

Enfoque metodológico para identificar dificultades conceptuales en el aprendizaje de la **física cuántica** mediante procesamiento de lenguaje natural

Juan C. Salazar¹

Viviana Gómez²



Universidad de Nariño
Departamento de Física



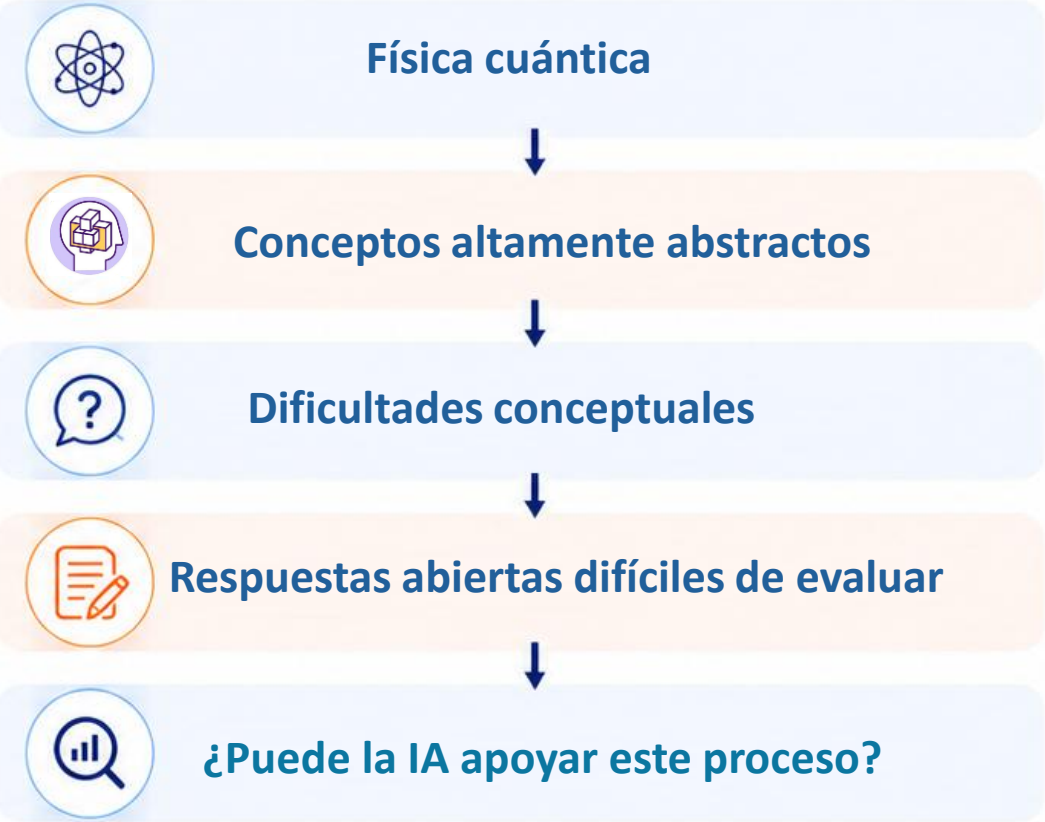
Universidad Mariana
Facultad de Ingeniería

$$\Psi(x, t)$$

$$i\hbar \frac{\partial \Psi}{\partial t} = \hat{H} \Psi$$



¿Por qué es un problema?



Las respuestas de los estudiantes reflejan comprensiones **diversas y complejas** y requieren un **análisis profundo y sistemático** para identificar **dificultades conceptuales** y orientar **estrategias pedagógicas** efectivas

Basado en: Singh & Marshman (2015)

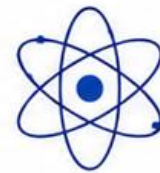
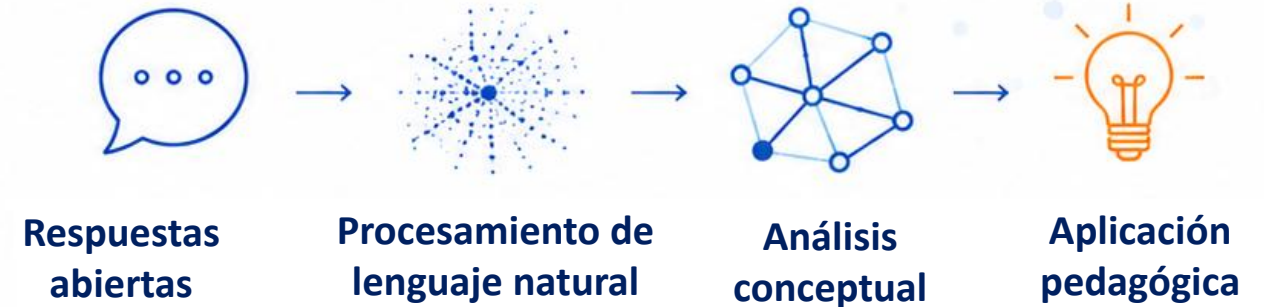
Objetivo y preguntas de investigación

Objetivo

Desarrollar una metodología basada en **procesamiento de lenguaje natural** para **identificar y caracterizar dificultades conceptuales**

Preguntas de investigación

- 1 ¿Qué dificultades conceptuales presentan los estudiantes al interpretar la función de onda?
- 2 ¿Cómo puede el procesamiento de lenguaje natural caracterizar estas dificultades?
- 3 ¿De qué manera los resultados puedes aportar a estrategias más efectivas?

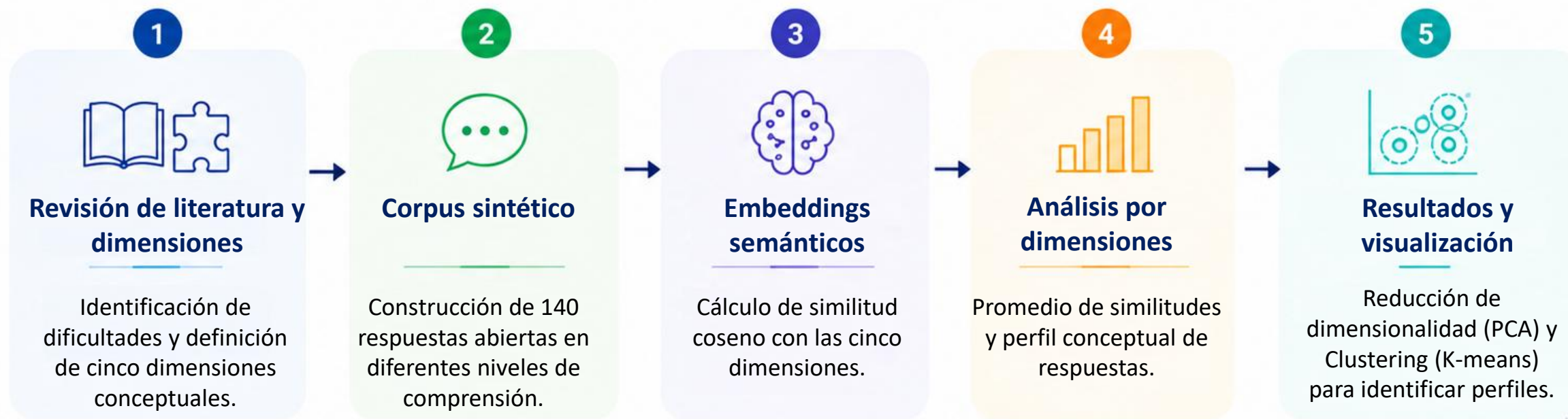


Se espera que al comprender las dificultades conceptuales se avance hacia una **enseñanza** de la física cuántica más **efectiva**



Metodología

Enfoque para transformar respuestas abiertas en perfiles conceptuales emergentes



Basado en: Reimers & Gurevych, 2019



De la respuesta abierta al perfil conceptual



Corpus de 140 respuestas abiertas



Ejemplo de perfil conceptual

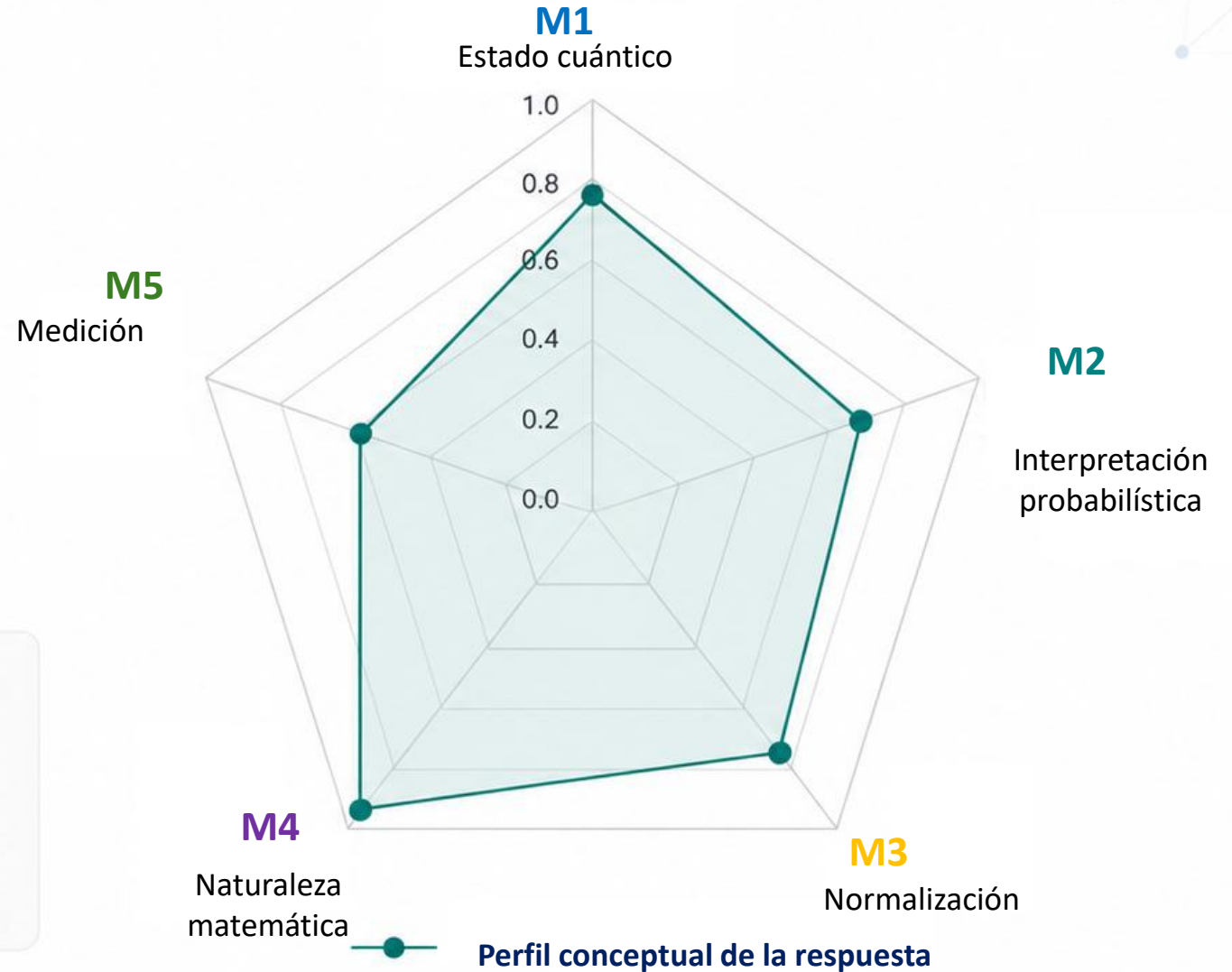
Cada respuesta se representa mediante un vector de cinco valores de similitud (0 a 1)



El área y la forma del polígono reflejan el contenido conceptual de la respuesta respecto a las 5 dimensiones

- M1** Relación de la función de onda con el estado
- M2** Probabilidad y amplitud
- M3** Normalización
- M4** Función de onda y matemáticas
- M5** Entender la medición en física cuántica

Perfil conceptual de una respuesta



¿Qué revelan las cinco dimensiones?



El mapa de calor permite identificar **fortalezas** y **debilidades** conceptuales en cada categoría

Escala de similitud (coseno)



0.0 0.2 0.4 0.6 0.8 1.0

Baja similitud

Alta similitud

	M1 Estado cuántico	M2 Interpretación probabilística	M3 Normalización	M4 Naturaleza matemática	M5 Medición
Correcta completa	0.84	0.80	0.74	0.83	0.78
Correcta parcial	0.65	0.58	0.52	0.64	0.61
Ambigua	0.44	0.42	0.38	0.46	0.43
Error leve	0.31	0.29	0.26	0.33	0.30
Error fuerte	0.15	0.13	0.11	0.16	0.14
Mixta	0.36	0.32	0.30	0.35	0.34



Emergencia de perfiles conceptuales

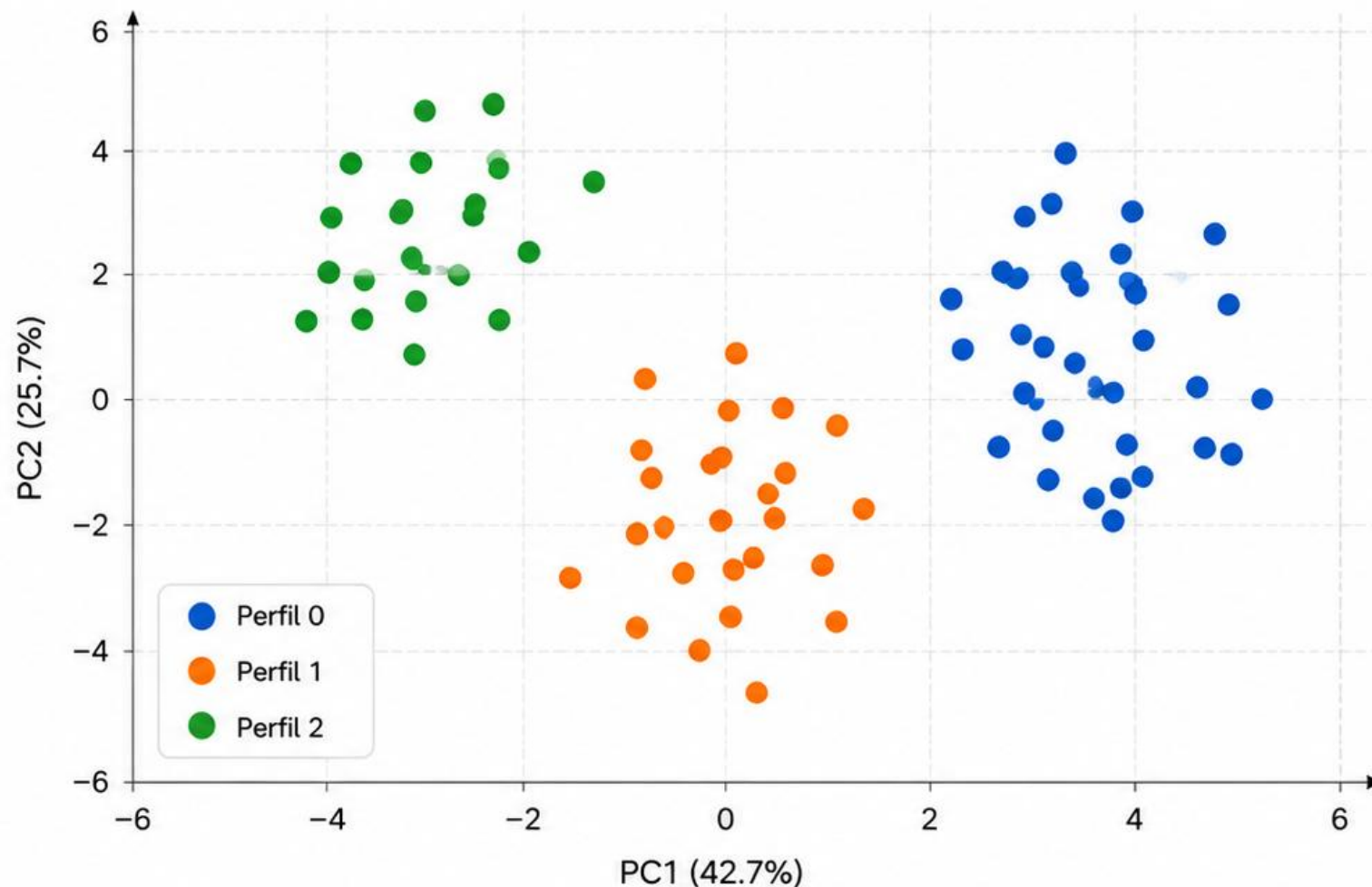
Aplicamos **PCA** para reducir la dimensionalidad de los perfiles conceptuales y **K-means** para identificar patrones en las respuestas



Perfiles conceptuales emergentes

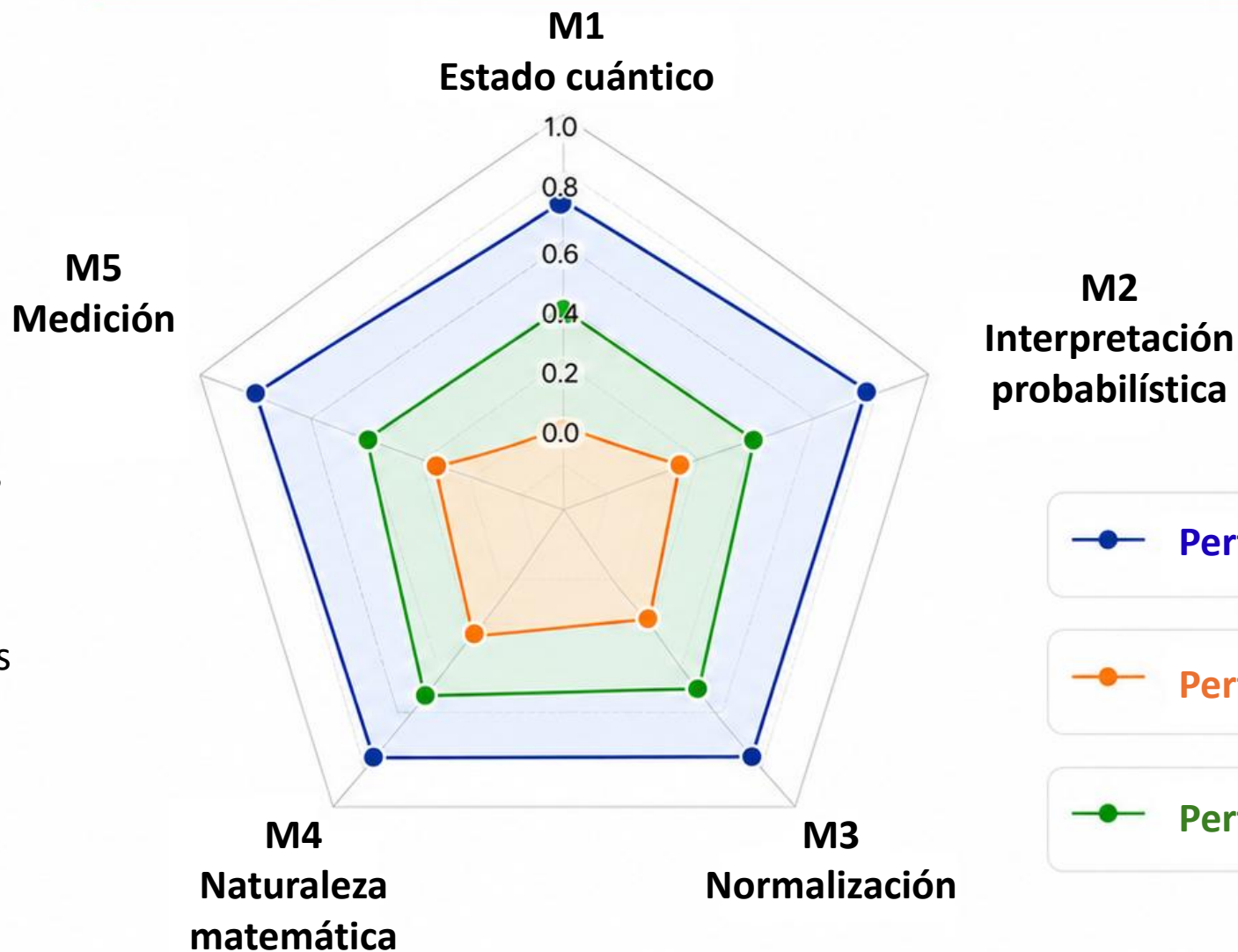
- **Perfil 0:** Conocimiento sólido
- **Perfil 1:** Conocimiento limitado
- **Perfil 2:** Conocimiento intermedio

Proyección PCA (2D) de los perfiles conceptuales



¿Cómo son estos perfiles?

Patrones conceptuales de los perfiles emergentes



Perfil 0

Puntajes altos en todas las dimensiones



Perfil 1

Puntajes bajos en todas las dimensiones



Perfil 2

Desempeño moderado



Aportes de la metodología

El enfoque de Procesamiento de Lenguaje Natural y análisis semántico permite transformar respuestas abiertas en información conceptual



Impacto

Integra la inteligencia artificial con el análisis conceptual para apoyar la evaluación del aprendizaje



Conclusiones

1. La metodología permitió transformar respuestas abiertas en perfiles conceptuales interpretables mediante representaciones semánticas y cinco dimensiones de análisis.
2. El análisis permitió identificar tres perfiles conceptuales emergentes, diferenciando distintos niveles de comprensión sin depender de categorías predefinidas.
3. El enfoque integra Procesamiento de Lenguaje Natural y análisis conceptual para apoyar el estudio de dificultades de aprendizaje y orientar decisiones pedagógicas basadas en evidencia.



Proyecciones



1. Aplicar la metodología a respuestas de estudiantes en cursos de física cuántica para evaluar su desempeño en contextos educativos reales.



2. Ampliar el análisis a otros conceptos de la física cuántica y explorar su aplicación en diferentes áreas de las ciencias.



3. Integrar la metodología en plataformas inteligentes que apoyen la evaluación de respuestas abiertas y el seguimiento del aprendizaje.



MUCHAS GRACIAS

Correo: avgomeza86@gmail.com

