



Variación temporal de dos procesos planetarios: cambio en el forzamiento radiativo y cambio en el uso del suelo para agricultura

Fabiana Tamayo¹, Alessia Gastelló¹, Maricielo Peralta¹, Carlos León¹, Andrea García¹, Giuseppe Tolentino¹, Flavia Vereau¹, Milagros Luján² y Giovanna Vera^{2*}

¹ Estudiante, Colegio San José de Cluny – Surquillo.

² Docente, Colegio San José de Cluny – Surquillo.

* Correo-e: giovanna.vera@sjc.edu.pe.

RESUMEN

Tamayo, F. , A. Gastelló, M. Peralta, C. León, A. García, G. Tolentino, F. Vereau, M. Luján y G. Vera. 2021. Variación temporal de dos procesos planetarios: cambio en el forzamiento radiativo y cambio en el uso del suelo para agricultura. Rev. Club de Ciencias “Marie Curie”. 2:1-10.

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo principal determinar si se han roto los límites planetarios del cambio en el forzamiento radiativo y el cambio en el uso del suelo, y cómo están afectando la salud planetaria. Para ello, se recolectaron datos del cambio en el forzamiento radiativo de USEPA (2020) y datos del cambio en el uso del suelo de Ritchie y Roser (2019). El análisis de los datos mostró que el cambio en el forzamiento radiativo aumentó de manera casi lineal entre los años 1979 y 2019, y se rompió el límite planetario en el año 1990. Por otro lado, el cambio en el uso del suelo de bosques a tierras de cultivo agrícola se ha incrementado casi linealmente desde 1800 hasta 2016, estimándose que el límite planetario se romperá en el año 2124.

Palabras clave: forzamiento radiativo, uso del suelo, límite planetario, cambio climático, combustibles fósiles, desarrollo sostenible.

INTRODUCCIÓN

La presente investigación se ha realizado con el fin de encontrar datos científicos que nos brinden la información suficiente para conocer cómo nuestro planeta está cambiando y cómo el porcentaje de salud del planeta está disminuyendo debido a las actividades humanas que ocasionan una elevada producción de gases que dañan nuestra atmósfera.

Para esta investigación se ha planteado la interrogante ¿Cuándo se rompieron los límites planetarios? Rockström *et al.* (2009) nos brinda información sobre los procesos planetarios que sustentan la vida, para poder investigar sus cambios y de esta manera contribuir a la sociedad, porque luego de analizar estos cambios y calcular pronósticos podremos motivar a la reflexión de cómo debemos cambiar nuestras actividades para no romper estos límites planetarios y poder conservar la vida en el planeta.

Ritchie y Roser (2019) en su artículo "Uso del suelo" mencionan que aproximadamente la mitad del suelo del planeta está destinado a la agricultura, por ende, tiene un impacto significativo en el medio ambiente debido a que reduce los bosques y áreas silvestres, lo que amenaza a la biodiversidad.

El IPCC (2013) en su publicación "Cambio Climático 2013" afirma que en los últimos 800 mil años las concentraciones atmosféricas de dióxido de carbono, metano y óxido nitroso han aumentado a niveles sin precedentes. Tan sólo los niveles de dióxido de carbono han aumentado en un 40 % desde la era preindustrial, debido principalmente a las emisiones de los combustibles fósiles, pero también debido a las emisiones derivadas del cambio en el uso del suelo. Este impacto se extiende hasta el aumento de la acidificación de los océanos provocado por la absorción del dióxido de carbono por los océanos.

A partir de la pregunta planteada podemos establecer las siguientes hipótesis:

- Los límites planetarios del cambio en el forzamiento radiativo y del cambio en el uso del suelo aún no se han roto.
- Los límites planetarios se romperán en el año 2030.

En este contexto, los objetivos de esta investigación son:

- Conocer la variación temporal del cambio en el forzamiento radiativo y del cambio en el uso del suelo para agricultura.
- Comparar los indicadores con los límites planetarios.
- Calcular un índice de salud para ambos indicadores.
- Pronosticar cuándo se cruzarán los límites planetarios.

En Rockström *et al.* (2009) el profesor Johan Rockström y un grupo de 28 científicos internacionales establecieron 9 límites planetarios que definen el espacio seguro para la humanidad con relación al desarrollo y aumento de la contaminación ocasionada por el hombre en la Tierra, y en caso de ser superados, pueden poner en peligro la habitabilidad del planeta. En este documento además se evalúa el estado de estos procesos fundamentales para la estabilidad del sistema Tierra.

Gomez-Lee (2019) discute el papel de la política en los proyectos sobre Desarrollo Sostenible, ya que hace falta un "compromiso planetario", proponiendo además que este sea parte de la agenda 2030. Distingue los aportes de Rockström *et al.* (2009), quienes contribuyeron a la institucionalización de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) más ambiciosos de todos los tiempos.

En IPCC (2013) se indica que la concentración actual en la atmósfera de un gas de efecto invernadero es el resultado neto de sus emisiones y eliminaciones pasadas de la atmósfera. Estos gases representan principalmente las emisiones hacia la atmósfera derivadas de las actividades humanas. Las cifras que representan la producción de dióxido de carbono (CO₂), varían dependiendo de la concentración del gas u otras propiedades atmosféricas (por ejemplo, la temperatura o condiciones químicas existentes).

MATERIALES Y MÉTODOS

Datos

De los 9 límites planetarios, en el presente trabajo se han investigado dos: el cambio en el forzamiento radiativo y el cambio en el uso del suelo. Para averiguar cuándo se rompieron los límites planetarios de Rockström *et al.* (2009), se obtuvieron las series de tiempo disponibles hasta la actualidad. A partir de esta información, se representaron ambas variables en un gráfico de serie de tiempo, donde se puede observar cómo han variado a lo largo del paso de los años.

Los datos del cambio en el forzamiento radiativo se obtuvieron de USEPA (2020), y los datos del cambio en el uso del suelo para agricultura se obtuvieron de Ritchie y Roser (2019).

Análisis de datos

El forzamiento radiativo se expresa en watts.m^2 , que es el tamaño del desbalance de energía en la atmósfera. El cambio en el forzamiento radiativo, se basa en la concentración de los gases de efecto invernadero en la atmósfera desde 1800. Los datos del cambio en el forzamiento radiativo se calcularon sumando las contribuciones de los gases de efecto invernadero: dióxido de carbono, metano, óxido nitroso, CFC-12, CFC-11 y otros 15 gases. Luego, se calculó el “Índice de gases de efecto invernadero”, que representa el cambio en el forzamiento radiativo estandarizado, dividiendo la suma de los gases entre el valor de 1990, con la siguiente fórmula (USEPA 2020):

$$R_e = R_t / R_{1990}$$

Donde:

R_e = Cambio en el forzamiento radiativo estandarizado al año 1990.

R_t = Cambio en el forzamiento radiativo en el año t.

R_{1990} = Cambio en el forzamiento radiativo del año 1990 ($2.17 \text{ watts.m}^{-2}$).

Los datos del cambio en el uso del suelo para agricultura se expresaron en porcentaje, dividiéndolos entre la superficie total del suelo, con la siguiente fórmula:

$$S_r = S_t / S_T$$

Donde:

S_r = Cambio en el uso del suelo para agricultura relativo.

S_t = Cambio en el uso del suelo para agricultura en el año t.

S_T = Superficie total del suelo ($1.49 \times 10^8 \text{ km}^2$).

Se calculó un índice de salud (%) de los dos indicadores usando la siguiente ecuación:

$$IS = (X_t - L_i) / (L_p - L_i)$$

Donde:

IS = Índice de salud (%)

X_t = Valor del indicador

L_i = Límite inocuo (0 para cambio en el forzamiento radiativo y 1 para cambio en el uso del suelo para agricultura).

L_p = Límite planetario (1 para cambio en el forzamiento radiativo y 15 para cambio en el uso del suelo para agricultura).

Para proyectar la tendencia del IS se realizó un análisis de regresión lineal simple con la siguiente ecuación:

$$IS = a + B T$$

Donde:

T = Tiempo.

a = Intercepto.

b = Pendiente.

Para calcular el año en que se romperá el límite planetario, se usó la siguiente ecuación:

$$T = (IS - a) / b = - a / b$$

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Fig. 1 se puede observar el aumento del cambio en el forzamiento radiativo estandarizado desde 1979 al 2019, el aumento fue casi lineal a lo largo de los años, y el límite planetario ($L_p = 1$) establecido por Rockstrom *et al.* (2009) se cruzó en 1990.

En la Fig. 2, se puede observar que el índice de salud del cambio en el forzamiento radiativo ha ido disminuyendo desde 22 % en 1979 hasta 0 % en 1990, afectando el clima del planeta y la salud de todos los seres vivos.

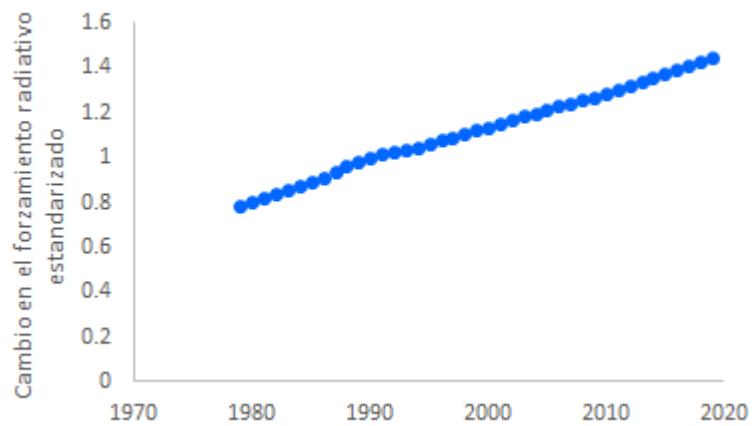


Figura 1. Serie de tiempo del cambio en el forzamiento radiativo estandarizado desde 1979 al 2019.

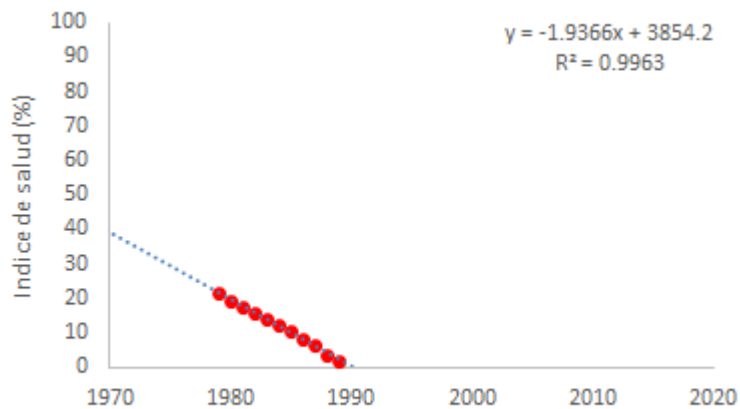


Figura 2. Serie de tiempo del índice de salud (%) del cambio en el forzamiento radiativo desde 1979 al 2019.

En la Fig. 3 se puede apreciar que con el paso de los años, el cambio en el uso del suelo de bosques a tierras de cultivo agrícola se ha incrementado casi linealmente a lo largo de los años, desde 1800 hasta 2016, sin embargo aún no se ha cruzado el límite planetario ($L_p = 15$) de este indicador.

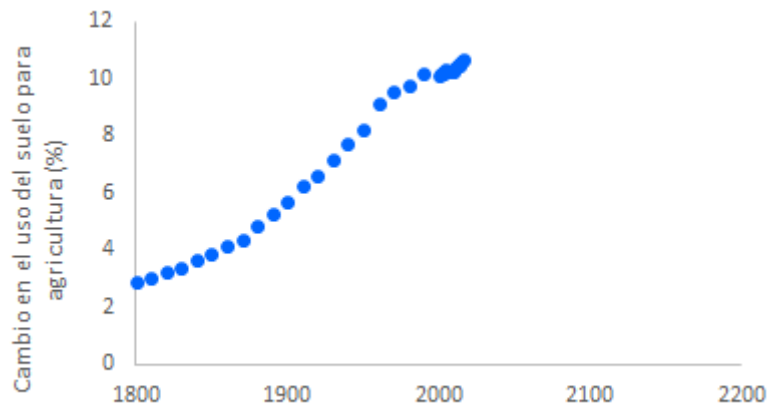


Figura 3. Serie de tiempo del cambio en el uso del suelo para agricultura desde 1800 hasta 2016.

En la Fig. 4, se puede observar que debido al incremento en el cambio en el uso del suelo para agricultura, el índice de salud (IS) de este indicador fue disminuyendo, causando un flujo antropogénico neto de CO₂ producto de la deforestación, que convierte bosques a tierras de cultivo agrícola. Sin embargo, aún quedaba un 31 % de salud para este indicador en el 2016.

El análisis de regresión lineal simple, permitió proyectar el IS del cambio en el uso del suelo con el siguiente modelo: $IS = -0.2831 T + 601.37$. Calculando el año en que el $IS = 0$, se obtiene: $T = -601.37 / -0.2831 = 2124$, indicando que su límite planetario se romperá en el año 2124 (Fig. 4).

De esta manera, se investigó la variación temporal de dos procesos planetarios, para averiguar cuándo se romperán sus límites planetarios, para prever y evitar el colapso de estos procesos que sostienen la vida en el planeta Tierra.

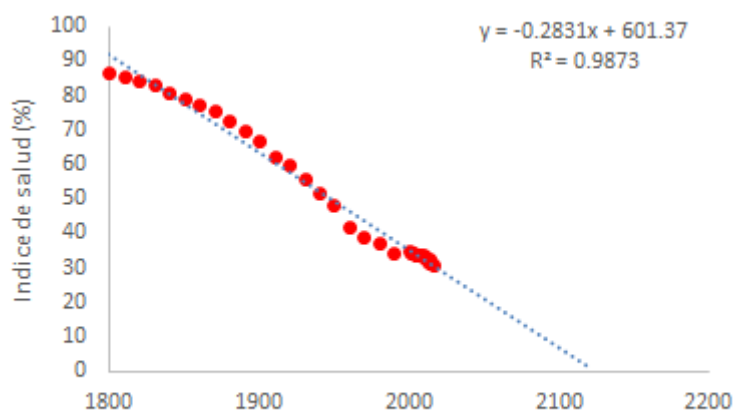


Figura 4. Serie de tiempo del índice de salud (%) del cambio en el uso de suelo para agricultura desde 1800 hasta 2016 y su proyección al futuro.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

La primera hipótesis “Los límites planetarios del cambio en forzamiento radiativo y del cambio de uso de tierra aún no se han roto” es parcialmente verdadera, debido a que en 1990 se rompió el límite ($L_p = 1$) del cambio en el forzamiento radiativo, pero aún no se ha roto el límite ($L_p = 15$) del cambio en el uso de suelo para agricultura.

La segunda hipótesis “Los límites planetarios se cruzarán en el 2030” es falsa, ya que según la proyección calculada se demuestra que su límite planetario se romperá en el año 2124.

Los límites planetarios presentan la propuesta de un espacio seguro para la humanidad. No todos los procesos tienen sus límites definidos, pero los ya establecidos dan la oportunidad de analizar cuánta salud planetaria nos queda y a qué nos enfrentaremos muy pronto.

Recomendaciones

Se recomienda analizar los otros 7 procesos planetarios establecidos por Rockström *et al.* (2009). También, afianzar las políticas para proclamar leyes que protejan al medio ambiente, re-evaluar los impactos ambientales que dejan las actividades industriales y humanas para no romper los límites planetarios restantes, ya que eso llevaría acabar con la vida en el planeta, y reducir el uso de combustibles fósiles o cambiarlos por otros menos nocivos para el ambiente.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece al Dr. Jorge Tam del JEAIRD “EMACEP” por la capacitación brindada. También se agradece el apoyo de Valeria Gil del Club de Ciencias “Marie Curie” (CCMC).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Gomez-Lee, M. (2019). “*Agenda 2030 de desarrollo sostenible: comunidad epistémica de los límites planetarios y cambio climático*”. <https://revistas.uexternado.edu.co/index.php/opera/article/view/5859/7683#info>.
- Hannah Ritchie and Max Roser. (2019). Our world in data. Land Use. <https://ourworldindata.org/land-use>.
- IPCC. (2013). Intergovernmental Panel on Climate Change. <https://www.ipcc.ch>.
- Rockström, J. W. Steffen, K. Noone, Å. Persson, F. S. Chapin, E. F. Lambin, T. M. Lenton, M. Scheffer, C. Folke, H. J. Schellnhuber, B. Nykvist, C. A. de Wit, T. Hughes, S. van der Leeuw, H. Rodhe, S. Sörlin, P. K. Snyder, R. Costanza, U. Svedin, M. Falkenmark, L. Karlberg, R. W. Corell, V. J. Fabry, J. Hansen, B. Walker, D. Liverman, K. Richardson, P. Crutzen, J. A. Foley. (2009). Safe operating space for humanity. *Nature*. 461:472-475.
- USEPA. (2020). Climate Change Indicators: Climate Forcing. <https://www.epa.gov/climate-indicators/climate-change-indicators-climate-forcing#tab-3>.