

El escalamiento multidimensional:

Una técnica para la visualización y el análisis de la percepción

Alejandro Alonso Salas Vargas¹

Máster en Estadística, Docente e investigador, encargado de la Cátedra de Matemática para Ingeniería y Cálculo, Programa de Enseñanza de la Matemática, Universidad Estatal a Distancia, Sabánilla, Costa Rica; asalasv@uned.ac.cr

ORCID  <https://orcid.org/0000-0003-2382-1138>

Recibido: 28 de febrero de 2022

Aceptado: 10 Mayo 2024

ABSTRACT: Multidimensional scaling: A technique for visualization and perception analysis.

In education and other areas of the social sciences, studies are conducted on the perception of a group of individuals regarding a specific phenomenon under investigation, requiring the use of specialized techniques for perception analysis. The purpose of this article is to present the technique of multidimensional scaling as an option for analyzing perceptions and to exemplify the use of perceptual maps, derived from this technique, in studies aimed at capturing the perceptions of a group of teachers. To achieve this, the article explains the nature of this statistical technique and provides an example of its application to a dataset that includes two scales measuring the perception of 288 mathematics teachers regarding the degree of implementation of a study program. The main conclusion reached is that multidimensional scaling is a suitable statistical tool for analyzing the perceptions and opinions of teachers. This is due to its ease of expressing these perceptions through graphical representations and identifying patterns, similarities, and differences among the perceived stimuli (Bord et al., 2018). Multiple linear regression is recommended on the two axes of the perceptual maps to enhance their interpretation.

Key words: multidimensional scaling, perceptual mapping, multivariate analysis, multiple regression, secondary school curriculum.

RESUMEN: En educación y en otras áreas de las ciencias sociales se llevan a cabo estudios de la percepción de un grupo de personas sobre un cierto fenómeno bajo estudio y se hace necesario emplear técnicas especializadas para el análisis de esta percepción. El propósito de este artículo es presentar la técnica de escalamiento multidimensional como una opción de análisis de las percepciones y ejemplificar el uso de los mapas perceptuales, producto de esta técnica, en estudios donde se desee captar la percepción de un grupo de docentes. Para ello, se explica en qué consiste esta técnica estadística, y a modo de ejemplo, se aplica a un conjunto de datos que incluyen dos escalas que miden la percepción de 288 docentes de matemática, en cuanto a el grado de implementación de un programa de estudio. La principal conclusión a la que se llega es que la herramienta estadística de escalamiento multidimensional es apropiada para analizar las percepciones y opiniones de los docentes, esto debido a la facilidad de expresar estas percepciones en representaciones gráficas e identificar patrones, similitudes y diferencias entre los estímulos percibidos (Bord et al., 2018). Se recomienda la regresión lineal múltiple en los dos ejes de los mapas perceptuales para mejorar su interpretación.

Palabras clave: escalamiento multidimensional, mapa perceptual, análisis multivariante, regresión múltiple, plan de estudio.

INTRODUCCIÓN

El propósito de este artículo es ejemplificar el uso de los mapas perceptuales producidos por la técnica de escalamiento multidimensional en investigaciones donde se desee captar la percepción de un grupo de personas bajo estudio. Para esto, se utiliza como ejemplo ilustrativo un conjunto de datos proporcionado por el Estado de la Nación, el cual es de libre acceso, y que fue producto de la investigación denominada: *Condiciones en que se aplica la reforma curricular de Matemáticas en colegios públicos diurnos, según los docentes* (Lentini, 2015), realizada en profesores del III Ciclo de la Educación General Básica, en las diferentes provincias del Costa Rica.

Las autoridades educativas y los responsables de tomar decisiones en educación necesitan conocer sobre los niveles de implementación de un nuevo programa de estudios (en los planes piloto) y en muchas ocasiones la fuente de información más inmediata para conocer ese detalle es la opinión y la percepción de los docentes. Pero ¿Es apropiada la técnica estadística escalamiento multidimensional para analizar las percepciones y las opiniones en docentes? La importancia de este trabajo se centra en proporcionar una herramienta estadística adecuada para estudios basados en las percepciones y opiniones de las personas (Bord et al., 2018). Seguidamente, se va a poner en contexto al lector sobre la implementación del actual programa de estudios de matemática en la educación secundaria de Costa Rica y que servirá de ejemplo para mostrar uno de los usos del escalamiento multidimensional el cual es el análisis de las percepciones (DeVellis y Thorpe, 2021).

Contexto sobre el conjunto de datos empleado: Los actuales programas de estudio de matemática en Costa Rica son producto del Proyecto Reforma de la Educación Matemática, el cual cuenta con el apoyo económico de la Fundación Costa Rica - Estados Unidos para la Cooperación (Ruiz, 2013), este ha sido un proyecto de suma importancia y prioridad para el Ministerio de Educación Pública durante las últimas administraciones gubernamentales. Para su implementación se elaboraron planes de transición con el fin de que todos los niveles educativos, en el 2016, estuviesen usando el nuevo currículo por completo, para lograr este objetivo, varios especialistas se dedicaron a elaborar material educativo para ayudar en la transición (Ruiz, 2014) .

Con el fin de preparar a las personas docentes, el Ministerio de Educación Pública (MEP) llevó a cabo capacitaciones sobre las nuevas metodologías propuestas, así como talleres sobre la elaboración de material pedagógico bajo el enfoque de la nueva reforma, capacitaciones dirigidas a docentes de las instituciones educativas públicas del país, también se impartieron cursos bimodales (presenciales y en línea) y secciones presenciales en todo el país, según lo indica Ruiz (2013). Aunque en la actualidad ya se ha implementado por completo dicho programa, Ruiz (2013) indica que todavía se deberá enfrentar bastantes desafíos, además él hace énfasis en que el éxito de la reforma va a depender del apoyo que reciba dentro de Costa Rica, así como de la parte de la comunidad internacional, la cual podría tomar esta experiencia como un modelo a seguir para otros países en desarrollo. Por eso es importante identificar los posibles factores que facilitan el proceso de transición, así como aquellos, que, en caso contrario, dificultan dicho proceso.

En el 2014, el Estado de Nación presentó el estudio sobre los Factores relacionados con distintos grados de implementación de la Reforma de la Enseñanza de Matemáticas en Secundaria por parte del profesorado, el objetivo de esta investigación fue conocer las condiciones en las cuales se estaba implementando la Reforma de la Educación Matemática en Costa Rica en centros educativos públicos de secundaria, en los niveles de séptimo, octavo y noveno año. La información recolectada (conjunto de datos) está disponible en la página web del Estado de la Nación (2020) y disponible para el público en general, se utilizó dicho conjunto de datos para aplicar la técnica de Escalamiento multidimensional para construir mapas perceptuales que faciliten la identificación, de una forma gráfica, de posibles factores que ayudaron o no a implementar el programa de estudio de matemática. El aporte que le da este trabajo a la investigación realizada por el Estado de Nación es una propuesta de análisis complementaria para mostrar de forma gráfica, con mapas perceptuales, las dificultades presentes y los factores que favorecieron la implementación del nuevo plan de estudio de matemática, mediante la técnica de escalamiento multidimensional. Según Bord et al. (2018) y Guisande (2013), la técnica de escalamiento multidimensional es útil para visualizar y explorar los datos, permite captar las preferencias y percepciones de los encuestados y representarlos de forma visual.

MATERIALES Y MÉTODOS

Esta investigación es de tipo descriptiva de enfoque cuantitativo, ya que se especifica las características de una técnica estadística y su aplicación en la captación de percepciones, bajo el diseño no experimental de corte transversal (Creswell, 2003).

Este trabajo brinda una propuesta de análisis para las creencias y percepciones de un grupo de personas bajo estudio y para ellos se emplea la técnica de escalamiento multidimensional en la elaboración de mapas perceptuales, los cuales se utilizaron para analizar los factores que favorecieron o no la implementación de un programa de estudios, esto con datos ya recolectados y facilitados por el Estado de la Nación de Costa Rica. El conjunto de datos reúne información de 288 docentes de 120 centros educativos del país, la cual fue una muestra seleccionada de forma aleatoria a nivel nacional que incluye docentes de matemática que imparten los niveles de séptimo, octavo y noveno. Para el análisis estadístico se utilizó el procedimiento PROXSCAL del software SPSS Statistics 22. Se hizo un análisis descriptivo de los datos, algunas pruebas de análisis de varianza (anova), regresión lineal para interpretar las dimensiones y la interpretación de los mapas perceptuales proporcionados por el paquete estadístico.

Escalamiento multidimensional: El escalamiento multidimensional es una técnica estadística que representa una matriz de datos mediante un conjunto de variables ortogonales, de manera que las distancias euclídeas entre las coordenadas de los elementos, respecto a estas variables, sean iguales (o lo más próximas posibles) a las distancias o disimilitudes de la matriz original (Bord et al., 2018, Guisande, 2013).

Para George (2019), Härdle y Simar (2019), Hernández (2013) y Trejos (2014) el análisis de escalas multidimensionales es una técnica de representación espacial, que permite visualizar sobre un mapa, un conjunto de estímulos cuya posición relativa se desea analizar. Dicho de otro modo, se trata de un procedimiento sencillo para dibujar mapas sobre los cuales se representan puntos de forma geométrica en un sistema de coordenadas, un conjunto de objetos que podrían ser marcas, empresas, destinos turísticos, candidatos políticos, comercios, países, provincias, entre muchas más, de tal manera que a mayor proximidad, entre dos objetos en el mapa, significa que ambos tienen una percepción muy similar del fenómeno estudiado o bien los objetos tienen mucho en común, en contraposición, su alejamiento indica una menor percepción o bien que uno y otro tienen poco en común. Por lo que el análisis de escalas multidimensionales se conoce también con el nombre de "mapa perceptual".

Las dimensiones captadas por el espacio conceptual pueden ser interpretadas para mejorar la comprensión de los datos, siempre y cuando, la medición de las variables se haya hecho de una forma objetiva. En tal caso, se puede hacer uso de la técnica de escalado multidimensional como técnica de reducción de datos y así obtener dichas dimensiones. Esta técnica de escalado multidimensional puede ser aplicada en datos de valoraciones subjetivas de disimilitud entre objetos o conceptos.

Distancia euclídea: Esta técnica estadística utiliza diferentes tipos de distancias, pero la más empleada es la euclídea como base para calcular las distancias óptimas entre objetos en un espacio de estímulo n-dimensional (Bord et al., 2018).

Definición. Sea $x = (x_1, x_2, \dots, x_p)$ y $y = (y_1, y_2, \dots, y_p)$ dos observaciones de dimensión p , la distancia euclídea entre ellas se define como:

$$d(x, y) = \sqrt{\sum_{k=1}^p (x_k - y_k)^2} = \sqrt{(x - y)'(x - y)}$$

Esta distancia cumple con:

1. $d(x, y) \geq 0$
2. $d(x, x) = 0$
3. $d(x, y) = d(y, x)$, simetría.
4. $d(x, y) \leq d(x, k) + d(k, y)$, desigualdad triangular.

Se calculan las distancias entre las observaciones multidimensionales para determinar similitudes o disimilitudes entre ellas para luego mostrarlas en un plano bidimensional. Para determinar el grado de ajuste se emplea medidas como el stress o s-stress (Bord et al., 2018).

Medidas de bondad de ajuste: Como en cualquier problema de análisis de datos, se necesita una expresión que indique cuánto ajusta un determinado conjunto de datos representados por el

modelo que se ha ajustado con dichas variables, que, en el caso del Escalamiento Multidimensional, se está intentando modelar las distancias entre las variables o bien entre los casos (Bord et al., 2018), para esto existen las medidas de stress y la de s-stress.

Definición. Se le llama stress al estadístico de bondad de ajuste basado en las diferencias entre las distancias reales y sus valores predichos y se calcula de la siguiente forma:

$$stress = \sqrt{\frac{\sum(d_{ij} - \hat{d}_{ij})^2}{\sum(d_{ij})^2}}$$

Donde d_{ij} corresponde a la distancia de entrada entre el objeto i y el objeto j , mientras que \hat{d}_{ij} corresponde a la distancia calculada a partir de las coordenadas determinadas por el escalamiento multidimensional. Según Kruskal (1964), esta medida de ajuste se puede clasificar de la siguiente manera:

CUADRO 1. Categorización del stress como medida de bondad de ajuste.

Stress	Ajuste
0,2 a más	Pobre
0,1	Mínimo razonable
0,05	Bueno
0,025	Excelente
0	Perfecto

George (2019) indica que el stress es la proporción de varianza de los datos originales no recogida por el modelo de escalamiento multidimensional. Esta medida varía según el tipo de programa y el tipo de datos que se esté analizando. En cualquier caso, el stress mejora a medida que se consideran más dimensiones. Entre las medidas de la bondad del ajuste más usuales se tienen la medida Stress de Kruskal basada en las disparidades (datos óptimamente escalados) y las distancias.

Definición. En Mair et al (2016) se define una nueva medida de ajuste llamada coeficiente de s-stress el cual asume valores entre cero y uno, de la misma manera que el stress y se considera su clasificación según el cuadro 1. El cero indica ajuste perfecto y valores superiores a 0,2 se asocian ajustes inadecuados. El coeficiente de s-stress se interpreta como indicador de la calidad con que la configuración reproduce la información original. Esta medida de ajuste se determina mediante la fórmula:

$$s - stress = \sqrt{\frac{\sum(d_{ij}^2 - \hat{d}_{ij}^2)^2}{\sum(d_{ij})^4}}$$

La misma categorización realizada por Kruskal (1964) para el stress es aplicable para el s-stress y para otras medidas de ajuste tales como el stress-I, stress-II y el stress bruto normalizado (no detallados en este trabajo), entre más cercano a cero habrá un mejor ajuste (Mair et al, 2016).

Interpretación de los ejes: El principal objetivo de un escalamiento multidimensional es la construcción de un mapa que se obtiene al representar las coordenadas bidimensionales que han sido resultado de las distancias encontradas, este mapa permite interpretar la matriz de similitud o disimilitud en un diagrama de dispersión bidimensional. No hay una orientación real en este mapa.

En muchas ocasiones es complicado interpretar esta representación bidimensional, por lo que es necesario hacer un estudio a fondo de las variables o casos que le dio forma a este mapa, también se puede recurrir a la regresión lineal para observar que tan significativas son estas variables, así como lo señala Hidalgo et al. (2007). Se ajusta una regresión lineal la cual tiene por variables independientes los ejes o coordenadas y como dependiente cada puntuación promedio de la variable o característica que se está estudiando, para este trabajo se estudia los factores que han favorecido o dificultado la implementación, según lo perciben los docentes, por provincias, si a estas le llamamos p_i , entonces las regresiones estarían determinadas por:

$$p_i = \beta_0 + \beta_1 \cdot eje1 + \beta_2 \cdot eje2 + \varepsilon_i$$

La condición para una interpretación satisfactoria es que los coeficientes de regresión (betas) sean significativos estadísticamente (p -value < 0.01) y un R^2 superior a 0,70 es considerado aceptable (Hidalgo et al., 2007).

Procedimiento PROXSCAL: Para este trabajo se empleó el procedimiento PROXSCAL incluido en el paquete estadístico SPSS, este ejecuta la técnica de escalamiento multidimensional, el cual encuentra la estructura existente para un conjunto de medidas de proximidades o bien de disimilitudes entre objetos, esto se logra al asignar las observaciones a posiciones específicas en un espacio conceptual bidimensional, de modo que las distancias entre los puntos en el espacio coinciden al máximo con las similitudes dadas. Esto permite generar una representación de mínimos cuadrados de los objetos en dicho espacio, además esta representación gráfica ayuda a entender mejor el comportamiento de los datos (IBM Corp., 2020). El escalamiento multidimensional es útil para determinar relaciones perceptuales, por ejemplo, con relación con la imagen de un cierto producto, se puede llevar a cabo un estudio en el que se describa la similaridad percibida (o proximidad) del producto con el de la competencia. Mediante estas proximidades junto con otras covariables (como el precio, sabor, entre otras) se puede llegar a determinar las variables importantes en la percepción que el cliente tiene del producto y así tomar decisiones a nivel gerencial. Así también la técnica es apropiada para percibir el nivel de implementación de un programa de estudios y llegar a identificar posibles factores que facilitan la implementación, así como posibles dificultades.

El procedimiento PROXSCAL genera medidas de ajuste tales como el stress, la descomposición del stress, las coordenadas del espacio común, las distancias entre objetos dentro de la configuración final, ponderaciones del espacio individual, espacios individuales, proximidades transformadas, variables independientes transformadas, gráficos del stress, diagramas de dispersión del espacio común, diagramas de dispersión de la ponderación del espacio individual, diagramas de dispersión de los espacios individuales, gráficos de transformación, gráficos residuales y gráficos de transformación de las variables independientes como medidas de ajuste de forma gráfica. (IBM Corp., 2020).

Mapa perceptual: Los mapas perceptuales son una representación gráfica que permite conocer la situación de los individuos en un conjunto de objetos según la posición de cada uno con relación a los demás individuos (George, 2019). Esto se obtiene de las percepciones y preferencias (similitudes o por las disimilitudes) entre los objetos apreciadas por los sujetos. Estas percepciones son obtenidas por medio de variables métricas o no métricas y la utilización de una distancia, comúnmente se emplea la Euclídea.

RESULTADOS

Análisis descriptivo de los datos: Para ejemplificar el uso del escalamiento multidimensional, se consideraron dos escalas del cuestionario aplicado en el estudio del Estado de la Nación, la primera con relación a cuánto ha favorecido algunos factores en la implementación del Programa de estudios (donde el valor 1 es nada y 10 es mucho), la segunda con algunas dificultades que ha tenido la implementación (1 ninguna, 2 algunas y 3 muchas dificultades). Para la primera escala la fiabilidad de la consistencia interna del instrumento (Alfa de Cronbach) es superior a 0,8 y para la segunda superior a 0,7, valores considerados como buenos y aceptables respectivamente (DeVellis & Thorpe, 2021).

En la muestra recolectada el 68,4 % (197) fueron colegios de zonas urbanas, mientras que el 31,6 % (91) correspondieron a zonas rurales del país, la mayoría de estos docentes tenían edades entre los 26 a 35 años (47,6 %), seguido de edades entre 36 a 50 años (36,8 %); 55,6 % de ellos fueron hombres (160) y 44,4 % mujeres (128). Dos de los profesores no tenían formación universitaria (aspirantes), 48,6 % de estos profesores encuestados provenían de universidades públicas y el 24 % de privadas; y el porcentaje de los docentes que formaban parte de ambos tipos de instituciones fue de 26,7 %, según como se puede apreciar en la tabla 2. Sobre la escolaridad de estos profesores, el 6,9 % tenían un pregrado, 78,8 % poseían estudios de grado (bachillerato o licenciatura) y el 14,2 % tenían un nivel de posgrado.

CUADRO 2. Características demográficas de los docentes de secundaria que participaron en el estudio.

Variable		Frecuencia	Porcentaje
Zona	Rural	91	31,6
	Urbano	197	68,4
Provincia	San José	81	28,1
	Alajuela	66	22,9
	Cartago	36	12,5
	Heredia	21	7,3
	Guanacaste	20	6,9
	Puntarenas	42	14,6
	Limón	22	7,6
Edad	19-25	7	2,4
	26-35	137	47,6
	36-50	106	36,8
	51+	38	13,2
Sexo	Mujer	128	44,4
	Hombre	160	55,6
Universidad donde estudió	Ninguna	2	0,7
	Pública	140	48,6
	Privada	69	24,0
	Ambas	77	26,7
Escolaridad	Pregrado	20	6,9
	Grado	227	78,8
	Posgrado	41	14,2
Muestra Total		288	100

Se realizaron pruebas ANOVA para determinar la existencia de diferencias significativas en las categorías de las variables: grado de implementación por provincia, escolaridad, zona y experiencia docente, pero estas resultaron ser no significativas. De la misma manera se analizó la variable grado de cobertura de los contenidos y grado en que aplica la metodología impuesta por el nuevo programa por provincia, escolaridad, zona y experiencia docente, de igual forma resultaron ser no significativas a un nivel de significancia estadística del 5 %. En la tabla 3, se muestran las pruebas de ANOVA, que sí resultaron ser significativas a un nivel de significancia del 5%. El grado en que se cubre los contenidos del nuevo programa difiere en cada provincia, según lo perciben los profesores encuestados, al igual que el grado en que se aplica la metodología del nuevo programa. Con respecto al grado de implementación del nuevo programa, es diferente según el conocimiento que tenga el docente en el nuevo programa y, por último, el grado de implementación difiere según el grupo profesional, el cual se relaciona con la formación profesional que ha adquirido a nivel universitario.

CUADRO 3. Pruebas ANOVA para determinar diferencias significativas.

		Suma cuadrados	gl	Media cuadrática	F	S
En qué grado cubre los contenidos del nuevo programa* Provincia	Entre grupos	74,825	6	12,471	4,524	,0
	Dentro de grupos	774,675	281	2,757		
	Total	849,500	287			
En qué grado aplica la metodología del nuevo programa * Provincia	Entre grupos	75,848	6	12,641	3,507	,0
	Dentro de grupos	1 012,805	281	3,604		
	Total	1088,653	287			
Grado de implementación del nuevo programa * Nivel de conocimiento en el nuevo programa	Entre grupos	5,203	2	2,602	26,706	,0
	Dentro de grupos	27,765	285	,097		
	Total	32,969	287			
Grado de implementación del nuevo programa * Grupo profesional	Entre grupos	2,156	5	,431	3,947	,0
	Dentro de grupos	30,812	282	,109		
	Total	32,969	287			

Lo que ha favorecido a la implementación: En la tabla 4 se muestra las respuestas promedio de los 288 docentes, sobre posibles factores que han favorecido el proceso de implementación del nuevo programa de estudios. A grandes rasgos la formación universitaria obtuvo respuestas promedio superiores a 6, a excepción de Heredia; el intercambio de experiencias obtuvo respuestas promedio superiores a 6; el apoyo de las asesorías del MEP obtuvo respuestas promedio superiores a 5, con excepción de las provincias de Heredia y Cartago, estos factores tienen en cierto grado importancia en la implementación, pero como se ha notado hay factores que conforman ciertas dimensiones y eso es lo que se quiere identificar mediante los mapas perceptuales.

CUADRO 4. Respuestas promedio sobre cuánto ha favorecido algunos factores a la implementación del Nuevo Programa, según la percepción de los docentes.

Item	SJ	Alaj.	Cart.	Here.	Guana.	Punta.	Lir
1. Formación universitaria	6,71	6,73	7,83	5,48	6,74	6,26	7,0
2. Intercambio de experiencia con otros colegas	6,71	7,31	8,11	6,60	7,95	7,38	8,0
3. Los recursos tecnológicos en el colegio	4,08	5,03	4,94	2,81	6,00	4,34	5,0
4. Apoyo de la Dirección	4,77	5,85	5,50	4,60	7,26	5,05	7,0
5. Apoyo de las asesorías pedagógicas del MEP	5,39	6,73	4,69	4,45	7,63	6,77	5,0
6. Capacitaciones presenciales	5,69	6,02	5,54	5,43	7,22	5,95	6,0
7. Capacitaciones virtuales	4,43	4,70	4,23	3,39	6,44	5,03	4,0
8. Materiales proporcionados por el MEP	4,45	5,43	5,47	3,85	6,17	5,03	6,0
9. Sitios virtuales de la reforma matemática	2,87	3,75	3,93	3,41	5,47	3,28	4,0
10. Condiciones de aula	4,11	5,31	5,38	4,10	5,74	5,10	5,0
11. Actitud de los estudiantes	4,69	4,76	5,29	4,81	5,16	4,74	5,0

Según como se aprecia en la tabla 5, las menores distancias se comprenden entre las provincias de Puntarenas-San José y Puntarenas-Alajuela, los docentes en estas provincias tienen una percepción similar sobre los posibles factores que favorecen la implementación. Las que tienen mayor distancia entre sí son Guanacaste-San José, Guanacaste-Heredia y Limón-Heredia.

CUADRO 5. Distancias entre las provincias con respecto a los factores que han favorecido a la implementación del nuevo programa, según los docentes.

	San José	Alajuela	Cartago	Heredia	Guanacaste	Puntarenas	Limón
San José	,000						
Alajuela	,677	,000					
Cartago	,623	,597	,000				
Heredia	,605	1,076	1,223	,000			
Guanacaste	1,518	,874	1,408	1,734	,000		
Puntarenas	,384	,304	,569	,796	1,136	,000	

Es difícil asociar, en este caso, la percepción del docente con respecto a estos factores, por eso se recurre a la regresión lineal de estos factores sobre las coordenadas en los dos ejes (los ejes son las variables independientes) para identificar las dimensiones. Como se puede observar en la tabla 6, los factores que resultaron ser significativos al 5% de significancia estadística, fueron en el primer eje: *Intercambio de experiencia con otros colegas, los recursos tecnológicos en el colegio, apoyo de la Dirección, capacitaciones presenciales, capacitaciones virtuales, materiales proporcionados por el MEP, sitios virtuales de la reforma matemática, condiciones de aula*, esta dimensión está relacionada con el **Entorno y Recursos Educativos** que están a disposición del docente para lograr la implementación.

CUADRO 6. Análisis de las regresiones para la interpretación de las dimensiones.

Variables dependientes	Eje 1		Eje 2		R ²
	Coefficiente	p-valor	Coefficiente	p-valor	
1. Formación universitaria	-0,661	0,051	-1,522	0,013	0,87
2. Intercambio de experiencia con otros colegas	-0,87	0,014	-0,689	0,108	0,84
3. Los recursos tecnológicos en el colegio	-1,705	0	-0,515	0,107	0,96
4. Apoyo de la Dirección	-1,739	0,002	0,102	0,797	0,93
5. Apoyo de las asesorías pedagógicas del MEP	-1,267	0,107	1,519	0,195	0,62
6. Capacitaciones presenciales	-0,826	0,002	0,798	0,014	0,94
7. Capacitaciones virtuales	-1,323	0,016	0,742	0,232	0,81
8. Materiales proporcionados por el MEP	-1,412	0	-0,534	0,002	0,99
9. Sitios virtuales de la reforma matemática	-1,306	0,013	0,529	0,337	0,83
10. Condiciones de aula	-1,131	0,004	-0,469	0,187	0,9
11. Actitud de los estudiantes	-0,414	0,123	-0,46	0,249	0,58

En la segunda dimensión los factores que resultaron significativos fueron: *formación universitaria, capacitaciones presenciales y materiales proporcionados por el MEP*, las dos últimas coinciden con el primer eje, pero se observa que el coeficiente de regresión de la formación universitaria, en valor absoluto, es el que tiene mayor peso y por ende aporta más información a este eje. Esta dimensión hace referencia a la **Formación Profesional** que el docente recibió en su vida universitaria.

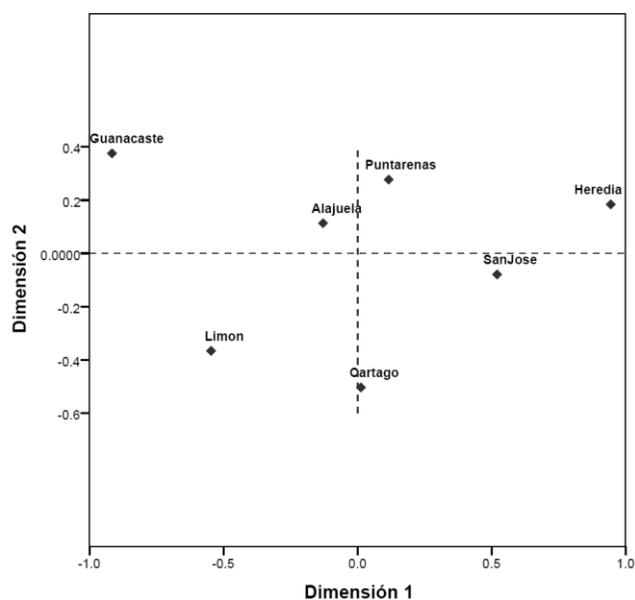


Figura. 1. Mapa perceptual de los factores que han favorecido la implementación del nuevo programa por provincia.

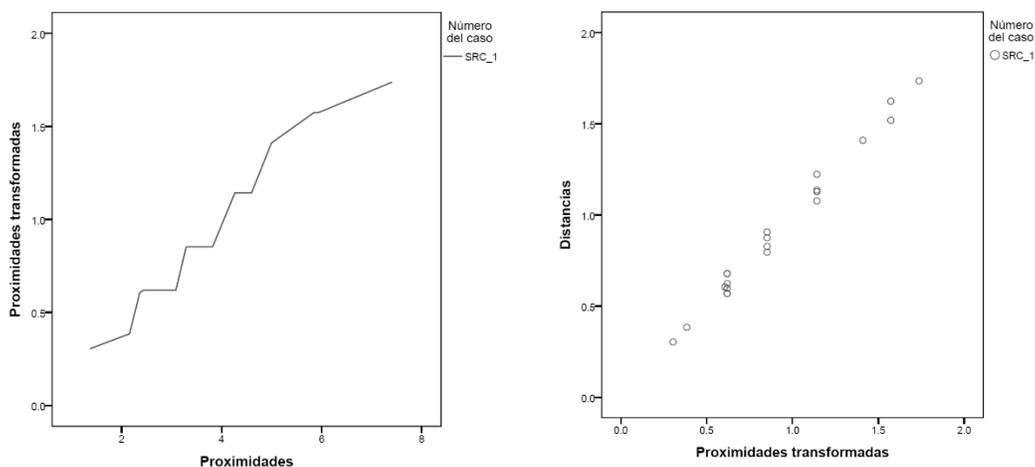
Tal como se aprecia en la figura 1, quienes consideran que el Entorno y los Recursos Educativos han sido importantes en la implementación son las personas docentes de las provincias de Heredia, San José y Puntarenas, en contraste con las provincias de Guanacaste, Limón y Alajuela, quienes no lo perciben de esta manera. Para la segunda dimensión quienes consideran importante el aporte de la formación profesional en la implementación son las personas docentes de las provincias de Guanacaste, Puntarenas, Heredia y Alajuela, sin embargo, en Cartago, Limón y San José no lo consideran como un factor de mucho peso.

Los valores de bondad de ajuste para un escalamiento multidimensional ajustado con los factores antes mencionados en la tabla 4, se muestra en la tabla 7, el estrés bruto y el s-estrés son inferiores a 0,025 por lo que el ajuste es considerado como excelente, por lo que el ajuste general de este modelo es muy bueno.

CUADRO 7. Medidas de bondad de ajuste para el modelo.

Medidas de estrés y ajuste	Valor
Estrés bruto normalizado	,00173
Estrés-I	,04160
Estrés-II	,10475
S-Estrés	,00435

Las gráficas de ajuste lineal para las proximidades transformadas contra las distancias deben ajustarse a una línea recta, según lo que se observa en el gráfico 2 las proximidades cumplen con esto, por lo que se confirma de forma gráfica que el modelo, en forma general, da un buen ajuste.

**Figura.2.** Gráficas de ajuste lineal.

Sobre las dificultades en la implementación: En la tabla 8 se muestra las respuestas promedio de los 288 docentes, sobre las posibles dificultades que se presentan al implementar el nuevo programa, hay que recordar que esta escala va del 1 al 3, se observan valores superiores a 2 en las respuestas promedio, en todas las provincias, para los factores actitud de las personas estudiantes, pocas capacitaciones, insuficiente formación de las universidades en temas de la nueva metodología, mayor tiempo en la planificación de las lecciones, poco tiempo para desarrollar en clase y falta de materiales de apoyo para aplicar la metodología. En esta escala, así como en la escala anterior, se hace más sencillo identificar dimensiones relacionadas con estos factores mediante los mapas perceptuales.

CUADRO 8. Respuestas promedio sobre algunas dificultades en la implementación del Nuevo Programa, según la percepción de los docentes.

Item	SJ	Alaj.	Cart.	Here.	Guana.	Punta.	Limón
1. Actitud de los estudiantes.	2,25	2,31	2,37	2,33	2,15	2,36	2,1
2. Complejidad de los contenidos del nuevo programa.	1,70	1,86	1,40	1,52	1,90	1,49	1,5
3. Poco apoyo de las asesorías pedagógicas del MEP.	1,94	1,72	1,40	1,71	1,60	1,49	1,9
4. Poco apoyo de la Dirección.	1,31	1,28	,91	1,38	1,15	1,38	1,1
5. Pocas capacitaciones.	2,11	2,02	2,06	1,86	1,90	1,92	1,9
6. Insuficiente formación de las universidades en temas de la nueva metodología.	1,75	2,02	1,69	1,67	2,20	1,85	1,7
7. Poco recurso tecnológico para implementar metodología.	1,99	1,86	1,77	2,05	1,80	2,13	1,9
8. Mayor tiempo en la planificación de las lecciones	2,28	2,54	2,23	2,43	2,40	2,10	2,1
9. Poco tiempo para desarrollar la clase.	2,60	2,80	2,43	2,57	2,15	2,56	2,4
10. Falta de materiales de apoyo para aplicar la metodología.	2,25	2,25	2,20	2,05	2,45	2,10	2,1

Según como se aprecia en la tabla 9, las provincias con menor distancia entre sí son Limón-Heredia, Puntarenas-Heredia, Limón-San José y Heredia-San José; las cuales perciben, de una forma similar las dimensiones del mapa perceptual.

CUADRO 9. Distancias entre las provincias con respecto a algunas dificultades en la implementación del nuevo programa, según la percepción de los docentes.

	San José	Alajuela	Cartago	Heredia	Guanacaste	Puntarenas	Limón
San José	,000						
Alajuela	,604	,000					
Cartago	1,212	1,328	,000				
Heredia	,311	,685	,991	,000			
Guanacaste	1,328	,604	1,668	1,398	,000		
Puntarenas	,604	,991	,685	,311	1,398	,000	
Limón	,311	,991	,991	,311	1,614	,604	,000

De la misma manera que en la primera escala, se utiliza la regresión lineal sobre las coordenadas en los dos ejes (los ejes son las variables independientes) para identificar las dimensiones. Como se puede ver los factores que resultaron ser significativos en el primer eje son: Complejidad de los contenidos del nuevo programa, Insuficiente formación de las universidades en temas de la nueva metodología, Poco tiempo para desarrollar la clase y falta de materiales de apoyo para aplicar la metodología, estos factores están relacionados con el **Dominio de la Metodología**, así se formó la primera dimensión.

CUADRO 10. Análisis de las regresiones para la interpretación de las dimensiones.

Variables dependientes	Eje 1		Eje 2	
	Coefficiente	p-valor	Coefficiente	p-valor
1. Actitud de los estudiantes.	-0,083	0,193	0,081	0,365
2. Complejidad de los contenidos del nuevo programa.	0,305	0,001	-0,136	0,059
3. Poco apoyo de las asesorías pedagógicas del MEP.	0,01	0,894	-0,491	0,008
4. Poco apoyo de la Dirección.	0,017	0,869	-0,298	0,111
5. Pocas capacitaciones.	-0,016	0,85	0,027	0,833
6. Insuficiente formación de las universidades en temas de la nueva metodología.	0,317	0,005	0,083	0,373
7. Poco recurso tecnológico para implementar la metodología.	-0,098	0,3	-0,178	0,219
9. Poco tiempo para desarrollar la clase.	0,425	0	0,06	0,332
10. Falta de materiales de apoyo para aplicar la metodología.	0,177	0,047	0,058	0,562

Tal como se aprecia en la figura 3, los docentes de las provincias de Guanacaste y Alajuela perciben que los problemas de implementación se deben al dominio de los contenidos de los nuevos programas, posiblemente se deba a la formación profesional del docente, puesto que esto lo indican los profesores de estas provincias en el mapa anterior. En las demás provincias no perciben el dominio de los contenidos como un factor que haya dificultado la implementación. En la segunda dimensión los factores que resultaron significativos fueron: Poco apoyo de las asesorías pedagógicas del MEP, a esta dimensión se le llamó **Apoyo de las Asesorías Pedagógicas** y hace referencia al apoyo de las asesorías del Ministerio de Educación.

En la figura 3 se observa que los docentes de las provincias de Cartago, Guanacaste y Puntarenas consideran que el poco apoyo pedagógico brindado por las asesorías afecta de forma directa a la implementación del nuevo programa de estudios, mientras que las personas docentes de las demás provincias no lo consideran así, se tendría que investigar con qué frecuencia se realizaron capacitaciones sobre el nuevo programa, así como la distribución de material de apoyo pedagógico en estas zonas del país.

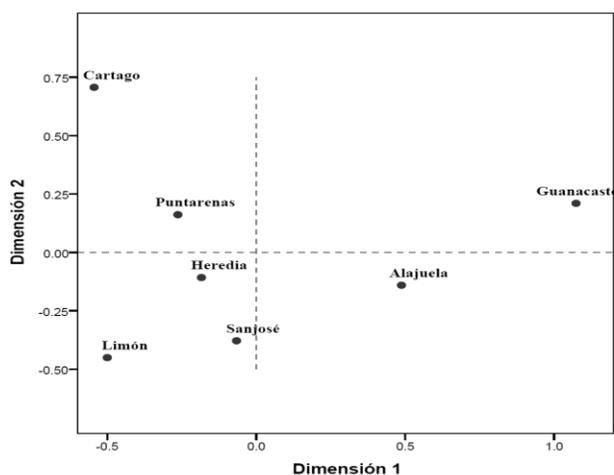


Figura.3. Mapa perceptual de algunas dificultades en la implementación del nuevo programa.

Los valores de bondad de ajuste para un escalamiento multidimensional ajustado con los factores antes mencionados en la tabla 8, se muestra en la tabla 11, el estrés bruto y el s-estrés son inferiores a 0,025, por lo que el ajuste general de este modelo es muy bueno.

CUADRO 11. Medidas de bondad de ajuste para el modelo.

Medidas de estrés y ajuste

Estrés bruto normalizado	,00173
Estrés-I	,04163
Estrés-II	,09875
S-Estrés	,00191

Las gráficas de ajuste lineal para las proximidades transformadas contra las distancias deben ajustarse a una línea recta, según lo que se observa en el gráfico 4, las proximidades cumplen con esto, por lo que el modelo en forma general da un buen ajuste.

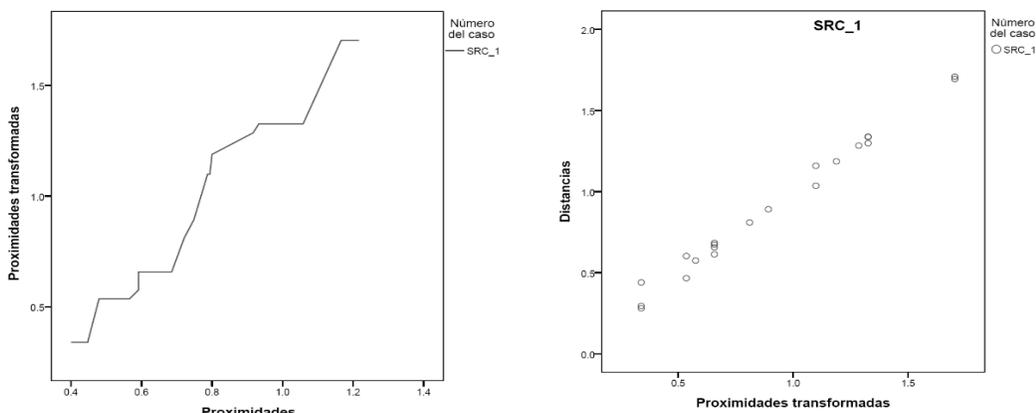


Figura 4. Ajuste lineal del modelo con distancia euclídea.

DISCUSIÓN

El fin del escalamiento multidimensional es identificar agrupaciones a lo largo de una dimensión para describir esas agrupaciones (Bord et al., 2018). En el caso de esta investigación, se empleó un conjunto de datos derivado de la percepción de las personas docentes en cuanto a el grado de implementación de un programa de matemática; se identificó las dimensiones relacionadas con factores que favorecieron la implementación, así como las que se relacionaron con las dificultades presentes en la transición al nuevo programa de estudios. Para Gil (1993) el escalamiento multidimensional le permite al investigador comparar y organizar la información contenida, esto por medio las percepciones tomadas como unidad de análisis. Los resultados obtenidos en este estudio coinciden con la afirmación antes mencionada, se organizaron las escalas utilizadas en grupos de variables que lograron conformar dimensiones a las cuales se les dio un nombre en particular. Además, se evidencia que la técnica estadística tiene la facilidad para transformar las percepciones en mapas donde se evidencian diferentes dimensiones.

Estas dimensiones, según los factores que favorecen la implementación, fueron el **Entorno y Recursos Educativos** y la **Formación Profesional del docente**, las cuales son de gran importancia para obtener mejores resultados en el proceso de implementación de un programa de estudios. Para las dificultades presentes en la implementación, se obtuvieron dos dimensiones las cuales se denominaron: **Dominio de la Metodología y Apoyo de las Asesorías Pedagógicas**, dimensiones que se deben tratar para disminuir las dificultades a la hora de realizar la transición hacia un nuevo programa de estudios. Con respecto a las estadísticas descriptivas del conjunto de datos empleado en el estudio, el 68,4% (197) de los colegios participantes del estudio están en zona urbana y el 31,6% (91) de zonas rurales, con respecto a los docentes, son hombres 55,6% (160) y 44,4% son mujeres (128). La mayoría de ellos (48,6 %) provienen de universidades públicas y el 24% de privadas. 78,8% de ellos poseen estudios de grado (bachillerato o licenciatura), el 14,2% poseen un nivel de posgrado y 6,9% de pregrado.

Se encontraron diferencias significativas en el grado en que se cubre los contenidos en cada provincia, según la percepción de los profesores, al igual que el grado en que se aplica la metodología del nuevo programa. También el grado de implementación es diferente según el conocimiento que tenga el docente en el nuevo programa y por último el grado de implementación difiere según el grupo profesional. En el uso de la técnica estadística de escalamiento multidimensional, se destacan dos aspectos favorables. En primer lugar, esta técnica permite analizar percepciones a partir de conjuntos de datos complejos que involucran múltiples variables y dimensiones, esto facilita los análisis e interpretaciones al reducir la complejidad de los datos. En segundo lugar, el escalamiento multidimensional posibilita la visualización de grupos de personas, en este caso particular, docentes, con percepciones similares, así como de las dimensiones que influyen en estas percepciones, a través de su representación gráfica por medio de mapas. No obstante, es importante considerar que la interpretación de los resultados del escalamiento multidimensional puede ser subjetiva y depender en gran medida de la perspectiva del investigador

sino se cuenta con otras herramientas estadísticas que ayuden a esta interpretación, como lo es la regresión lineal múltiple, la cual ayuda en estas interpretaciones sobre los ejes.

CONCLUSIÓN

En este estudio se describió cómo utilizar los mapas perceptuales, producidos por la técnica de escalamiento multidimensional, en el análisis de la percepción de las personas docentes sobre el grado de implementación de un nuevo programa de estudios. El uso de la regresión multivariante y las pruebas ANOVA colaboraron en la identificación de estas dimensiones. Como lo apunta Hidalgo et al. (2007), es recomendable utilizar una regresión lineal múltiple para observar qué tan significativas son las variables que forman cada dimensión, esto debido a que en muchas ocasiones se hace compleja la interpretación del mapa perceptual. Para dar respuesta a la pregunta planteada en este estudio, la herramienta estadística escalamiento multidimensional es apropiada para visualizar, de una manera gráfica, y a su vez facilita el análisis de las percepciones u opiniones de las personas encuestadas. Esto por la facilidad que tiene este método en expresar estas percepciones en mapas, evidenciando así las diferentes dimensiones (Bord et al., 2018 y Gil, 1993). En el análisis de datos realizado en este trabajo, se pudo observar que la técnica de escalamiento multidimensional identificó grupos de docentes con percepciones similares. Además, se encontró que, en conjunto con la regresión lineal múltiple, los ejes representaron las dimensiones de **Entorno y Recursos Educativos** y **Formación Profesional del docente** como factores que favorecieron la implementación del nuevo plan de estudios. Asimismo, se identificaron las dimensiones de **Dominio de la Metodología** y **Apoyo de las Asesorías Pedagógicas** como dificultades presentes.

Estos hallazgos proporcionan insumos valiosos para la toma de decisiones y el diseño de estrategias educativas. La técnica de escalamiento multidimensional permite visualizar de manera clara y concisa las relaciones entre las variables analizadas, lo que facilita la identificación de patrones y tendencias significativas. En consecuencia, se convierte en una herramienta relevante para mejorar la toma de decisiones en el ámbito educativo y diseñar estrategias que aborden las necesidades y desafíos identificados en la percepción de los docentes.

AGRADECIMIENTOS

El más sincero agradecimiento al Estado de la Nación por facilitar de forma gratuita el conjunto de datos empleado en este trabajo para la ejemplificación de la técnica de escalamiento multidimensional.

REFERENCIAS

- Bord, I., Groenen, P. & Mair, P. (2018). *Applied Multidimensional Scaling and Unfolding*. Second Ed, Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-73471-2>
- Creswell, J. (2003). *Research design: Qualitative, quantitative and mixed methods approaches* (2nd ed.). Thousand Oaks, CA: SAGE Publications.
- DeVellis, R. & Thorpe, C. (2021). *Scale development: Theory and applications*. Fifth Ed, Sage.

- Estado de la Nación (2020). *Estado de la Nación. Bases de datos del Estado de la Nación*. Recuperado el 02 julio de 2020 de <https://estadonacion.or.cr/base-datos/>.
- George, D., & Mallery, P. (2019). *IBM SPSS Statistics 26 Step by Step: A Simple Guide and Reference*. 16th ed. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780429056765>
- Gil, J. (1993). La posición del profesorado ante el cambio educativo. Un escalamiento multidimensional no métrico de los discursos sobre la reforma. *Revista de Investigación Educativa*, 21(1), 67-82. Recuperado de <https://revistas.um.es/rie/article/view/136531/124141>
- Guisande, C., Vaamonde, A. & Barreiro, A. (2013). *Temas de Análisis Estadístico Multivariante*. San José: EUCR.
- Härdle, W.K., Simar, L. (2019). *Applied Multivariate Statistical Analysis*. Springer Cham. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-26006-4>
- Hernández, O. (2013). *Temas de Análisis Estadístico Multivariante*. San José: EUCR.
- Hidalgo, P., Manzur, E., Olavarrieta, S. y Farias, P. (2007). Cuantificación de las distancias culturales entre países: un análisis de Latinoamérica. *Cuadernos De Administración*, 20(33). Recuperado de https://revistas.javeriana.edu.co/index.php/cuadernos_admon/article/view/4096
- IBM Corp. (2020). *IBM SPSS Categories 28. SPSS Inc.* Recuperado de https://www.ibm.com/docs/en/SSLVMB_28.0.0/pdf/es/IBM_SPSS_Categories.pdf
- Kruskal, J. B. (1964). Nonmetric Multidimensional Scaling: A Numerical Method. *Psychometrika*, 2,123-162.
- Lentini, V. & Villalobos, G. (2015). Condiciones en que se aplica la reforma curricular de Matemáticas en colegios públicos diurnos, según los docentes. *Quinto informe del Estado de la Educación*, 357-365.
- Mair, P., Borg, I., & Rusch, T. (2016). Goodness-of-Fit Assessment in Multidimensional Scaling and Unfolding. *Multivariate Behavioral Research*, 51, 772-789.
- Ruiz, A. (2013). Reforma de la Educación Matemática en Costa Rica. Cuadernos de Investigación y Formación en Educación Matemática. *Centro de Investigación y Formación en Educación Matemática*, 8. <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/cifem/%20issue/view/1186>
- Ruiz, A. (2014). La implementación de los programas oficiales de matemáticas. *5to Informe del Estado de la Educación*, CONARE. Recuperado de: <https://repositorio.conare.ac.cr:8443/rest/bitstreams/31cb77cd-d69a-4215-a99a-1f15f3d04027/retrieve>
- Trejos, J., Castillo, W. & González, J (2014). *Análisis Multivariado de Datos: Métodos y Aplicaciones*. San José: EUCR.