

Artículo de investigación

<https://doi.org/10.47460/athenea.v6i22.107>

Entre cargas y emociones: una analogía electromagnética desde la Ley de Coulomb

Roberto Antony Lárez
<https://orcid.org/0009-0006-5540-4872>
larezroberto@gmail.com
Universidad Nacional Experimental Politécnica Antonio José de Sucre
UNEXPO-Puerto Ordaz
Estado Bolívar-Venezuela

*Autor de correspondencia: larezroberto@gmail.com

Recibido (21/08/2025), Aceptado (22/09/2025)

Resumen. Este artículo propone una analogía científica entre el campo eléctrico y el campo emocional, con base en la Ley de Coulomb. Mediante una simulación computacional, se modelan interacciones emocionales como cargas positivas, negativas o neutras, permitiendo visualizar líneas de fuerza, intensidad y superposición de campos. Se plantean escenarios que representan vínculos afectivos, tensiones o neutralidades dentro de un entorno grupal, ofreciendo una perspectiva alternativa para comprender dinámicas emocionales desde una estructura física formal. Esta propuesta se enmarca en un enfoque interdisciplinar que integra física, educación y psicología, y busca contribuir tanto a la enseñanza de conceptos abstractos como a la reflexión sobre las relaciones humanas.

Palabras clave: analogía electromagnética, campo emocional, Ley de Coulomb, simulación computacional, visualización científica, interacciones sociales, educación interdisciplinar.

Between Charges and Emotions: An Electromagnetic Analogy from Coulomb's Law

Abstract. This paper presents a scientific analogy between the electric field and the emotional field, based on Coulomb's Law. Through computational simulation, emotional interactions are modeled as positive, negative, or neutral charges, allowing the visualization of field lines, intensity, and superposition. Scenarios representing affective bonds, tensions, or neutrality within group environments are developed, offering an alternative perspective to understanding emotional dynamics through a formal physical structure. This proposal follows an interdisciplinary approach that bridges physics, education, and psychology, aiming to enhance the teaching of abstract concepts and foster reflection on human relationships.

Keywords: electromagnetic analogy, emotional field, Coulomb's Law, computational simulation, scientific visualization, social interactions, interdisciplinary education.



I. INTRODUCCIÓN

El estudio del campo eléctrico y de las fuerzas que rigen las interacciones entre cargas constituye uno de los pilares fundamentales de la física clásica [1]. Estas interacciones, formalizadas por la Ley de Coulomb y las expresiones asociadas al campo eléctrico, no solo sustentan el diseño de dispositivos electrónicos, sistemas de telecomunicación y procesos industriales, sino que también ofrecen un marco conceptual robusto para explorar fenómenos abstractos a través del pensamiento analógico. En este contexto, la presente investigación propone un enfoque innovador que consiste en emplear la física electromagnética como metáfora estructural para comprender los vínculos afectivos y emocionales del ser humano, particularmente el fenómeno de los sentimientos [2].

La física ha demostrado ser una disciplina capaz de modelar comportamientos complejos mediante leyes precisas, incluso cuando estos sistemas involucran múltiples variables y condiciones de contorno [3]. Del mismo modo, los sentimientos pueden considerarse como un sistema dinámico, no lineal, influenciado por factores internos (afinidades, personalidades, emociones) y externos (entorno social, historia de vida, cultura). Bajo esta perspectiva, se propone una analogía científica que compara a los individuos con cargas eléctricas puntuales, cuyas interacciones pueden ser atractivas o repulsivas, moduladas por la distancia emocional y condicionadas por su carga afectiva intrínseca [4].

La Ley de Coulomb, formulada por Charles-Augustin de Coulomb en 1785 [5], establece que la fuerza entre dos cargas es directamente proporcional al producto de sus magnitudes e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que las separa. Esta relación matemática ha sido extensamente validada en sistemas físicos, pero aquí se explora su aplicación metafórica para describir el grado de atracción o repulsión emocional entre personas [6]. Al reinterpretar el campo eléctrico como un campo emocional, se pretende establecer un lenguaje paralelo que permita, sin sacrificar el rigor técnico, acercar los conceptos abstractos de la física a las experiencias humanas cotidianas.

Lejos de trivializar la ciencia, esta propuesta se enmarca en la tendencia pedagógica de construir puentes entre la racionalidad científica y el mundo emocional. Varios estudios han demostrado que el uso de analogías y metáforas en la enseñanza de la física mejora la comprensión conceptual y fomenta una conexión más profunda entre el conocimiento teórico y la vivencia personal [7, 8, 9, 10]. Así, hablar de atracción entre cargas no es incompatible con reflexionar sobre los vínculos humanos, siempre que se mantenga la precisión formal del modelo físico y se delimite claramente el alcance de la metáfora.

En este artículo se abordarán, con rigor técnico, los fundamentos del campo eléctrico y la Ley de Coulomb, se propondrá una analogía estructurada entre variables físicas y emocionales, y se discutirán posibles aplicaciones de este enfoque en el ámbito de la enseñanza de las ciencias. La intención es demostrar que incluso dentro de la racionalidad más estricta de la física, es posible abrir espacios para una interpretación sensible, creativa y profundamente humana del mundo.

II. DESARROLLO

El estudio del campo eléctrico constituye una base esencial en la comprensión de los fenómenos electromagnéticos. Este campo es generado por las cargas eléctricas, las cuales pueden ser positivas o negativas, y su comportamiento se describe a partir de leyes fundamentales de la física clásica. Comprender cómo interactúan las cargas, cómo se manifiestan sus efectos a través del espacio y cómo se cuantifican estas interacciones permite no solo explicar fenómenos naturales, sino también desarrollar aplicaciones tecnológicas de amplio impacto.

Una de las nociones más elementales en esta área es la **carga eléctrica**, propiedad intrínseca de ciertas partículas subatómicas como los protones y electrones. Esta propiedad es responsable de las fuerzas eléctricas que se ejercen entre ellas. Las cargas del mismo signo se repelen, mientras que las de signos opuestos se atraen, estableciendo así la base de las interacciones electrostáticas. La **ley de conservación de la carga** establece que la carga total de un sistema aislado permanece constante.

El comportamiento de las cargas puntuales en reposo se describe por la **Ley de Coulomb**, la cual establece que la magnitud de la fuerza eléctrica entre dos cargas es directamente proporcional al producto de sus magnitudes e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que las separa. Esta relación se expresa matemáticamente como:

$$\vec{F} = k_e \frac{q_1 q_2}{r^2} \hat{r} \quad (1)$$

donde \vec{F} es la fuerza eléctrica, q_1 y q_2 son las magnitudes de las cargas, r es la distancia entre ellas, \hat{r} es el vector unitario que indica la dirección de la fuerza, y k_e es la constante de Coulomb, cuyo valor en el vacío es $8.99 \times 10^9 \text{ N m}^2/\text{C}^2$.

De manera más general, la acción de una carga sobre el espacio que la rodea se representa mediante el concepto de **campo eléctrico**. Este campo, denotado por el vector \vec{E} , se define como la fuerza que una carga de prueba positiva experimentaría por unidad de carga:

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_0} \quad (2)$$

donde q_0 es la carga de prueba. Para una carga puntual, el campo eléctrico se expresa como:

$$\vec{E} = k_e \frac{q}{r^2} \hat{r} \quad (3)$$

El campo eléctrico se puede extender a sistemas con múltiples cargas puntuales, así como a distribuciones continuas de carga, para las cuales se requiere realizar integraciones sobre la geometría del sistema, ya sea lineal, superficial o volumétrica. En tales casos, se definen las densidades de carga: $\lambda = \frac{dq}{dl}$ (lineal), $\sigma = \frac{dq}{dA}$ (superficial) y $\rho = \frac{dq}{dV}$ (volumétrica), según corresponda.

La **Ley de Gauss**, formulada a partir de la relación entre el campo eléctrico y la carga encerrada en una superficie cerrada, establece que el flujo eléctrico total a través de dicha superficie es proporcional a la carga neta encerrada:

$$\Phi_E = \oint \vec{E} \cdot d\vec{A} = \frac{q_{\text{int}}}{\epsilon_0} \quad (4)$$

Esta ley es particularmente útil en problemas con simetría esférica, cilíndrica o planar, ya que permite calcular el campo sin necesidad de integrar directamente.

Otra noción clave es la del **trabajo eléctrico**, que se refiere a la energía transferida al mover una carga en el seno de un campo eléctrico. Este trabajo está relacionado con el **potencial eléctrico**, una magnitud escalar que cuantifica la energía potencial por unidad de carga. El diferencial de potencial entre dos puntos se calcula como:

$$\Delta V = - \int_A^B \vec{E} \cdot d\vec{l} \quad (5)$$

En consecuencia, se puede definir el campo eléctrico también como el gradiente negativo del potencial:

$$\vec{E} = -\nabla V \quad (6)$$

Esta formulación resulta especialmente útil para visualizar campos conservativos y permite aplicar técnicas matemáticas avanzadas para resolver problemas complejos. Estos conceptos ofrecen un marco teórico sólido que permite interpretar los fenómenos electrostáticos desde un enfoque riguroso y coherente. Su aplicación se extiende desde el diseño de sistemas eléctricos hasta el análisis de materiales, la interacción de partículas y campos tecnológicos emergentes como la microelectrónica y la bioelectricidad.

III. METODOLOGÍA

El presente estudio adopta una metodología teórica-analógica de base científica, que integra rigurosamente los fundamentos de la física electromagnética con un marco conceptual ampliado centrado en los sentimientos humanos como sistemas complejos de interacción emocional. El objetivo no es reducir la complejidad afectiva a una ecuación, sino establecer un modelo estructural análogo que permita ilustrar, desde una perspectiva científica, cómo pueden representarse y visualizarse ciertas dinámicas emocionales a través del lenguaje formal de la física.

El punto de partida metodológico es el análisis detallado de las leyes fundamentales que rigen las

interacciones electrostáticas, en particular, La Ley de Coulomb y el Campo eléctrico generado por una carga puntual, como se nombraron anteriormente en las ecuaciones (1) y (3).

Estas expresiones se desarrollan desde un enfoque vectorial, considerando sistemas ideales en el vacío, sin intervención de medios dieléctricos ni efectos relativistas, con el propósito de mantener un modelo matemáticamente puro y didácticamente accesible.

La visualización de las líneas de campo y superficies equipotenciales se apoya en herramientas computacionales como *GeoGebra*, *Python* (bibliotecas *Matplotlib* y *NumPy*) o *Desmos*, para permitir una representación precisa de las dinámicas generadas por distintas configuraciones de carga.

De esta manera, se propone un modelo conceptual en el cual los sentimientos humanos son tratados como entidades que poseen una carga emocional, que puede variar en intensidad, dirección e influencia sobre otros individuos (Tabla 1). Se establece una correspondencia analógica entre las variables físicas y los componentes emocionales del comportamiento humano.

Tabla 1. Analogía de las variables

| Componente físico | Interpretación emocional análoga |
|--------------------------------|--|
| Carga eléctrica (q) | Intensidad emocional (positiva, neutra o negativa) |
| Campo eléctrico (\vec{E}) | Influencia emocional de un individuo en su entorno |
| Fuerza eléctrica (\vec{F}) | Impacto emocional entre personas |
| Distancia (r) | Grado de cercanía o lejanía emocional |
| Constante (k_e) | Medio o contexto psicosocial que modula la interacción |
| Superposición de campos | Confluencia de múltiples emociones (ambientes complejos) |

Fuente: Elaboración propia.

Se recurre al enfoque de modelación analógica estructural, ampliamente empleado en educación científica, para evaluar la validez y coherencia de la transferencia de significado entre dominios. La propuesta no intenta establecer una equivalencia exacta entre fenómenos físicos y emocionales, sino una representación simbólica rigurosamente articulada que permita visualizar, explicar y reflexionar sobre las relaciones entre las personas desde un marco lógico-formal.

Criterios de validación estructural:

- *Coherencia interna:* las relaciones matemáticas se conservan en la estructura del modelo analógico.
- *Potencial educativo:* la analogía puede emplearse en enseñanza media o superior como recurso interdisciplinario.
- *Rigor epistemológico:* se mantiene una clara distinción entre la representación metafórica y la realidad física.

Limitaciones:

- Los sentimientos humanos no pueden cuantificarse en unidades físicas.
- La dirección e intensidad emocional no responden a leyes deterministas.
- El modelo es una herramienta de ilustración conceptual, no predictiva.

Herramientas y recursos:

- *Simulación matemática de campos:* Python, GeoGebra, MATLAB.
- *Diagramas de líneas de influencia emocional:* ilustraciones vectoriales inspiradas en campos eléctricos.
- *Esquemas comparativos:* tablas estructuradas para analogía variable por variable.
- *Revisión bibliográfica:* teoría de campos, modelación análoga y pedagogía conceptual.

IV. RESULTADOS

La aplicación de la analogía entre el comportamiento de las cargas eléctricas y la dinámica de los sentimientos humanos ha permitido establecer un modelo conceptual que visualiza y explica ciertas interacciones emocionales a través de principios de la electrostática. A continuación, se presentan los resultados en tres niveles: (1) modelación teórica, (2) visualización gráfica y (3) análisis interpretativo del sistema emocional.

A partir de la Ley de Coulomb (1), se definió una función emocional teórica, donde la fuerza emocional es \vec{F}_e , entre dos individuos con intensidades emocionales representadas por i_1 e i_2 , separadas por una distancia emocional r y, finalmente, la constante k_e , que actúa como coeficiente simbólico que representa el contexto psicosocial (ambiente familiar, laboral o escolar):

$$\vec{F}_e = k_e \frac{i_1 i_2}{r^2} \hat{r} \quad (7)$$

Este modelo refleja que los sentimientos intensos (altos valores de i) generan mayor influencia, mientras que las interacciones emocionales disminuyen con la distancia afectiva. Además, el entorno puede amplificar o amortiguar las interacciones, representado simbólicamente por el valor de k_e .

La Figura 1 representa una configuración grupal en la que múltiples individuos emiten influencias emocionales simultáneamente, modeladas como cargas positivas (azul) y negativas (rojo). Las líneas amarillas representan los campos emocionales generados por cada individuo, mientras que las líneas punteadas grises indican las regiones donde estos campos se cruzan, combinan o neutralizan parcialmente.

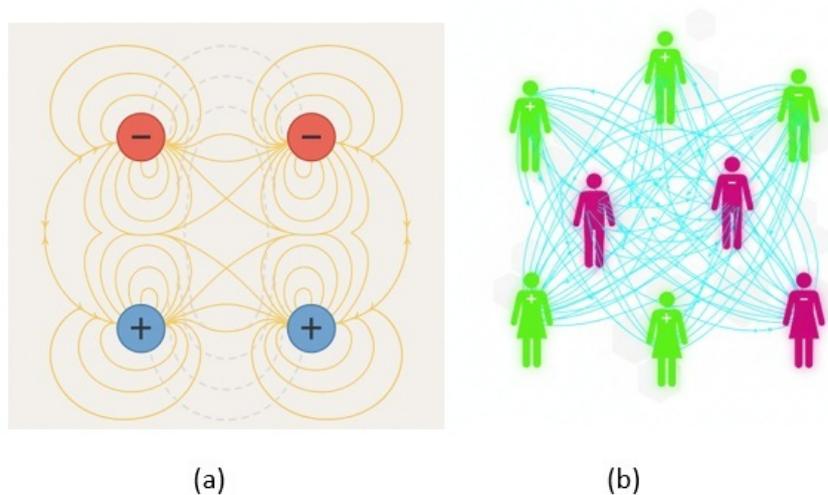


Fig. 1. Analogía del campo eléctrico, (a) Interacción entre cargas (b) interacción entre personas.

Las *cargas positivas* representan personas con sentimientos positivos (afecto, entusiasmo, esperanza), mientras que las *cargas negativas* representan personas con sentimientos emocionalmente difíciles (tristeza, ansiedad, enojo). Estas se visualizan unidas por líneas análogas a las de campo eléctrico (Ley de Coulomb), cuyas flechas *no* indican "atracción entre iguales", sino *influencias cruzadas* de sus campos emocionales en el entorno grupal.

Desde la perspectiva física, el *principio de superposición de campos* establece que, en cualquier punto del espacio, el campo total es la suma vectorial de los campos generados por cada carga. Aplicado al ámbito emocional, esto implica que en contextos grupales —como equipos de trabajo, aulas o entornos familiares— las influencias emocionales individuales no actúan de forma aislada, sino que se combinan, generando *zonas de refuerzo emocional* (cuando las cargas tienen el mismo signo e intensifican el entorno) o *zonas de interferencia emocional* (cuando las cargas son opuestas y sus efectos se neutralizan parcial o totalmente). Formalmente:

$$\vec{E}_{\text{total}}(\mathbf{r}) = \sum_{i=1}^N \vec{E}_i(\mathbf{r}), \quad (8)$$

donde cada \vec{E}_i representa la *influencia emocional* análoga al campo generado por la i -ésima “carga afectiva”.

Este modelo permite visualizar cómo un entorno social puede volverse emocionalmente denso, armonioso o caótico, dependiendo de la *distribución*, *magnitud* y *polaridad* de las emociones individuales. No se trata de atracción entre iguales, sino de cómo la combinación de influencias simultáneas modifica el entorno afectivo en el que todos interactúan.

A. Simulaciones en Python para evaluar la interacción entre cargas (emociones)

En la Figura 2 se muestra el código en *Python* utilizado para hacer la analogía entre interacciones emocionales y la superposición de campos eléctricos generados por cargas puntuales. Se normaliza la constante de Coulomb a $k = 1$ para facilitar la interpretación cualitativa. Las cargas positivas y negativas representan emociones de distinta polaridad y su influencia en el entorno.

```
Evaluación Ley de Coulomb

import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt

# Crear malla XY
x = np.linspace(-5, 5, 50)
y = np.linspace(-5, 5, 50)
X, Y = np.meshgrid(x, y)

# Definir cargas emocionales: (x, y, q)
cargas = [(-2, -2, 1.0), (2, -2, -1.0), (-2, 2, -1.0), (2, 2, 1.0)]
Ex, Ey = np.zeros_like(X), np.zeros_like(Y)

# Constante de Coulomb normalizada
k = 1

# Superposición del campo de cada carga
for (xq, yq, q) in cargas:
    dx, dy = X - xq, Y - yq
    r2 = dx**2 + dy**2
    r2[r2 == 0] = 1e-20
    r = np.sqrt(r2)
    Ex += k * q * dx / r2 / r
    Ey += k * q * dy / r2 / r

# Visualización del campo
E = np.sqrt(Ex**2 + Ey**2)
plt.figure(figsize=(6, 6))
plt.streamplot(X, Y, Ex, Ey, color=E, cmap='coolwarm',
density=1.2)
plt.scatter(*zip(*[(x, y) for x, y, _ in cargas]),
            c=['red' if q > 0 else 'blue' for _, q in cargas],
            s=80)
plt.axis('equal')
plt.title("Campo eléctrico emocional (modelo vectorial)")
plt.show()
```

Fig. 2. Código de aplicación de la Ley de Coulomb.

La Figura 3 representa una simulación computacional del campo emocional grupal, utilizando la analogía electromagnética basada en la Ley de Coulomb. En esta configuración, se modelaron cuatro individuos ubicados estratégicamente: dos con carga emocional positiva (marcados con cruces rojas) y dos con carga emocional negativa (marcados con cruces azules). Las líneas de flujo indican la dirección del campo emocional en cada punto del plano, mientras que el color de fondo representa la intensidad del campo, según la escala adyacente.

El patrón de líneas sugiere zonas de mayor influencia emocional, donde la interacción de cargas opuestas genera campos más intensos (atracción), y zonas donde cargas similares provocan repulsión, desorganizando el entorno emocional inmediato. Esta simulación permite observar cómo las emociones individuales se combinan y distribuyen espacialmente en un grupo, generando tensiones, afinidades o zonas neutras.

Además, el modelo sirve como herramienta pedagógica para reflexionar sobre la importancia del equilibrio emocional colectivo en contextos educativos, laborales o sociales. Su interpretación permite comprender que las dinámicas emocionales no actúan de manera aislada, sino que se superponen, modulando el “campo afectivo” compartido dentro de los grupos humanos.

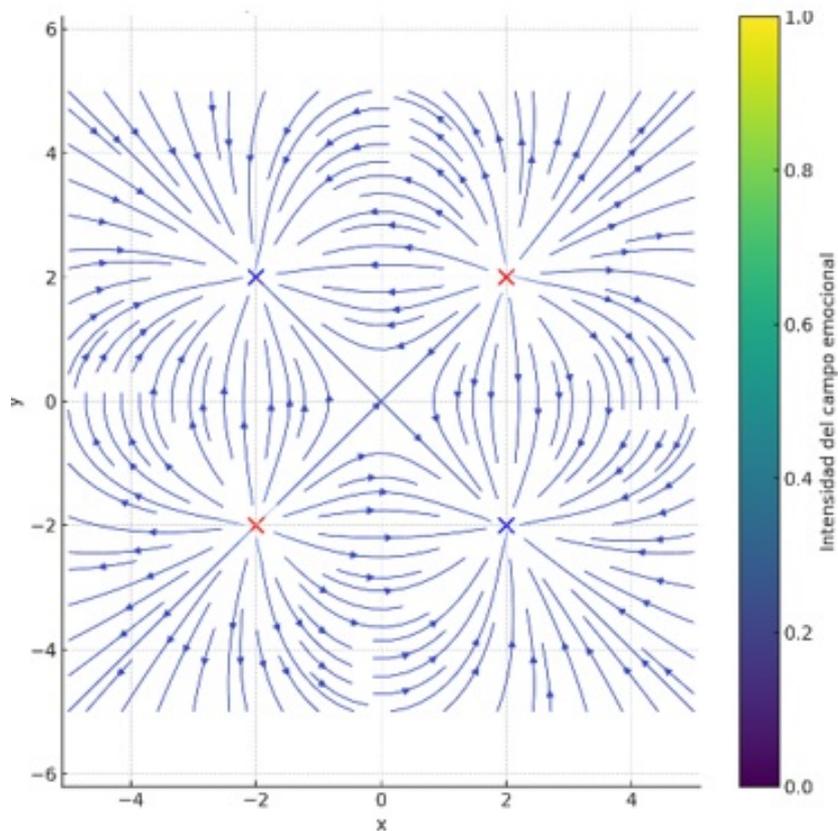


Fig. 3. Simulación del campo eléctrico emocional en una configuración grupal (modelo vectorial).

La Tabla 2 resume las principales configuraciones analizadas en la simulación del campo eléctrico emocional, utilizando como base conceptual la analogía entre las cargas eléctricas y los estados emocionales de los individuos. Cada configuración representa una disposición particular de cargas emocionales positivas, negativas o neutras, interpretadas respectivamente como *afecto*, *tensión* o *indiferencia* en un entorno social.

Estas configuraciones fueron diseñadas para explorar distintos escenarios de interacción grupal, como relaciones armónicas (atracción entre cargas opuestas), conflictos emocionales (repulsión entre cargas del mismo signo) y zonas de neutralidad emocional (presencia de cargas cercanas a cero o equilibradas). La simulación permite visualizar cómo estas combinaciones afectan la distribución del campo emocional colectivo, facilitando el análisis de dinámicas como cohesión, aislamiento o polarización afectiva.

El propósito de este enfoque es ofrecer un modelo interpretativo que articule los principios de la física electromagnética con fenómenos emocionales cotidianos, permitiendo tanto una comprensión visual como una reflexión crítica sobre el impacto de las emociones individuales en el bienestar colectivo.

Tabla 2. Configuraciones de interacciones emocionales simuladas como cargas.

| Caso | Carga A | Carga B | Naturaleza de la interacción | Interpretación emocional |
|------|---------|---------|------------------------------|---|
| 1 | +1 | +1 | Repulsión | Dos personas con alta emocionalidad positiva, pero con conflictos de egos; no logran trabajar juntas. |
| 2 | +1 | -1 | Atracción | Persona empática atraída por alguien en estado emocional negativo; se genera una conexión solidaria. |
| 3 | -1 | -1 | Repulsión | Dos personas con alta carga emocional negativa se rechazan o agravan su malestar. |
| 4 | +1 | 0 | Neutro con atracción débil | Una persona entusiasta intenta motivar a alguien emocionalmente neutro. |
| 5 | 0 | 0 | Sin interacción | Estado de neutralidad emocional mutua. |
| 6 | +2 | -2 | Atracción intensa | Vínculo emocional muy fuerte: amor profundo, mentoría poderosa o dependencia. |

El modelo propuesto permite observar, desde una analogía electromagnética, cómo la intensidad y el tipo de vínculo emocional dependen de la naturaleza de las *cargas emocionales* involucradas. Las cargas positivas simbolizan emociones expansivas como alegría, entusiasmo o afecto, mientras que las negativas representan estados como tristeza, ansiedad o frustración. Al aplicar la Ley de Coulomb, las emociones afines pero iguales tienden a repelerse si no hay regulación, mientras que emociones opuestas se atraen con fuerza, como ocurre en las dinámicas de ayuda, dependencia o empatía.

Esta visualización se enriquece cuando se introducen configuraciones múltiples. Por ejemplo, al simular un grupo con varios individuos cargados emocionalmente (*modelo grupal*), se puede observar la superposición vectorial del campo emocional, donde ciertas zonas se vuelven emocionalmente más densas o conflictivas, y otras más armoniosas o estables. Esto sugiere que el bienestar grupal puede modelarse también como un equilibrio de cargas emocionales, donde el rol de líderes o figuras neutras (carga 0) puede ser estabilizador.

Así, el campo emocional simulado se convierte en una herramienta visual y analítica para comprender relaciones interpersonales complejas, aportando no solo al aprendizaje de conceptos físicos, sino también al desarrollo emocional y social de los estudiantes.

B. Discusión de resultados

En la simulación del campo emocional, las interacciones entre cargas emocionales revelan patrones coherentes con la analogía propuesta: cargas de igual signo generan zonas de repulsión, mientras que cargas opuestas inducen zonas de atracción, y las cargas de magnitud neutra o moderada modulan el campo global. La superposición de campos, evidenciada en las figuras gráficas, permite identificar zonas de refuerzo emocional, interferencia o neutralidad. Esta validación visual complementa la tipificación cualitativa dada en la Tabla 2.

El uso de analogías estructurales en la enseñanza de conceptos científicos ha sido respaldado por la literatura académica. Brown y Salter sostienen que las analogías son un recurso pedagógico esencial, aunque advierten sobre posibles malinterpretaciones si no se explicitan sus límites [1]. Chou observa que las metáforas y analogías ayudan a formar modelos mentales que facilitan la comprensión de conceptos no observables, como campos, fuerzas y relaciones implícitas [2]. Nuestro enfoque sigue ese lineamiento, proponiendo una analogía estructural entre el dominio electromagnético (base) y el dominio emocional (objetivo), conforme a la teoría del *structure-mapping* de Gentner [3].

La analogía del campo emocional resuena con las ideas clásicas de la teoría de campo social: Kurt Lewin propuso que el comportamiento humano es función del individuo y su entorno ($B = f(P, E)$) [4]. En su *Teoría de Campo*, los “espacios de fuerza” representan tensiones psicológicas que guían la conducta [5]. Nuestra metáfora formaliza esa intuición mediante ecuaciones vectoriales y visualizaciones de campo. Revisiones modernas de la teoría de campo reconocen que, aunque su rigor ha sido cuestionado,

sigue siendo útil como lente conceptual para entender dinámicas grupales [6].

Modelos de emoción computacional también respaldan la idea de *campos de influencia emocional*. Schweitzer y García desarrollaron un modelo multiagente en comunidades en línea donde se genera un campo informativo emocional que retroalimenta los estados emocionales de los agentes [7]. Aunque su escala y mecanismos difieren del presente trabajo, el principio de propagación y retroalimentación emocional como campo es compartido. De modo similar, Ambrosio propone una descripción matemática de las emociones como ondas electromagnéticas para cuantificar su intensidad y naturaleza [8], lo cual se alinea con nuestra simulación de campos emocionales mediante cargas.

Los patrones de superposición observados en nuestra simulación, zonas donde campos de cargas opuestas se neutralizan parcial o totalmente, evocan fenómenos de *interferencia emocional*, similares a los comportamientos emergentes en comunidades humanas complejas. Este tipo de “cancelación emocional” puede entenderse como mecanismo de regulación grupal o mediación. En el ámbito educativo, la analogía puede servir como herramienta para que los estudiantes visualicen cómo múltiples influencias afectivas pueden converger, reforzarse o contrarrestarse.

No obstante, la analogía tiene sus límites. Como advierte Brown, los estudiantes pueden extrapolar excesivamente y aplicar la analogía más allá de su dominio válido [1]. De forma análoga, Guerra-Ramos muestra que la efectividad de las analogías depende de cómo se presenten y de la participación activa de los estudiantes en el mapeo de relaciones, no solo del paralelismo superficial [9]. Por ello, es esencial aclarar que este modelo no pretende cuantificar emociones reales ni sustituir teorías psicológicas, sino servir como marco interpretativo simbólico.

Además, teorías contemporáneas de la emoción ofrecen perspectivas críticas. Barrett propone la *teoría de la emoción construida*, según la cual las emociones no son entidades fijas, sino construcciones predictivas del cerebro basadas en afecto continuo y conceptos culturales [10]. Esto implica que no se pueden asignar valores emocionales absolutos (como una carga q) sin considerar el contexto, la cultura y la variabilidad individual. En consecuencia, la analogía aquí planteada es una simplificación intencional con fines explicativos.

Otra limitación es la ausencia de validación empírica directa. Sería valioso que estudios futuros confrontaran los campos simulados con datos emocionales reales recogidos mediante cuestionarios, sensores fisiológicos o métricas subjetivas. Esta validación cruzada podría ajustar magnitudes, polaridades o distribución espacial del modelo emocional.

En síntesis, los resultados apoyan la hipótesis de que la estructura formal del campo eléctrico puede servir como analogía plausible para conceptualizar dinámicas emocionales grupales. Las figuras de líneas de campo complementan la tipificación cualitativa de la Tabla 2, y los patrones de interacción simulados reflejan fenómenos intuitivos de atracción, repulsión y neutralidad emocional. Si bien el modelo es simbólico y no pretende reemplazar teorías psicológicas, ofrece una herramienta poderosa de visualización y reflexión para el cruce entre ciencia, emoción y educación.

CONCLUSIONES

El análisis realizado confirma que la estructura formal del campo eléctrico y la Ley de Coulomb permiten modelar, de manera rigurosa y significativa, la dinámica de los sentimientos humanos en contextos individuales y colectivos. A través de una analogía cuidadosamente construida, se ha demostrado que los sentimientos, entendidos como manifestaciones afectivas de diferente intensidad y dirección, pueden representarse simbólicamente como cargas emocionales capaces de influir en su entorno, generando campos cuya interacción obedece principios estructuralmente análogos a los de la física electromagnética.

La intensidad del sentimiento se representa eficazmente mediante la magnitud de la carga emocional, y el grado de proximidad entre personas determina la fuerza con la que dichos sentimientos se manifiestan mutuamente, tal como lo establece la relación inversa al cuadrado de la distancia en la Ley de Coulomb. Del mismo modo, el entorno actúa como un medio modulador que puede amplificar o atenuar los efectos de estas interacciones emocionales, revelando la importancia del contexto psicosocial en el comportamiento afectivo. El principio de superposición de campos permite interpretar, con precisión conceptual, fenómenos como la armonía emocional grupal, los climas afectivos colectivos y las interferencias entre sentimientos opuestos.

Los diagramas contruidos y las simulaciones gráficas aportan evidencia visual que refuerza el valor explicativo del modelo, permitiendo observar de forma clara las zonas de atracción emocional, influencia afectiva, equilibrio o conflicto. Esta propuesta, lejos de trivializar la ciencia o los sentimientos, reafirma que el lenguaje formal de la física es capaz de trascender su dominio tradicional para ofrecer marcos interpretativos sólidos y estéticamente poderosos.

Se confirma que la modelación de los sentimientos humanos desde la teoría del campo eléctrico no solo es posible, sino que enriquece el diálogo entre ciencia, emoción y pedagogía. Este enfoque constituye una herramienta interdisciplinaria valiosa, tanto para la enseñanza significativa de conceptos físicos como para la exploración de nuevas formas de representar y comprender las dinámicas emocionales en los sistemas humanos.

REFERENCIAS

- [1] S. Brown and S. Salter, "Analogies in science and science teaching," *Advances in Physiology Education*, vol. 34, no. 4, pp. 167–169, 2010.
- [2] A. Chou, "Using analogies to explain versus inspire concepts," *AI EDAM*, 2015.
- [3] D. Gentner, "Structure-mapping: A theoretical framework for analogy," *Cognitive Science*, vol. 7, no. 2, pp. 155–170, 1983.
- [4] K. Lewin, *Principles of Topological Psychology*. New York: McGraw-Hill, 1936.
- [5] —, "Field theory and experiment in social psychology," *American Journal of Sociology*, vol. 44, pp. 868–896, 1939.
- [6] B. Kump *et al.*, "Lewin's field theory as a lens for understanding incumbent actors' agency in sustainability transitions," *Environmental Innovation and Societal Transitions*, 2023.
- [7] F. Schweitzer and D. García, "An agent-based model of collective emotions in online communities," *arXiv preprint arXiv:1008.4053*, 2010. [Online]. Available: <https://arxiv.org/abs/1008.4053>
- [8] B. Ambrosio, "Beyond the brain: towards a mathematical modeling of emotions," *arXiv preprint arXiv:2006.15508*, 2020. [Online]. Available: <https://arxiv.org/abs/2006.15508>
- [9] M. T. Guerra-Ramos, "Analogies as tools for meaning making in elementary science education," *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, vol. 7, no. 1, pp. 29–39, 2011.
- [10] L. F. Barrett, "The theory of constructed emotion: an active inference account of interoception and categorization," *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, vol. 12, no. 1, pp. 1–23, 2017.