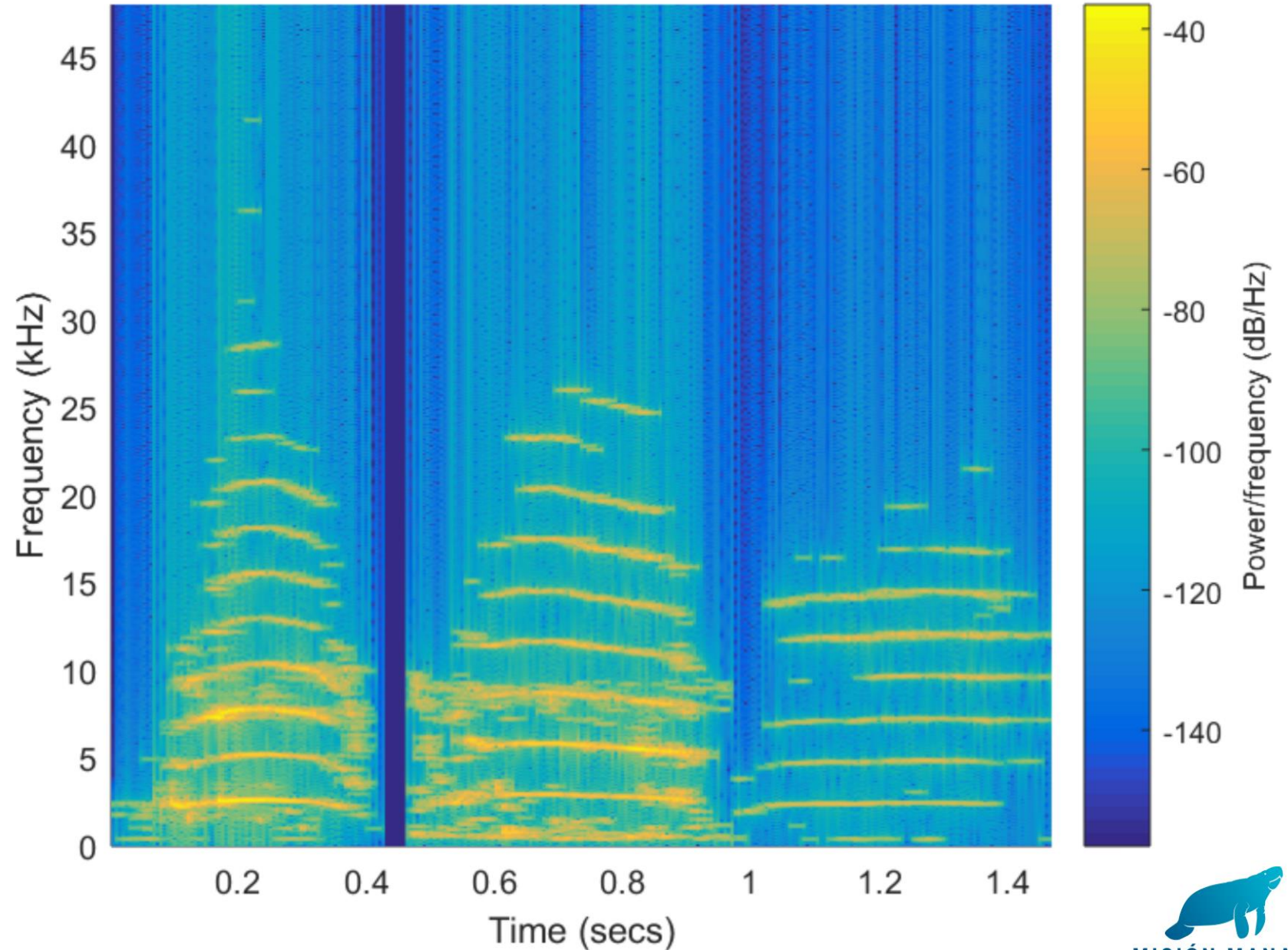


# Herramientas Acústicas Pioneras para el Monitoreo de Manatíes en Humedales de Panamá

**Fernando Merchán, Héctor Poveda, Javier Sánchez-Galán**  
Universidad Tecnológica de Panamá  
*Investigadores asociados al CEMCIT-AIP*  
*Miembros del Sistema Nacional de Investigación (SNI)*



Vocalizaciones de tres manatíes (Ríos San San y Changuinola)



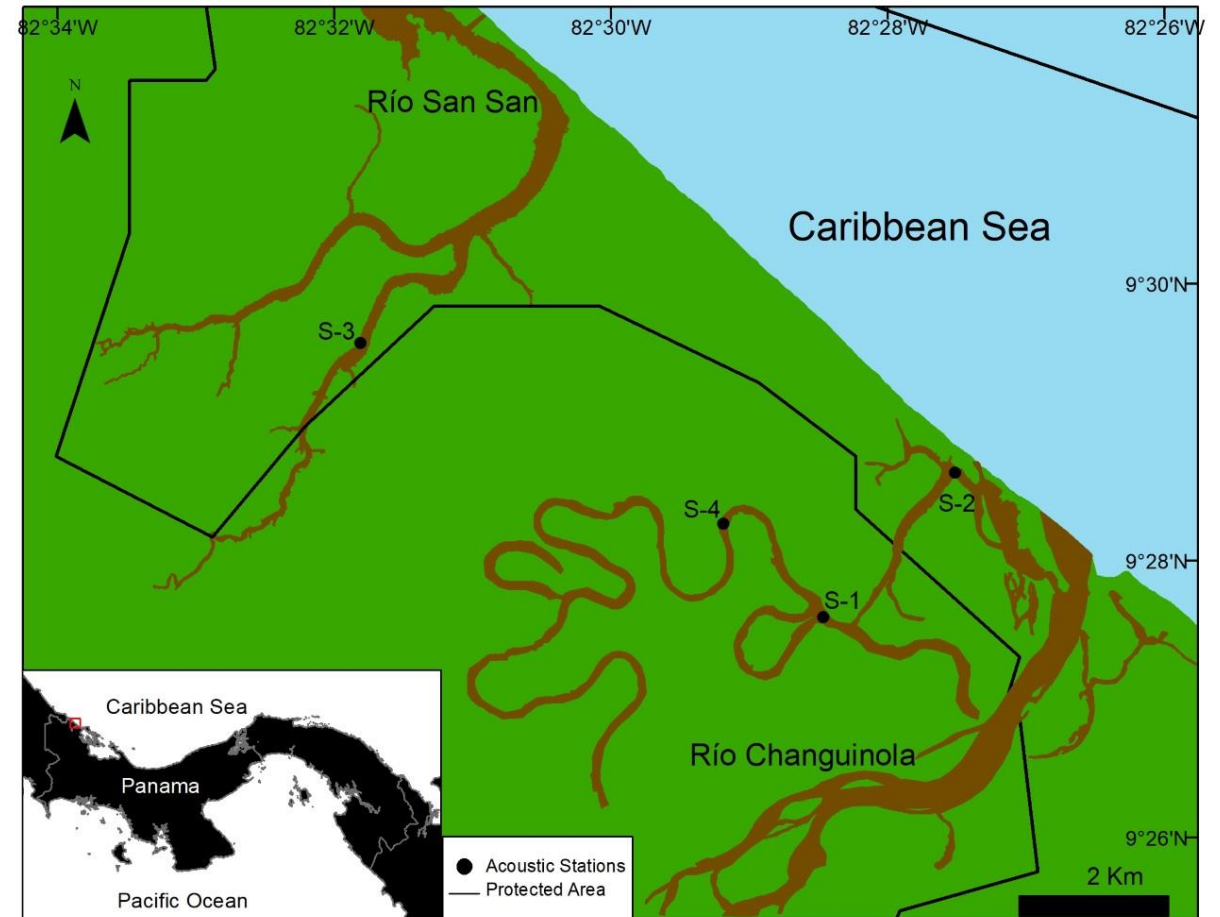
# Premisa

Cada manatí se caracteriza por vocalizaciones de contenido específico.

# Estudio preliminar en los ríos San San y Changuinola

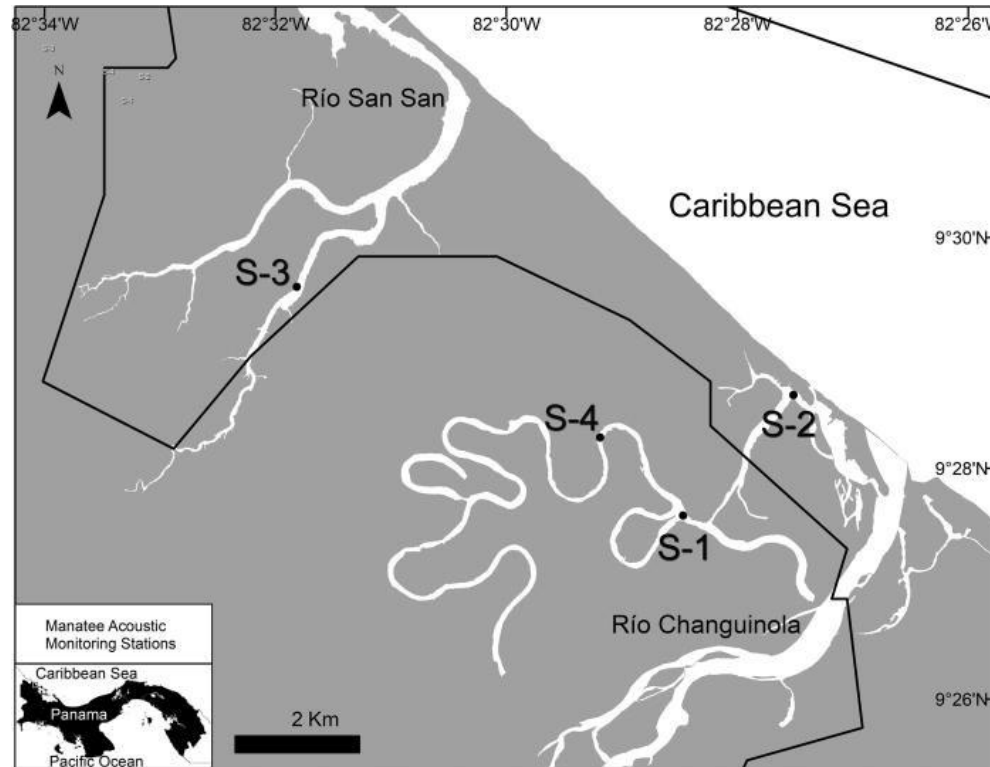
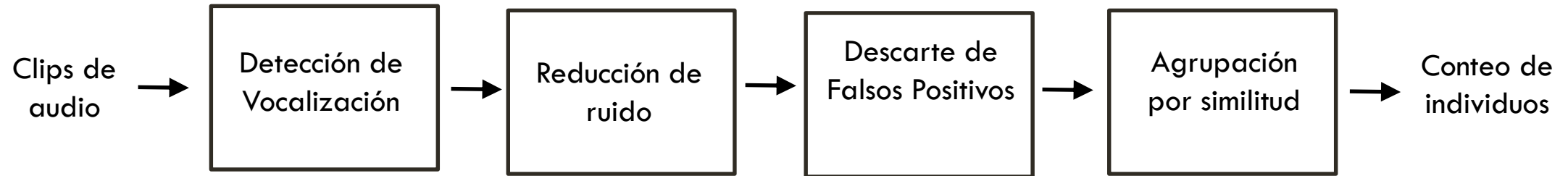
(Merchan et al. 2019)

- **>300 mil** clips de audio de 2 minutos
- Desde abril 2015 hasta mayo 2018  
**(3 años)**
- 4 sitios de muestreo en los ríos San San y Changuinola



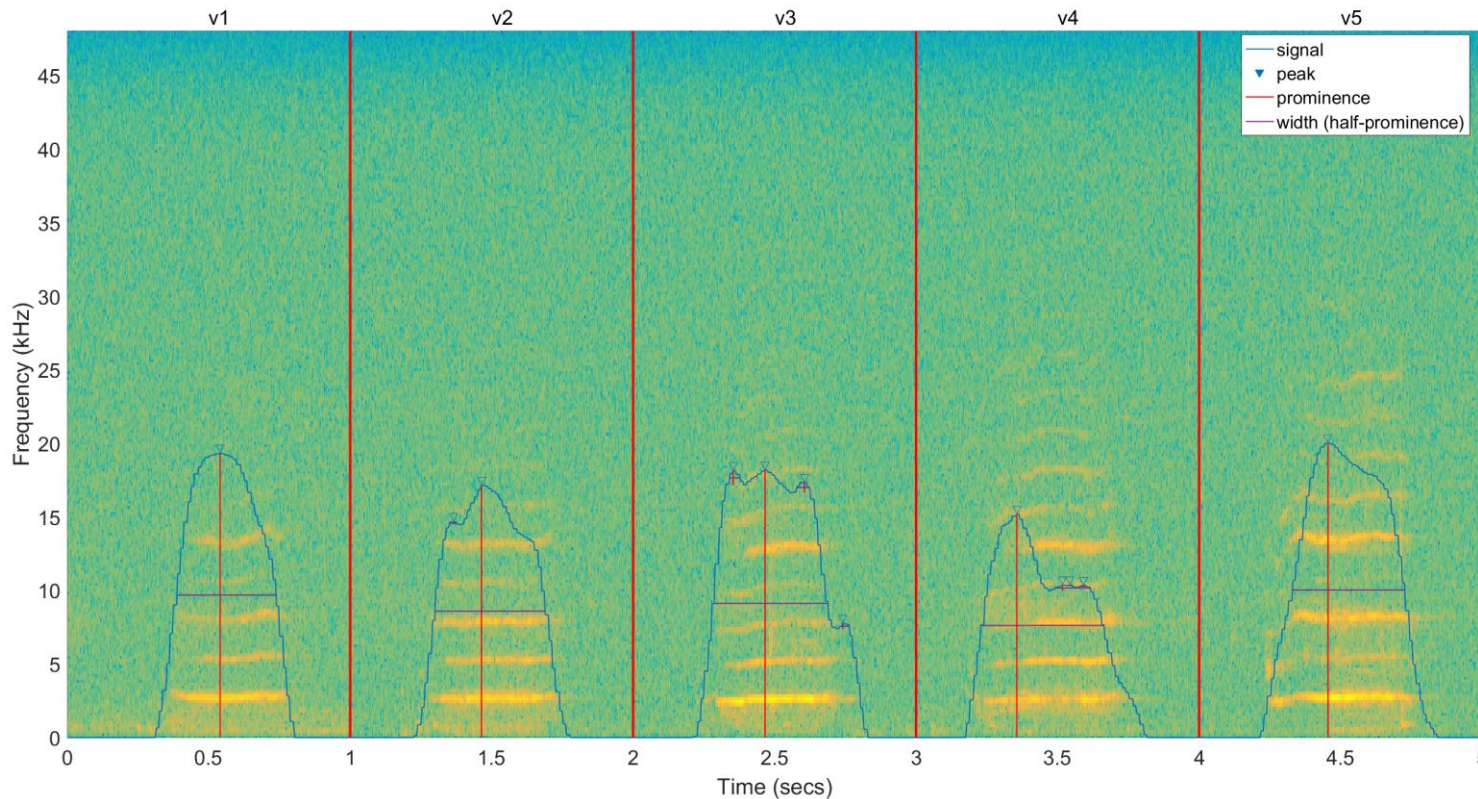
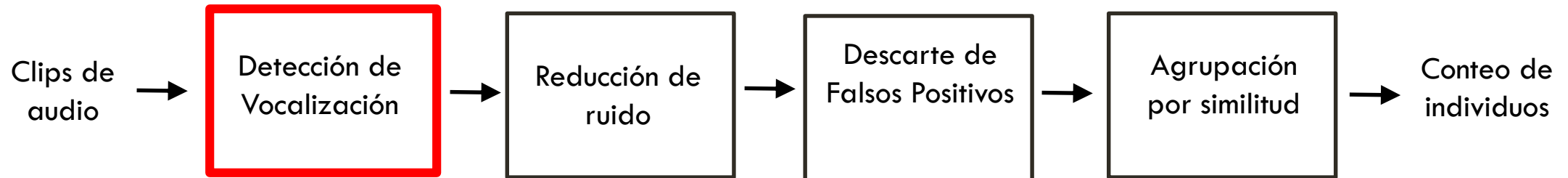
# Metodología de detección e identificación

(Merchan et al. 2019)



# Metodología de detección e identificación

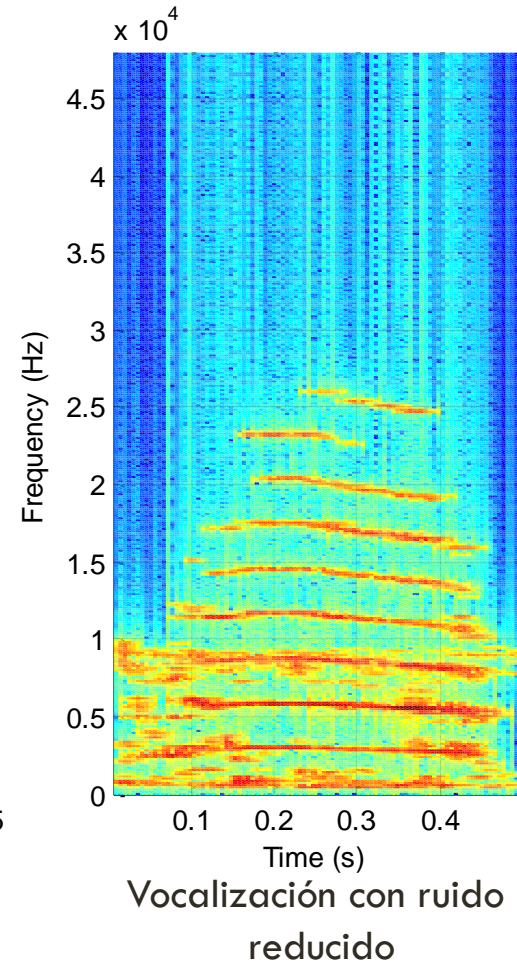
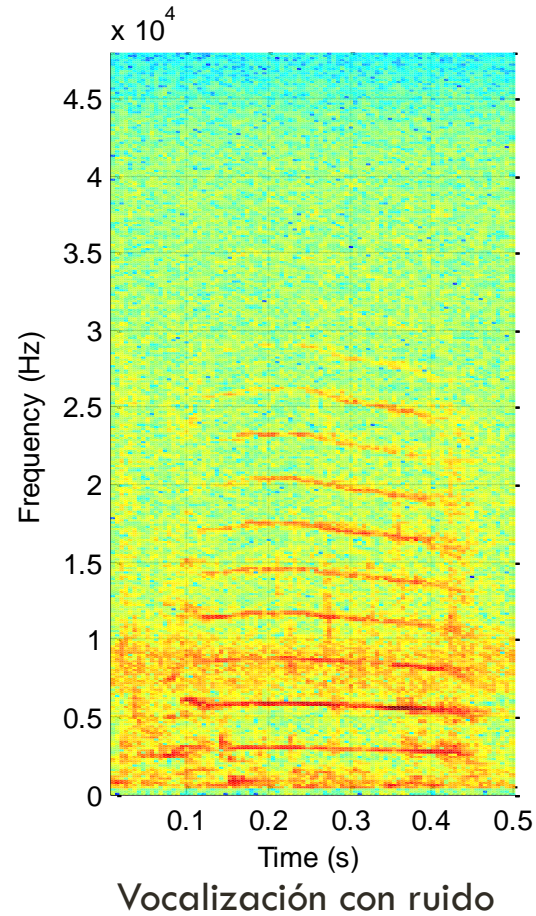
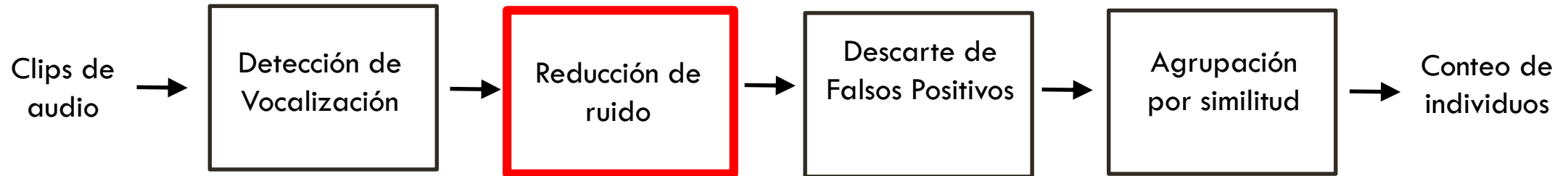
(Merchan et al. 2019)



Método basado en análisis de función de autocorrelación de la señal

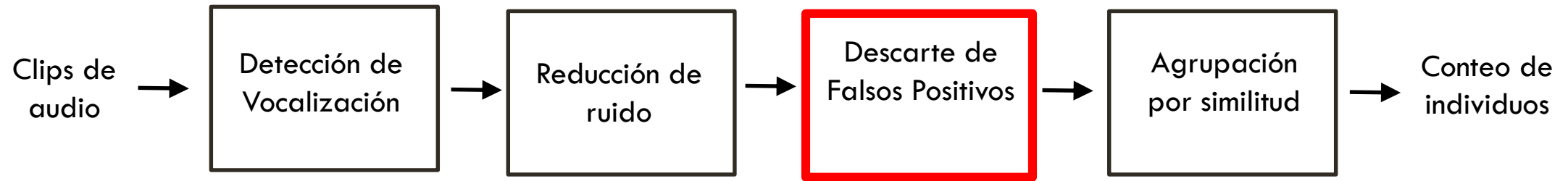
# Metodología de detección e identificación

(Merchan et al. 2019)



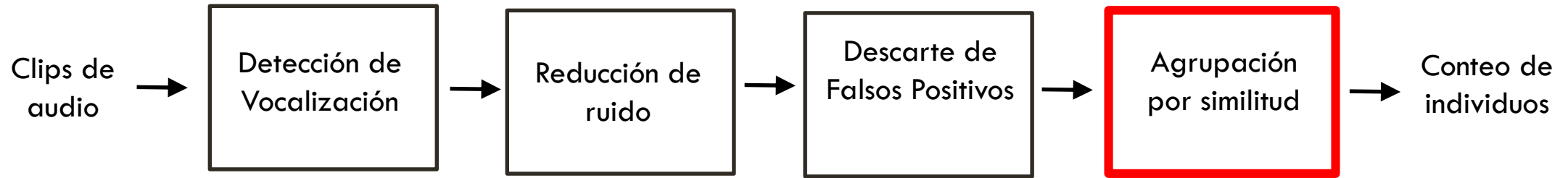
# Metodología de detección e identificación

(Merchan et al. 2019)

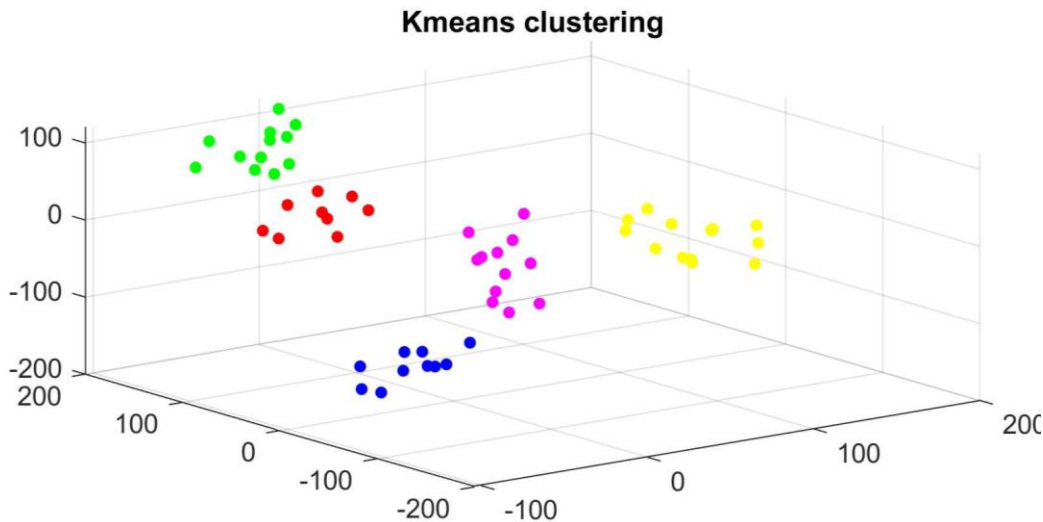


# Metodología de detección e identificación

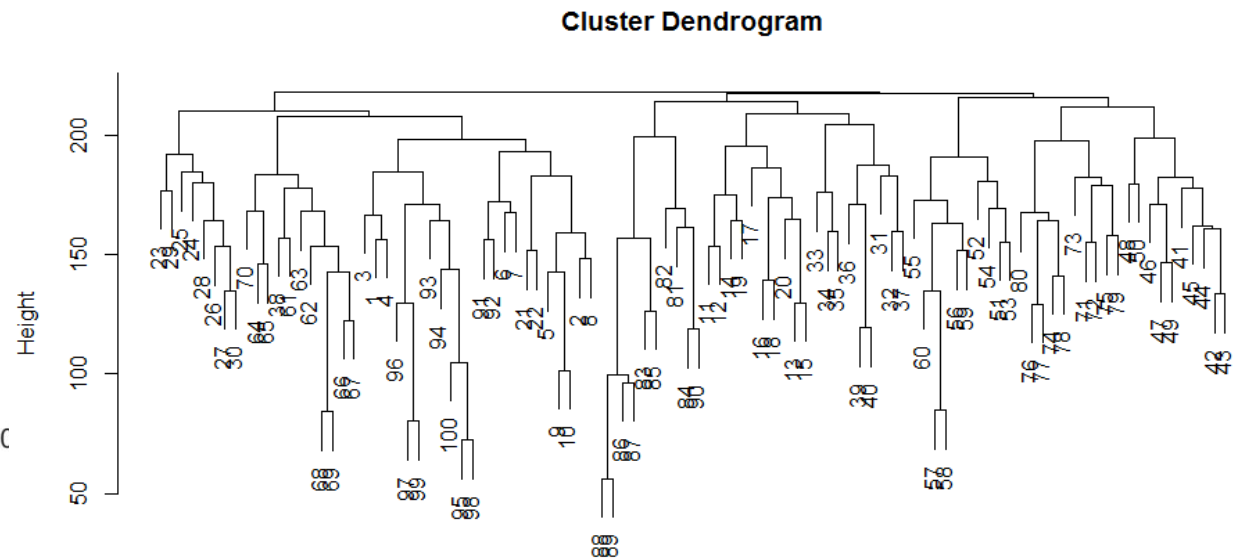
(Merchan et al. 2019)



## Clustering:



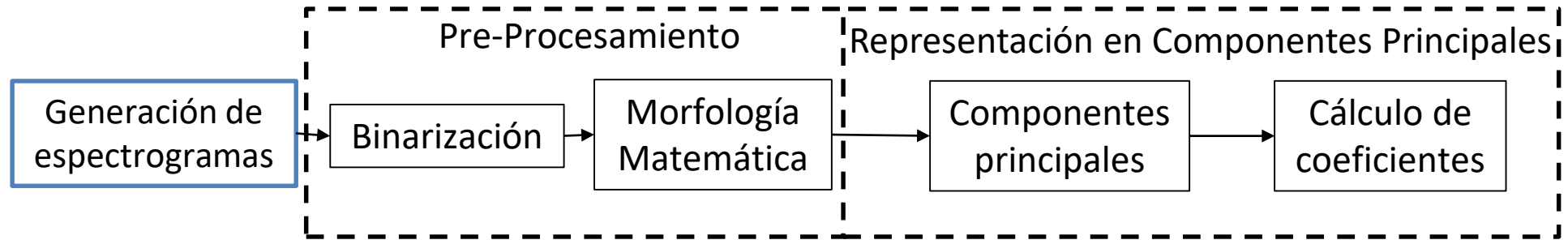
Método no jerárquico  
(k-means & índices de validación de clustering)



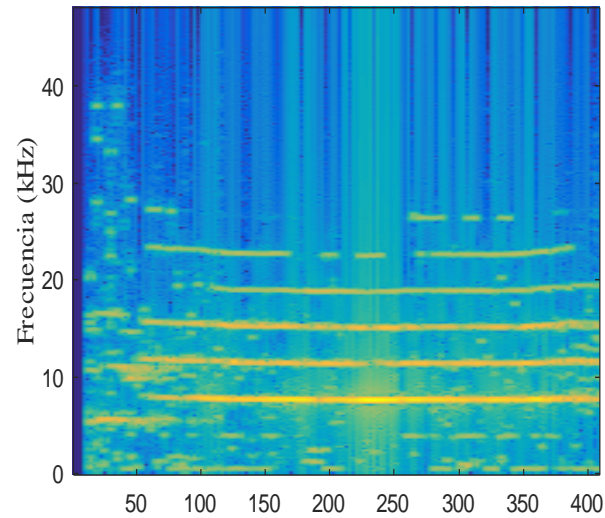
Método jerárquico (dendrograma)



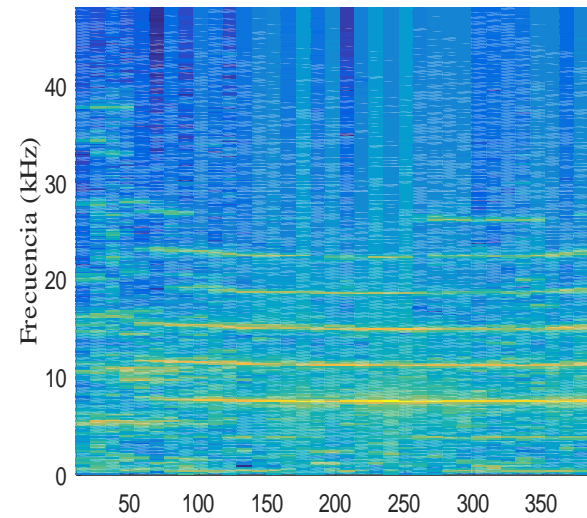
# Etapa I: Representación



El espectrograma se puede generar con distintas cantidades de muestras  $N$  por ventana:

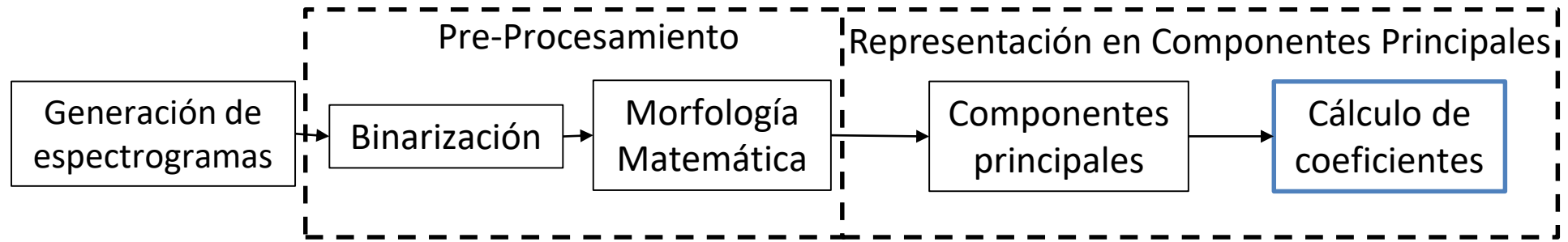


$N = 512$

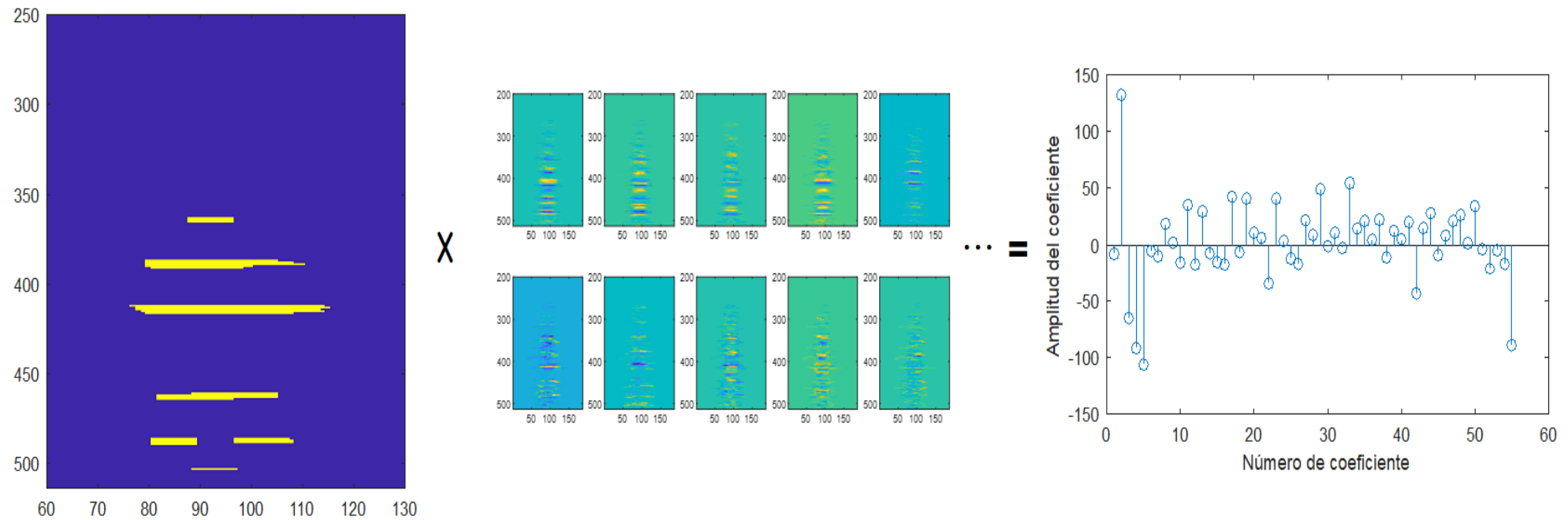


$N = 2048$

# Etapa I: Representación



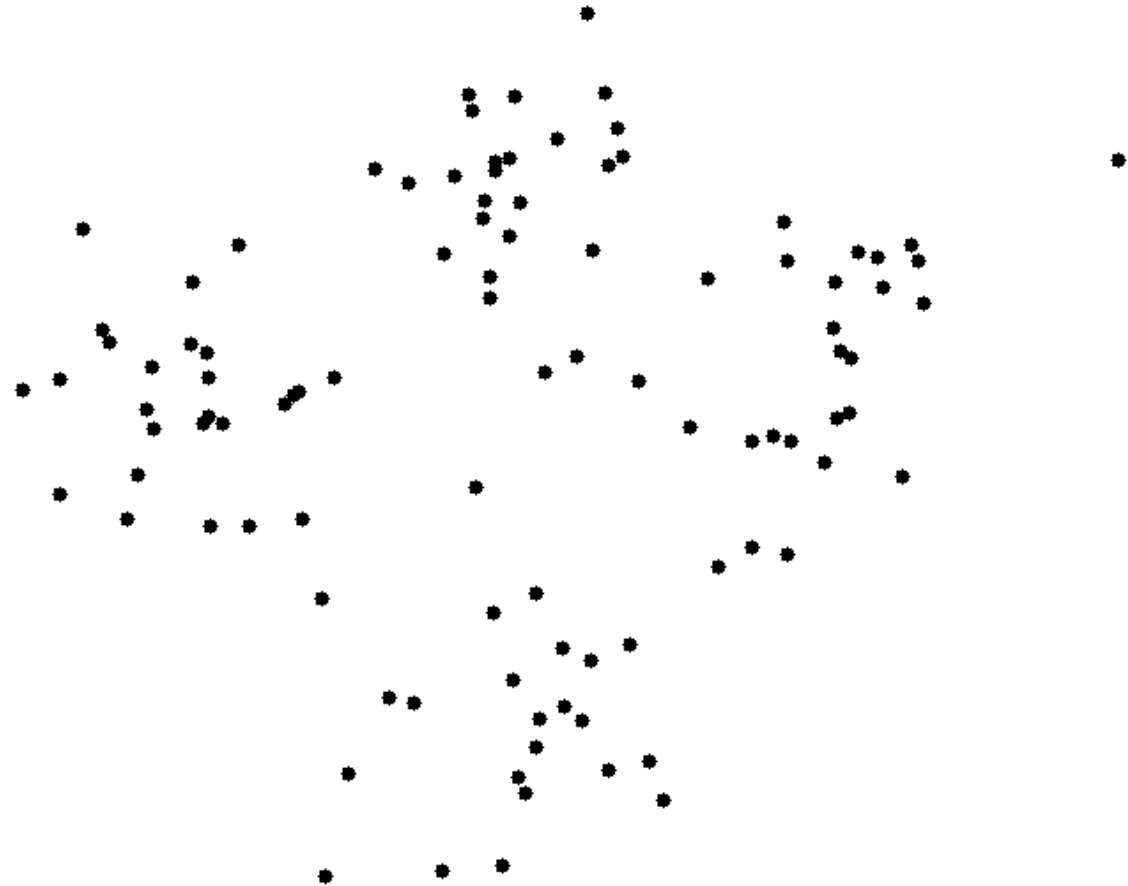
Cálculo de coeficientes por productos escalares con componentes principales



## Etapa II: Agrupación (Clustering) – Método no jerárquico

- K-means

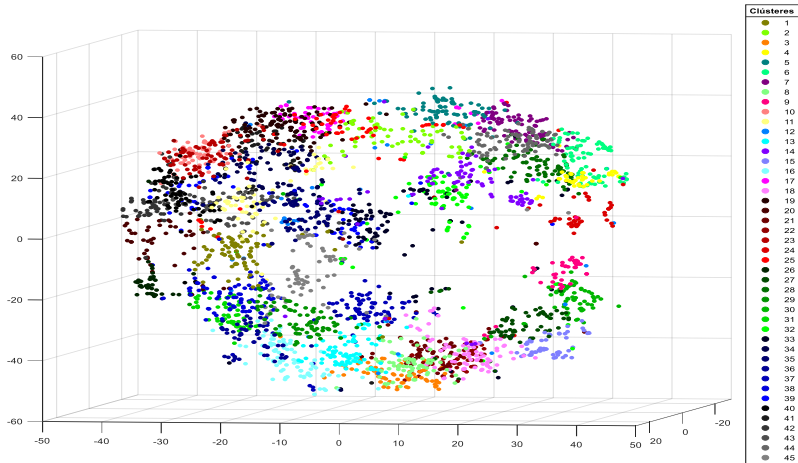
1. Inicialización
2. Asignación de punto a clústeres
3. Reubicación del centroide



# Resultados

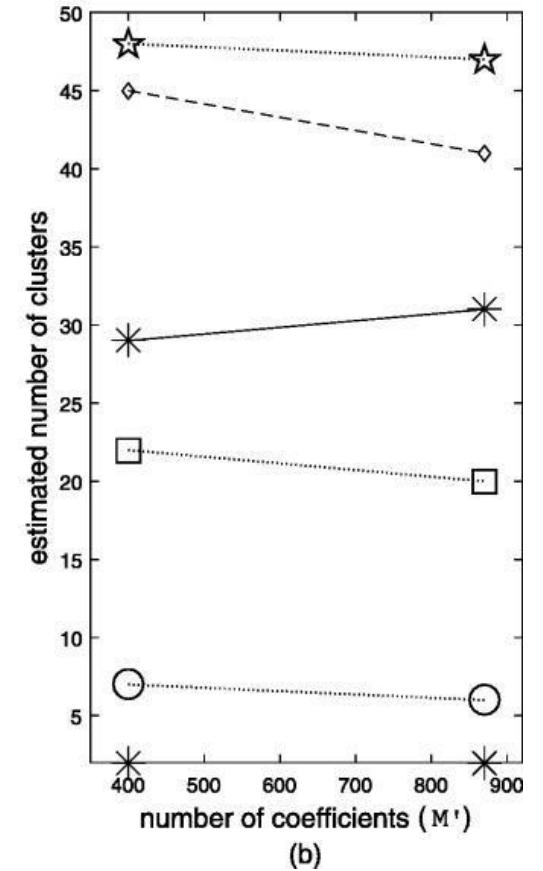
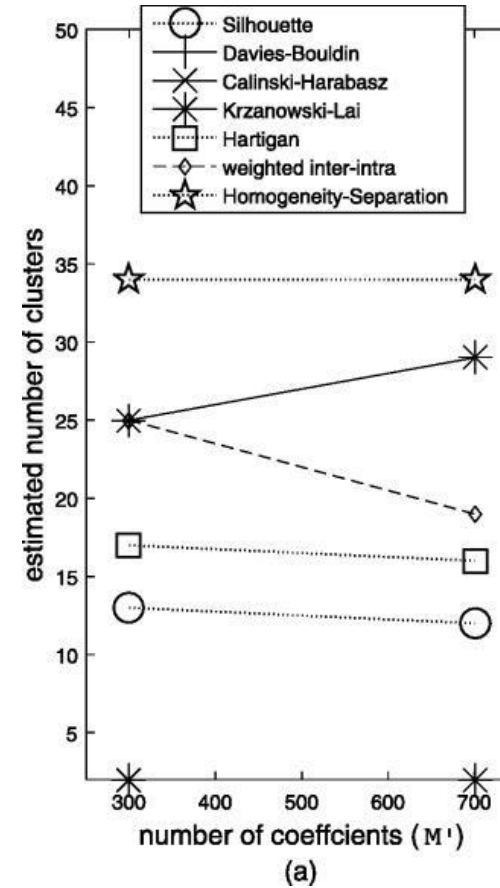
(Merchan et al. 2019)

- 1636 y 3183 vocalizaciones de Río San San y Río Changuinola, respectivamente
- No. manatíes en R. San-San: **33 a 34**
- No. manatíes en R. Changuinola: **45 a 48**



12

Representación en 3D (t-SNE) de grupos de vocalizaciones por manatí (R. Changuinola)

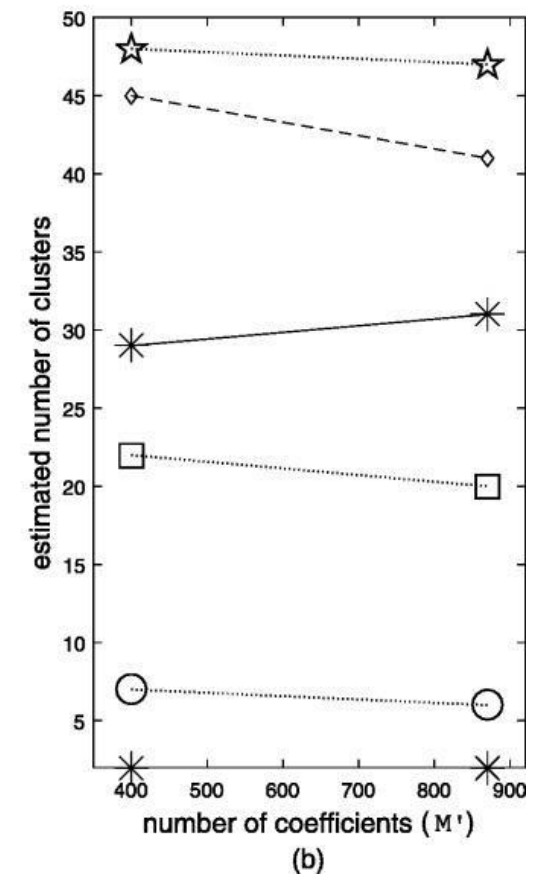
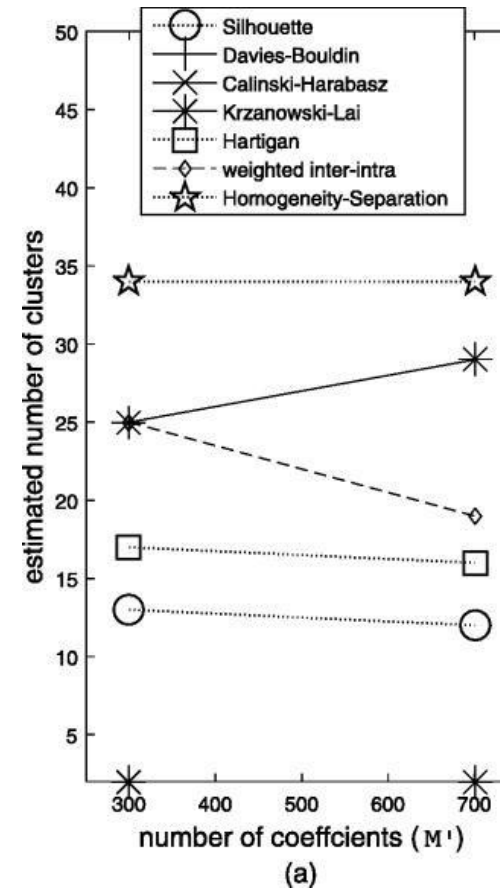


Estimación de manatíes en (a) R. San San (b) R. Changuinola

# Resultados

(Merchan et al. 2019)

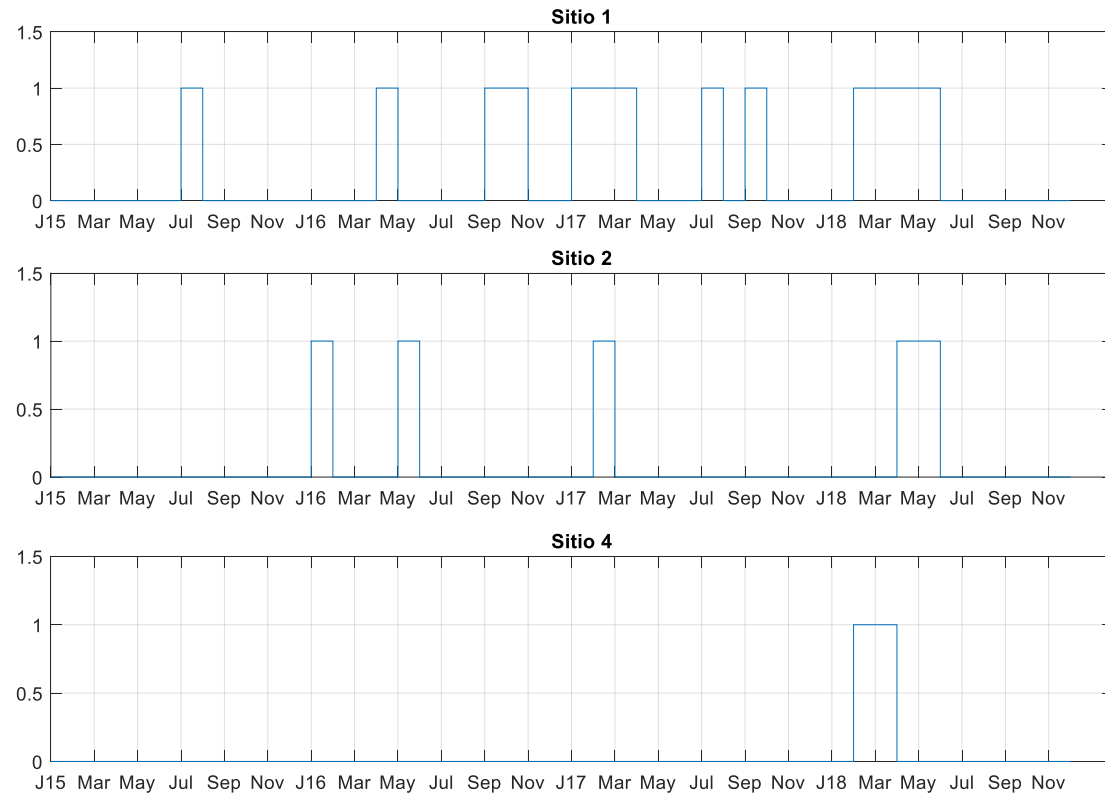
- 1636 y 3183 vocalizaciones de Río San San y Río Changuinola, respectivamente
- No. manatíes en R. San-San: **33 a 34**
- No. manatíes en R. Changuinola: **45 a 48**
- ✓ Rango coherente con estudio previo usando sonar en Río San San (Guzman & Condit 2017)
- ✓ Data (espacio-temporal) de captura y recaptura para métodos/modelos para estimación de población (Guzman et al. *en redacción*)



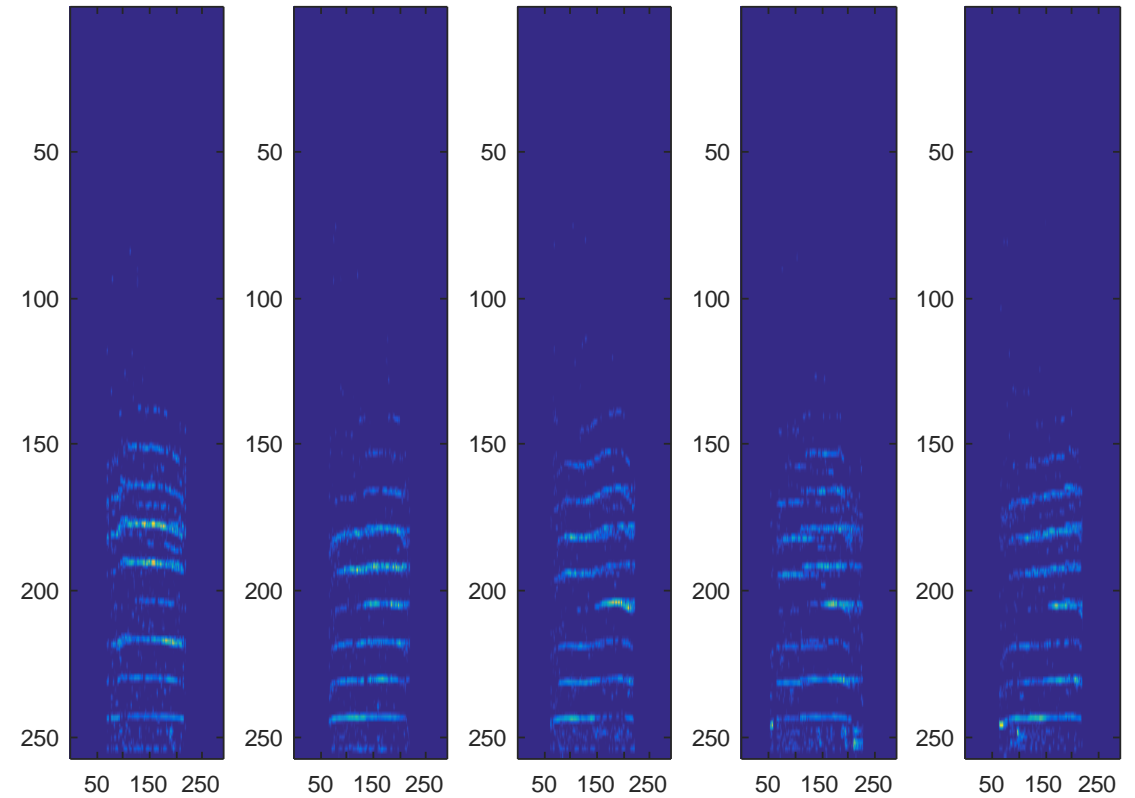
Estimación de manatíes en (a) R. San San (b) R. Changuinola

# Detección con información temporal y espacial

## Manatí #8 (Río Changuinola)

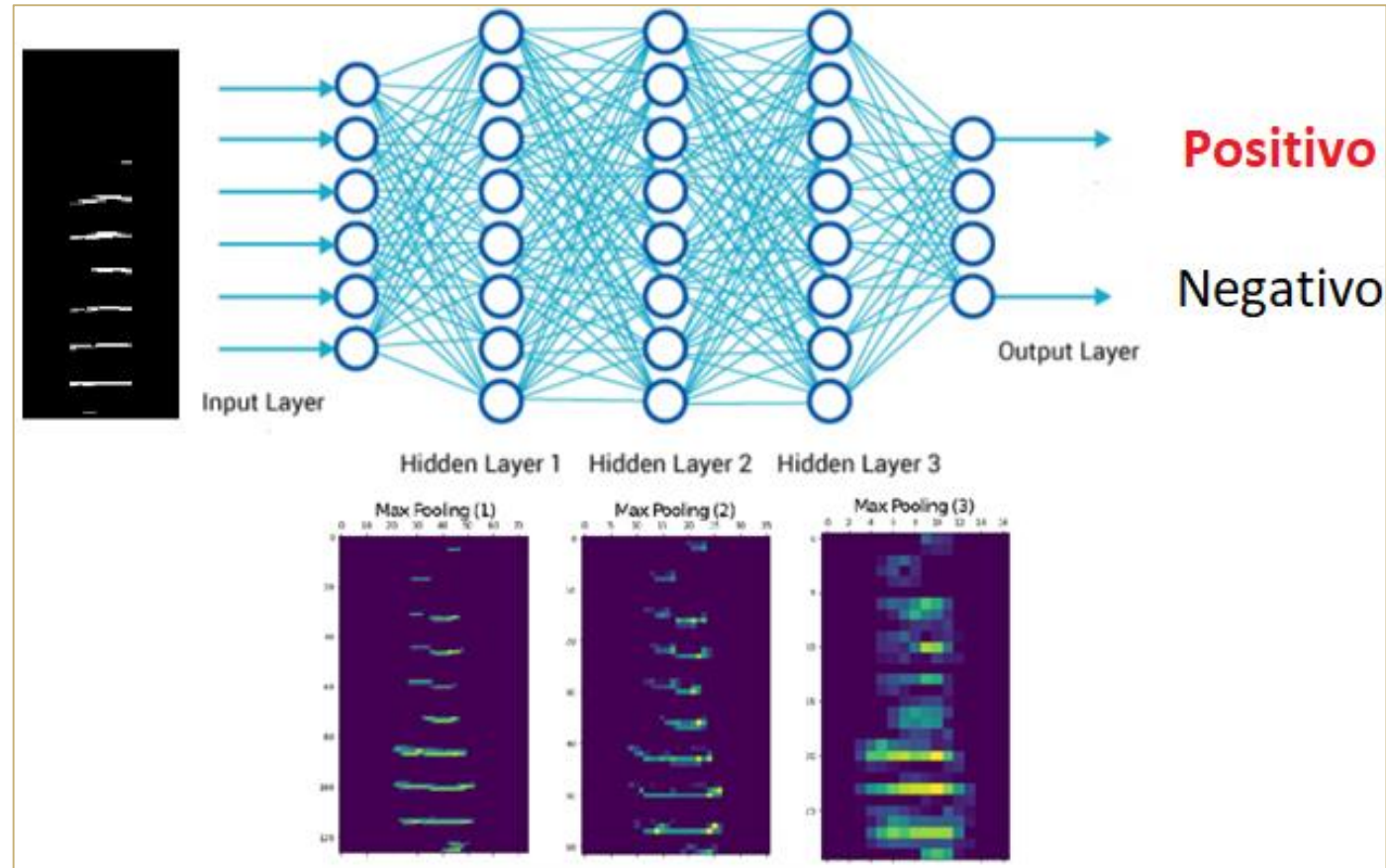


Detección de manatí #8 por mes  
(desde abril 2015 hasta mayo 2018)

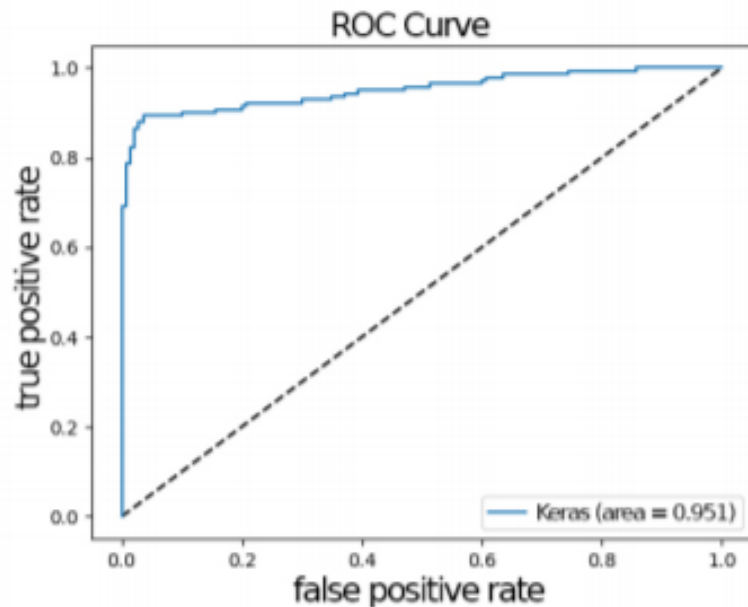


# Redes Neuronales Convolucionales para la clasificación de vocalizaciones de manatíes (Merchan et al. 2020)

- Capacidad de clasificación (aprender) de vocalización vs ruido
- Tipo de representaciones
- Arquitecturas/Estructuras para mejor rendimiento
- Características de las base de datos



# Redes Neuronales Convolucionales para la clasificación de vocalizaciones de manatíes (Merchan et al. 2020)



River	Spectrogram Type	Model	Metrics			
			AUC	Precision	Recall	F1
Changuinola	Binary	Linear w/ Dropout	0.905	0.930	0.856	0.891
		Pyramidal w/ Dropout	0.901	0.931	0.738	0.823
	Linear	Linear w/ Dropout	0.902	0.967	0.671	0.792
		Pyramidal w/ Dropout	0.904	0.961	0.702	0.811
San San	Binary	Linear w/ Dropout	0.858	0.908	0.871	0.889
		Pyramidal w/ Dropout	0.858	0.887	0.896	0.892
	Linear	Linear w/ Dropout	0.899	0.902	0.907	0.904
		Pyramidal w/ Dropout	0.919	0.934	0.886	0.910

Rendimiento del método CNN en clasificación de vocalizaciones vs ruido



# Perspectivas

- Mejorar (optimizar) tecnologías de monitoreo:
  - Monitoreo fuera de línea
  - Monitoreo en tiempo real

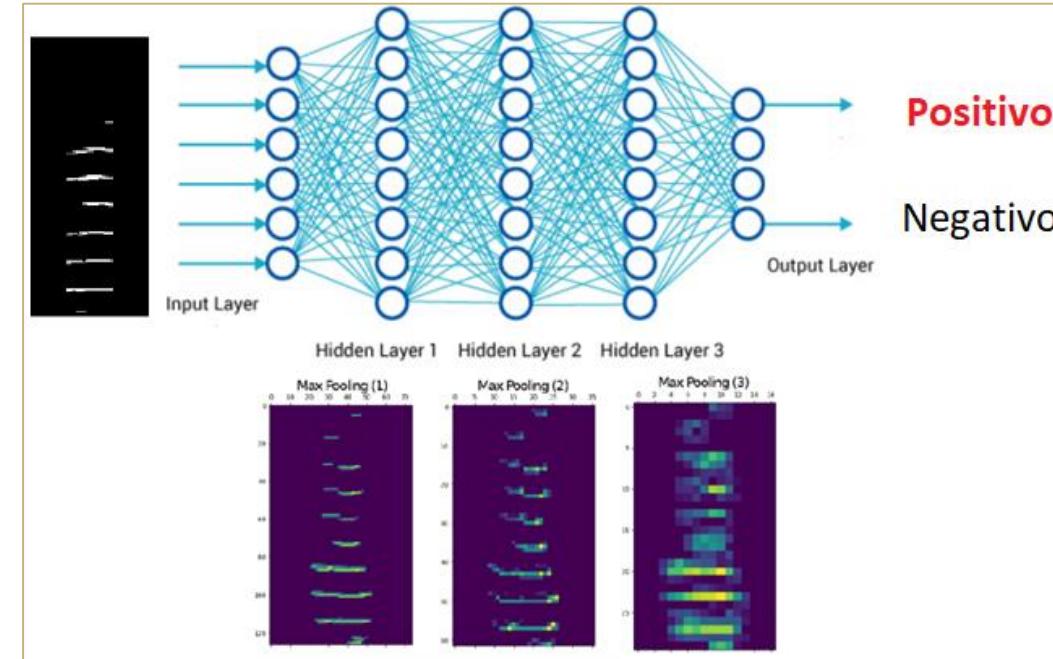
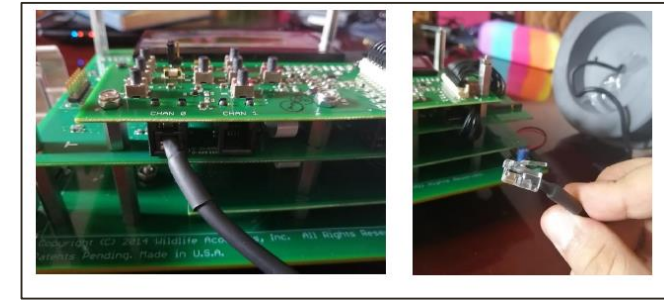
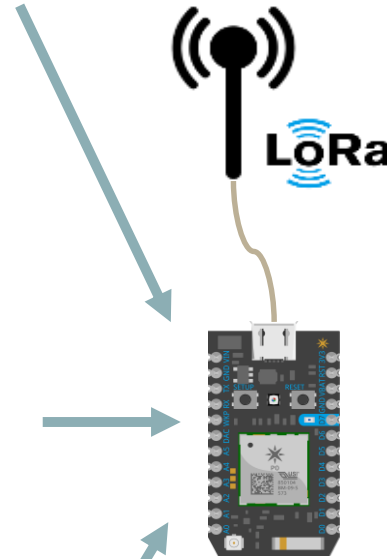


# Monitoreo fuera de línea

- Ampliar la red de grabadoras-hidrófonos
- Optimizar tiempos de procesamiento
- Obtener información sobre el tamaño y composición demográfica (sexo y edad) de la población
- Uso de hábitat (lugares de apareamiento y cría)
- Migraciones

# Monitoreo en tiempo real

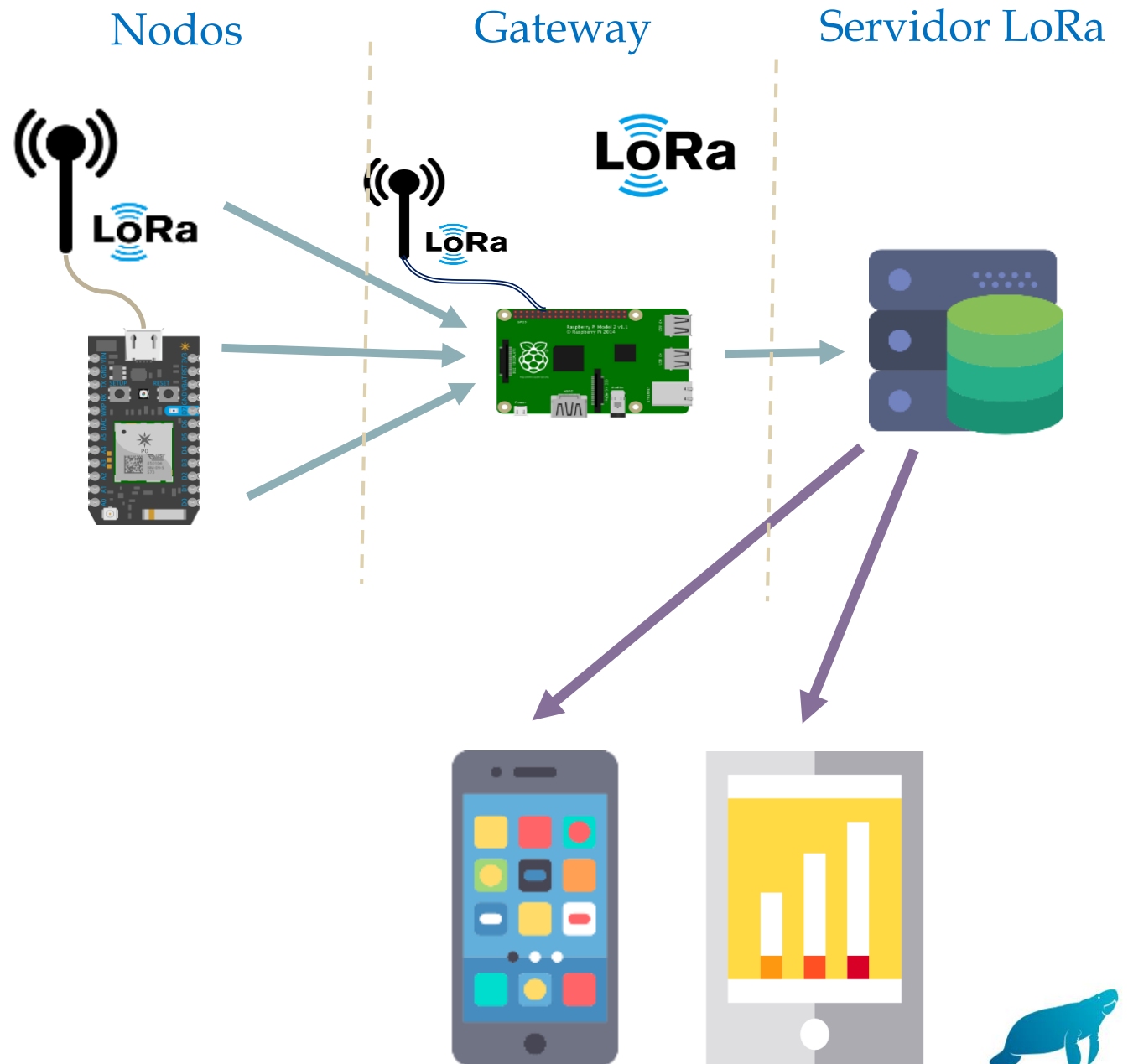
- **Hidrófonos inteligentes (diseño y fabricación)**
- Sistemas de información y alerta (colisiones)



Redes Neuronales Convolucionales  
(Merchan et al. 2020)

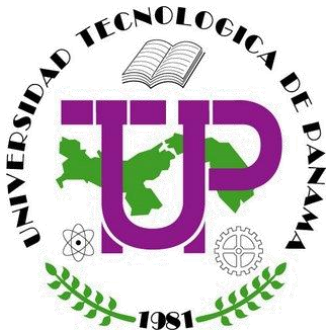
# Monitoreo en tiempo real

- Hidrófonos inteligentes (diseño y fabricación)
- **Sistemas de información y alerta (colisiones)**



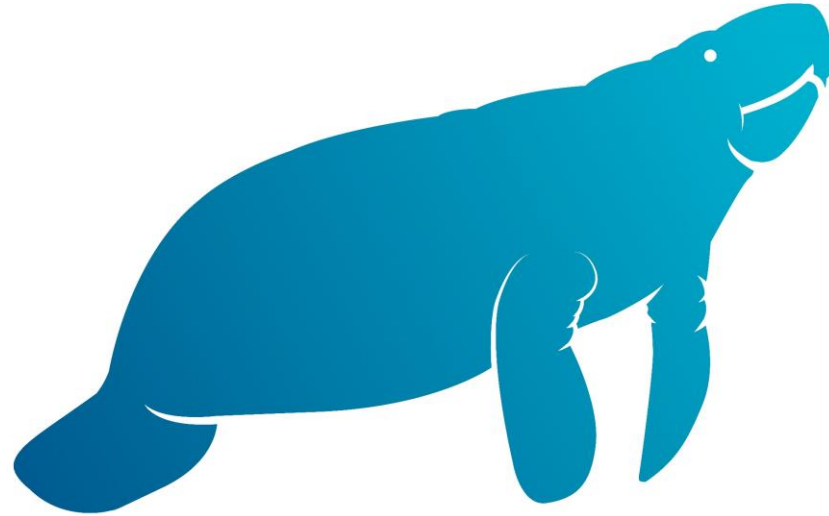
# PROYECTO

Desarrollo de un sistema de monitoreo acústico en tiempo real basado en tecnología *LoRa* para la conservación de manatíes en humedales de Panamá (2019-2022)



Financiado por:





# MISIÓN MANATÍ

PANAMÁ

