

Topología y Persistencia en la Economía Colombiana

Periodo 2008 - 2025



Juan Naranjo, Daniel Posada



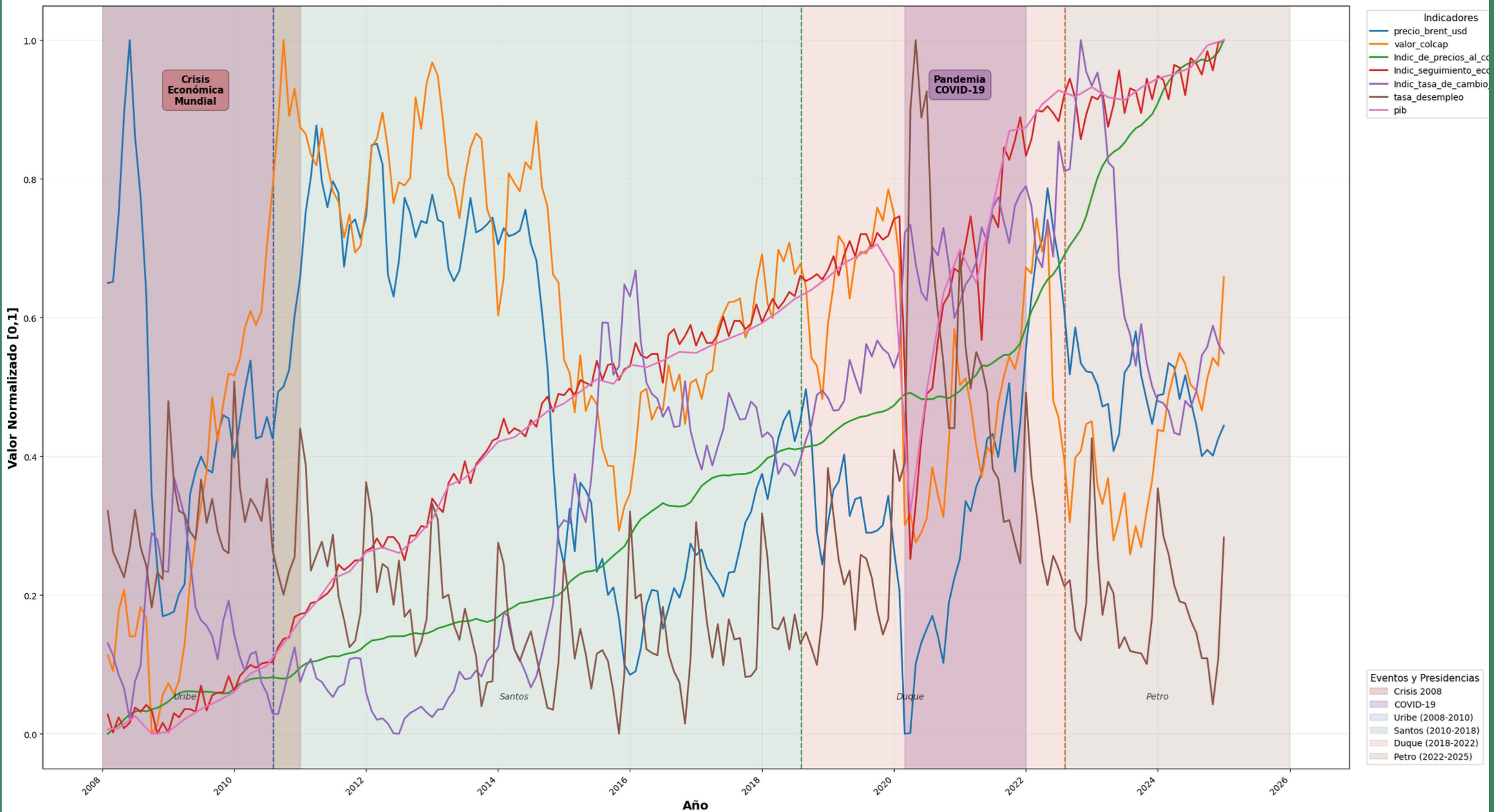
La Economía Colombiana

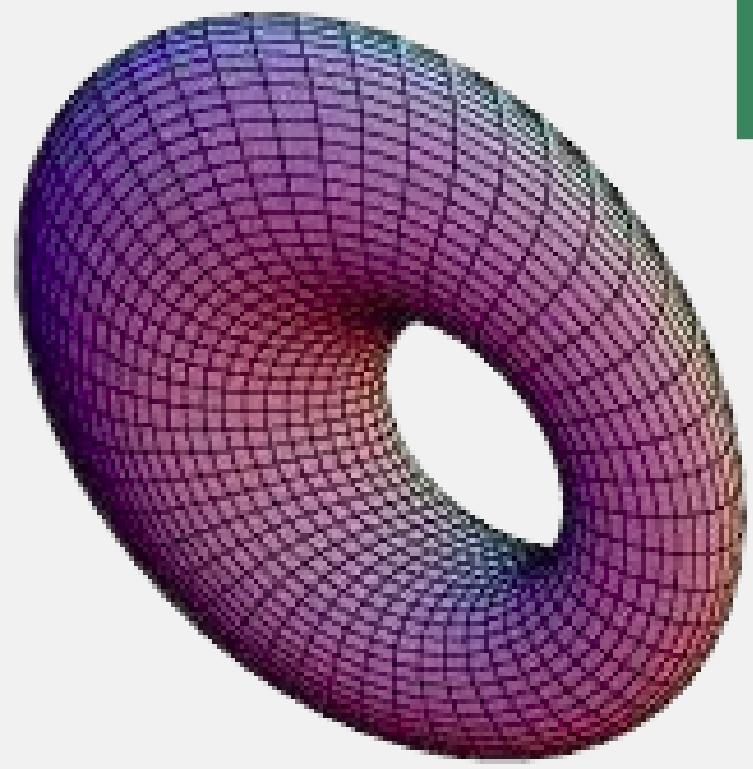
¿Qué significa **topología** en el contexto de la Economía Colombiana?

¿Qué nuevas perspectivas y **posibilidades** ofrece el **Análisis Topológico de Datos** para captar **patrones de transición** o **anomalías** que otros métodos podrían pasar por alto?



Indicadores Económicos Colombia 2008-2025
Series Normalizadas con Eventos Históricos



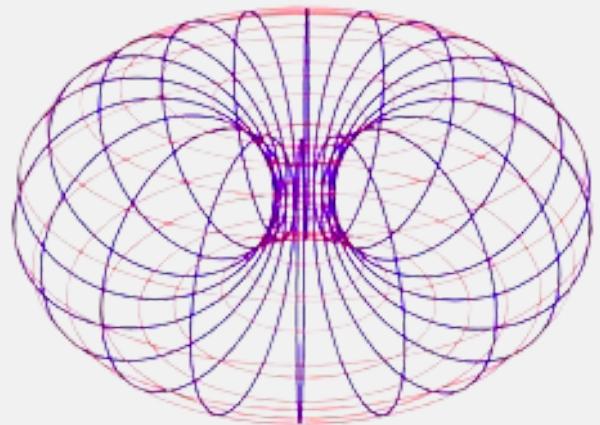


Objetivos

Buscamos **identificar** y **analizar** la estructura topológica subyacente a los datos macroeconómicos de Colombia.

Evaluar si las **características topológicas** reflejan eventos clave como *La crisis de 2008* y *La pandemia de 2020*, así como **detectar anomalías** y cambios significativos que indiquen **transiciones económicas**.

Metodología



01.

Recopilación y limpieza de datos macroeconómicos de fuentes oficiales (DIAN, Banco de la República), abarcando desde **febrero 2008** a **enero 2025**.

02.

Aplicación de **Time Delay Embedding** para transformar series temporales en **nubes de puntos**, con **tres enfoques** para capturar la estructura topológica desde **diferentes perspectivas**.

03.

Análisis topológico mediante **grafos Mapper** y **Diagramas de Persistencia**, para detectar patrones, anomalías y cambios en cada **modelo topológico** de la Economía Colombiana.

Indicador	Definición	Interpretación e Impacto
precio_petroleo_brent	Precio internacional del petróleo Brent en dólares estadounidenses	Tiene un fuerte impacto en ingresos fiscales y costos de producción.
valor_colcap	Valor del índice COLCAP, que refleja el comportamiento del mercado accionario colombiano.	Mide la confianza y expectativas del mercado financiero local.
indic_precios_al_consumidor	Índice de Precios al Consumidor (IPC), que mide la inflación basada en el costo de una canasta de bienes y servicios.	Refleja la evolución del costo de vida y la inflación en Colombia.
indic_seguimiento_economia	Indicador que sirve como medida de la evolución de la actividad real de la economía en el corto plazo.	Muestra la tendencia y crecimiento económico del país.
indic_tasa_de_cambio_real	Precio relativo que compara el valor de una canasta de bienes en dos países diferentes, en este caso respecto a USA.	Influye en la competitividad de las exportaciones e importaciones.
tasa_desempleo	Porcentaje de población activa sin empleo.	Indicador de la salud del mercado laboral y la economía general.
pib	Producto Interno Bruto, refleja el valor total de bienes y servicios producidos en Colombia en un periodo anual.	Principal indicador del crecimiento económico y tamaño de la economía.



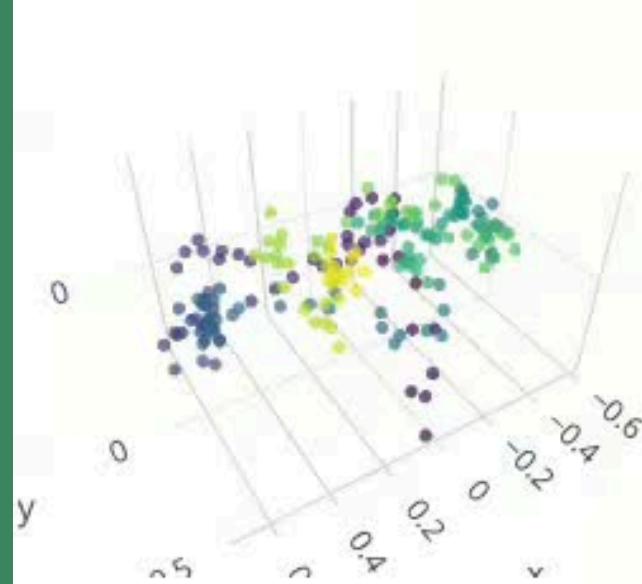
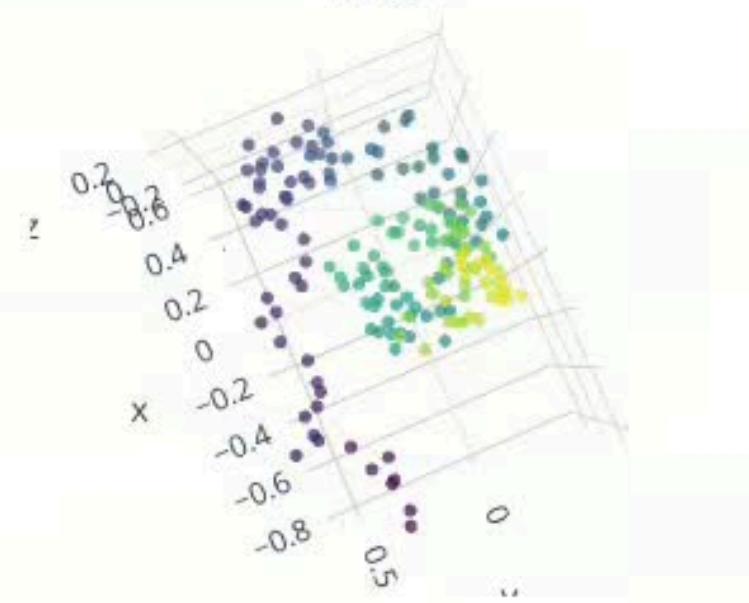
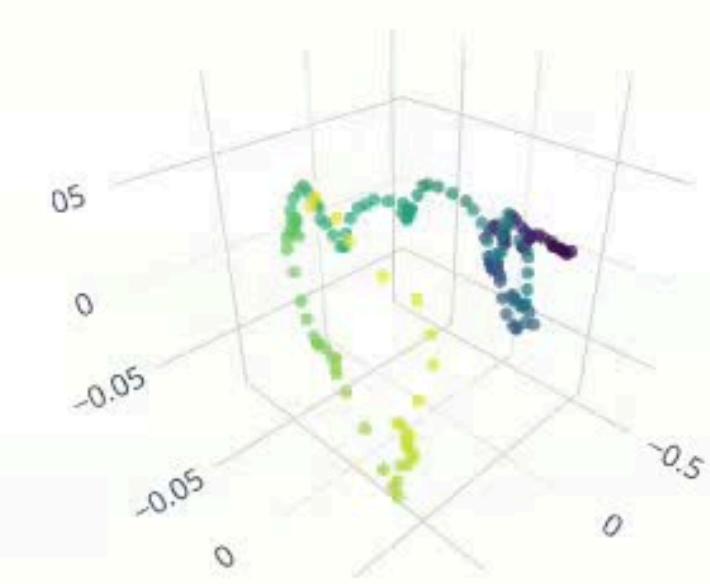
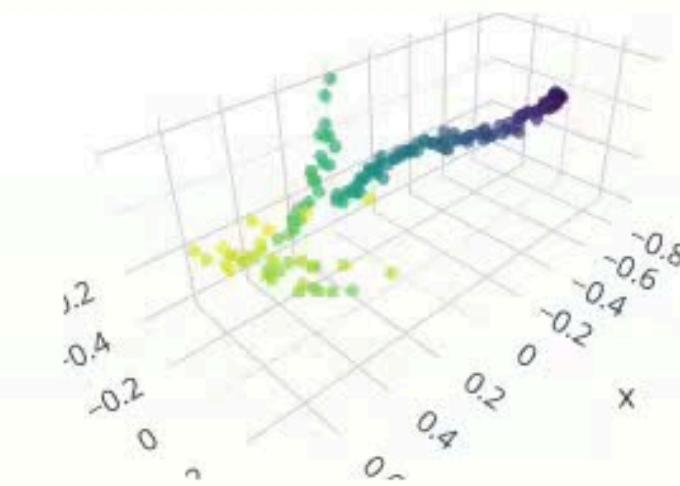
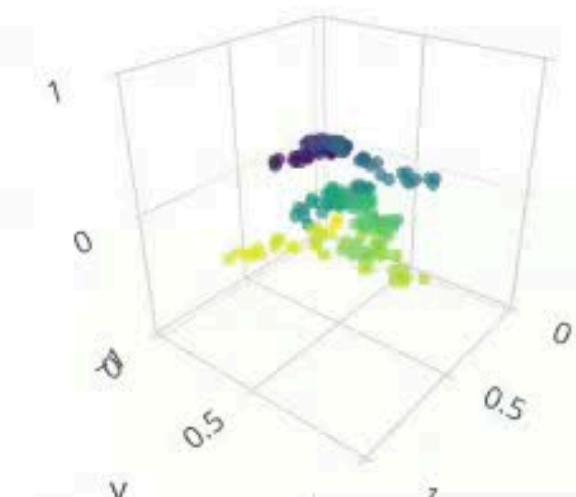
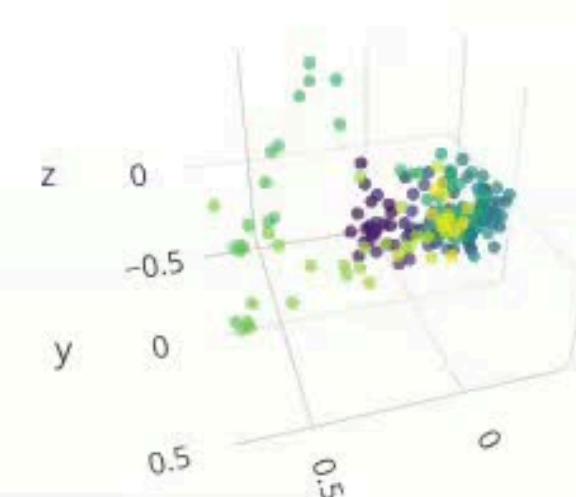
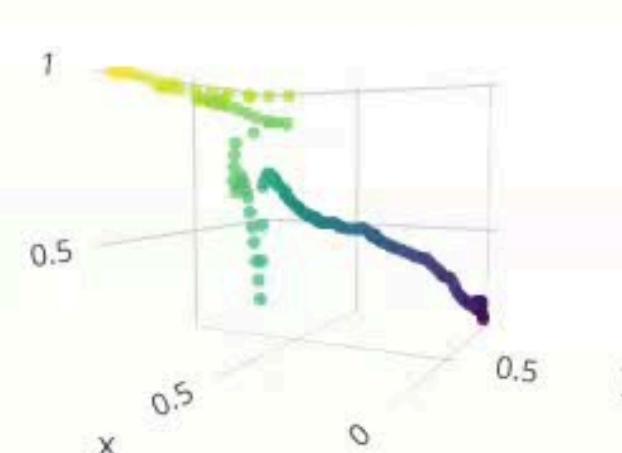
Time Delay Embedding

Es una técnica fundamental en el análisis de sistemas dinámicos y teoría del caos. Se usa en el Análisis Topológico de Datos de series temporales para generar una **nube de puntos en un espacio multidimensional**.

$$TD_{d,\tau} f(t) = \begin{pmatrix} f(t) \\ f(t + \tau) \\ \vdots \\ f(t + (d - 1)\tau) \end{pmatrix}$$

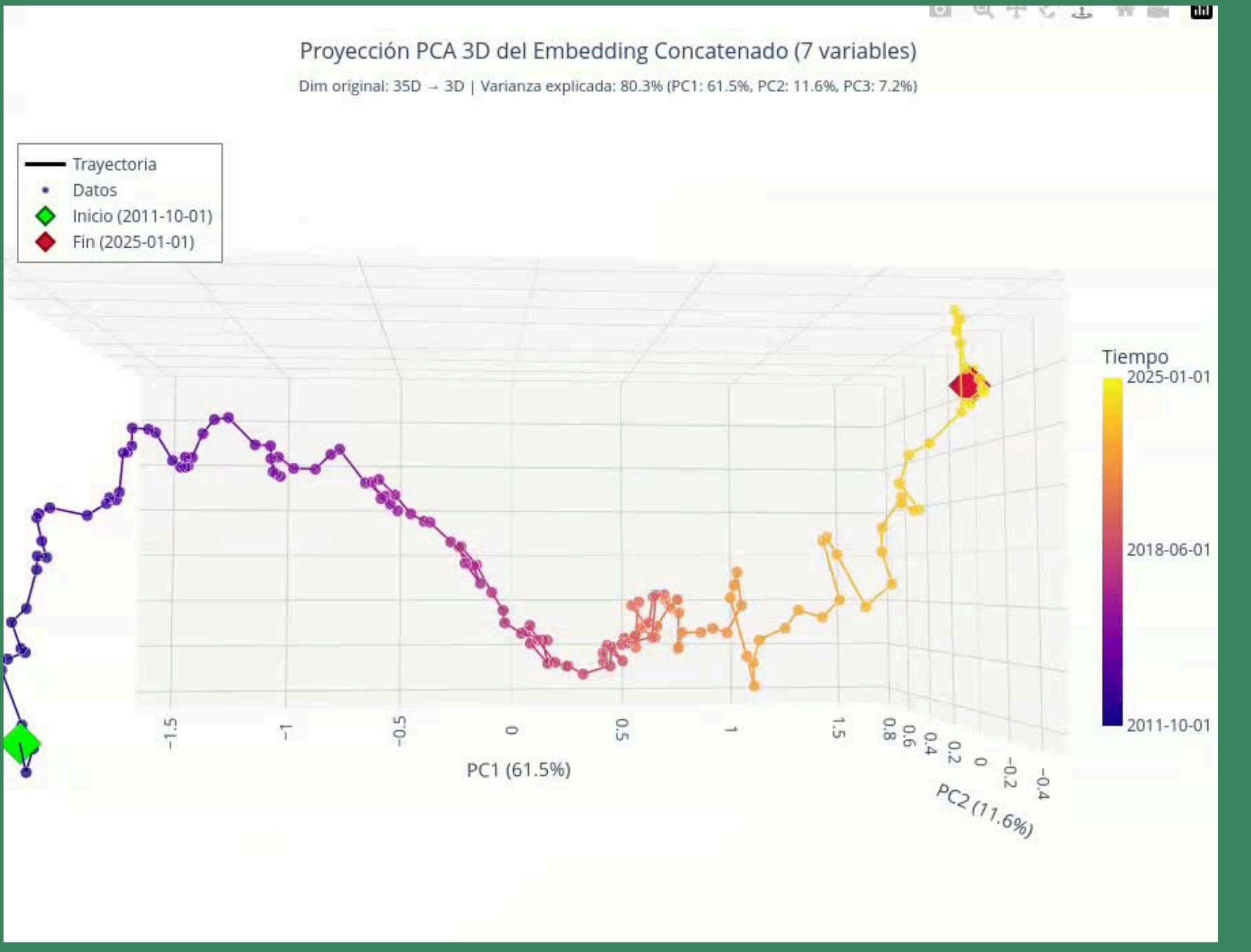


Giotto-tda

Embeddings Takens 3D con Parámetros Óptimos (τ , d)precio_brent_usd
 $\tau=4$, $d=4$ valor_colcap
 $\tau=8$, $d=5$ Indic_de_precios_al_consumidor
 $\tau=16$, $d=4$ Indic_seguimiento_economia
 $\tau=13$, $d=5$ Indic_tasa_de_cambio_real
 $\tau=17$, $d=2$ tasa_desempleo
 $\tau=5$, $d=5$ pib
 $\tau=19$, $d=3$ 

Tiempo

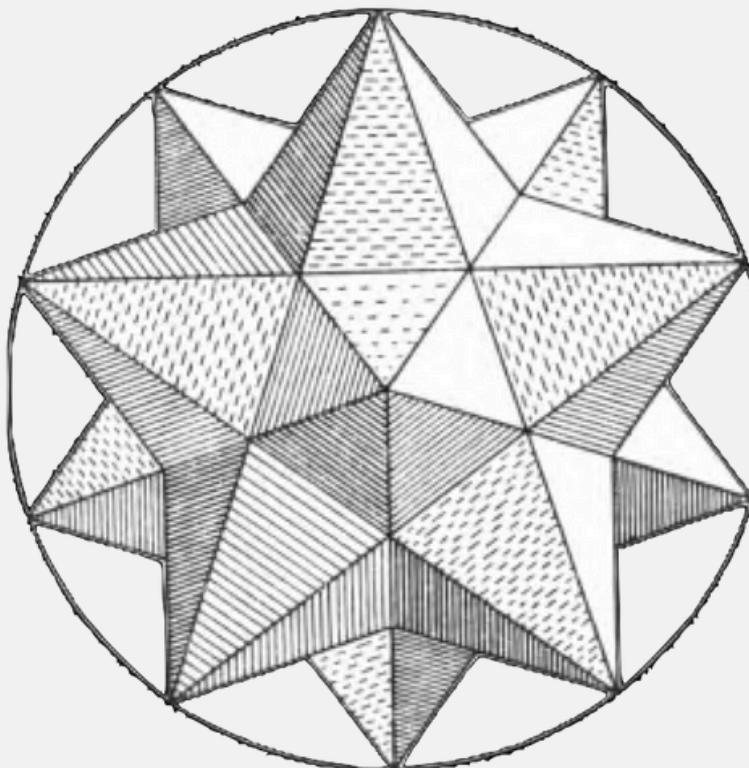




Técnicas de Visualización

Generamos **diagramas de persistencia** con la librería **Giotto-tda** para los embeddings individuales, el embedding concatenado y los datos originales.

Luego, aplicamos el **Algoritmo de Mapper** usando **KMapper** para crear un grafo que representa la topología del modelo.



Diagramas de Persistencia - Homología de Vietoris-Rips

● H_0 (Componentes) ● H_1 (Loops) ● H_2 (Cavidades)

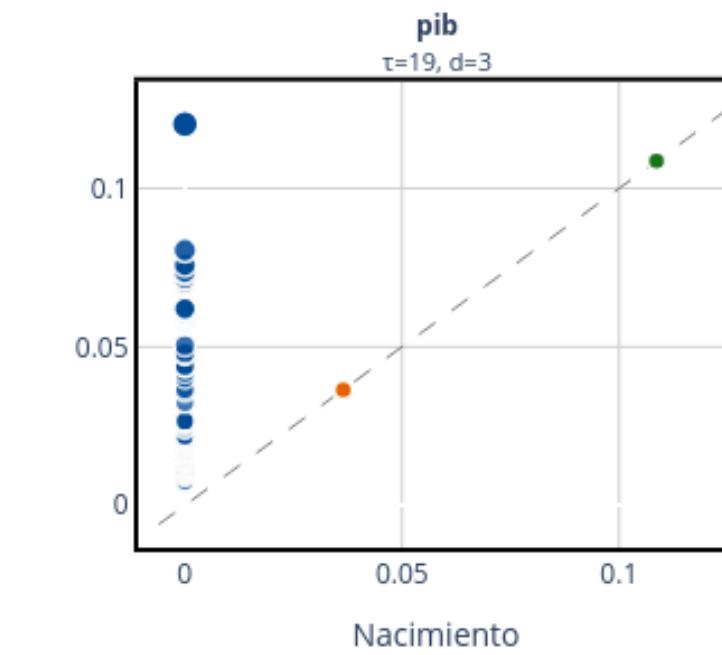
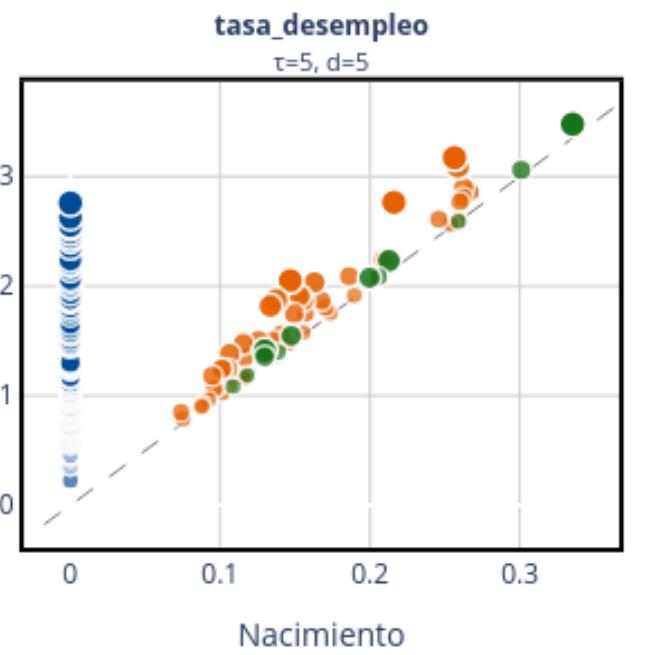
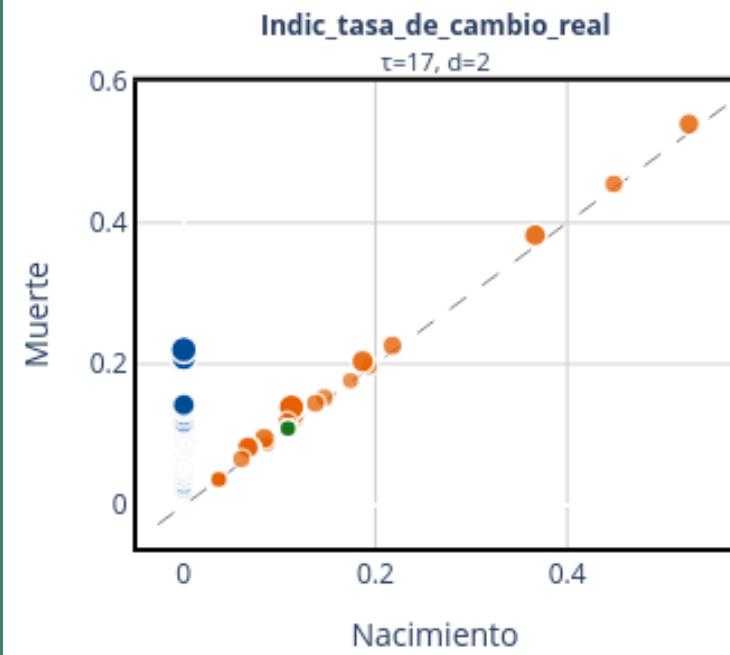
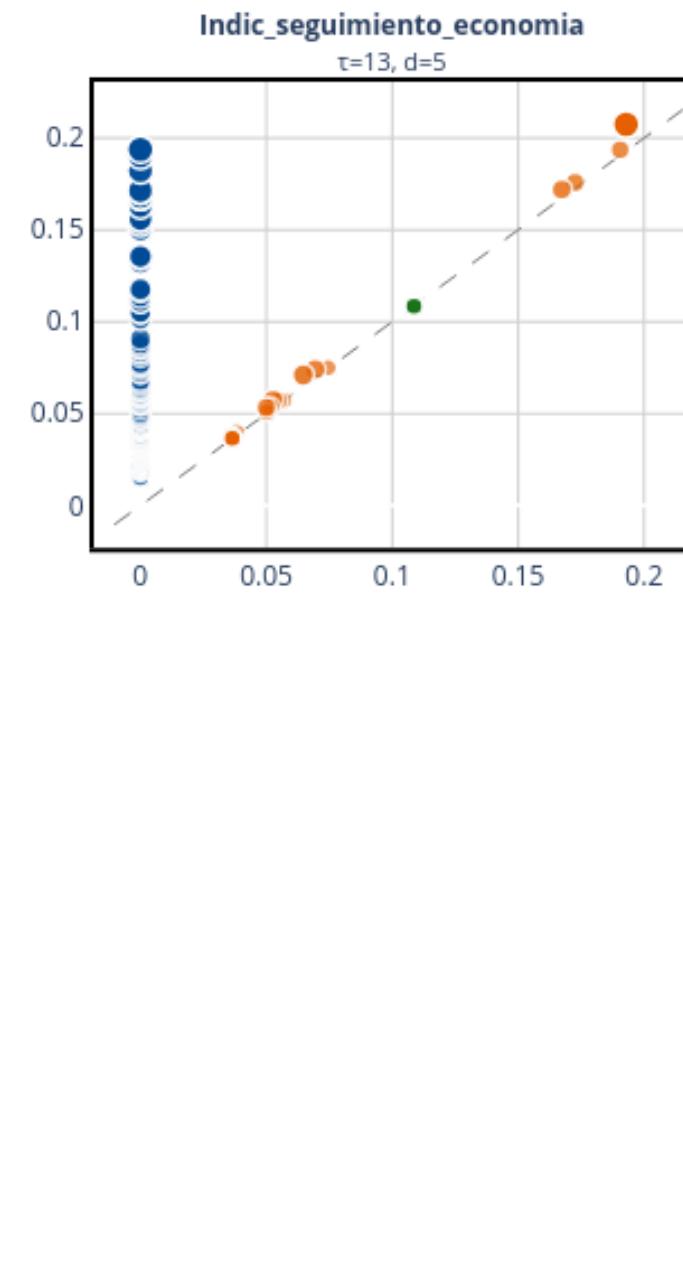
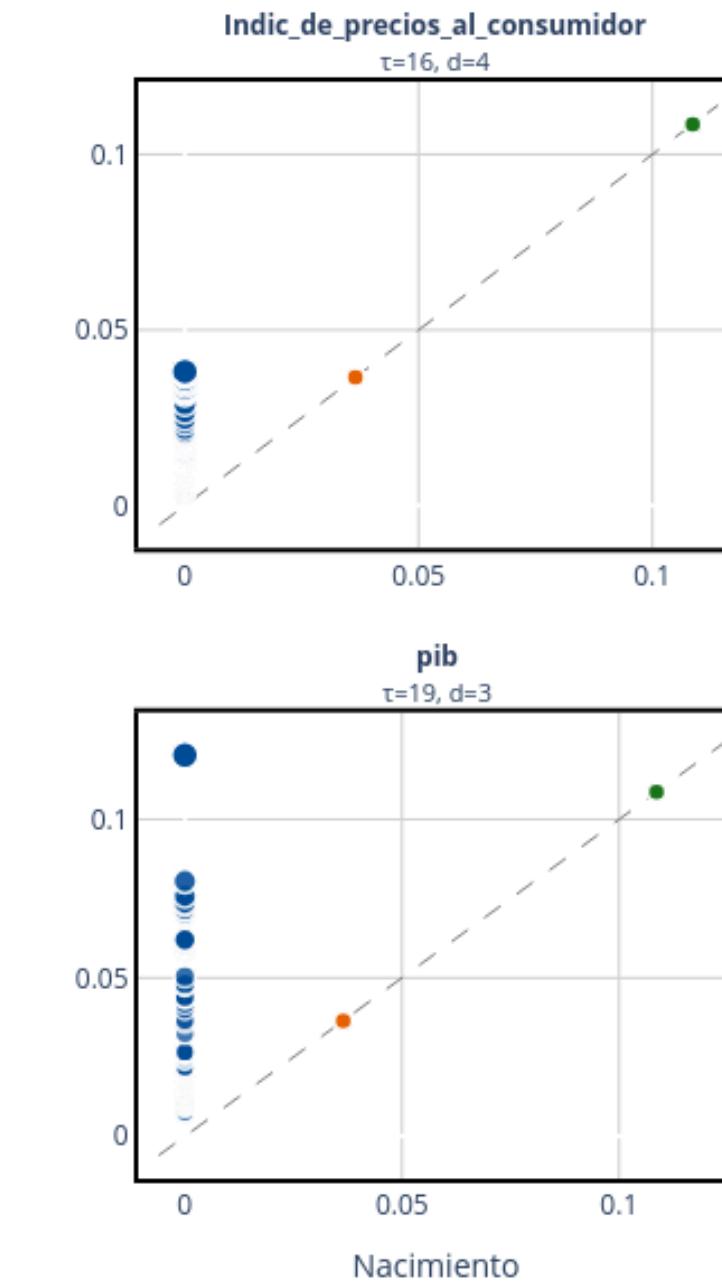
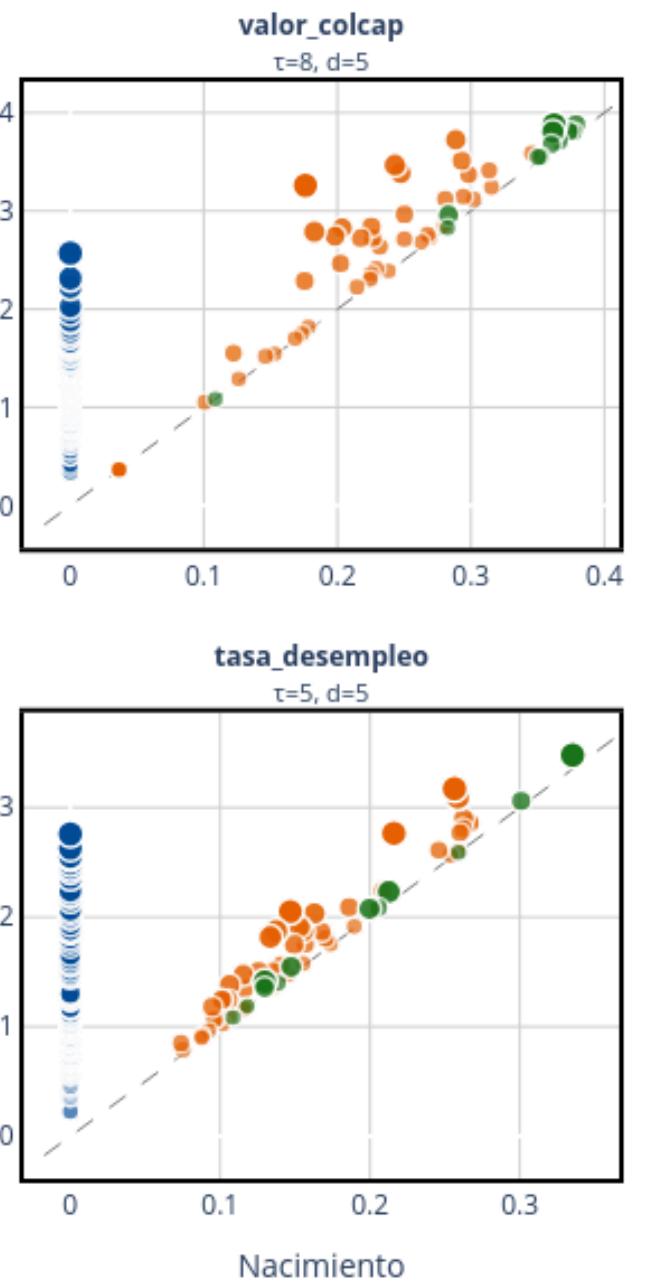
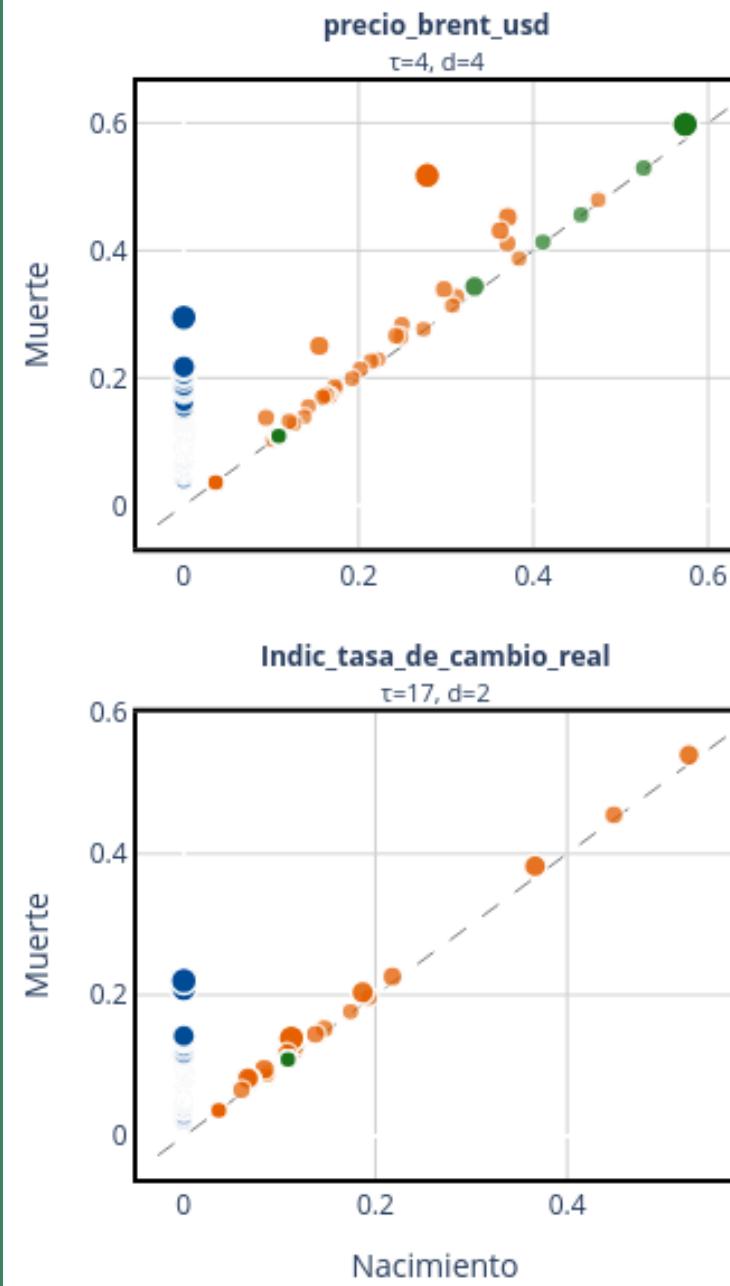


Diagrama de Persistencia - Datos Originales (7D)

Complejo Vietoris-Rips | 235 características topológicas | Persistencia máx: 0.2871

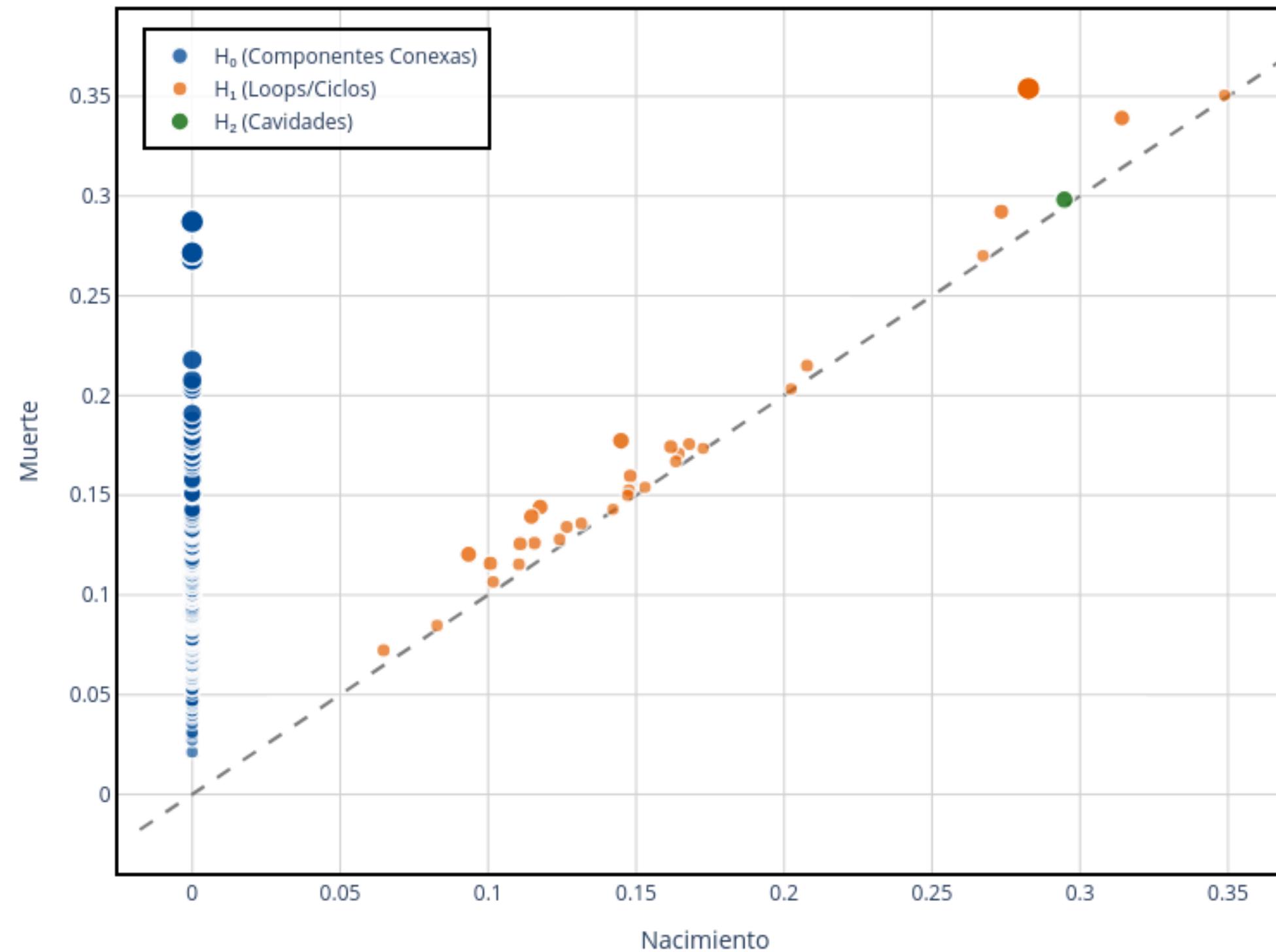
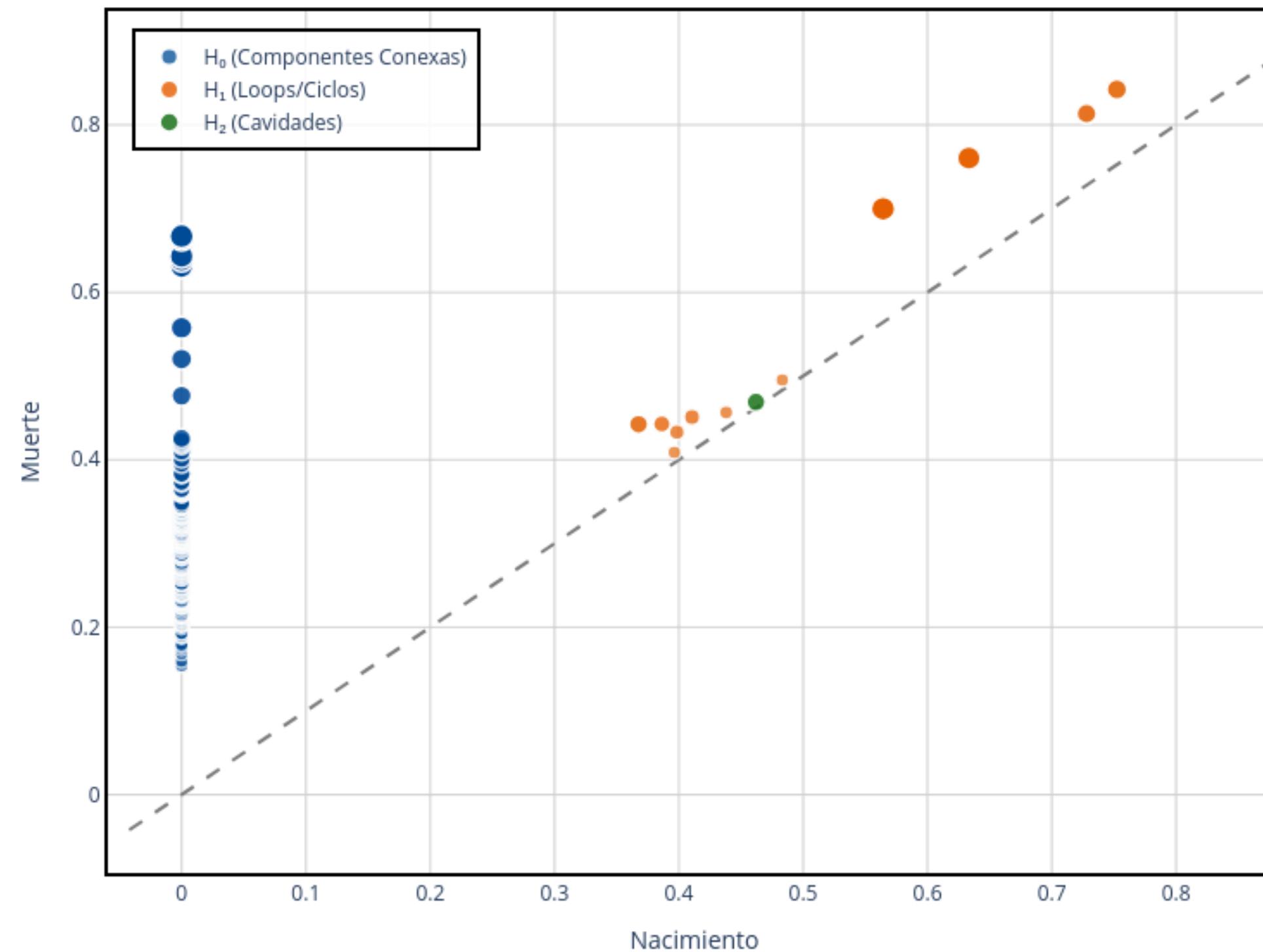


Diagrama de Persistencia - Embedding Concatenado (7 variables, 35D)

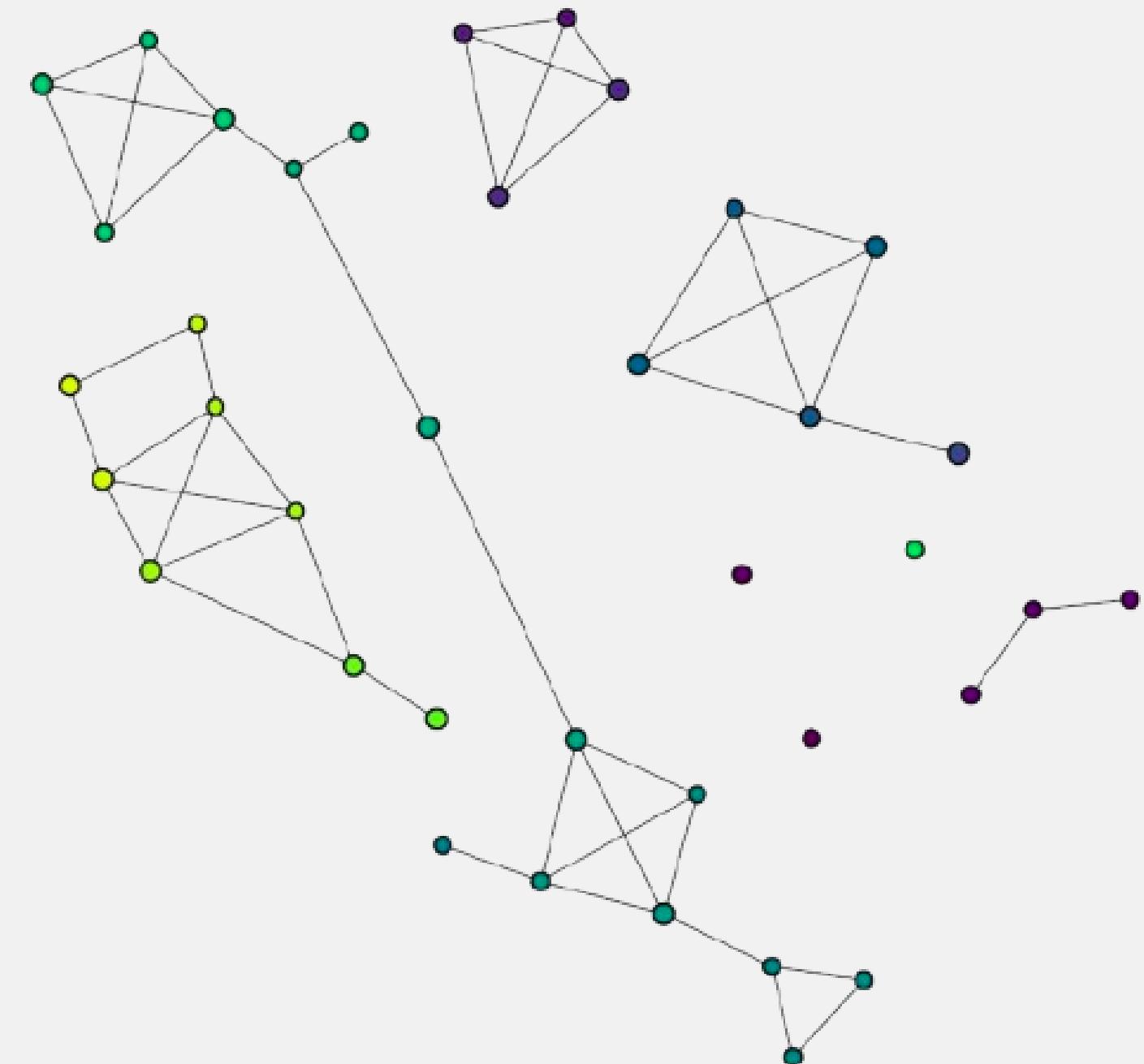
Complejo Vietoris-Rips | 171 características topológicas | Persistencia máx: 0.6671



Algoritmo Mapper

El **algoritmo Mapper** genera un **grafo** que representa su estructura topológica *global*. Esto se hace eligiendo una función **filtro** que reduce la dimensión, dividiendo su rango en **intervalos solapados** y agrupando los datos en cada intervalo mediante **clustering**. Los grupos se convierten en nodos y se conectan si comparten elementos, mostrando así la **topología subyacente**.

En nuestro caso, el filtro seleccionado fue un **PCA** de **dos dimensiones** y para el clustering usamos **DBSCAN**, ajustando sus parámetros con el método del codo y heurísticas de la librería knee para optimizar la agrupación y visualización del embedding concatenado.



Mapper Summary

PROJECTION custom

N_CUBES 15

PERC_OVERLAP 0.3

CLUSTERER

DBSCAN(eps=np.float64(0.56140119146536)
min_samples=4)

SCALER None

NERVE_MIN_INTERSECTION 1

NODES 36

EDGES 33

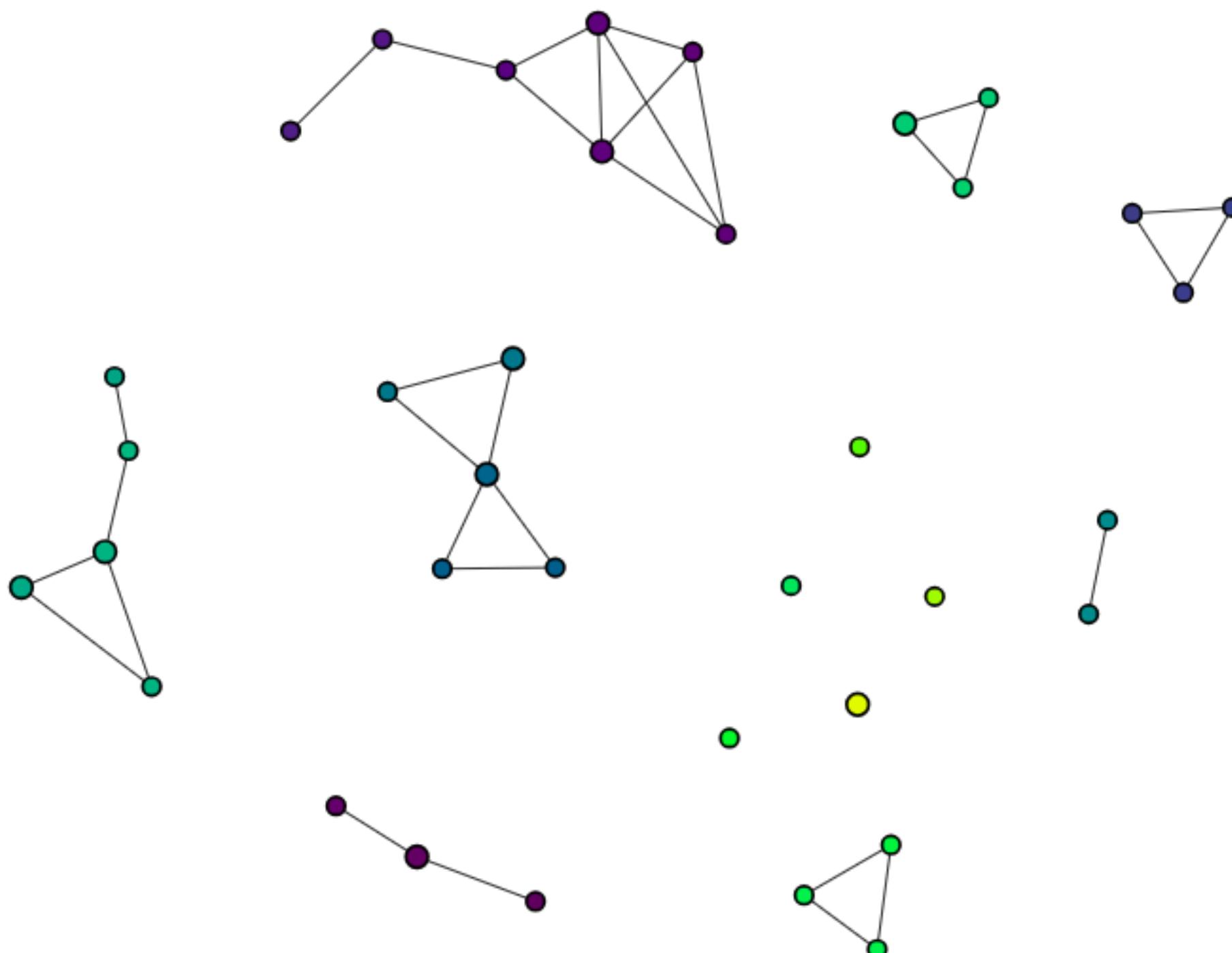
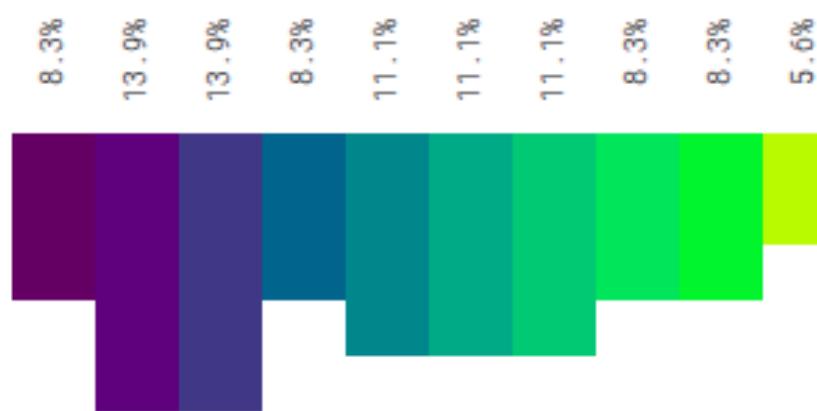
TOTAL SAMPLES 207

UNIQUE SAMPLES 138

COLOR FUNCTION Row number

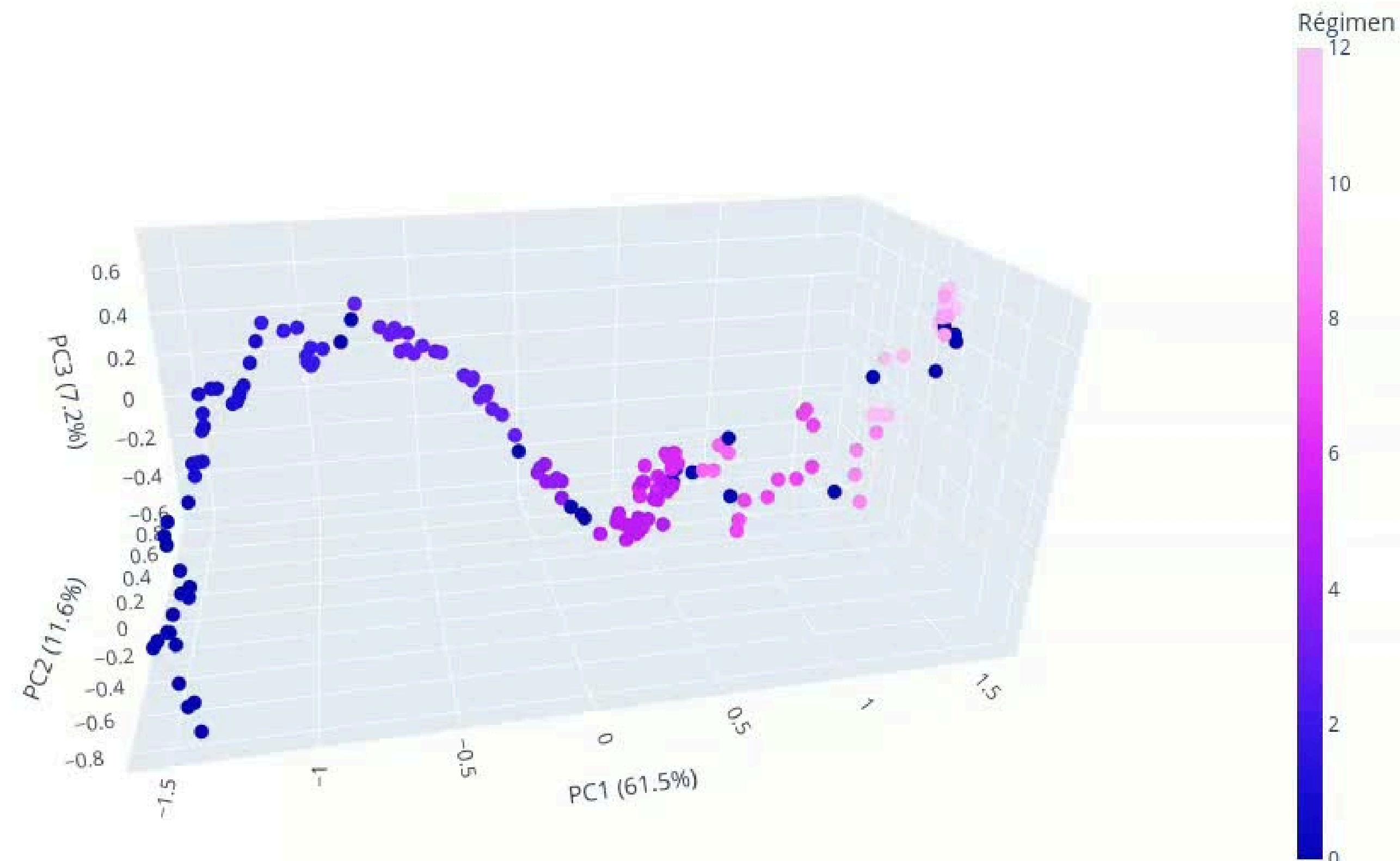
NODE COLOR FUNCTION mean

NODE DISTRIBUTION



Regímenes Económicos Separados (Componentes Conexas del Mapper)

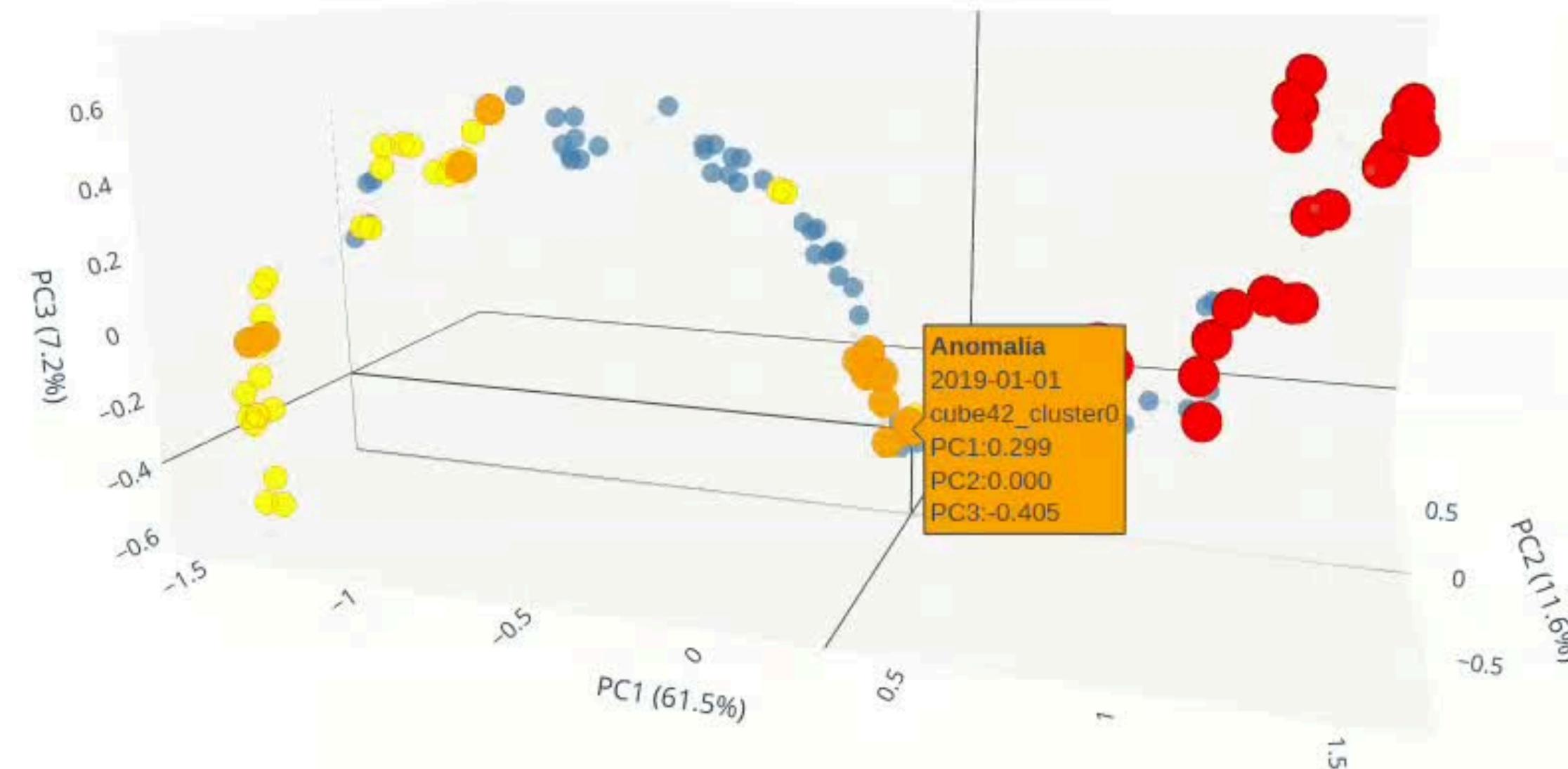
13 regímenes distintos detectados



Detección de Crisis basada en Estructura Topológica del Mapper

PCA 3D | Var: 80.3% | 36 nodos | 13 régimen(es)

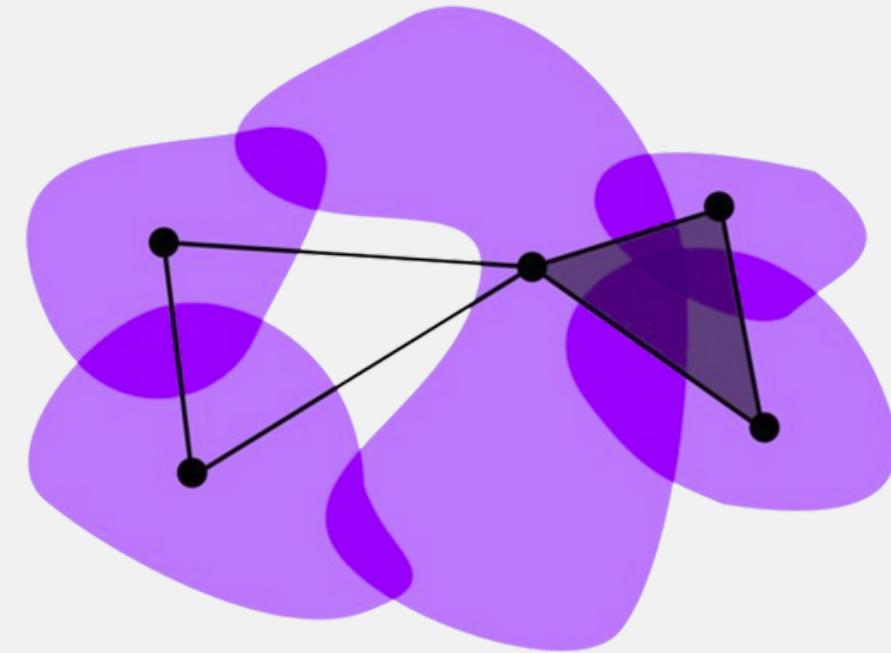
- Normal
- Hub (estado común) [Conexiones promedio]
- Transición (nodos puente)
- Anomalía (periférico) [1 conexión]
- CRISIS (aislado) [0 conexiones]



Interpretación y Conclusiones

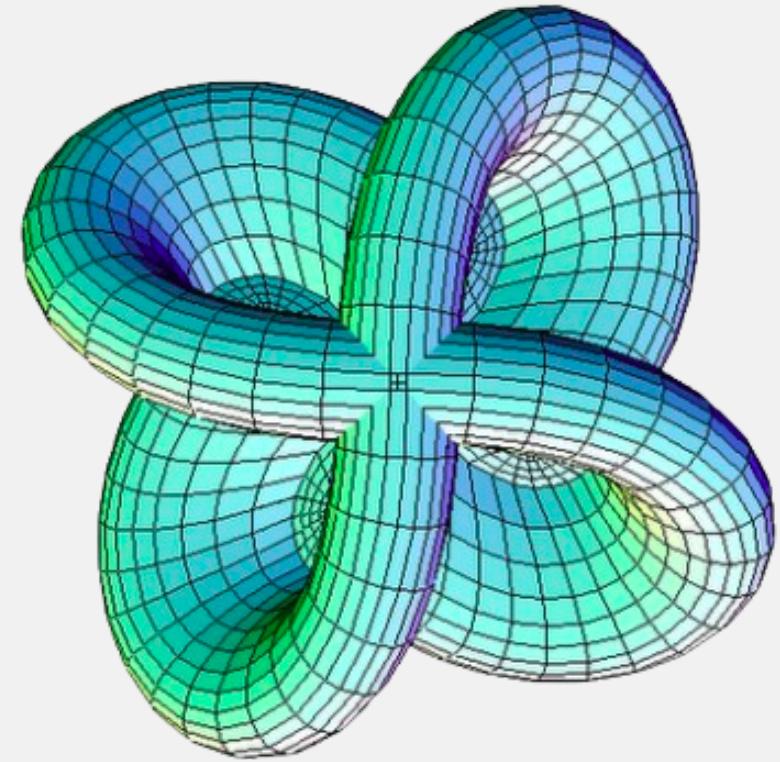
01.

Se evidencia que la economía colombiana es **altamente cambiante**, con una **gran diversidad** de componentes conexos en el grafo de Mapper y una estructura **dispersa** y **volátil**.



02.

El análisis topológico de datos, especialmente el **algoritmo Mapper**, es una herramienta prometedora para detectar **cambios de régimen** y **anomalías**, mostrando correspondencia con la crisis de 2008 y la pandemia de 2020.



Preguntas





¡Muchas Gracias!