



Contribución oceánica regional de la fertilización con hierro a los cambios de CO₂ atmosférico desde el Último Máximo Glacial hasta el Holoceno

Natalia Opazo Cuevas

Pontificia Universidad Católica de Chile

2 mayo 2019

Contenidos

1 Introducción

Contenidos

- 1 Introducción
- 2 Objetivos

Contenidos

- 1 Introducción
- 2 Objetivos
- 3 Metodología

Contenidos

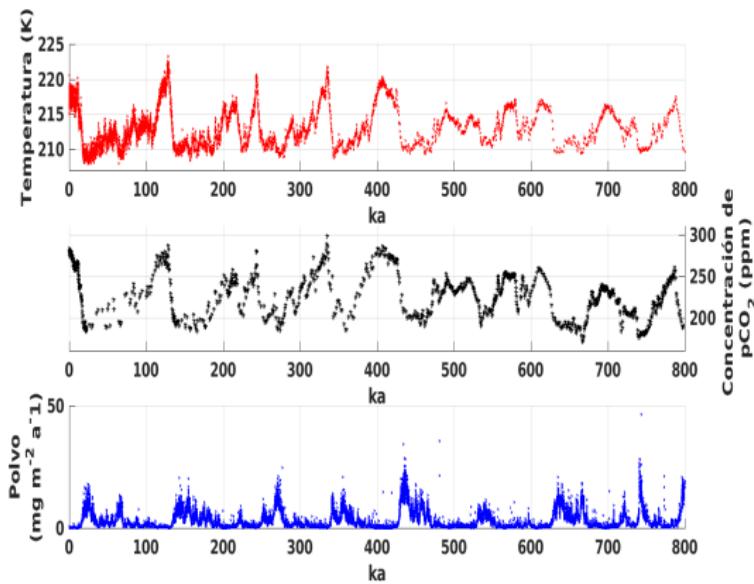
- 1 Introducción
- 2 Objetivos
- 3 Metodología
- 4 Resultados

Contenidos

- 1 Introducción
- 2 Objetivos
- 3 Metodología
- 4 Resultados
- 5 Consideraciones finales

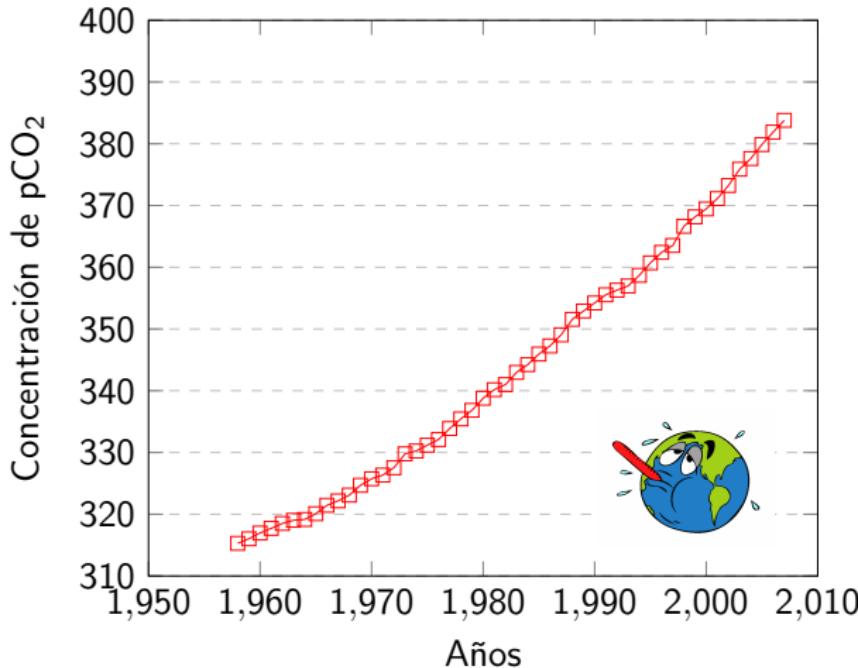
Planteamiento del problema

- La tierra ha pasado por períodos fríos (**glaciales**) y períodos cálidos (**interglaciales**).
- La concentración de pCO₂ atmosférico en los últimos 800000 años ha variado entre ~ 180 - 280 ppm.



Planteamiento del problema

- La tierra ha pasado por períodos fríos (**glaciales**) y períodos cálidos (**interglaciales**).
- La concentración de pCO₂ atmosférico en los últimos 800000 años ha variado entre $\sim 180 - 280$ ppm.
- En octubre del 2017 se alcanzó una concentración atmosférica de CO₂ de **403.3 ppm**.



Planteamiento del problema

- La tierra ha pasado por períodos fríos (**glaciales**) y períodos cálidos (**interglaciales**).
- La concentración de pCO₂ atmosférico en los últimos 800000 años ha variado entre ~ 180 - 280 ppm.
- En octubre del 2017 se alcanzó una concentración atmosférica de CO₂ de 403.3 ppm.

BBC | Menú

NEWS | MUNDO

Noticias | América Latina | Internacional | Economía | Tecnología | Ciencia | Salud | Cultura

Hierro en el océano para combatir el cambio climático

Richard Black
Corresponsal de Medio Ambiente de la BBC

○ 19 julio 2012

f t e m Compartir

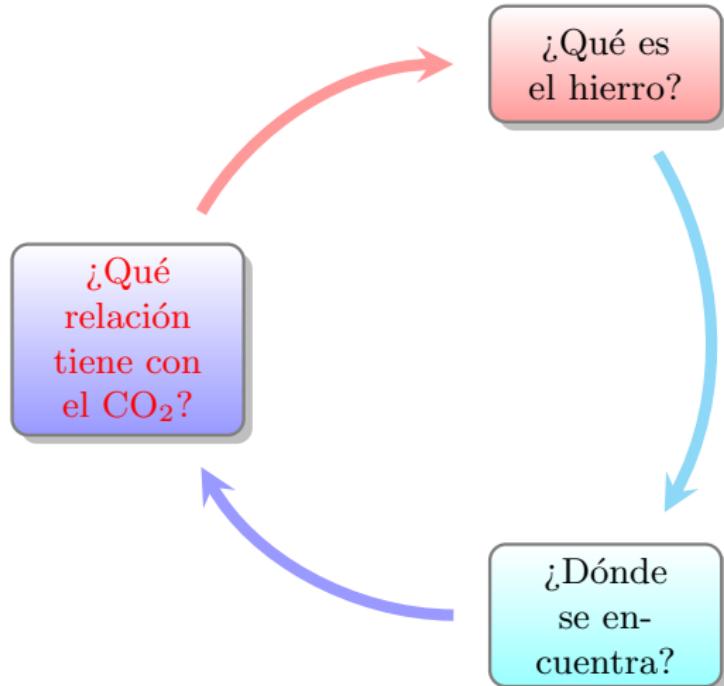
La fertilización de los océanos con hierro podría provocar que el dióxido de carbono permaneciese enterrado durante siglos, según lo reveló un reciente estudio publicado en la revista *Nature*.

El equipo de investigadores alemanes asegura que el hierro induce el crecimiento de pequeñas plantas marinas que se hunden en el océano y se llevan con ellas el CO₂, lo que podría ayudar a combatir el cambio climático.

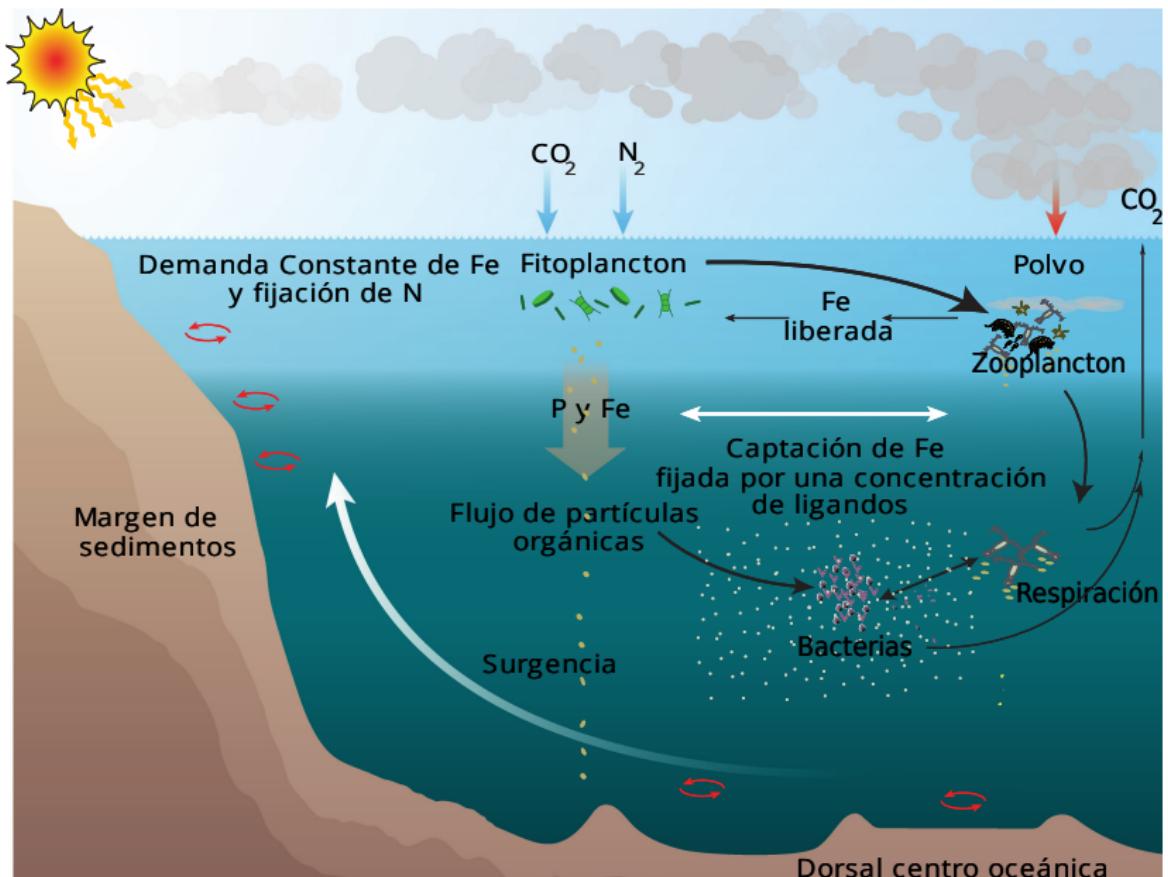


Planteamiento del problema

- La tierra ha pasado por períodos fríos (**glaciales**) y períodos cálidos (**interglaciales**).
- La concentración de pCO₂ atmosférico en los últimos 800000 años ha variado entre ~ 180 - 280 ppm.
- En octubre del 2017 se alcanzó una concentración atmosférica de CO₂ de 403.3 ppm.

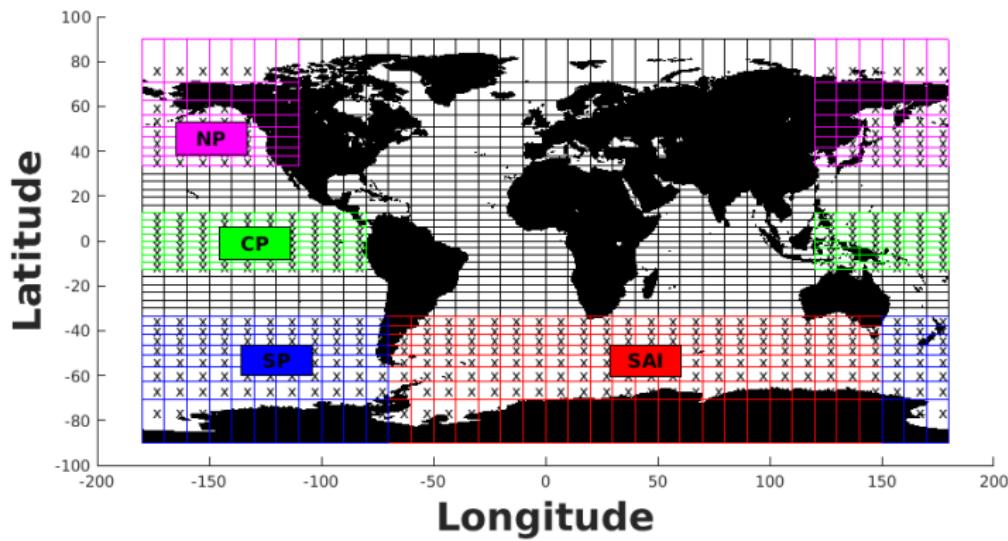


Bomba biológica orgánica



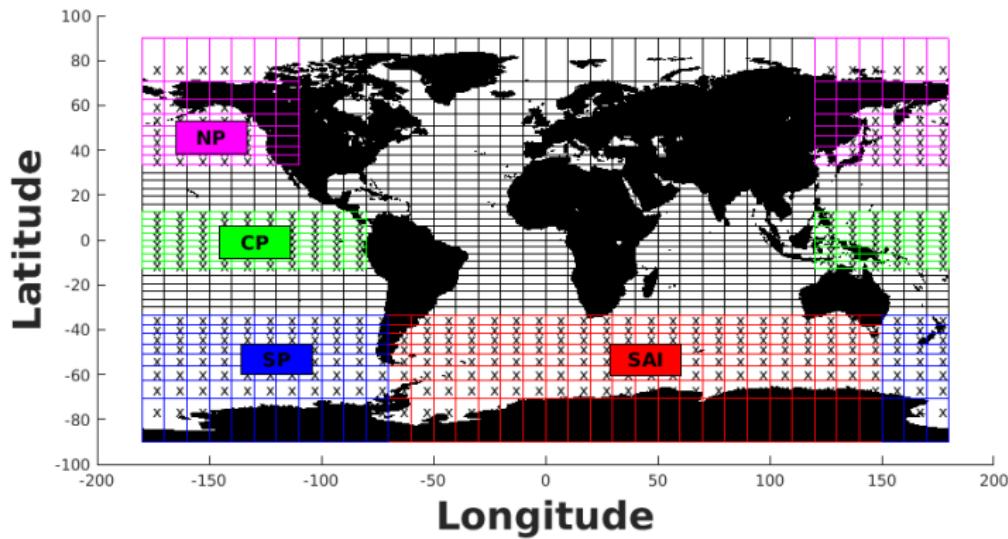
Zonas HNLC

- Zonas limitadas por Fe.



Zonas HNLC

- Zonas limitadas por Fe.
- Tienen alto contenido de nutrientes y bajas concentraciones de clorofila.



Hipótesis

H_0

El polvo no tiene un efecto en el $\Delta p\text{CO}_2$ entre el Holoceno y UMG.

La variabilidad del $p\text{CO}_2$ atmosférico, ha sido consecuencia de mecanismos físicos como la estratificación de los océanos y la temperatura, y equilibrios químicos como la disolución de carbonatos.

Hipótesis

H_0

El polvo no tiene un efecto en el $\Delta p\text{CO}_2$ entre el Holoceno y UMG. La variabilidad del $p\text{CO}_2$ atmosférico, ha sido consecuencia de mecanismos físicos como la estratificación de los océanos y la temperatura, y equilibrios químicos como la disolución de carbonatos.

H_0

El $\Delta p\text{CO}_2$ generado entre el UMG y Holoceno, debido al efecto del polvo, proviene de los cambios en los océanos del sur.

Dada la mayor extensión de los océanos del sur se espera tengan un impacto mayor en la variabilidad del $p\text{CO}_2$.

Objetivos

- ① Cuantificar mediante un modelo biogeoquímico, el nivel de captura de CO₂ por los océanos producto de la bomba biológica orgánica.

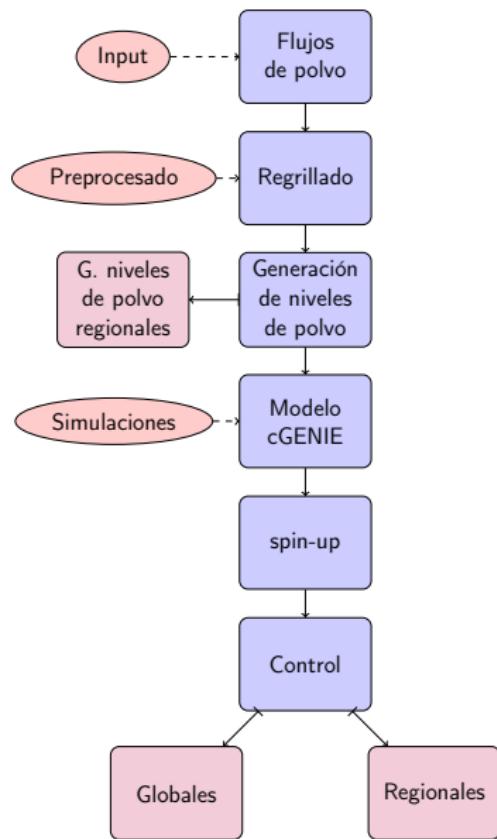
Objetivos

- ① Cuantificar mediante un modelo biogeoquímico, el nivel de captura de CO₂ por los océanos producto de la bomba biológica orgánica.
- ② Calcular la contribución de cada región HNLC a la diferencia de CO₂ debido a los distintos flujos de polvo.

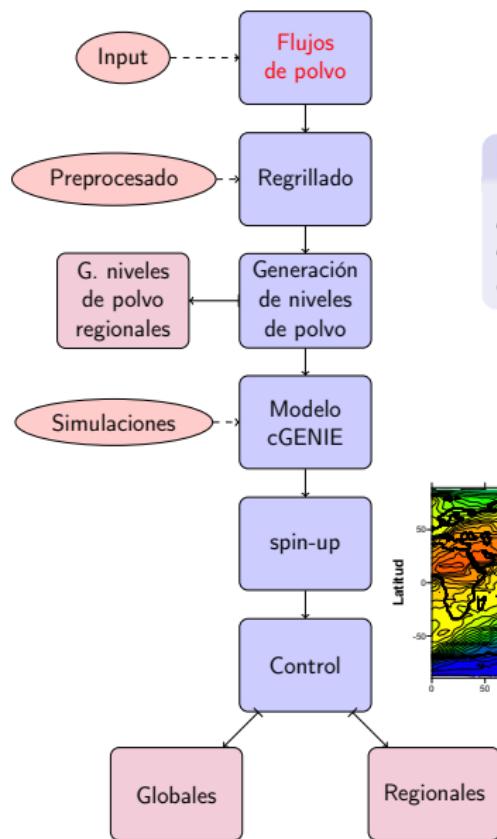
Objetivos

- ① Cuantificar mediante un modelo biogeoquímico, el nivel de captura de CO₂ por los océanos producto de la bomba biológica orgánica.
- ② Calcular la contribución de cada región HNLC a la diferencia de CO₂ debido a los distintos flujos de polvo.
- ③ Determinar la diferencia de CO₂ existente entre el UMG y el Holoceno.

Descripción



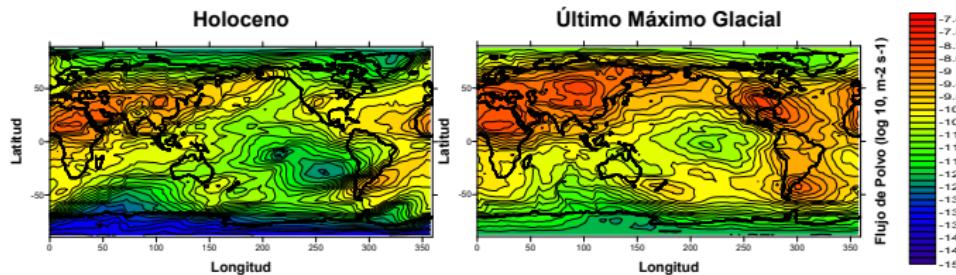
Descripción



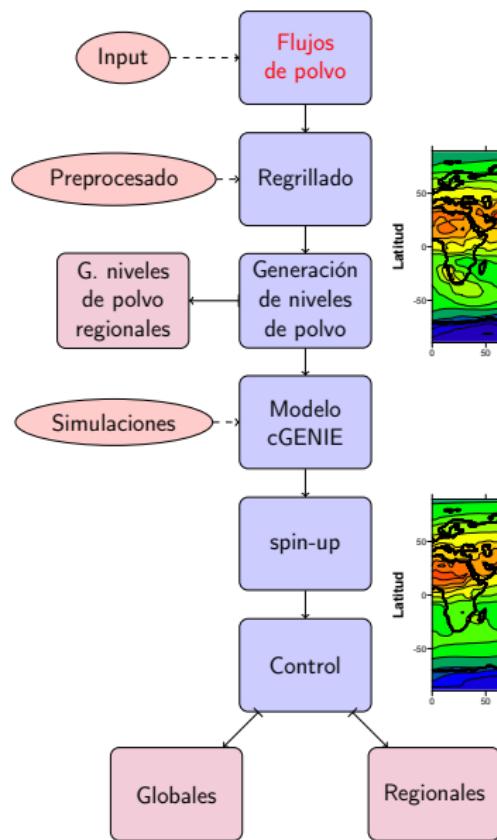
Campos de flujos de polvo

Entre la base de datos utilizadas se encuentra una reconstrucción "Lambert" [2], y cuatro modelos de polvo "MRI-CGCM3" [6], "MIROC-ESM" [4], "Takemura" [5], "Albani" [1]. Todos los campos contienen datos que corresponden al Holoceno y UMG.

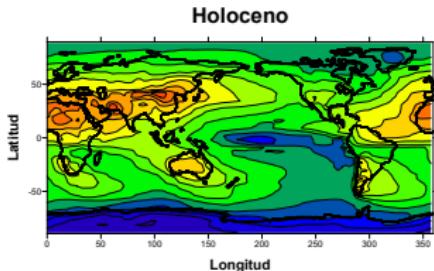
Lambert



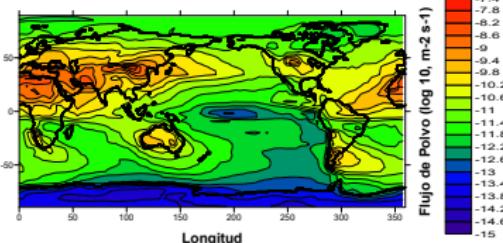
Descripción



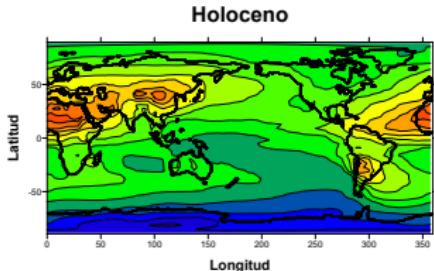
MRI-CGCM3



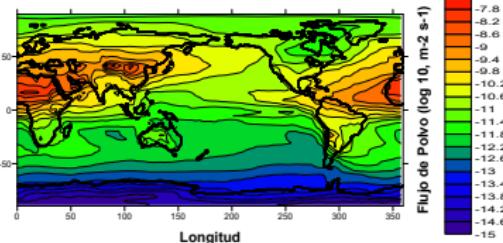
Último Máximo Glacial



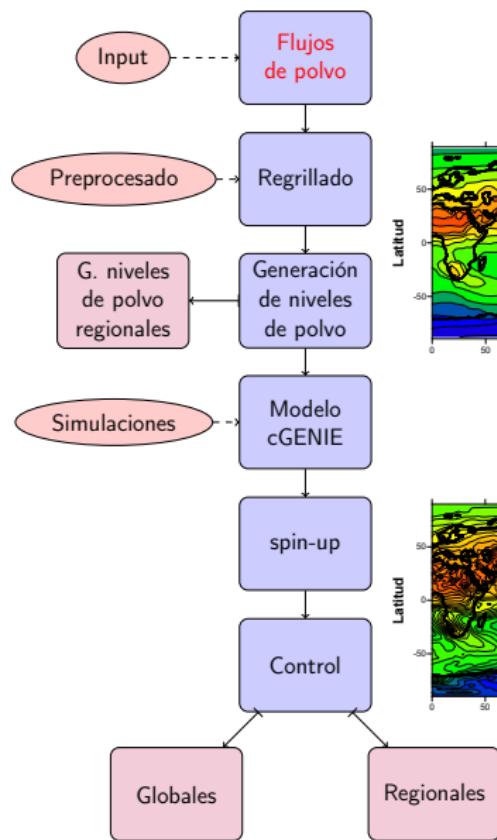
MIROC-ESM



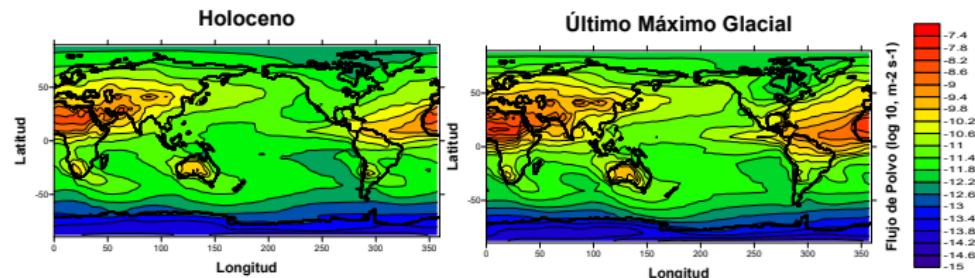
Último Máximo Glacial



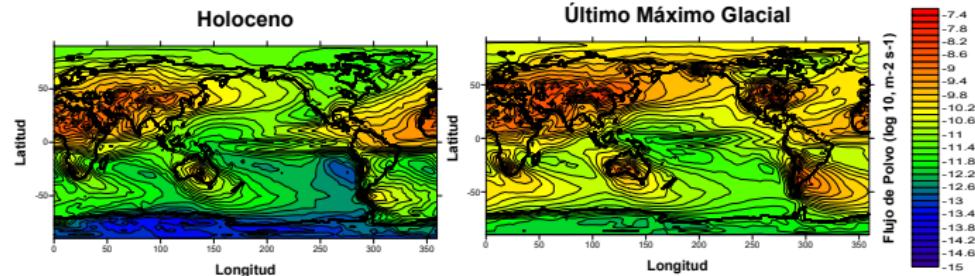
Descripción



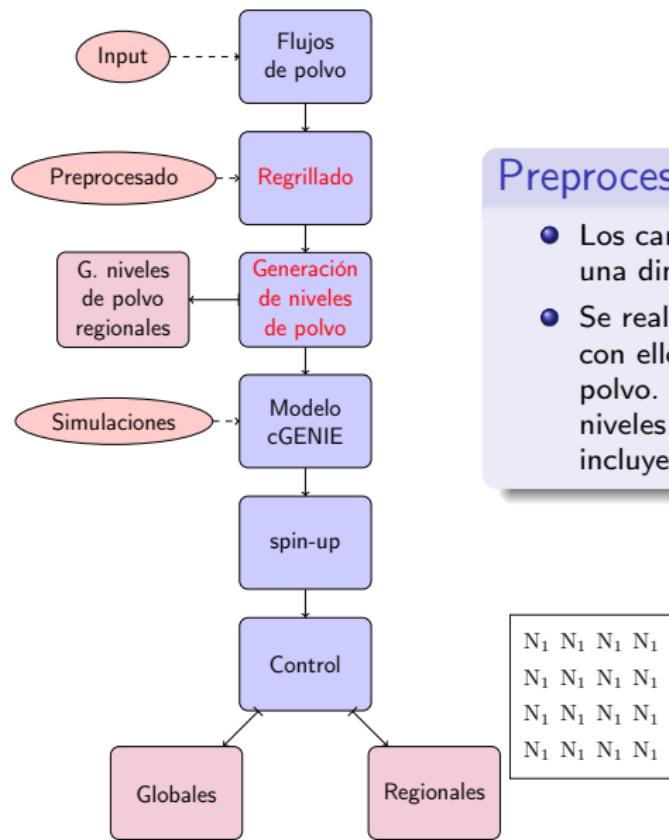
Takemura



Albani



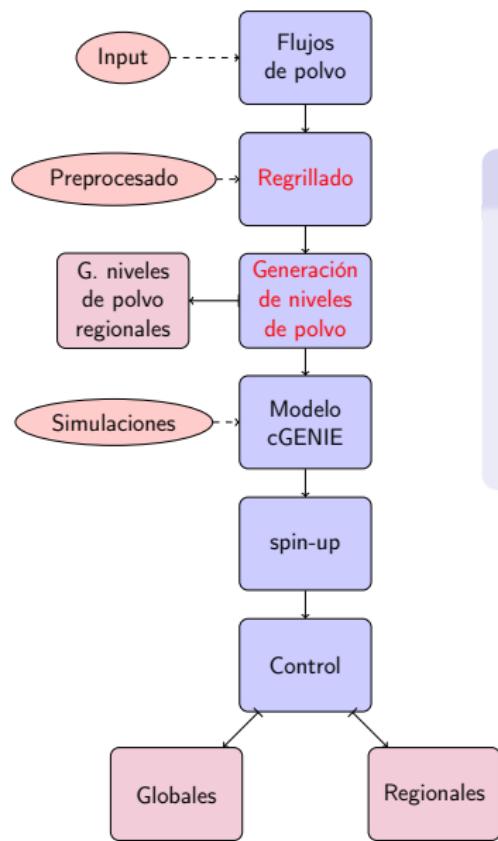
Descripción



Preprocesamiento

- Los campos de flujos de polvo fueron traspazados a una dimensión de 36x36 puntos de grilla.
- Se realizó una interpolación equiespaciada, creando con ello 8 diferentes escenarios intermedios de polvo. Éstos en conjunto con el item 1 generan 10 niveles que van desde el Holoceno hasta el UMG incluyendo ambos períodos.

Descripción



Preprocesamiento

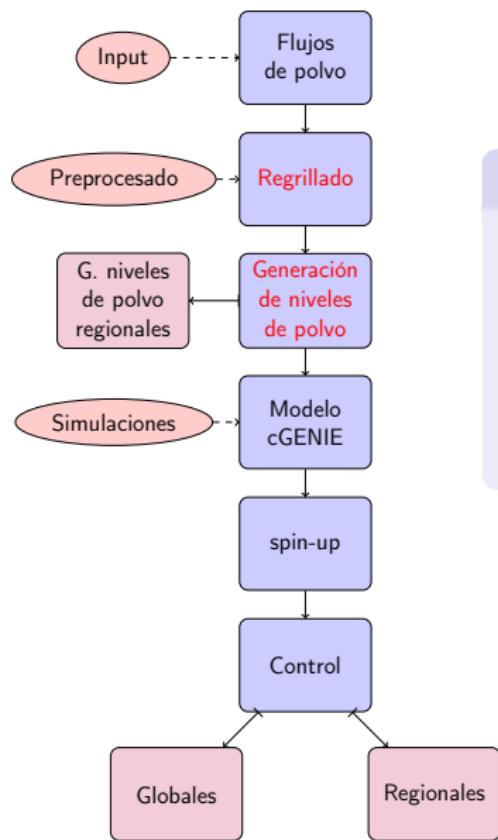
- Los campos de flujos de polvo fueron traspazados a una dimensión de 36x36 puntos de grilla.
- Se realizó una interpolación equiespaciada, creando con ello 8 diferentes escenarios intermedios de polvo. Éstos en conjunto con el item 1 generan 10 niveles que van desde el Holoceno hasta el UMG incluyendo ambos períodos.

N ₁	N ₁	N ₁	N ₁
N ₁	N ₁	N ₁	N ₁
N ₁	N ₁	N ₁	N ₁
N ₁	N ₁	N ₁	N ₁

N ₂	N ₂	N ₂	N ₂
N ₂	N ₂	N ₂	N ₂
N ₂	N ₂	N ₂	N ₂
N ₂	N ₂	N ₂	N ₂

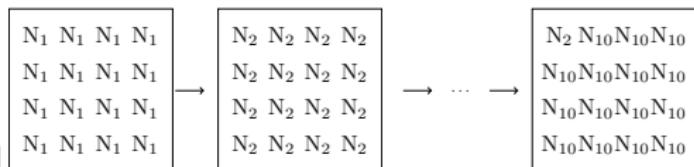
N ₂	N ₁₀	N ₁₀	N ₁₀
N ₁₀	N ₁₀	N ₁₀	N ₁₀
N ₁₀	N ₁₀	N ₁₀	N ₁₀
N ₁₀	N ₁₀	N ₁₀	N ₁₀

Descripción

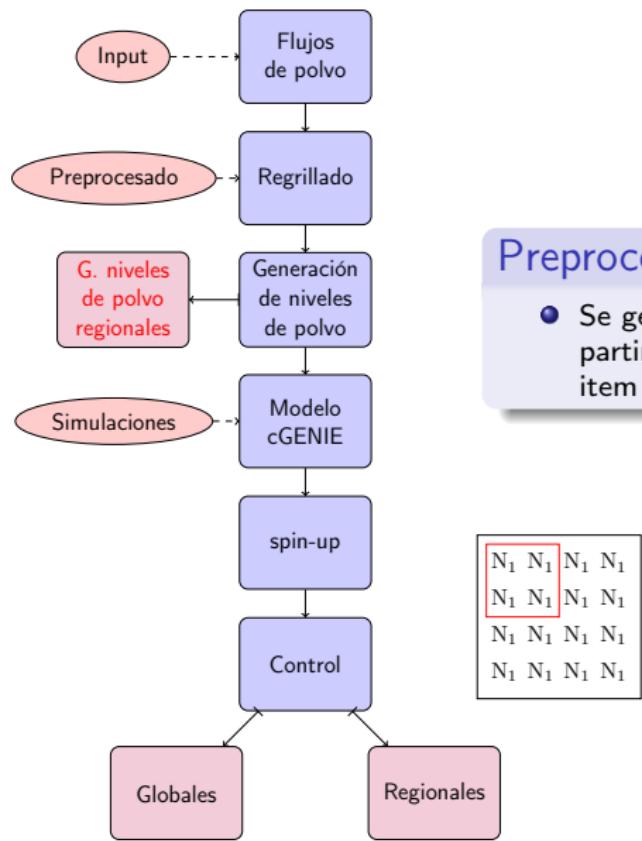


Preprocesamiento

- Los campos de flujos de polvo fueron traspazados a una dimensión de 36x36 puntos de grilla.
- Se realizó una interpolación equiespaciada, creando con ello 8 diferentes escenarios intermedios de polvo. Éstos en conjunto con el item 1 generan 10 niveles que van desde el Holoceno hasta el UMG incluyendo ambos períodos.



Descripción

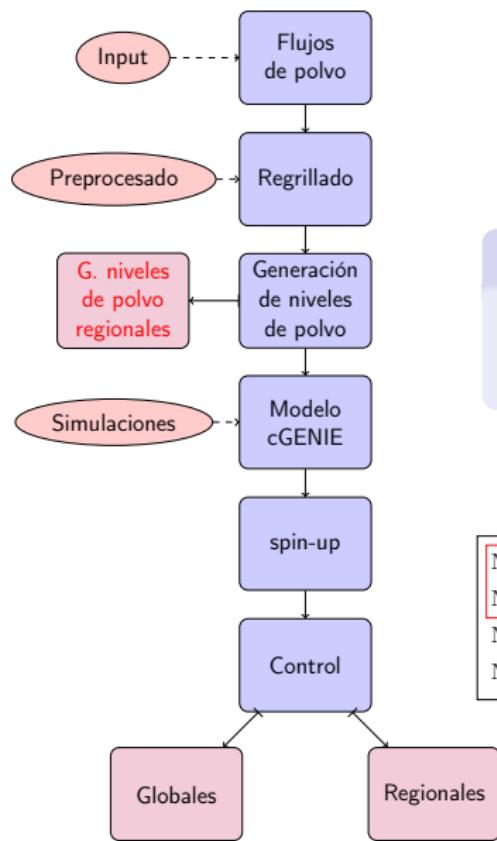


Preprocesamiento

- Se generaron nuevos campos de polvo regionales, a partir de los 10 producidos de la combinación del item 1 e item 2.

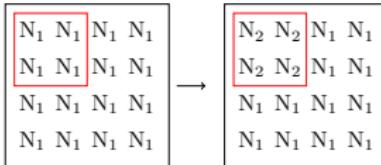
N ₁ N ₁	N ₁ N ₁
N ₁ N ₁	N ₁ N ₁
N ₁ N ₁	N ₁ N ₁
N ₁ N ₁	N ₁ N ₁

Descripción

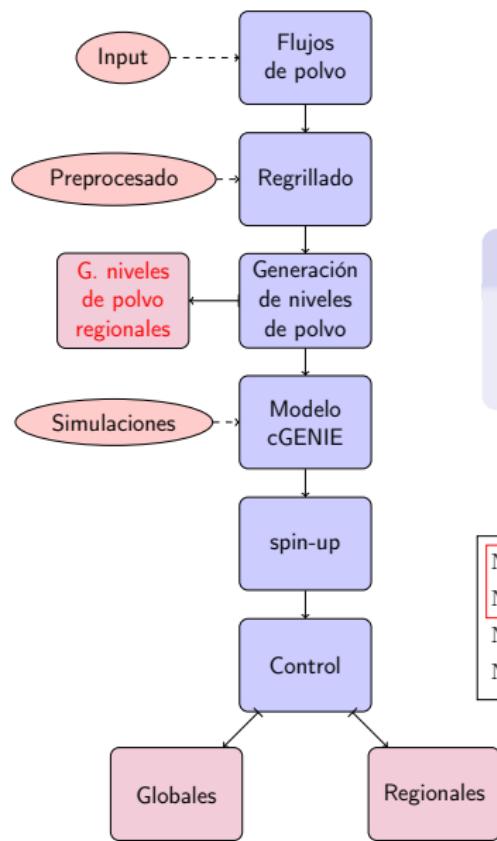


Preprocesamiento

- Se generaron nuevos campos de polvo regionales, a partir de los 10 producidos de la combinación del item 1 e item 2.

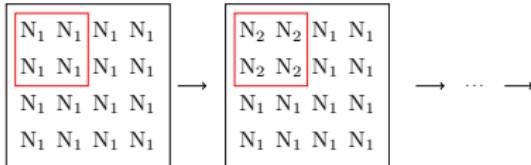


Descripción

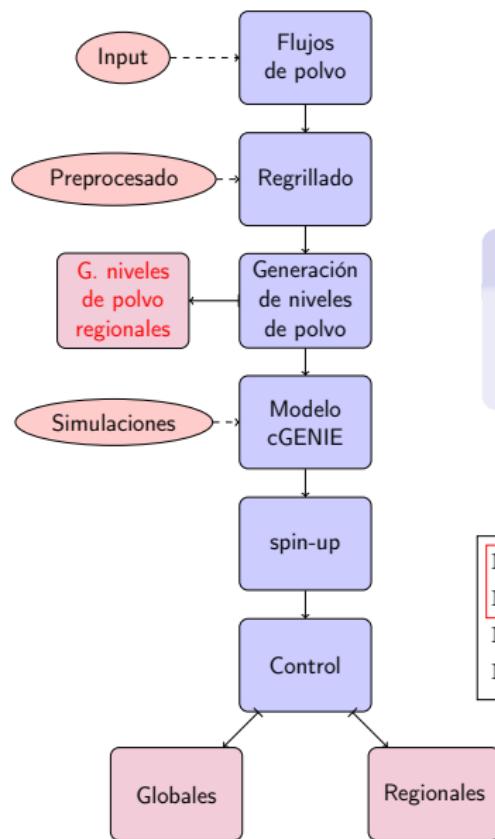


Preprocesamiento

- Se generaron nuevos campos de polvo regionales, a partir de los 10 producidos de la combinación del item 1 e item 2.

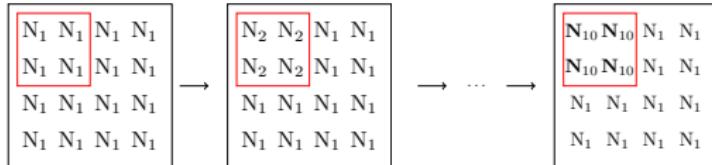


Descripción

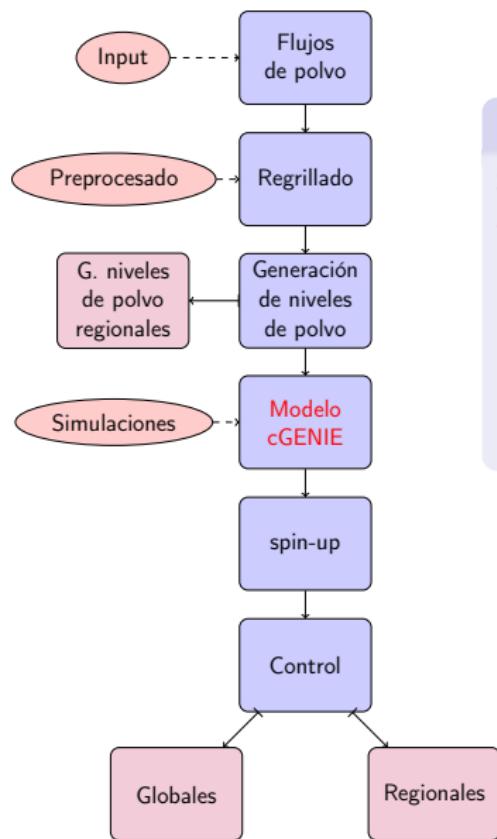


Preprocesamiento

- Se generaron nuevos campos de polvo regionales, a partir de los 10 producidos de la combinación del item 1 e item 2.



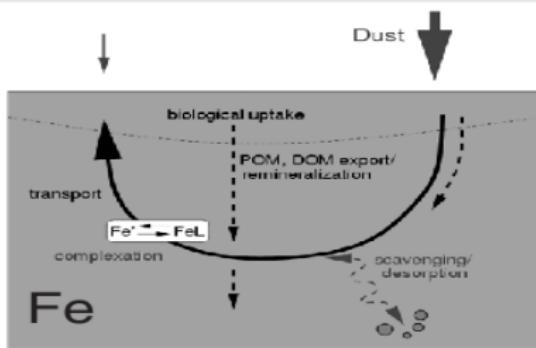
Descripción



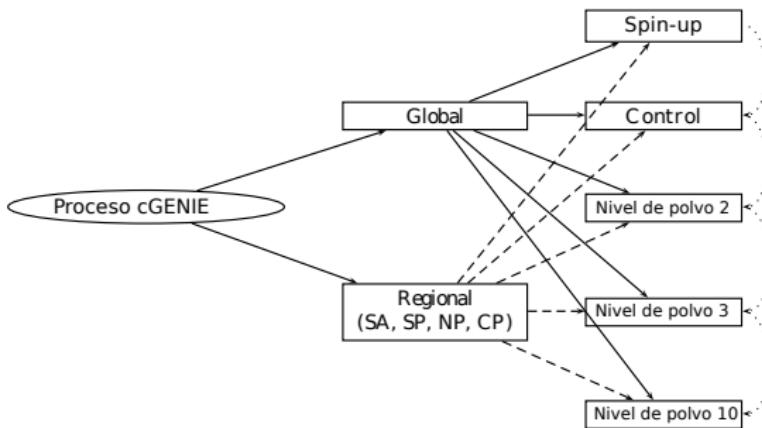
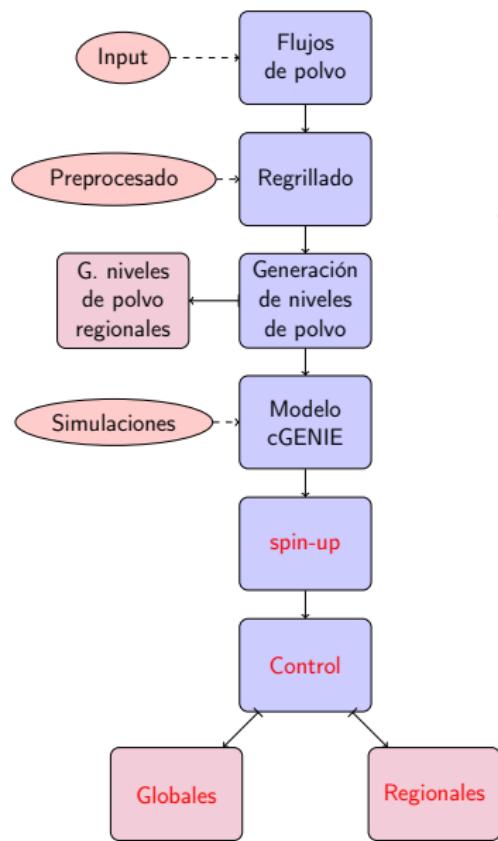
Procesamiento

Se utilizó un código versión “muffin” del *cGENIE Earth system Model of Intermediate Complexity* [3]. Los módulos utilizados fueron:

- Atmósfera (EMBM 2D)
- Océano/cubierta de hielo (GOLDSTEIN)
- Química Atmosférica (ATCHEM)
- Biogeoquímica oceánica (BIOGEM)



Descripción

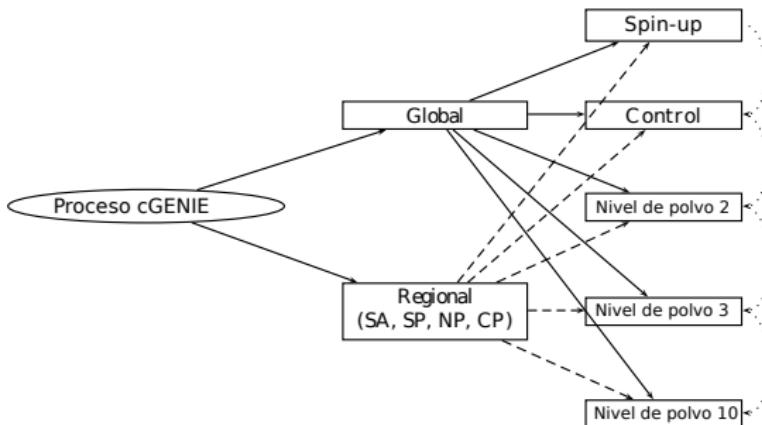
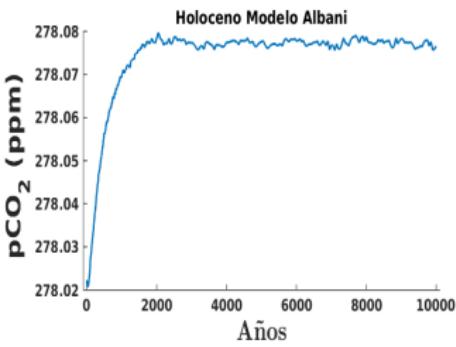
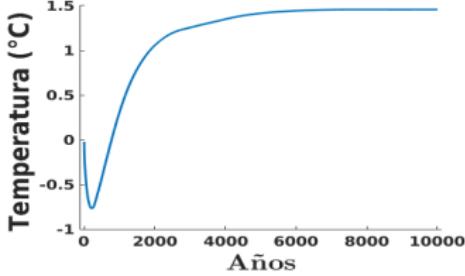


Procesamiento

Todas las corridas tuvieron 10000 iteraciones.

- Validación: spin-up, CO₂ fijo en 278 (periodo preindustrial)
- Validación: control, CO₂ libre, concentración de polvo periodo preindustrial
- Simulación: Globales, CO₂ libre, niveles de polvo globales del 2 al 10
- Simulación: Regionales, CO₂ libre, niveles de polvo zonas HNLC del 2 al 10

Descripción



Procesamiento

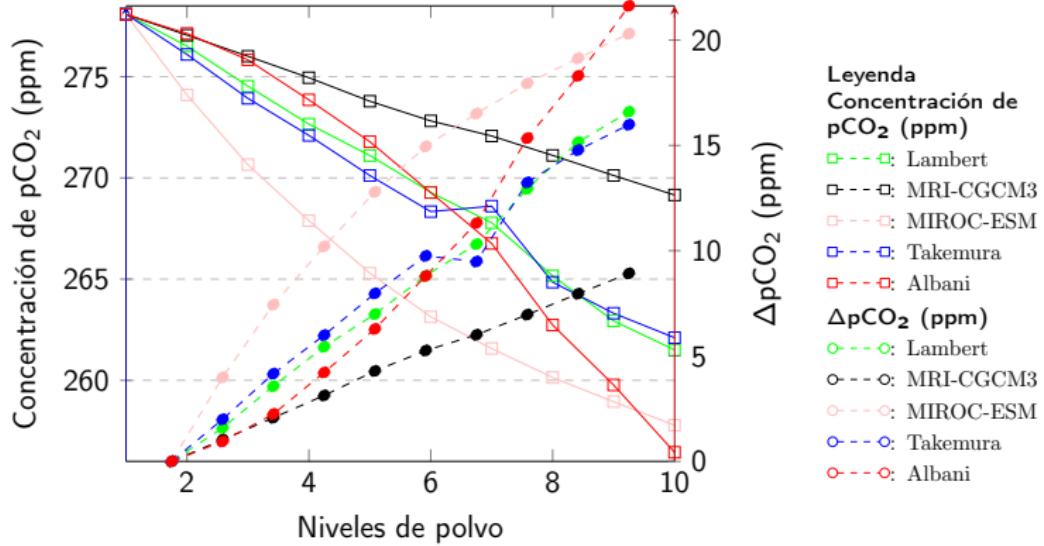
Todas las corridas tuvieron 10000 iteraciones.

- Validación: spin-up, CO_2 fijo en 278 (periodo preindustrial)
- Validación: control, CO_2 libre, concentración de polvo periodo preindustrial
- Simulación: Globales, CO_2 libre, niveles de polvo globales del 2 al 10
- Simulación: Regionales, CO_2 libre, niveles de polvo zonas HNLC del 2 al 10

Resultados

Globales

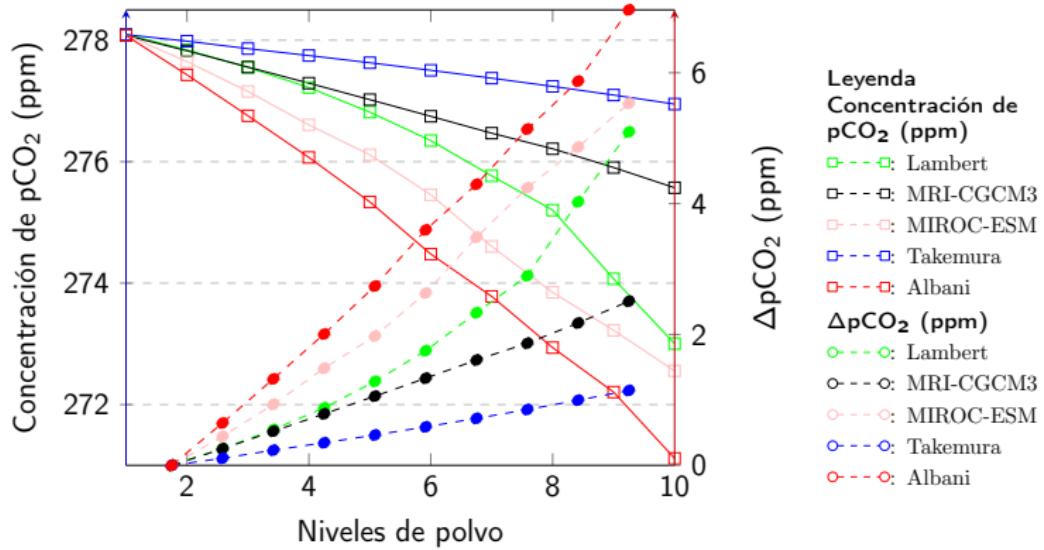
- La simulación Albani y MIROC-ESM muestran el mayor $\Delta p\text{CO}_2$ (21.6 y 20.3 ppm).
- Lambert tiene los más elevados y mayores Δ de flujo de polvo (16 ppm).
- MRI-CGCM3 presenta la menor reducción de $p\text{CO}_2$ (9 ppm).



Resultados

Pacífico Norte (NP)

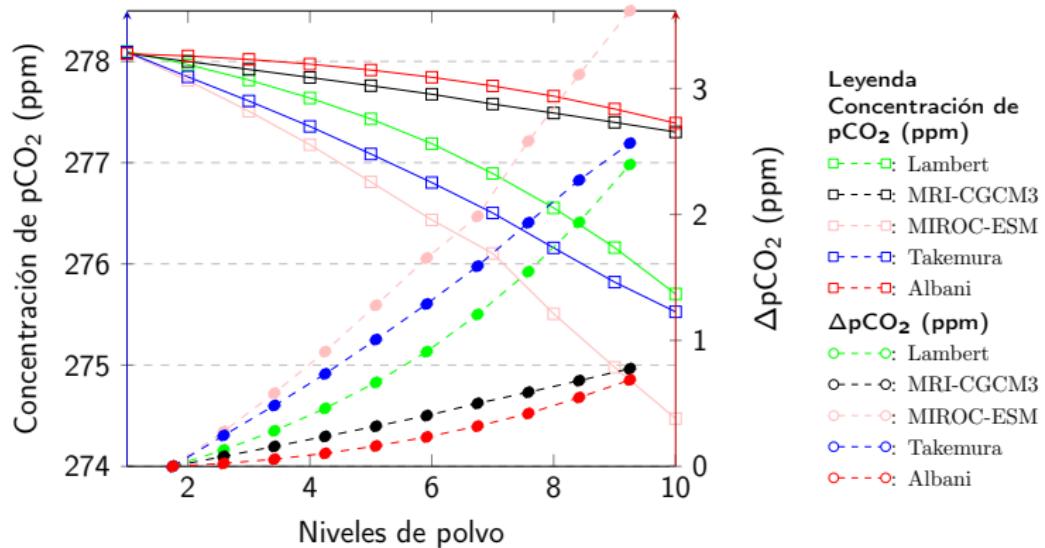
- Albani estimó la mayor reducción de CO₂ hacia el UMG (7 ppm).
- Lambert posee mayores flujos de polvo que Albani, pero estima menor concentración de pCO₂ (5 ppm) que MIROC-ESM (5.53 ppm).
- Takemura tiene la más baja estimación de pCO₂ (1.14 ppm).



Resultados

Pacífico Central (CP)

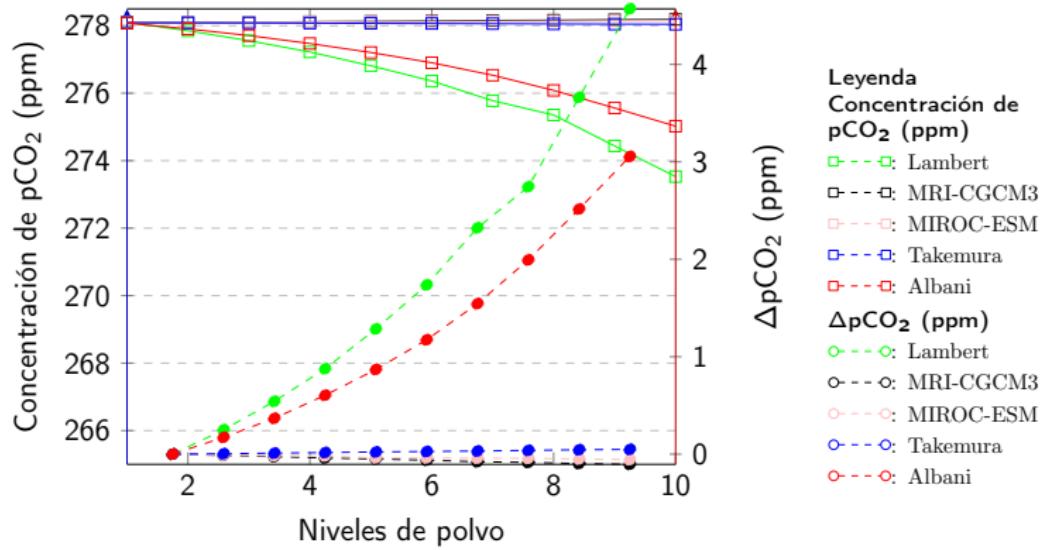
- Los valores de pCO₂ son bajos y similares.
- El mayor aporte a la reducción es MIROC-ESM (3.6 ppm).
- MRI-CGCM3 posee la más baja reducción con ~ 0.8 ppm



Resultados

Pacífico Sur (SP)

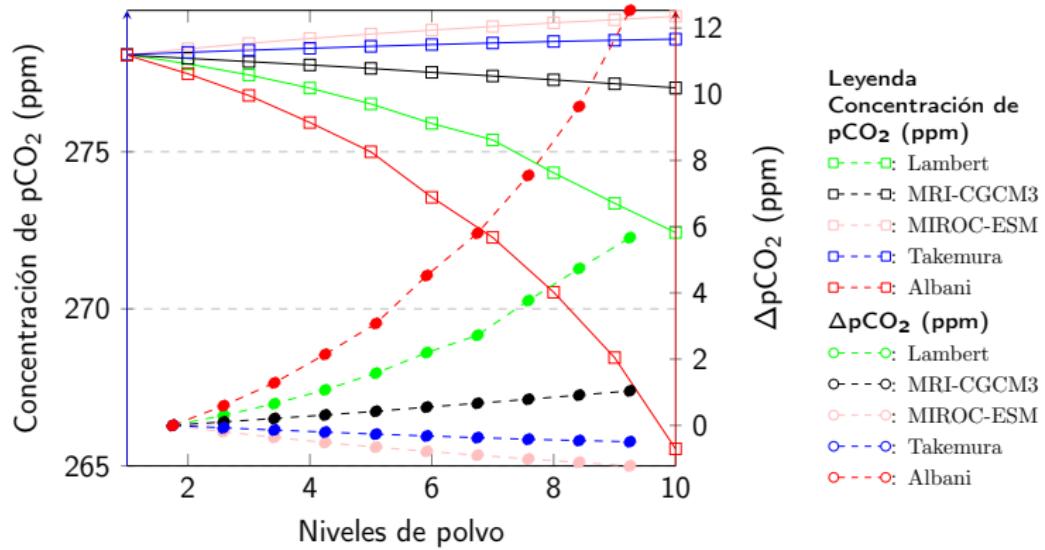
- Lambert tiene una disminución mayor de CO₂ para el UMG de 4.6 ppm.
- Takemura muestra un ínfima reducción de pCO₂ (~ 0.04 ppm).
- MRI-CGCM3 y MIROC-ESM no tienen fuentes de polvo en esta zona.



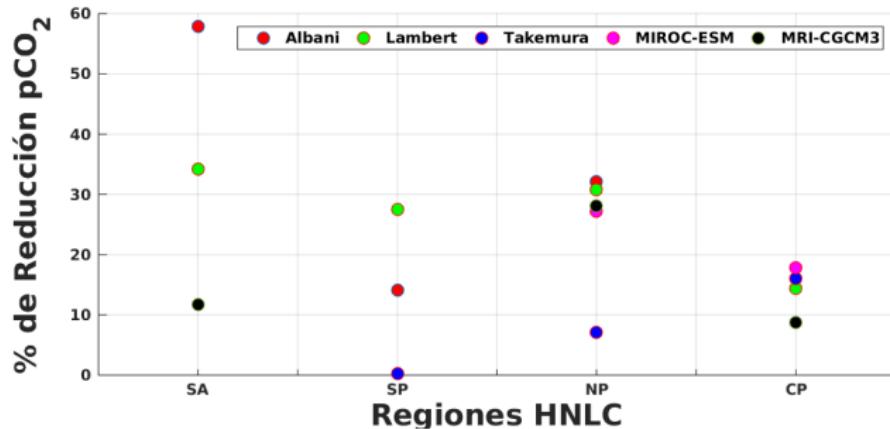
Resultados

Atlántico/Índico Sur (SAI)

- Albani estima la mayor reducción de pCO₂ para el UMG (12.5).
- Lambert calcula una reducción de 6 ppm.
- Takemura y MIROC-ESM no poseen fuentes de polvo en la región.



Resultados



- La zona NP contribuye en promedio en un $\sim 24\%$ (4.2 ppm).
- La región CP aporta en promedio 16% (2 ppm) del valor total.
- La zona SP en promedio disminuye el pCO₂ en un $\sim 14\%$ (1.5 ppm).
- La región SAI reduce la concentración de pCO₂ en 46% (3.5 ppm) .

Consideraciones finales

- Se rechaza la H_0 (1) dado que el polvo se comprobó actúa como forzante del ciclo del carbono.
- La máxima reducción de pCO₂ a nivel global fue en promedio de ~ 16 ppm.
- Se rechaza la H_0 (2). En general todas las cuencas oceánicas juegan un rol en la captura de CO₂, particularmente este efecto se refleja en las zonas HNLC.

Zona/Modelo	Albani		Lambert		Takemura		MIROC-ESM		MRI-CGCM3	
	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.
Global	278.07	256.44	278.09	261.50	278.09	262.10	278.08	257.78	278.07	269.15
Pacífico norte	278.07	271.11	278.09	273.00	278.09	276.94	278.08	272.55	278.07	275.57
Pacífico central	278.07	277.39	278.09	275.70	278.09	275.52	278.08	274.47	278.07	277.30
Pacífico sur	278.07	275.02	278.09	273.52	278.09	278.04	278.14	278.08	278.18	278.07
Atlántico/Índico sur	278.07	265.54	278.09	272.42	278.58	278.09	279.31	278.08	278.07	277.03

Consideraciones finales

- Los resultados presentados están sujetos a la variabilidad inducida por los propios campos de polvo utilizados en cGENIE.
- La mayor liberación de polvo habría permitido mejorar la utilización del NO_3^- y PO_4^{3-} dejando un excedente de Si(OH)_4 .
- Existen otros mecanismos que podrían estar participando en la diferencia de entre 80 y 100 ppm de CO_2 , por ejemplo, estratificación de los océanos, temperatura, disolución de carbonatos.

Zona/Modelo	Albani		Lambert		Takemura		MIROC-ESM		MRI-CGCM3	
	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.
Global	278.07	256.44	278.09	261.50	278.09	262.10	278.08	257.78	278.07	269.15
Pacífico norte	278.07	271.11	278.09	273.00	278.09	276.94	278.08	272.55	278.07	275.57
Pacífico central	278.07	277.39	278.09	275.70	278.09	275.52	278.08	274.47	278.07	277.30
Pacífico sur	278.07	275.02	278.09	273.52	278.09	278.04	278.14	278.08	278.18	278.07
Atlántico/Índico sur	278.07	265.54	278.09	272.42	278.58	278.09	279.31	278.08	278.07	277.03

References I

-  S. Albani, N. Mahowald, A. Perry, R. Scanza, C. Zender, N. Heavens, V. Maggi, J. Kok y B. Otto-Bliesner. "Improved dust representation in the Community Atmosphere Model". En: *Journal of Advances in Modeling Earth Systems* 6.3 (2014), páginas 541-570.
-  F. Lambert, A. Tagliabue, G. Shaffer, F. Lamy, G. Winckler, L. Farias, L. Gallardo, D. Pol-Holz y col. "Dust fluxes and iron fertilization in Holocene and Last Glacial Maximum climates". En: *Geophysical Research Letters* 42.14 (2015), páginas 6014-6023.
-  A. Ridgwell y J. Hargreaves. "Regulation of atmospheric CO₂ by deep-sea sediments in an Earth system model". En: *Global Biogeochemical Cycles* 21.2 (2007).

References II

-  T. Sueyoshi, R. Ohgaito, A. Yamamoto, M. Chikamoto, T. Hajima, H. Okajima, M. Yoshimori, M. Abe, R. Oíshi, F. Saito y col. "Set-up of the PMIP3 paleoclimate experiments conducted using an Earth system model, MIROC-ESM". En: *Geoscientific Model Development* 6.3 (2013), páginas 819-836.
-  T. Takemura, M. Egashira, K. Matsuzawa, H. Ichijo, R. Oíshi y A. Abe-Ouchi. "A simulation of the global distribution and radiative forcing of soil dust aerosols at the Last Glacial Maximum.". En: *Atmospheric Chemistry & Physics* 9.9 (2009).
-  S. Yukimoto, Y. Adachi, M. Hosaka, T. Sakami, H. Yoshimura, M. Hirabara, T. Y. Tanaka, E. Shindo, H. Tsujino, M. Deushi y col. "A new global climate model of the Meteorological Research Institute: MRI-CGCM3—model description and basic performance—". En: *Journal of the Meteorological Society of Japan. Ser. II* 90 (2012), páginas 23-64.

Gracias :)