Other Forcings RCP Scenario[RCP45], IF THEN ELSE(Choose RCP[scenarios]=3, Other Forcings RCP Scenario[RCP60], Other Forcings RCP Scenario[RCP85])))**
Units: watt/(meter*meter)
Projections "Representative Concentration Pathways" (RCPs) Choose RCP: 1. RCP 2.6 2. RCP 4.5 3. RCP 6.0 4. RCP 8.5. Proyecciones RCP de los "Otros forzamientos".
- 17. Last historical RF year=GET XLS CONSTANTS('inputs.xlsx', 'Climate', 'C119')**
Units: Year
2010 // El último año de datos históricos en "Otros forzamientos" es el 2010.
- 18. Other Forcings[scenarios]=IF THEN ELSE(Time<=Last historical RF year, Other Forcings History, Other Forcings RCP[scenarios])**
Units: watt/(meter*meter)
Forcings for all components except well-mixed GHGs. Switch over from historical data to projections in 1995 (GISS) and bridge to RCPs starting in 2010. // "Otros forzamientos", que incluyen datos históricos hasta el año 2010. A partir de ese año se incluye las proyecciones RCP.
- 19. Mineral aerosols and land RF=GET XLS CONSTANTS('inputs.xlsx', 'Climate', 'C120')**
Units: watt/(meter*meter) [-1,1,0.01]
Qaermn (minerals), Qland. Updated to reflect AR5. (-0.3)// Forzamiento radiativo de los minerales y la tierra que se añade en las RCP (ya que estas no incluyen esas fuerzas).
- 20. Adjusted Other Forcings[scenarios]=Other Forcings[scenarios]+IF THEN ELSE(Time>Last historical RF year, Mineral aerosols and land RF, 0)**
Units: watt/(meter*meter)
RCP does not include solar and albedo in their other forcings; the adjusted values add the values for these from MAGICC. It is the adjusted other forcings that are included in the total

radiative forcing. +IF THEN ELSE(Time>=Last historical RF year, Mineral aerosols and land RF, 0).// Valor ajustado de "Otros forzamientos", al incluir en las RCP los aerosoles de los minerales y la tierra.

21. Total Radiative ForcingCROADS[scenarios]="Well-Mixed GHG Forcing"[scenarios]+Adjusted Other Forcings[scenarios]
Units: watt/(meter*meter)

22. Time to Commit RF=GET XLS CONSTANTS('inputs.xlsx', 'Climate', 'C94')

Units: Year

Time after which forcing is frozen for a test of committed warming. // Tiempo después del cual el forzamiento se detiene para una prueba de aumento de temperatura. Valor: 2200.

23. Effective Radiative Forcing [scenarios]=SAMPLE IF TRUE(Time<=Time to Commit RF, Total Radiative ForcingCROADS[scenarios],Total Radiative ForcingCROADS[scenarios])

Units: watt/meter/meter

Total Radiative Forcing from All GHGs //Forzamiento radiativo total de todos los GEI (Gases de Efecto Invernadero).

A3.4 Clima

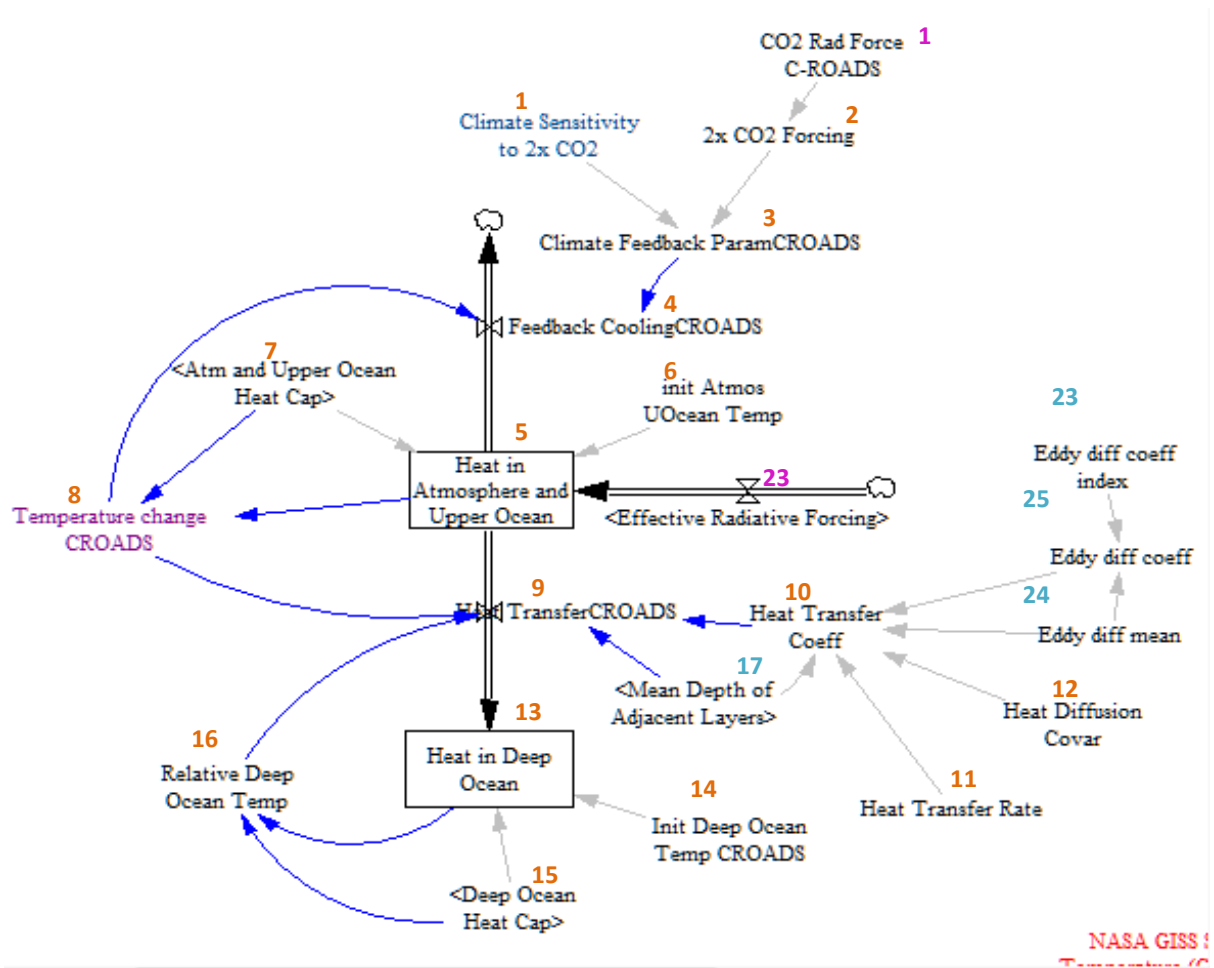


Figura A3.7: Sector climático. (Estructura adaptada de C-ROADS en MEDEAS).

1. **Climate Sensitivity to 2x CO2[BAU]=** GET XLS CONSTANTS('inputs.xlsx', 'BAU', 'C116')
Climate Sensitivity to 2x CO2[SCEN1]=GET XLS CONSTANTS('inputs.xlsx', 'SCEN1', 'C116')
Climate Sensitivity to 2x CO2[SCEN2]=GET XLS CONSTANTS('inputs.xlsx', 'SCEN2', 'C116')
Climate Sensitivity to 2x CO2[SCEN3]=GET XLS CONSTANTS('inputs.xlsx', 'SCEN3', 'C116')
Climate Sensitivity to 2x CO2[SCEN4]=GET XLS CONSTANTS('inputs.xlsx', 'SCEN4', 'C116')
Climate Sensitivity to 2x CO2[User defined]=GET XLS CONSTANTS('inputs.xlsx', 'User defined', 'C116')
Units : DegreesC
[Fiddaman] Equilibrium temperature change in response to a 2xCO2 equivalent change in radiative forcing. /2.908 /. [DICE-2013R] t2xco2 Equilibrium temp impact (°C per doubling CO2) /2.9 // Cambio en la temperatura de equilibrio en respuesta al cambio en el forzamiento radiativo debido al doble de concentración de CO2. (Valor: 2,9 °C).
2. **"2x CO2 Forcing"=** INITIAL("CO2 Rad Force C-ROADS"*LN(2))
Units: watt/meter/meter
3. **Climate Feedback ParamCROADS[scenarios]=** INITIAL("2x CO2 Forcing"/Climate Sensitivity to 2x CO2[scenarios])
Units : (watt/meter/meter)/DegreesC
Climate Feedback Parameter - determines feedback effect from temperature increase.// Determina el efecto de retroalimentación por el aumento de temperatura.
4. **Feedback Cooling[scenarios]=** Temperature change CROADS[scenarios] *Climate Feedback ParamCROADS[scenarios]
Units : watt/meter/meter
Feedback cooling of atmosphere/upper ocean system due to blackbody radiation. [Cowles, pg. 27].// Retroalimentación del sistema de atmósfera / océano (capa superior) debido a la radiación de cuerpo negro.
5. **Heat in Atmosphere and Upper Ocean[scenarios]=** INTEG (Effective Radiative Forcing[scenarios]-Feedback Cooling[scenarios]-Heat Transfer[scenarios,Layer1], init Atmos UOcean Temp*Atm and Upper Ocean Heat Cap)
Units : watt*Year/(meter*meter)
Heat of the Atmosphere and Upper Ocean// Calor de la atmósfera y de la capa superior del océano.
6. **init Atmos UOcean Temp=** GET XLS CONSTANTS('inputs.xlsx', 'Climate', 'K5')
Units : DegreesC
Global Annual Temperature Anomaly (Land + Ocean) in 1990 from NASA GISS Surface Temperature (GISTEMP): +0.43 °C. 5-year average 1995: +0.35 °C. http://cdiac.ornl.gov/ftp/trends/temp/hansen/gl_land_ocean.txt // Temperatura inicial de la atmósfera y capa superior del océano. (Valor: +0,36 °C + el ajuste de 0,225 °C= 0,585 °C).
7. **Atm and Upper Ocean Heat Cap=** INITIAL(upper layer volume Vu*volumetric heat capacity/area)
Units : watt*Year/(meter*meter)/DegreesC
Volumetric heat capacity for the land, atmosphere,and upper ocean layer, i.e., upper layer heat capacity Ru.// La capacidad calorífica volumétrica para la tierra, la atmósfera y la capa superior del océano.
8. **Temperature change CROADS[scenarios]=** Heat in Atmosphere and Upper Ocean[scenarios]/Atm and Upper Ocean Heat Cap
Units : DegreesC
Temperature of the Atmosphere and Upper Ocean, relative to preindustrial reference

period.// Temperatura de la atmósfera y de la capa superior del océano, en relación con el período de referencia preindustrial.

9. **Heat Transfer[scenarios,Layer1]=** (Temperature change from preindustrial[scenarios]-Relative Deep Ocean Temp[scenarios,Layer1])*Heat Transfer Coeff/Mean Depth of Adjacent Layers[Layer1]
Heat Transfer[scenarios,lower]= (Relative Deep Ocean Temp[scenarios,upper]-Relative Deep Ocean Temp[scenarios,lower])*Heat Transfer Coeff/Mean Depth of Adjacent Layers[lower]
 Units : watt/meter/meter
Heat Transfer from the Atmosphere & Upper Ocean to the Deep Ocean.// Transferencia de calor de la atmósfera y de la capa superior del océano al océano profundo.
10. **Heat Transfer Coeff=** INITIAL((Heat Transfer Rate*Mean Depth of Adjacent Layers[Layer1])*(Heat Diffusion Covar*(Eddy diff coeff/Eddy diff mean)+(1-Heat Diffusion Covar)))Heat Transfer[scenarios,lower]= (Relative Deep Ocean Temp[scenarios,upper]-Relative Deep Ocean Temp[scenarios,lower])*Heat Transfer Coeff/Mean Depth of Adjacent Layers[lower]
 Units: watt/(meter*meter)/(DegreesC/meter)
The ratio of the actual to the mean of the heat transfer coefficient, which controls the movement of heat through the climate sector, is a function of the ratio of the actual to the mean of the eddy diffusion coefficient, which controls the movement of carbon through the deep ocean.// La relación entre el valor actual y la media del coeficiente de transferencia de calor, que controla el movimiento del calor a través del sector climático, es una función de la relación entre el valor real y el medio del coeficiente de difusión eddy, que controla el movimiento del carbono a través del océano profundo.
11. **Heat Transfer Rate=** GET XLS CONSTANTS('inputs.xlsx', 'Climate', 'C38')
 Units: watt/(meter*meter)/DegreesC
12. **Heat Diffusion Covar=** GET XLS CONSTANTS('inputs.xlsx', 'Climate', 'C37')
 Units: Dmnl
Fraction of heat transfer that depends on eddy diffusion. // Fracción de la transferencia de calor que depende en la difusión "eddy" (en remolino).
13. **Heat in Deep Ocean[scenarios,upper]=** INTEG (Heat Transfer[scenarios,upper]-Heat Transfer[scenarios,lower],
 init Deep Ocean Temp*Deep Ocean Heat Cap[upper])
Heat in Deep Ocean[scenarios,bottom]= INTEG (Heat Transfer[scenarios,bottom],
 init Deep Ocean Temp*Deep Ocean Heat Cap[bottom])
 Units: watt*Year/(meter*meter)
Heat content of each layer of the deep ocean. // Contenido de calor de cada capa en el océano profundo.
14. **Init Deep Ocean Temp CROADS[Layer1]=**GET XLS CONSTANTS('inputs.xlsx', 'Climate', 'G11')
Init Deep Ocean Temp CROADS[Layer2]=GET XLS CONSTANTS('inputs.xlsx', 'Climate', 'G12')
Init Deep Ocean Temp CROADS[Layer3]=GET XLS CONSTANTS('inputs.xlsx', 'Climate', 'G13')
Init Deep Ocean Temp CROADS[Layer4]=GET XLS CONSTANTS('inputs.xlsx', 'Climate', 'G14')
 Units: DegreesC
CROADS simulation // Temperatura del océano profundo para el tiempo inicial de simulación de CROADS (1995).
15. **Deep Ocean Heat Cap[Layers]=** INITIAL(lower layer volume Vu[Layers]*volumetric heat capacity/area)
 Units: watt*Year/(meter*meter)/DegreesC
Volumetric heat capacity for the deep ocean by layer, i.e., lower layer heat capacity Ru.// Capacidad de calor volumétrica del océano profundo.

16. **Relative Deep Ocean Temp [scenarios,Layers]=** Heat in Deep Ocean[scenarios,Layers]/Deep Ocean Heat Cap[Layers]
Units: DegreesC
Temperature of each layer of the deep ocean.// Temperatura de cada capa del océano profundo. (referencia preindustrial).