



Exploración de la Comunicación Visual del Cambio Climático mediante la Clasificación Automática de Imágenes

Gabriela Elisa Sued

Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Investigaciones en Matemáticas Aplicadas y en Sistemas (IIMAS), Postdoctorante SECHITI, Ciudad de México, México.
ORCID: 0000-0002-4516-678X

Wilmer Efrén Pereira-González

Instituto Tecnológico Autónomo de México (ITAM) Departamento de Computación y Ciencia de Datos; Universidad Internacional de la Rioja, Facultad de Ingeniería, Ciudad de México, México.
ORCID: 0000-0001-9699-7121

Judith Zubieta-García

Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Investigaciones Sociales, Ciudad de México, México.
ORCID: 0000-0001-5983-987X

Recepción: 11 de noviembre de 2024.

Aceptación: 10 de junio de 2025.

Septiembre 2025 • número de revista 13 • DOI: 10.22201/dgtic.26832968e.2025.13.52

Exploración de la Comunicación Visual del Cambio Climático mediante la Clasificación Automática de Imágenes

Resumen

Uno de los múltiples desafíos que presenta el cambio climático es el de su adecuada difusión entre la población, pues eso contribuye a crear conciencia, modificar hábitos y divulgar acciones de mitigación. A fin de obtener un diagnóstico exploratorio de las imágenes con las que actualmente se comunica este fenómeno, así como sus impactos devastadores, este trabajo presenta un ejercicio exploratorio para la clasificación automática de imágenes mediante una red neuronal preentrenada a partir de etiquetas que describen causas, consecuencias y acciones de mitigación. Entre los hallazgos, encontramos la presencia de una mayor representación de acciones de adaptación y mitigación que de impactos y actividades antropogénicas relacionadas con el aumento de la temperatura del planeta. Respecto a la técnica empleada, describimos cuáles fueron las etiquetas con las que se logró una mejor clasificación y cuáles tuvieron una precisión baja, al tiempo que argumentamos las posibles causas de este desempeño desigual.

Palabras Clave: cambio climático, redes neuronales, comunicación visual, mitigación ambiental.

Exploring Climate Change Visual Communication through Automatic Image Classification

Abstract

One significant challenge posed by climate change is effectively introducing this trend to society to raise awareness and encourage behavioral change. This also involves disseminating mitigation

strategies and proposals that can foster greater commitment to environmental stewardship. To provide an initial assessment of the images used to communicate this phenomenon and its severe impacts, this paper presents an exploratory analysis in which images were automatically classified with a pre-trained neural network. The classification was based on labels describing the causes, consequences, and mitigation actions related to climate change. Our analysis revealed a more substantial representation of adaptation and mitigation measures compared to those documenting impacts and anthropogenic activities contributing to global temperature increases. Regarding the technique employed, labels utilized to achieve better classification outcomes are described as well as those rendering lower accuracy, while discussing potential factors contributing to this performance disparity.

Keywords: *climate change, neural networks, visual communication, environmental mitigation.*

Introducción: la comunicación visual del cambio climático

El cambio climático se define como variaciones meteorológicas atribuidas directa o indirectamente a la actividad humana que alteran la composición de la atmósfera y que se suman a la variabilidad natural del ambiente observada durante períodos de tiempo comparables. Los gases producidos por la actividad industrial, conocidos también como “gases de efecto invernadero”, producen calentamiento de la Tierra, con consecuencias devastadoras para el futuro del planeta [1]. En México, las temperaturas promedio han aumentado aproximadamente 0.85 grados centígrados y se espera que, entre 2015 y 2039, la temperatura promedio aumente entre 1.5 y 2°C en todo el territorio. Este incremento ya empieza a tener efectos sobre la biodiversidad y los sistemas productivos [2].

El cambio climático comienza a ser abordado en la academia como un conjunto de hechos empíricos y observaciones basadas en datos que se traduce en la opinión pública como un conjunto de valores, representaciones y guías para la acción, tanto comunitarias como individuales, preferentemente derivados de investigaciones científicas rigurosas, pero en formas y contenidos accesibles a públicos diversos [3]. Si bien el cambio climático también ha entrado en la agenda de actores institucionales y políticos, el involucramiento cotidiano

de los ciudadanos sigue representando un reto [4]. En este contexto, la comunicación mediática adquiere una mayor importancia para reconocer tanto el origen antropogénico del cambio climático como sus desafíos.

Las redes sociales constituyen una vía destacada para la comunicación de información, especialmente entre los segmentos más jóvenes de la sociedad. Además, éstos se han convertido en agentes de gran relevancia en la configuración del discurso público sobre el cambio climático, llegando incluso a relevar a los medios de comunicación tradicionales en el debate [5]. En los medios digitales, la expresión pública de la ciencia es impulsada por muy diversos actores y presenta características heterogéneas. La que corresponde al cambio climático, por ejemplo, incluye entidades de gobierno, activistas, medios de comunicación, portales educativos, prousuarios —usuarios que producen a la vez que consumen contenidos [6]— comprometidos con su remediación, instituciones científicas, entre otros. Los contenidos también son variables: anuncian desde cumbres de gobierno hasta ecosistemas dañados, pasando por las causas del daño ambiental, las iniciativas para la definición de políticas locales y regionales que ayuden a su mitigación y conferencias de expertos.

El proyecto que aquí se presenta aprovechó los recursos ofrecidos por la Alianza UNAM-Huawei para analizar un conjunto de 11,846 imágenes publicadas en las plataformas Google, Instagram, Twitter y Facebook con el propósito de identificar las temáticas principales a las que éstas aluden, así como las diversas formas de representación del cambio climático. Este trabajo se complementó con un cuestionario aplicado a población mayoritariamente universitaria ($n=351$), a quienes se solicitó evaluar una muestra de 20 imágenes que se consideraron representativas de toda la base de datos recopilada, en cuanto a su efectividad de representación del cambio climático, los sentimientos que les evocaban y si les invitaban a modificar actitudes o hábitos. Por razones de espacio, aquí sólo se comunican los resultados de la clasificación automática. En un trabajo previo se presentó el proceso de iteración seguido para obtener las etiquetas de la clasificación automática, antes de la revisión manual [7].

Mediante las frecuencias obtenidas para las imágenes de la base, se pretende, por un lado, identificar qué tipo de contenidos predominan en la representación gráfica del cambio

climático y, por el otro, evaluar el uso de técnicas de reconocimiento automático de imágenes en las ciencias sociales, aplicación poco explorada hasta el momento.

A continuación, se desarrolla la metodología empleada; posteriormente, se exponen los hallazgos y, finalmente, se plantean algunas conclusiones en las que también se identifican alcances y limitaciones del trabajo desarrollado.

Metodología

La investigación se realizó en tres fases: recolección, procesamiento y análisis de los datos. En la primera, se empleó software de recolección automática de datos digitales para identificar imágenes publicadas en las plataformas Google, Instagram, Twitter y Facebook entre 2020 y 2022. La búsqueda se ejecutó con las claves 'cambio climático' y 'calentamiento global'. De acuerdo con las características y limitaciones de cada plataforma, se intentó restringir la búsqueda a datos producidos en México o accedidos desde este país. Luego de eliminar imágenes repetidas, se obtuvo una base compuesta por 11,846 imágenes.

Para facilitar una primera exploración del contenido de la base, se utilizó la aplicación ImageX [8], que permite obtener visualizaciones agrupadas por patrones cromáticos y temáticos, compuestas por miniaturas de las imágenes originales. Con el apoyo de un experto en medio ambiente, se determinaron 43 categorías de contenido que, después de ser analizadas detalladamente, se redujeron a 29 y, finalmente, a 23, descontando las que no mostraban una clara relación con el tema de interés. Esta tipología de contenidos sirvió para calcular las frecuencias de aquellas imágenes que se consideraron altamente relacionadas con el cambio climático.

El etiquetado automático de las imágenes según las categorías previamente determinadas fue realizado mediante CLIP, una red neuronal preentrenada que aprende a partir de imágenes y textos tomados de Internet [9]. Esta herramienta de deep learning usa la estrategia Zero-Shot Learning, que consiste en generar secuencias cortas de texto o etiquetas asociadas a cada imagen que no forman parte de los datos de entrenamiento; es decir, la imagen dada no necesariamente formó parte del conjunto de entrenamiento. En nuestro trabajo, la utilizamos en varias secuencias de texto o etiquetas relevantes para el

cambio climático y así determinar la probabilidad de pertenencia de cada imagen [10]. Cada imagen se asoció a la etiqueta cuyos rasgos reportaron el mayor porcentaje de pertenencia a esa clase o etiqueta en todas las pruebas que se realizaron.

Para lograr una clasificación que tuviera una precisión cercana al 75%, se realizaron cinco iteraciones y varias operaciones sobre el nombre de las categorías, con el propósito de simplificar la semántica, precisar su denominación, y adaptarlas a las decisiones que tomaba el algoritmo. Para mejorar la categorización automática en las iteraciones sucesivas, se tomaron las siguientes decisiones:

Suprimir las categorías con significados amplios; por ejemplo, ‘no relacionado con el cambio climático’, o ‘sin definir’, porque allí se depositó más del 30 % de las imágenes. De este modo, se forzó la herramienta a que realizara un mayor esfuerzo para colocarlas en categorías específicas (como ‘activismo’, o ‘polución’).

Adecuar las etiquetas para facilitar el proceso de clasificación mediante el uso de CLIP. Por ejemplo, en la categoría ‘agricultura’, definida inicialmente, CLIP juntaba imágenes con otras que referían a alimentos de granja y a ferias de productores. Por ello, en vez de catalogar nuevamente esas imágenes, se reformuló su denominación a ‘*agriculture farm food*’. Así se minimizó el traslape con la intención de obtener clases “casi” mutuamente excluyentes.

Sustituir los sustantivos y conceptos abstractos por denominaciones concretas: por ejemplo, ‘children’ se cambió por ‘*group of children*’, o ‘garbage’ por ‘*piles of trash*’, y ‘*political deliberations*’ por ‘*politicians deliberating*’.

Reclasificar manualmente objetos simples y otros complejos. Dentro de los primeros, por ejemplo, el sistema preentrenado no reconoció a las aves como animales, sino que las clasificó como ‘naturaleza’. En el caso de los segundos, no reconoció imágenes humorísticas, tales como caricaturas o memes, ni imágenes diseñadas por computadora, evidenciando dificultades para clasificar imágenes acompañadas de texto. En este proceso, se crearon dos nuevas etiquetas: ‘imágenes no representativas y sólo texto’, y ‘conciencia sobre cambio climático’, que se sumaron a las existentes y se les agregaron las imágenes manualmente.

Corroborar con una estrategia de clustering, si había agrupamientos con poco traslape (a conservar) y/o objetos fuera de cualquier clase o outliers (a eliminar). Si el número de agrupamientos mutuamente excluyentes y los demás presentaban poco traslape o coincidencia con otras clases, se detenía el proceso. Las categorías con menor coincidencia con otras clases fueron cuatro: 'ártico', 'sequía', 'planeta Tierra' y 'eficiencia energética', que constituyen el 18% del total de categorías. Por otro lado, seis parejas de clases no tuvieron coincidencia con otras categorías, constituyendo éstas el 27% de la muestra. Por lo tanto, al llegar al 45% de etiquetas con mínimo traslape, se decidió detener el procesamiento.

Posteriormente, se analizaron las frecuencias obtenidas en dos direcciones. Primero, se realizó un análisis de contenido en el que se agruparon las categorías según se vincularan con causas, consecuencias o con la mitigación del cambio climático. Luego, se determinó la efectividad alcanzada por la categorización automática, comparando los resultados iniciales de la misma con los obtenidos después de la recategorización manual.

Hallazgos

Según el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) [11], el cambio climático es impulsado principalmente por actividades humanas, especialmente la quema de combustibles fósiles, la deforestación y ciertos procesos industriales, que aumentan las concentraciones de gases de efecto invernadero (GEI) y elevan las temperaturas globales. Estas transformaciones se representaron en la muestra analizada mediante las etiquetas 'contaminación', 'plástico', 'deforestación', 'petróleo', 'autos', 'ganado' y 'montones de basura', las cuales representaron el 17% del total de imágenes en la muestra.

Estos factores generan graves impactos en ecosistemas, salud, agricultura y comunidades vulnerables. Las imágenes pertenecientes a estas categorías incluyen al planeta Tierra envuelto en llamas, animales en peligro de extinción, sequías, paisajes de los polos ártico y antártico, afectaciones a la salud y a la infancia, inundaciones, incendios forestales y escasez de agua, y equivalieron al 37% del total de imágenes.

Frente a estos impulsos humanos y sus impactos, ciertas acciones se enfocan en crear infraestructuras y prácticas de adaptación para reducir la vulnerabilidad a eventos concretos,

como la creación de conciencia sobre el cambio climático, las acciones para efficientar la energía o proteger la naturaleza, como actitud positiva hacia el cuidado del planeta. Por su parte, la mitigación implica la reducción de gases de efecto invernadero mediante cambios energéticos, en el transporte y la industria, y la promoción de tecnologías sostenibles y políticas climáticas [12]. Las acciones de adaptación y mitigación corresponden al 14% y el 25% de la muestra, respectivamente. Finalmente, los textos con formato de imagen y las imágenes no relacionadas con el cambio climático abarcaron el 7% de la muestra.

La Tabla I muestra la frecuencia encontrada para las etiquetas utilizadas en el proceso de clasificación. La de mayor frecuencia es la correspondiente al planeta Tierra. Esta etiqueta incluye imágenes intervenidas o diseñadas por computadora que representan al planeta quemándose o derritiéndose. En segundo lugar, aparecen imágenes vinculadas a prácticas de adaptación relacionadas con el ahorro de energía, el uso de energías sustentables como paneles solares y molinos eólicos, y diversas recomendaciones para el ahorro de energía en el hogar. Estas acciones de mitigación se encuentran más presentes en la muestra que las acciones de reciclaje, que están más al alcance de la ciudadanía. El número relativamente alto de imágenes sobre políticos deliberando en diferentes contextos, ya sea en recintos legislativos, cumbres de cambio climático o incluso en campañas electorales, muestra que el tema se ubica en las agendas políticas, a pesar de que se minusvaloran los daños que las diferentes regiones sufren debido al cambio climático antropogénico.

Tabla I. Frecuencia de las etiquetas utilizadas.

| Categoría | Etiqueta | Frecuencia % |
|-------------------------------------|-----------------------------------|--------------|
| Impulso por actividad humana | Contaminación | 5 |
| | Plástico | 4 |
| | Deforestación | 3 |
| | Ganado | 1 |
| | Montones de basura | 1 |
| | Petróleo | 2 |
| | Automóviles | 1 |
| | Subtotal | 17 |
| Impacto | Planeta Tierra | 15 |
| | Animales (en extinción) | 4 |
| | Sequía | 4 |
| | Ártico | 4 |
| | Salud | 3 |
| | Inundación | 2 |
| | Grupo de niños | 2 |
| | Agua | 2 |
| | Incendios forestales | 1 |
| | Subtotal | 22 |
| Adaptación | Eficiencia energética | 9 |
| | Alimentos de agricultura y granja | 3 |
| | Conciencia sobre cc | 2 |
| Subtotal | 14 | |
| Mitigación | Políticos deliberando | 8 |
| | Activismo | 7 |
| | Reciclaje | 5 |
| | Naturaleza | 3 |
| | Bicicletas | 2 |
| | Subtotal | 25 |

Un segundo nivel de hallazgos corresponde a la precisión con la que el método empleado para el etiquetado categorizó las imágenes. Dicho porcentaje es variable, aunque sea independiente del número de imágenes que se hayan agrupado en cada categoría. La Tabla II muestra las categorías con las que CLIP logró una precisión igual o superior al 90%.

Tabla II. Precisión mayor al 90% en el etiquetado automático.

| Etiqueta | CLIP | Manual | Definitiva | Precisión % |
|-----------------------------------|-------------|---------------|-------------------|--------------------|
| Plástico | 496 | 1 | 497 | 100 |
| Petróleo | 209 | 1 | 210 | 100 |
| Montones de basura | 68 | 1 | 69 | 99 |
| Deforestación | 301 | 5 | 306 | 98 |
| Salud | 364 | 8 | 372 | 98 |
| Ganado | 90 | 3 | 93 | 97 |
| Bicicletas | 188 | 7 | 195 | 96 |
| Grupo de niños | 206 | 8 | 214 | 96 |
| Autos | 157 | 9 | 166 | 95 |
| Reciclaje | 537 | 39 | 576 | 93 |
| Ártico | 411 | 44 | 455 | 90 |
| Alimentos de agricultura y granja | 351 | 39 | 390 | 90 |

Algunas de las etiquetas que tuvieron precisiones elevadas fueron renombradas, como se describió en la metodología, a partir de diferentes estrategias. Por ejemplo, la sustitución de conceptos abstractos por expresiones concretas, como es el caso de ‘basura’ por ‘montones de basura’ o infancia por ‘grupos de niños’. En otros casos, funcionó bien ajustar las etiquetas a las clasificaciones que realizaba CLIP; por ejemplo, sustituyendo ‘enfermedad’ por ‘salud’ y ‘agricultura’ por ‘alimentos de agricultura y granja’.

Hay otros casos en los que las etiquetas corresponden a objetos muy concretos, como ‘bicicletas’, ‘autos’ o ‘ganado’. Marcadores un poco más abstractos como ‘reciclaje’ o ‘ártico’ muestran un buen desempeño del entrenamiento de CLIP en esos tópicos. El segundo, especialmente, presenta patrones de colores y formas asociadas a hielos y cielos que seguramente hacen que los objetos incluidos en las imágenes sean reconocidos fácilmente.

La Tabla III presenta las etiquetas que no obtuvieron precisión alguna o en las que ésta fue muy baja.

Tabla III. Etiquetas con menor precisión.

| Etiqueta | CLIP | Manual | Definitiva | Precisión % |
|----------------------------|------|--------|------------|-------------|
| No representativas y texto | 0 | 789 | 789 | 0 |
| Conciencia sobre cc | 0 | 259 | 259 | 0 |
| Humor | 0 | 29 | 29 | 0 |
| Eficiencia energética | 3545 | -2510 | 1035 | 29 |
| Políticos deliberando | 484 | 514 | 998 | 48 |
| Activismo | 577 | 275 | 852 | 68 |
| Naturaleza | 553 | -152 | 401 | 73 |
| Sequía | 340 | 128 | 468 | 73 |
| Incendio | 108 | 22 | 130 | 83 |

La precisión nula se debió a la existencia de imágenes poco literales, como aquellas relacionadas con ‘humor’, las que resultaron poco concretas, como el caso de ‘activismo’, o también por falta de precisión de la red al clasificar a las ‘aves’ como ‘naturaleza’ y no como ‘animales’. La herramienta tampoco fue capaz de distinguir archivos con formato de imágenes que contenían solamente texto, diseños realizados por computadora, ni imágenes no representativas del cambio climático.

En el caso de ‘eficiencia energética’, se vio que la red tiende a usar una etiqueta como contenedora de todas las imágenes que no logró distribuir en el resto. Esta categoría contenía, además, imágenes semánticamente complejas, ya que combinaban fotografías, diseño digital de imagen y textos; según se ha advertido, esto dificultó la clasificación con CLIP. En ese marcador, estaban depositadas las imágenes que luego fueron clasificadas manualmente como ‘conciencia sobre cambio climático’ y que consistían, en general, en combinaciones entre texto, dibujo digital e imagen diseñada por computadora.

Conclusiones

Esta investigación permitió explorar el etiquetado automático de una muestra de 11,846 imágenes recolectadas de plataformas digitales y relacionadas con el cambio climático, a

través de un algoritmo que usó CLIP como red neuronal preentrenada; éstas fueron clasificadas temáticamente en 23 categorías, construidas a partir de una exploración previa de la muestra.

Las categorías relacionadas con las actividades humanas causantes del aumento en la temperatura obtuvieron una frecuencia menor que los impactos, mientras que las acciones de adaptación y mitigación presentaron, en conjunto, frecuencias mayores que las de los impactos. En un trabajo anterior, donde se analizan los resultados de una encuesta a personas residentes en México [7], se determinó que las representaciones del cambio climático se asocian directamente con causas antropogénicas, que en esta muestra son las que poseen menor frecuencia de aparición, por lo que el incremento de la exposición a este tipo de imágenes generaría mayor conciencia en la ciudadanía sobre los daños ambientales de origen antropogénico.

Cabe mencionar que, durante las cinco iteraciones realizadas con CLIP, se observó un proceso de reducción, simplificación y ajuste semántico en las etiquetas que resultó satisfactorio, en términos generales, puesto que mejoró el proceso de clasificación.

También se observó que CLIP funciona mejor si las etiquetas tienden a ser semánticamente concretas y léxicamente simples. No obstante, no se pudieron resolver las limitaciones que surgieron en el proceso de clasificar imágenes que combinan elementos, tales como texto, dibujo, fotografía o diseño gráfico.

Agradecimientos

Los autores agradecen al Mtro. Uriel Martínez-Sánchez el apoyo técnico en el procesamiento de imágenes. Este artículo fue realizado con apoyo de la Alianza para promover el desarrollo de las capacidades digitales en México, convocatoria 2022. La Dra. Sued agradece también el apoyo del programa de estancias postdoctorales SECIHTI (2023-2025) y del Instituto de investigaciones Sociales de la UNAM.

Referencias

- [1] Organización de las Naciones Unidas (ONU), "Protocolo de Kioto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático", 1998. [En línea]. Disponible: <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpspan.pdf>
- [2] INCC-Instituto Nacional del cambio climático, "Impactos del Cambio Climático en México [México ante el cambio climático]", 2022. [En línea]. Disponible: <https://cambioclimatico.gob.mx/impactos-del-cambioclimatico-en-mexico/>
- [3] C. Callison, *How Climate Change Comes to Matter: The Communal Life of Facts*. Durham, NC: Duke University Press, 2014.
- [4]] A. Giddens, *The politics of climate change*. London: Polity Press, 2011.
- [5]] B. León y M. del C. Erviti, "La comunicación del cambio climático en redes sociales: fortalezas y debilidades", en Daniel Rodrigo Cano, Rocío Mancinas-Chávez y Rogelio Fernández-Reyes (eds.) *La comunicación del cambio climático: una herramienta ante el gran desafío* pp.181-221 Madrid: Dykinson, 2021.
- [6] A. Bruns, "The Future Is User-Led: The Path towards Widespread Producers", *Fibreculture Journal*, núm. 11, 2008, consultado el 04 de noviembre de 2024. [En línea] <https://doaj.org/article/2c46e8b335b54104bc419ae882911170>
- [7] G. Sued, J. Zubieta-García, W. Pereira, J. L. Hernández, A. Rodríguez, R. Toledo, A. Carmona, y U. Martínez, "Las imágenes digitales del cambio climático en México: de problema científico a tema de opinión pública", en *Memorias de las Segundas Jornadas de Estudios Sociales de Ciencia y Tecnología*, 29–47, 2023. Mérida: Universidad Nacional Autónoma de México. https://www.academia.edu/110313314/Memorias_de_las_Segundas_Jornadas_de_Estudios_Sociales_de_Ciencia_y_Tecnolog%C3%ADa?source=swp_share
- [8] N. Hezel y K. Werthel, ImageX. (2018). *Visual Computing*. [software] <https://visual-computing.com/project/imagex/>

- [9] Openai, CLIP. *Connecting Text and Images* (2021). [software]
<https://openai.com/research/clip>
- [10] A. Radford et al., "Learning Transferable Visual Models from Natural Language Supervision", *Proceedings of the 38th International Conference on Machine Learning, PMLR*, pp. 8748–8763, jul. 2021. Consultado el 4 de noviembre de 2024 [En línea]. Disponible: <https://proceedings.mlr.press/v139/radford21a.html>
- [11] Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, "Cambio Climático 2021. Bases físicas. Resumen para responsables de políticas", 2021. [En línea]. Disponible: https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WG1_SPM_Spanish.pdf
- [12] Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, "Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability", 2022. [En línea]. Disponible: <https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-working-group-ii/>