

La Ética Científica en la Investigación Geográfica: Un Modelo Predictivo para la Toma de Decisiones Responsables.

Scientific Ethics in Geographical Research: A Predictive Model for Responsible Decision Making.

Daniel Alejandro Ruiz Manzanares
Maestría en Análisis Espacial y Geoinformática.
Facultad de Geografía, UAEMéx.
daniel99manzanares@gmail.com

Fecha de recepción:20/02/2026

Fecha de aceptación:17/03/2026

Fecha de publicación:23/03/2026

Resumen

El objetivo central de este ensayo es analizar el componente ético que acompaña a la investigación científica aplicada, particularmente desde la relación entre la Ética y la Geografía. Para ello, se toma como referencia el tema de tesis titulado “Modelo predictivo de dispersión de NO₂ utilizando imágenes TEMPO en las áreas metropolitanas del centro de México”. Este proyecto se inserta en un contexto marcado por la crisis ambiental y la desigualdad territorial, donde el monitoreo de contaminantes atmosféricos adquiere relevancia no solo técnica, sino también social y moral.

En este sentido, la pregunta que guía el análisis es: ¿de qué manera la ética científica fundamenta el uso de modelos predictivos como herramientas para la toma de decisiones responsables frente a problemáticas ambientales complejas? A partir de ello, se sostiene como tesis que la ética científica, entendida como el compromiso con la objetividad, la rigurosidad metodológica y la producción de conocimiento verificable, constituye la base indispensable para la construcción de decisiones socialmente justas.

El debate sobre la ética en la ciencia suele organizarse en torno a la distinción entre ética científica y ética social. Mientras la ética social, influida por enfoques críticos (Chaparro, 2012), pone énfasis en la denuncia de desigualdades y la interpretación contextual, la ética científica se centra en la producción de conocimiento objetivo mediante metodologías rigurosas (Sánchez, 2008). Lejos de ser excluyentes, ambas dimensiones se complementan; sin embargo, este ensayo se enfoca en la ética científica como fundamento que permite sostener con solidez cualquier posicionamiento social.

El modelo predictivo de NO₂, por su naturaleza técnica y analítica, permite observar de manera concreta cómo se materializa la ética científica en la investigación aplicada. La dificultad y la magnitud de la crisis ambiental en el centro de México requieren instrumentos de análisis que vayan más allá de una descripción relativa de los fenómenos. El Modelo Predictivo de NO₂, por su naturaleza técnica y analítica, enseña perfectamente cómo se aplica la ética en la ciencia. La elección de un enfoque metodológico crítico y el uso de la herramienta TEMPO (monitoreo de la contaminación troposférica a alta resolución) no es casual; es una postura ética que busca entender cómo se distribuye el contaminante con la mayor precisión temporal y espacial posible.

Abstract

The central objective of this essay is to analyze the ethical component that accompanies applied scientific research, particularly from the perspective of the relationship between Ethics and Geography. To this end, the thesis topic entitled “Predictive Model of NO₂ Dispersion Using TEMPO Images in Metropolitan Areas of Central Mexico” is used as a reference. This project is situated within a context marked by the environmental crisis and territorial inequality, where the monitoring of atmospheric pollutants acquires not only technical relevance, but also social and moral ones.

In this sense, the question guiding the analysis is: how does scientific ethics ground the use of predictive models as tools for responsible decision-making in the face of complex environmental problems? Based on this, the thesis is that scientific ethics, understood as the

commitment to objectivity, methodological rigor, and the production of verifiable knowledge, constitutes the indispensable foundation for constructing socially just decisions.

The debate on ethics in science is usually organized around the distinction between scientific ethics and social ethics. While social ethics, influenced by critical approaches (Chaparro, 2012), emphasizes denouncing inequalities and contextual interpretation, scientific ethics focuses on the production of objective knowledge through rigorous methodologies (Sánchez, 2008). Far from being mutually exclusive, both dimensions complement each other; however, this essay focuses on scientific ethics as the foundation that allows for a solid foundation for any social position.

The NO₂ predictive model, due to its technical and analytical nature, allows us to observe concretely how scientific ethics materializes in applied research. The difficulty and magnitude of the environmental crisis in central Mexico require analytical tools that go beyond a relative description of the phenomena. The NO₂ Predictive Model, due to its technical and analytical nature, perfectly illustrates how ethics is applied in science. The choice of a critical methodological approach and the use of the TEMPO tool (high-resolution tropospheric pollution monitoring) is not accidental; It is an ethical stance that seeks to understand how the pollutant is distributed with the greatest possible temporal and spatial precision.

La Defensa de la Objetividad Científica

En la Geografía latinoamericana persiste una inquietud constante respecto al uso de la objetividad y los enfoques cuantitativos. En este sentido, Sánchez (2008) advierte que asumir que la realidad es demasiado compleja para ser analizada mediante métodos numéricos no solo limita su comprensión, sino que conduce a un estancamiento tanto teórico como práctico. Dentro de la Geoinformática y los Sistemas de Información Geográfica (SIG), el empleo de modelos predictivos proporciona la base necesaria para identificar con precisión el lugar, el tiempo y la intensidad de un riesgo ambiental. La delimitación espacial de un contaminante no es un elemento secundario: constituye la prueba que respalda la urgencia de actuar.

Comprometerse con la ética científica implica que quien investiga mantenga la objetividad y la independencia intelectual. Este compromiso se entiende como un ideal en el que el especialista “se entrega a la búsqueda de la verdad y procura mostrarla sin sesgos” (Núñez Bustillos, 2006). Para el caso del NO₂, dicha objetividad significa no alterar la magnitud del riesgo por influencias de carácter político o económico. La información que ofrece el modelo predictivo se convierte, por tanto, en el recurso más sólido del Geoinformático dentro de los procesos de decisión.

El Valor Utilitario y Ético de la Representación Simple

Comprender el espacio, es decir, mapearlo y analizarlo, posee un valor en sí mismo; sin embargo, su relevancia principal radica en su capacidad para transformar la realidad. (Chaparro, 2012). Un modelo predictivo, al funcionar como una representación simplificada y más objetiva de un fenómeno complejo, se convierte en un instrumento eficaz que, en manos de un Geoinformático con la preparación adecuada, puede impulsar mejoras materiales y promover una distribución más equitativa de los recursos (Correa, Arenas y Alvarado, 2018).

La aparente sencillez matemática del modelo de dispersión constituye, de manera incomprensible, una obligación ética. Al convertir el riesgo en métricas espaciales precisas y verificables, se deja atrás el discurso subjetivo o relativista que frecuentemente frena la acción pública. Por ello, el modelo predictivo, gracias a su solidez metodológica, se configura como un mandato ético que otorga a las decisiones responsables un fundamento de verdad imposible de ignorar.

La Responsabilidad Íntima ante la Dilución del Deber

Aunque el modelo de dispersión de NO₂ nace desde la objetividad científica, su aplicación tiene consecuencias sociales necesarias que trascienden el laboratorio. La Geografía Científica, especialmente aquella que utiliza herramientas poderosas como los SIG y la teledetección, no puede ser una actividad aislada del “para qué” de su conocimiento. Este “para qué” nos traslada del rigor metodológico al compromiso con el impacto social. La

Responsabilidad como Fenómeno y Deber se vuelve crucial en la investigación aplicada. La tesis doctoral de Cabrera Fernández (2020) sobre el proceso de dilución de la responsabilidad en la ciencia es fundamental para entender el riesgo ético en este tipo de proyectos.

En el contexto científico contemporáneo, el deber suele dividirse entre diversos actores como analistas, responsables políticos, administraciones y empresas, lo que genera un escenario en el que nadie asume plenamente las consecuencias

negativas de una decisión. Al trabajar con la modelación de la dispersión del NO₂, el Geoinformático se enfrenta a una forma de responsabilidad profundamente personal. Esta no puede delegarse, diluirse ni justificarse mediante terceros (software, imágenes satelitales o decisiones institucionales). Por el contrario, la responsabilidad científica debe asumirse como un compromiso permanente e intransferible.

Este compromiso no se reduce únicamente a corregir fallos técnicos del modelo, como problemas de calibración o errores informáticos. En un plano ético más amplio, la responsabilidad abarca también los efectos que puede llegar a generar el modelo si se aplica de manera incorrecta o, incluso, si quienes deben tomar decisiones optan por ignorarlo (Schulz, 2005). La información objetiva que produce un modelo predictivo se convierte en una forma de poder; por ello, su mal uso implica una falta ética tan seria como una equivocación en el procedimiento científico.

El modelo predictivo debe funcionar como un contrapeso intelectual frente a la ceguera sistémica, es decir, frente a la tendencia de las estructuras políticas y económicas a minimizar o pasar por alto los efectos secundarios de largo plazo de sus acciones, como los impactos continuos del contaminante en la salud y el desarrollo social. La predicción geográfica tiene la capacidad de revelar y cuantificar aquello que el sistema intenta desatender. Predecir, en este sentido, es un acto de protección. Al ofrecer un pronóstico sobre la dispersión del NO₂, la investigación se coloca de forma directa en la esfera del bienestar y la salud de las poblaciones vulnerables. Por ello, quien desarrolla el modelo adquiere la obligación moral de exigir que esa verdad se traduzca en acciones preventivas. En síntesis, la objetividad científica se convierte en la base de un compromiso ético que no puede ser evitado.

Mapeando la Injusticia Espacial y la Esperanza Moral

La presencia de NO₂ en la atmósfera no se distribuye de manera aleatoria. Su localización responde a patrones contruidos históricamente, vinculados al uso del suelo, la actividad industrial y las formas de ordenamiento territorial. En las zonas metropolitanas del centro de México, los mapas de dispersión del contaminante no solo permiten anticipar la calidad del aire, sino que también evidencian una forma persistente de injusticia ambiental (Escalona Thomas, 2018). Esta representación cartográfica deja ver cómo ciertas decisiones de planificación tomadas en el pasado han llevado a que el riesgo ambiental se concentre justamente en áreas habitadas por sectores socialmente vulnerables. Las comunidades con menores ingresos suelen ubicarse junto a corredores industriales o vías con intenso flujo vehicular, dando lugar a una doble forma de desigualdad: limitaciones económicas y una mayor exposición cotidiana a contaminantes atmosféricos.

Extrapolación a la Justicia

La Geoinformática, mediante el uso de un modelo predictivo como este, adquiere justicia ética cuando sus resultados promueven de manera directa una mayor equidad (Escalona Thomas, 2018). Esto se vincula con el principio de Justicia Distributiva, que busca una repartición equilibrada tanto de los beneficios como de las cargas ambientales. Al señalar con exactitud las zonas con mayor exposición al NO₂, el modelo se transforma en un instrumento para corregir desequilibrios, presionando a las instituciones a destinar recursos de mitigación y políticas de salud pública hacia los territorios que han sido históricamente desfavorecidos.

El dilema central de la Geoinformática en el contexto latinoamericano no gira en torno a si debe mantener una postura neutral, sino a si es capaz de orientar su conocimiento y sus herramientas hacia fines socialmente más elevados (Sánchez, 2008). Con ello, la Geografía se aleja de la visión pasiva que la concibe únicamente como una disciplina crítica de la realidad social. Por el contrario, se posiciona como un campo capaz de aportar información precisa y significativa basada en la verdad científica para disminuir desigualdades territoriales y optimizar la distribución de recursos destinados a la mitigación.

Daniel Alejandro Ruiz - Manzanares

El Agente de Esperanza Moral

El uso del conocimiento para revelar hechos y plantear alternativas viables convierte al geógrafo en un actor con responsabilidad ética y en una figura capaz de generar esperanza moral (Zerpa, 2007). En ese sentido, un modelo predictivo no puede limitarse a ser un documento técnico; debe funcionar como un impulso para la transformación. La Geografía, como sostiene Cabrera Fernández (2020), tiene el deber de insistir en que la verdad que producen sus herramientas se traduzca en acciones justas, orientadas a mejorar las condiciones de vida de las comunidades afectadas (Chaparro, 2012).

La investigación se plantea precisamente como una respuesta a ese compromiso: un posicionamiento en el ámbito de los SIG que busca ser útil, rigurosamente científico y éticamente orientado hacia la reducción del riesgo y la promoción de una mayor equidad espacial.

Conclusiones

El modelo predictivo de dispersión de NO₂ representa mucho más que una herramienta técnica: es una expresión concreta de la ética científica aplicada. Su valor no radica únicamente en la precisión de sus resultados, sino en su capacidad para transformar datos en argumentos que interpelan la realidad social.

En este sentido, la objetividad científica debe entenderse como una forma de compromiso ético, ya que permite visibilizar problemáticas que de otro modo permanecerían ocultas o minimizadas. Sin embargo, este compromiso también implica reconocer los riesgos asociados a la fragmentación de la responsabilidad en los sistemas contemporáneos de toma de decisiones.

Por ello, el conocimiento geográfico, cuando se sustenta en bases científicas sólidas, adquiere un potencial transformador que trasciende el análisis descriptivo. Se convierte, así, en una herramienta para la construcción de justicia espacial, en la que la evidencia no solo informa, sino que exige acción. En última instancia, la ética científica no es un complemento de la investigación, sino su condición más necesaria.

Bibliografía

- Cabrera Fernández, M. (2020). Ciencia, hombre y humanidad: El proceso de dilución de la responsabilidad (Tesis doctoral). Universidad Autónoma del Estado de México.
- Chaparro Mendivelso, J. (2012). Sobre la ética y la geografía. En XII Coloquio Internacional de Geocrítica.
- Correa Casanova, M., Arenas Vásquez, F., & Alvarado Peterson, V. (Eds.). (2018). Ética en geografía: Reflexiones sobre espacios y territorios para el mundo en que estamos y el que se nos viene (GEOlibros No. 28).
- Escalona Thomas, D. (2018). Justicia ambiental: Una perspectiva sobre los conflictos ambientales. En M. Correa Casanova et al. (Eds.), Ética en geografía (pp. 105–117).
- Núñez Bustillos, J. C. (2006). Ciencia y ética: Entre el por qué y el para qué. ITESO.
- Sánchez, D. C. (2008). Ética social vs. ética científica: La dicotomía de la geografía actual en América Latina. *Revista Geográfica*, (143), 47–95.
- Schulz, P. C. (2005). La ética en ciencia. *Revista Iberoamericana de Polímeros*, 6(2).