

Sistema de Monitoreo de Calidad Hídrica del Río Otún

Detección de anomalías en parámetros fisicoquímicos

Juan Montañez · **Valentina Riaño** · **Laura Chacón**

Grupo ID **274** | Nivel básico | Concurso Datos al Ecosistema 2026

El problema y nuestro objetivo

El problema

El Río Otún abastece y atraviesa Pereira, pero recibe descargas urbanas a lo largo de su cauce.

El monitoreo genera cientos de muestras que **deben verificarse manualmente**, y la mala calidad crónica de los tramos urbanos hace difícil distinguir lo esperable de lo alarmante.

Nuestro objetivo

Construir un sistema que **detecte anomalías** en los parámetros del río y **genere alertas automáticas**.

El río en cifras

2014–2025

periodo de datos analizado

19

puntos de monitoreo en 5 tramos

557

muestras modeladas

Datos abiertos: cuatro fuentes integradas

Fuente : datos.gov.co

IDEAM

Temperatura máxima del aire: ~ 551.000 lecturas, 8 estaciones ¹

Variables implementadas:

FechaObservacion | ValorObservado |CodigoEstacion | Latitud | Longitud

Fuente : Otros

CARDER

Histórico Otún: 584 muestras, 19 puntos, 7 parámetros + índices ICA

PORH

5 tramos con uso designado y límites legales por uso

CARDER

Vertimientos: registro de permisos (contexto)

¹ https://www.datos.gov.co/Ambiente-y-Desarrollo-Sostenible/Temperatura-M-xima-del-Aire/ccvq-rp9s/data_preview

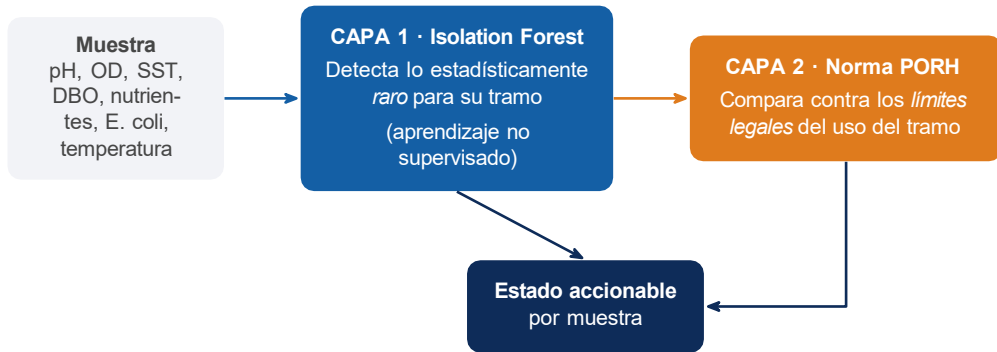
Datos abiertos: cuatro fuentes integradas

Tratamiento clave

- Valores censurados (<5) recuperados como LOD/2: se salvó el **30 %** de los datos
- Temperatura interpolada sobre **anomalías** para evitar saltos artificiales
- Estandarización **por tramo**: cada muestra se juzga contra su propia zona

Cada punto se asignó a su tramo del PORH proyectando sus coordenadas sobre el eje del río.

La solución: un sistema de dos capas



¿Por qué no supervisado?

No existen etiquetas de “contaminación sí/no”. El modelo **aprende qué es normal** en cada tramo y marca lo que se desvía. Cada alerta indica **qué parámetro** la disparó.

¿Por qué dos capas?

El modelo estadístico no ve la mala calidad que es “normal” en tramos urbanos. La capa normativa **cierra ese hueco** comparando con la ley.

Resultados: el valor de combinar las dos capas

43 consistente	44 anomalía oculta
24 malo pero normal	445 todo bien

Cruce: Isolation Forest vs. índice ICA
independiente

El hallazgo central

El modelo estadístico marca **87 muestras**, pero la capa normativa revela **400 incumplimientos legales** adicionales que no son “anomalías” porque son lo normal en tramos urbanos.

Contaminante más incumplido

E. coli contaminación fecal (398)

Fosfatos nutrientes (217)

DBO materia orgánica (177)

Impacto: una herramienta confiable y sostenible

Validación con evidencia

Recall en punto descarga (Egoya)	100 %
ROC-AUC vs. ICA	0.959
Estabilidad	0.995

El modelo es un **tamizaje auditable**, no un oráculo: cada alerta es revisable por un experto.

Valor público

- Protege el agua que consume Pereira
- Prioriza dónde mirar entre cientos de muestras
- Vincula la alerta técnica con la norma legal (PORH)
- Reutilizable para monitoreo continuo y replicable a otros ríos
- Defendible ante CARDER: cada decisión está justificada

Beneficios: valor económico, social y ambiental

ECONÓMICOS

- Prioriza el gasto de monitoreo hacia los puntos y tramos que de verdad lo requieren
- Reduce el costo de revisar cientos de muestras a mano
- Anticipa eventos que encarecen la potabilización del agua
- Construido con datos abiertos: sin costo de licencias ni de sensores nuevos

SOCIALES

- Protege el agua que consumen más de 500.000 habitantes de Pereira
- Alerta temprana ante contaminación fecal (E. coli), un riesgo directo a la salud
- Vuelve pública y entendible la calidad del río mediante el dashboard
- Apoya la toma de decisiones de CARDER y del acueducto con evidencia

AMBIENTALES

- Detecta a tiempo el deterioro de un ecosistema hídrico estratégico
- Vincula cada alerta con la norma del PORH, apoyando el control ambiental
- Identifica los tramos y contaminantes críticos para priorizar la restauración
- Replicable a otras cuencas del país sin nueva inversión en datos

Un mismo sistema genera valor en las tres dimensiones de la sostenibilidad.

Dashboard y recursos para revisión técnica

Dashboard interactivo

Aplicación en **Streamlit** + **Folium** con tres vistas:

- 1 Mapa** con el estado más reciente de cada punto sobre los tramos
- 2 Tabla de alertas** filtrable por tramo, estado y año (con descarga)
- 3 Evaluar muestra nueva:** aplica modelo + norma en tiempo real



Monitoreo de calidad hídrica — Río Otún

Dispositivo: Estación Flotante (monitoreo por tiempo) - cumplimiento normativo (PMO CAROL)

Crítico: 76, Incumplimiento: 400, Alerta: 11, OK: 70

Mapa, Alertas, Evaluar muestra nueva

Ingresa una muestra nueva para clasificarla con el modelo y la norma.

Tramo:	gel	OD (mg/L)	5.00	5.00	5.00
Tramo 4 — Asimilación Orgánica (L...)	7.50	7.00	15.00		
DBO (mg/L)	3.00	Nitrosos (mg/L)	0.50	0.20	6. Col (2000/100ml)
				1000.00	

Evaluar

Monitoreo de calidad hídrica — Río Otún

Dispositivo: Estación Flotante (monitoreo por tiempo) - cumplimiento normativo (PMO CAROL)

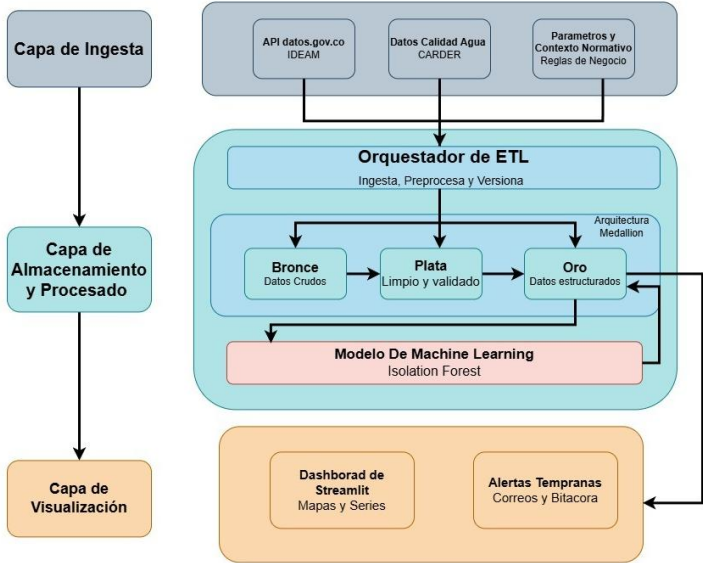
Crítico: 76, Incumplimiento: 400, Alerta: 11, OK: 70

Mapa, Alertas, Evaluar muestra nueva

507 muestras (ver filtro)

fecha	muestra_punto	tramo	cas_tramo	estado	anal	param_seg	cumplimiento	incumplimiento
2024-02-01 08:00:00	DESCARGA COLECTOR EDNA	A	Asimilación / Sólidos / Oxígeno	Crítico	Superficie	OD	Incumple	08.080.007.P04.0
2024-02-01 08:00:00	DESCARGA COLECTOR EDNA	A	Asimilación / Sólidos / Oxígeno	Crítico	Superficie	OD	Incumple	08.080.007.P04.0
2024-02-01 08:00:00	DESCARGA COLECTOR EDNA	A	Asimilación / Sólidos / Oxígeno	Crítico	Superficie	OD	Incumple	08.080.007.P04.0
2024-02-01 08:00:00	DESCARGA COLECTOR EDNA	A	Asimilación / Sólidos / Oxígeno	Crítico	Superficie	OD	Incumple	08.080.007.P04.0
2024-02-01 08:00:00	DESCARGA COLECTOR EDNA	A	Asimilación / Sólidos / Oxígeno	Crítico	Superficie	OD	Incumple	08.080.007.P04.0
2024-02-01 08:00:00	DESCARGA COLECTOR EDNA	A	Asimilación / Sólidos / Oxígeno	Crítico	Superficie	OD	Incumple	08.080.007.P04.0
2024-02-01 08:00:00	DESCARGA COLECTOR EDNA	A	Asimilación / Sólidos / Oxígeno	Crítico	Superficie	OD	Incumple	08.080.007.P04.0
2024-02-01 08:00:00	DESCARGA COLECTOR EDNA	A	Asimilación / Sólidos / Oxígeno	Crítico	Superficie	OD	Incumple	08.080.007.P04.0
2024-02-01 08:00:00	DESCARGA COLECTOR EDNA	A	Asimilación / Sólidos / Oxígeno	Crítico	Superficie	OD	Incumple	08.080.007.P04.0
2024-02-01 08:00:00	DESCARGA COLECTOR EDNA	A	Asimilación / Sólidos / Oxígeno	Crítico	Superficie	OD	Incumple	08.080.007.P04.0

Fase 2: Flujo de datos



Nuestro valor diferencial



Diseño de dos capas

Rareza estadística + legalidad normativa: un panorama que ninguna capa da sola



Decisiones defendibles

Cada paso metodológico se validó revisando datos reales y con evidencia



Reutilizable

Solo datos abiertos: replicable a otras cuencas del país

No es solo un algoritmo: es una herramienta accionable para proteger el Río Otún.

Grupo ID 274

¡Gracias!