III CONGRESO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS 2025

Comprendiendo la calidad del agua de ríos de la costa sur mediante análisis multivariado y el uso de un índice

M.Sc. Giovanni González-Celada

Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático

01-Septiembre-2025

Contexto

La aptitud del agua para cualquier uso está en función de sus características, mismas que se definen a través de normas.

En Guatemala no existe una normativa de calidad del agua para aguas naturales.

Desde 2016, el ICC monitorea la calidad del agua superficial de 29 ríos en 11 cuencas hidrográficas, a través de 68 sitios.

ICC (2025)

Se evalúa la calidad del agua a través de técnicas multivariadas y uso de índices para el período 2016-2023.

Métodos

1. Marco de muestreo

Diseño: cuenca hidrográfica antes/después de zona priorizada.

Variables: 17 parámetros (en campo y análisis de laboratorio).

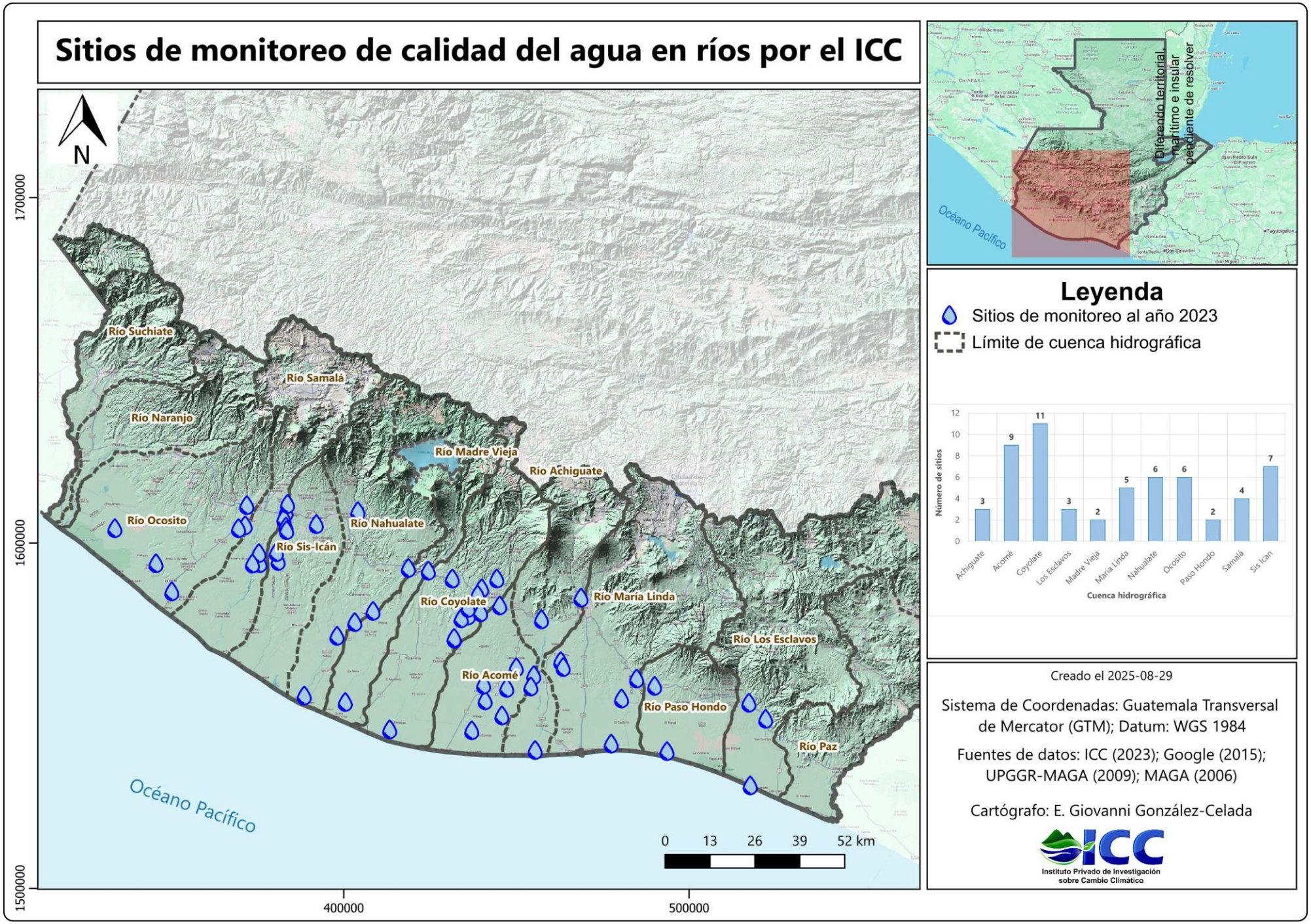
Muestreo: puntual; agua superficial en ríos.

Ubicación: Costa Sur, parte baja de 11 cuencas hidrográficas.

Frecuencia: estacional (seca y lluviosa).

APHA, AWWA, & WEF (2017); HANNA instruments Inc., (2019); EPA (2014); USDA (2003);

Métodos


Sitios de monitoreo de calidad del agua en ríos por el ICC
N
Río Suchiate
Río Samalá
Río Naranjo
Río Madre Vieja
Río Achiguate
Río Ocosito
Río Nahualate
Río Sis-Icán
Río Coyolate
Río María Linda
Río Los Esclavos
Río Acomé
Río Paso Hondo
Río Paz
Océano Pacífico
0 13 26 39 52 km
1700000
1600000
1500000
400000
500000
Diferendo territorial, marítimo e insular pendiente de resolver
Océano Pacífico
Leyenda
Sitios de monitoreo al año 2023
Límite de cuenca hidrográfica
Número de sitios
Cuenca hidrográfica
Achiguate 3
Acomé 9
Coyolate 11
Los Esclavos 3
Madre Vieja 2
María Linda 5
Nahualate 6
Ocosito 6
Paso Hondo 2
Samalá 4
Sis Ican 7
Creado el 2025-08-29
Sistema de Coordenadas: Guatemala Transversal de Mercator (GTM); Datum: WGS 1984
Fuentes de datos: ICC (2023); Google (2015); UPGGR-MAGA (2009); MAGA (2006)
Cartógrafo: E. Giovanni González-Celada
ICC
Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático

Métodos

2. Métodos estadísticos multivariados

a) Análisis de componentes principales (ACP).

Abdi & Williams (2010); Balzarini *et al.*, (2008); Everitt et al., (2005)

b) Análisis de conglomerados (AC).

Everitt et al., (2005); Tibshirani et al., (2000)

3. Índice de calidad

a) Índice Simplificado de Calidad del Agua (ISQA).

Prat et al., (2008); Agència Catalana de l'Aigua (2006); Queratal & Godé (1987); Queralt (1982)

4. Herramientas

Infostat®; Jamovi ® The jamovi Project (2024); Di Rienzo *et al.*, (2008)

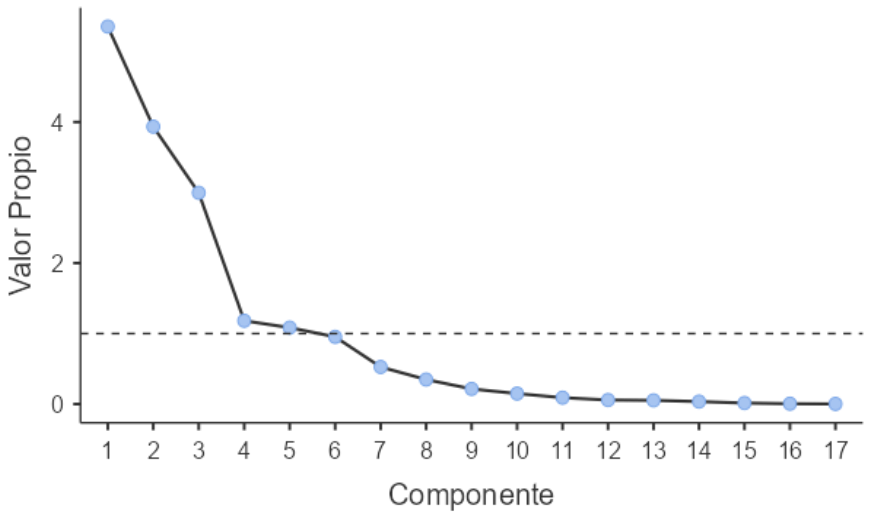
Principales hallazgos

1. Análisis de Componentes Principales

- Existe correlación entre variables y la muestra es idónea (Barlett, $p \leq 0.05$; y KMO, MSA >0.5).

- 5 componentes principales.

- El ACP explica el 86 % de la variabilidad de los datos.

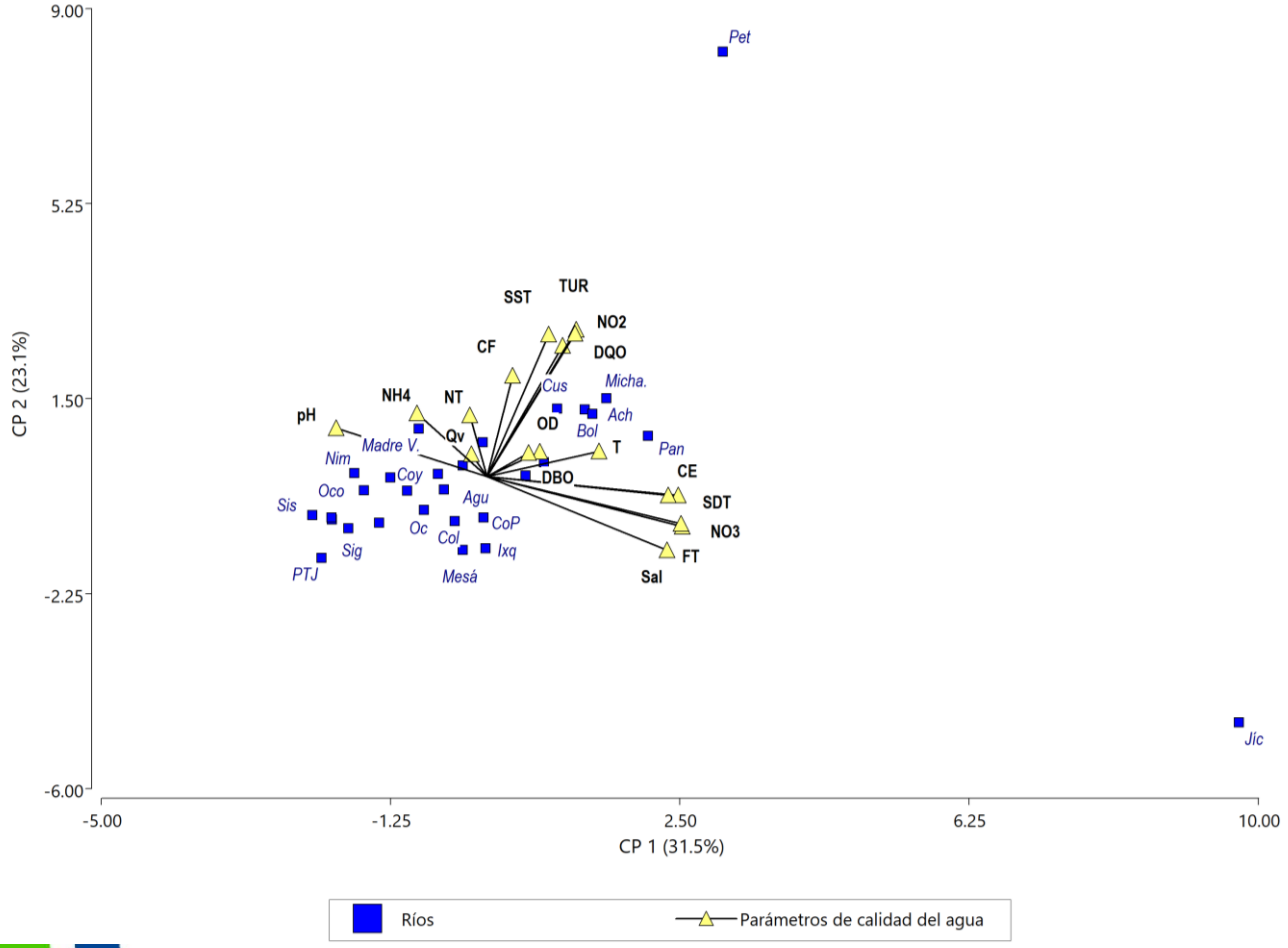


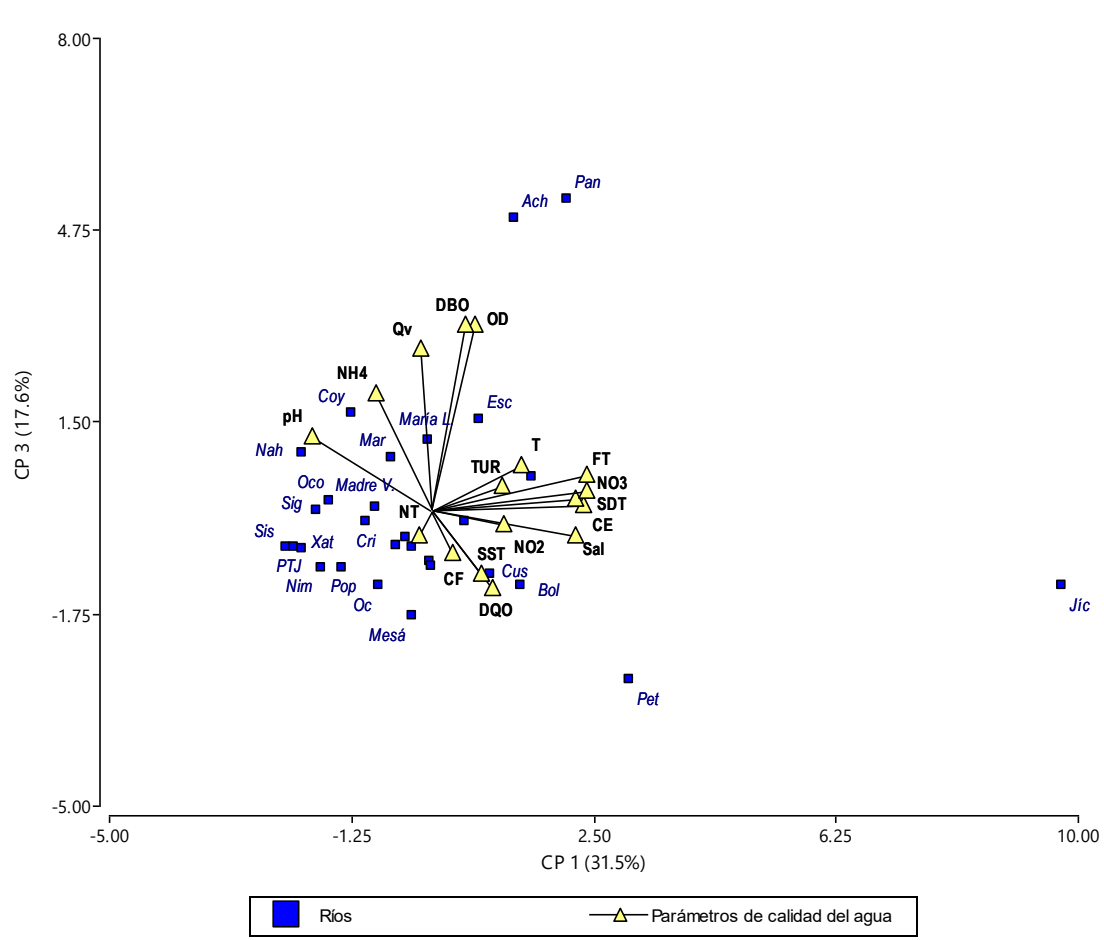
Resumen del ACP

CP	SC Cargas	% de la Varianza	% Acumulado
1	5.35	31.5	31.5
2	3.93	23.1	54.6
3	3.00	17.6	72.3
4	1.18	6.9	79.2
5	1.08	6.4	85.6

Principales hallazgos

1. Análisis de Componentes Principales

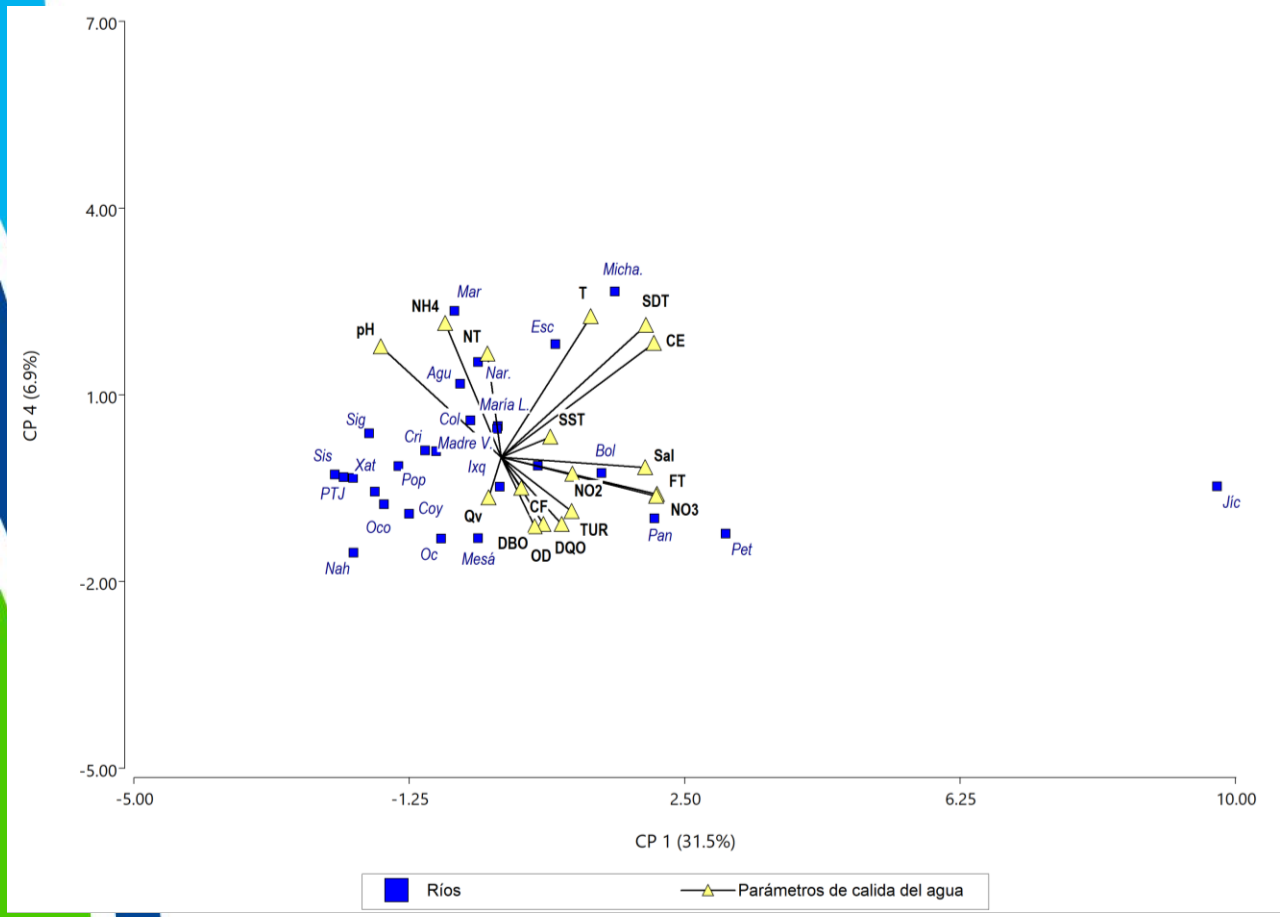


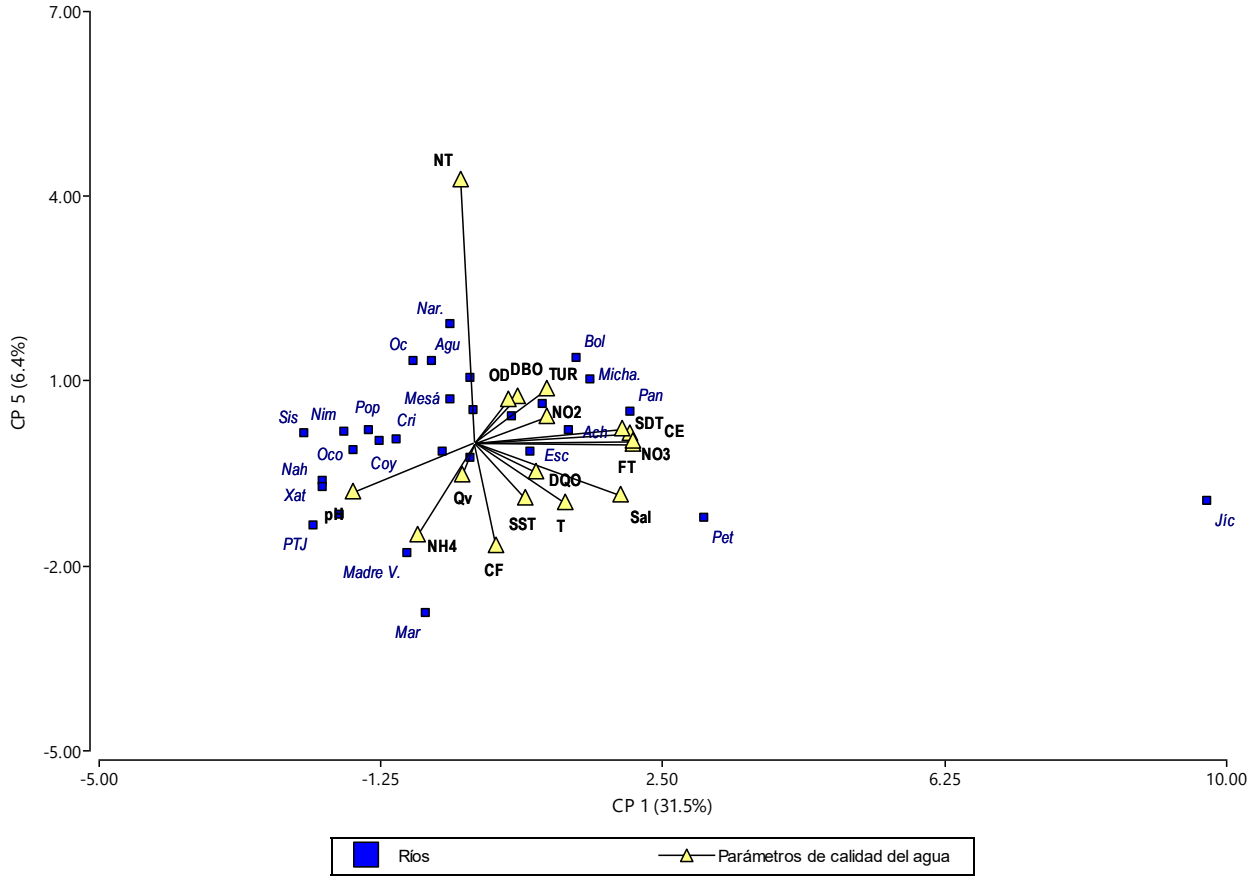


ICC (2025)

Principales hallazgos

1. Análisis de Componentes Principales

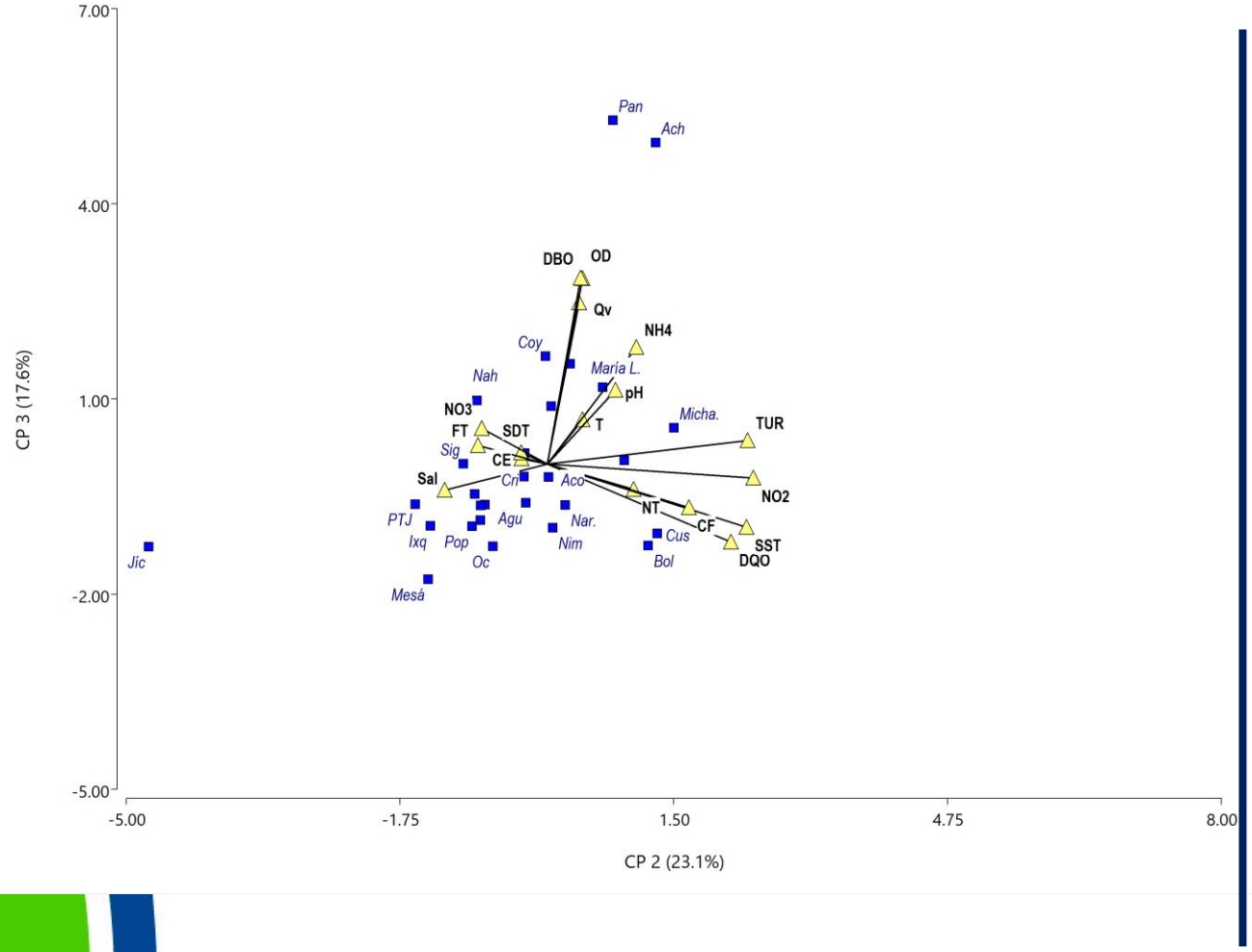


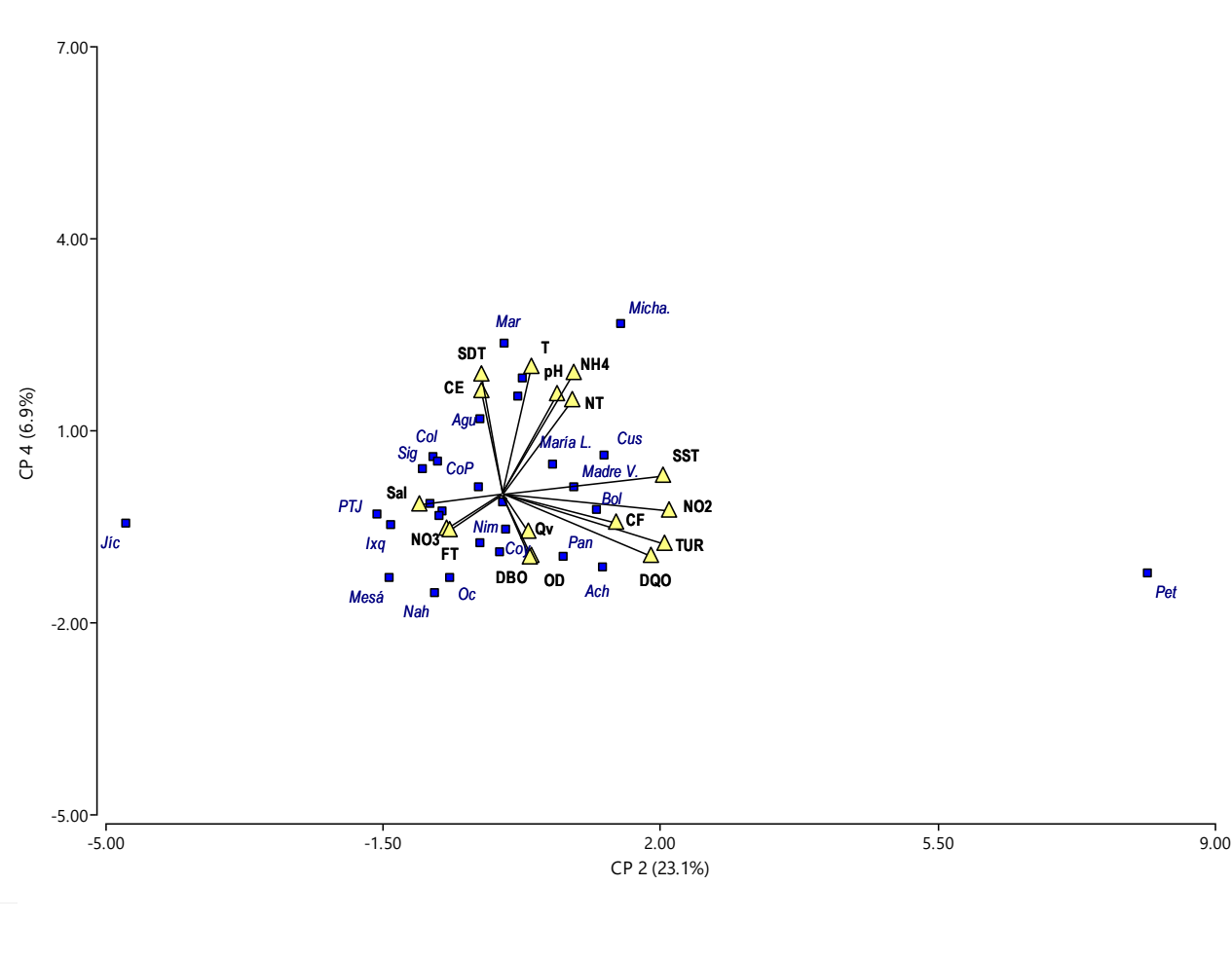


ICC (2025)

Principales hallazgos

1. Análisis de Componentes Principales

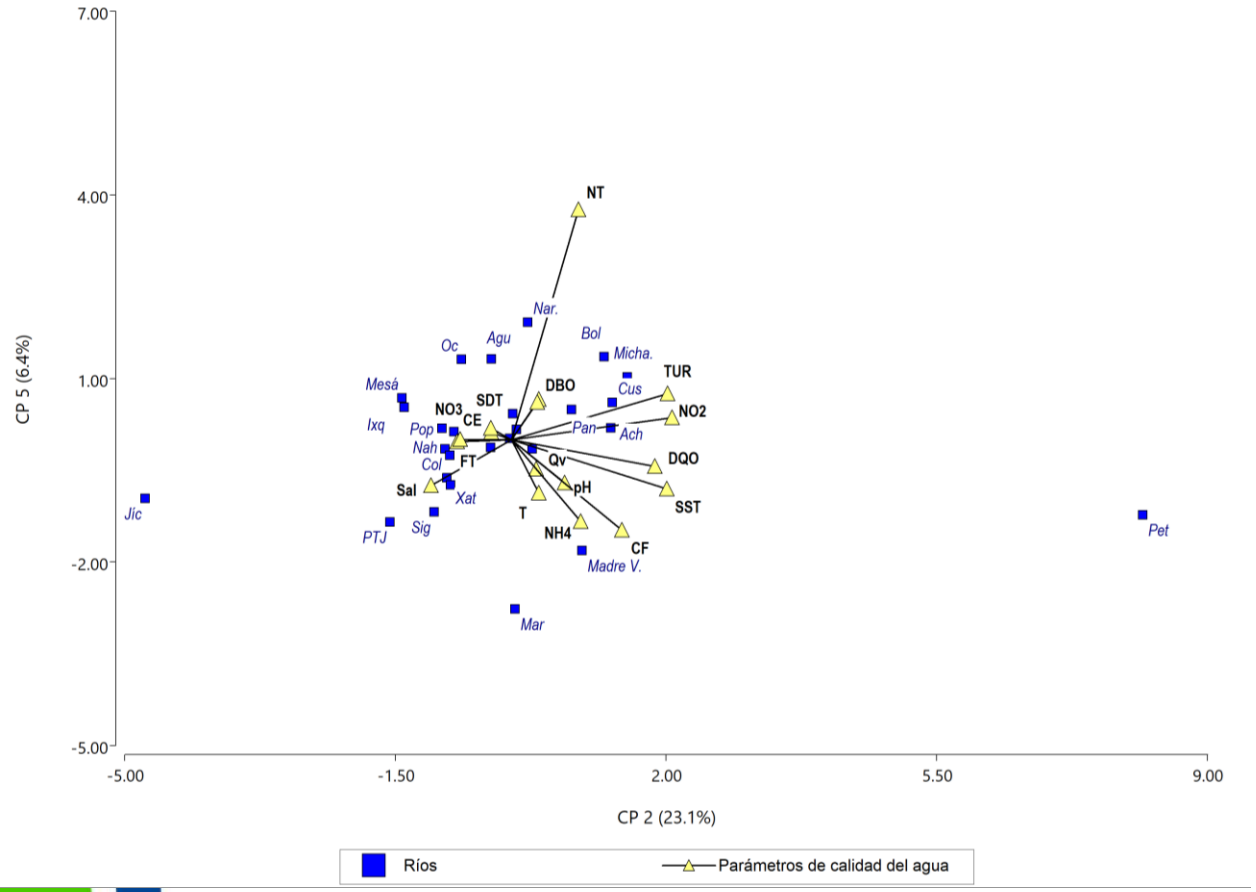


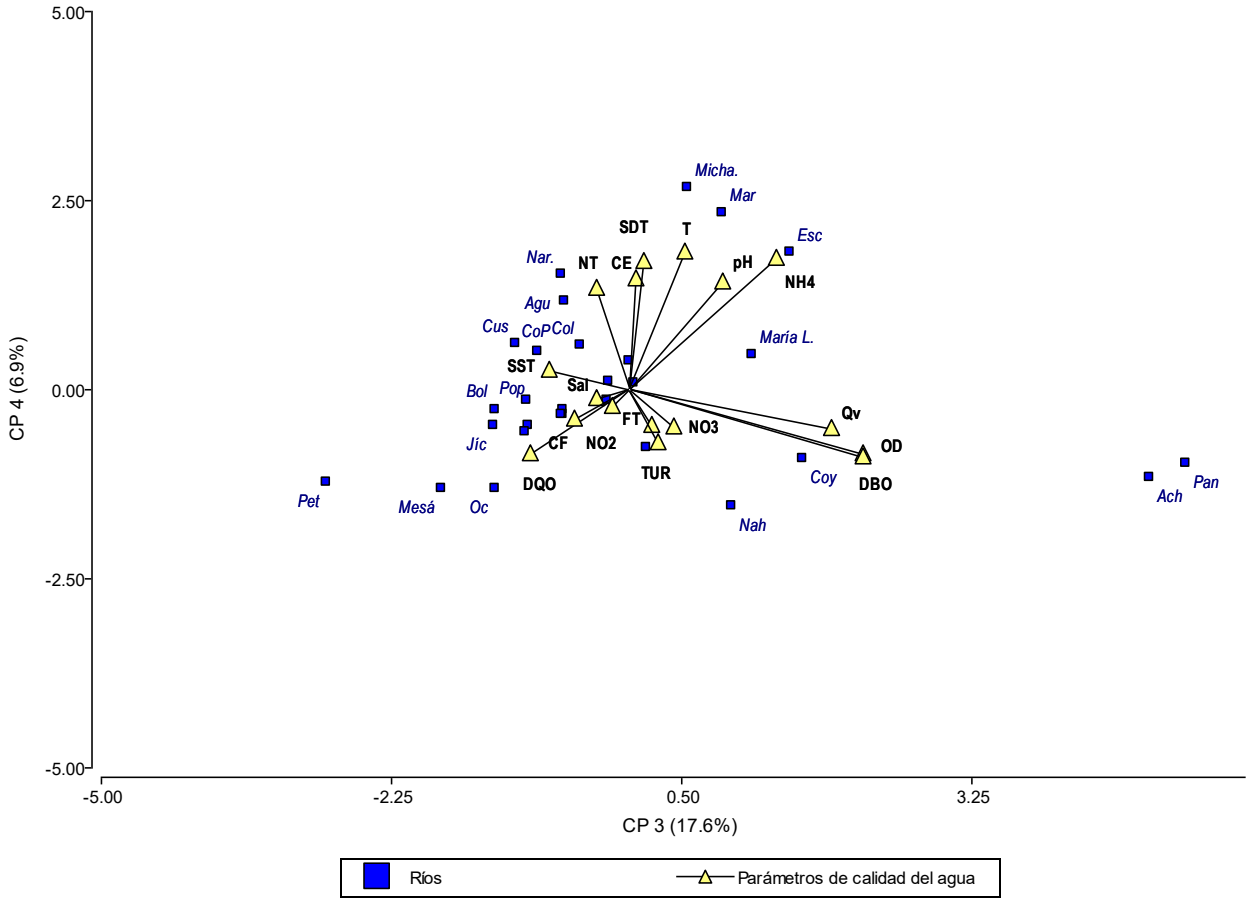


ICC (2025)

Principales hallazgos

1. Análisis de Componentes Principales

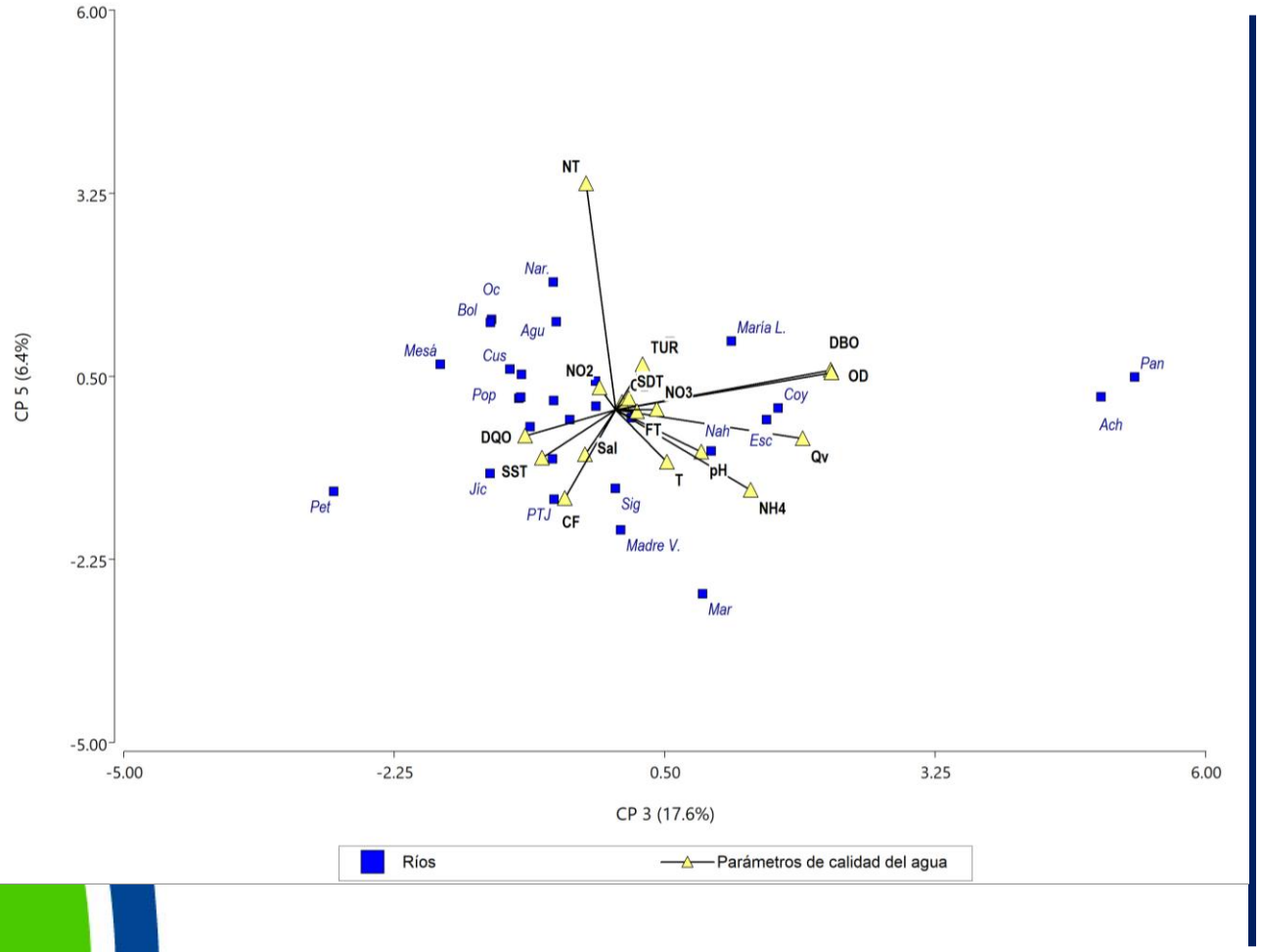


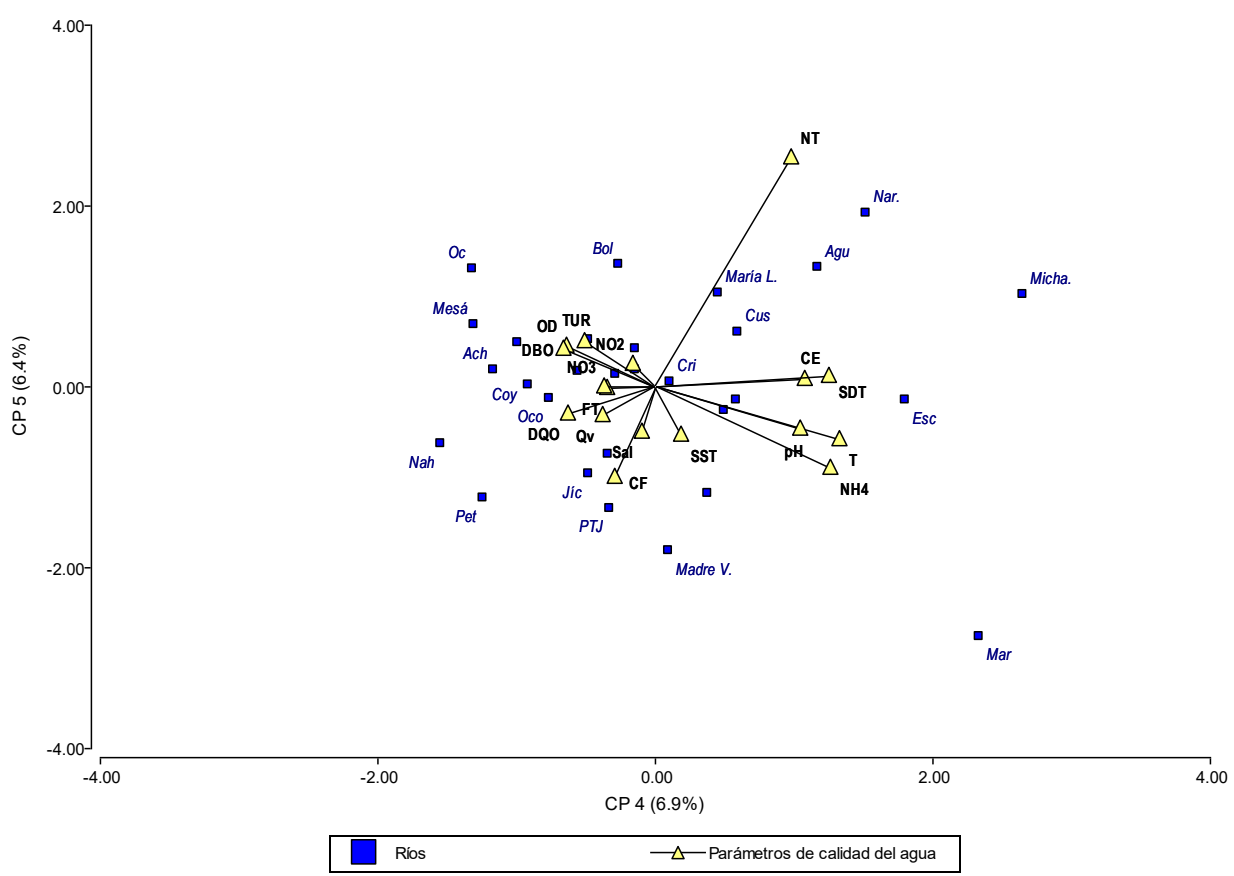


ICC (2025)

Principales hallazgos

1. Análisis de Componentes Principales





ICC (2025)

Principales hallazgos

1. Análisis de Componentes Principales

- **Con rotación varimax.**

- Se identifican los parámetros que explican mejor la calidad del agua en la zona de estudio.

- Cada eje explica una aptitud distinta del agua.

- Brinda la base para la elaboración de índices según condiciones locales.

Parámetros	Componentes (cargas) 1	2	3	4	5	Unicidad
CE	0.947					0.065
SDT	0.937					0.097
Sal	0.770					0.070
FT	0.770					0.071
NO3	0.767					0.069
T	0.671					0.422
DQO		0.936				0.085
SST		0.925				0.087
NO2		0.913				0.062
TUR		0.855				0.051
CF		0.687				0.471
OD			0.951			0.068
DBO			0.947			0.088
Qv			0.737			0.358
NH4				0.843		0.173
pH				0.803		0.154
NT					0.955	0.057

¿Calidad general?

¿Orgánica, fecal y sólidos suspendidos?

Autodepuración?

Toxicidad?

?

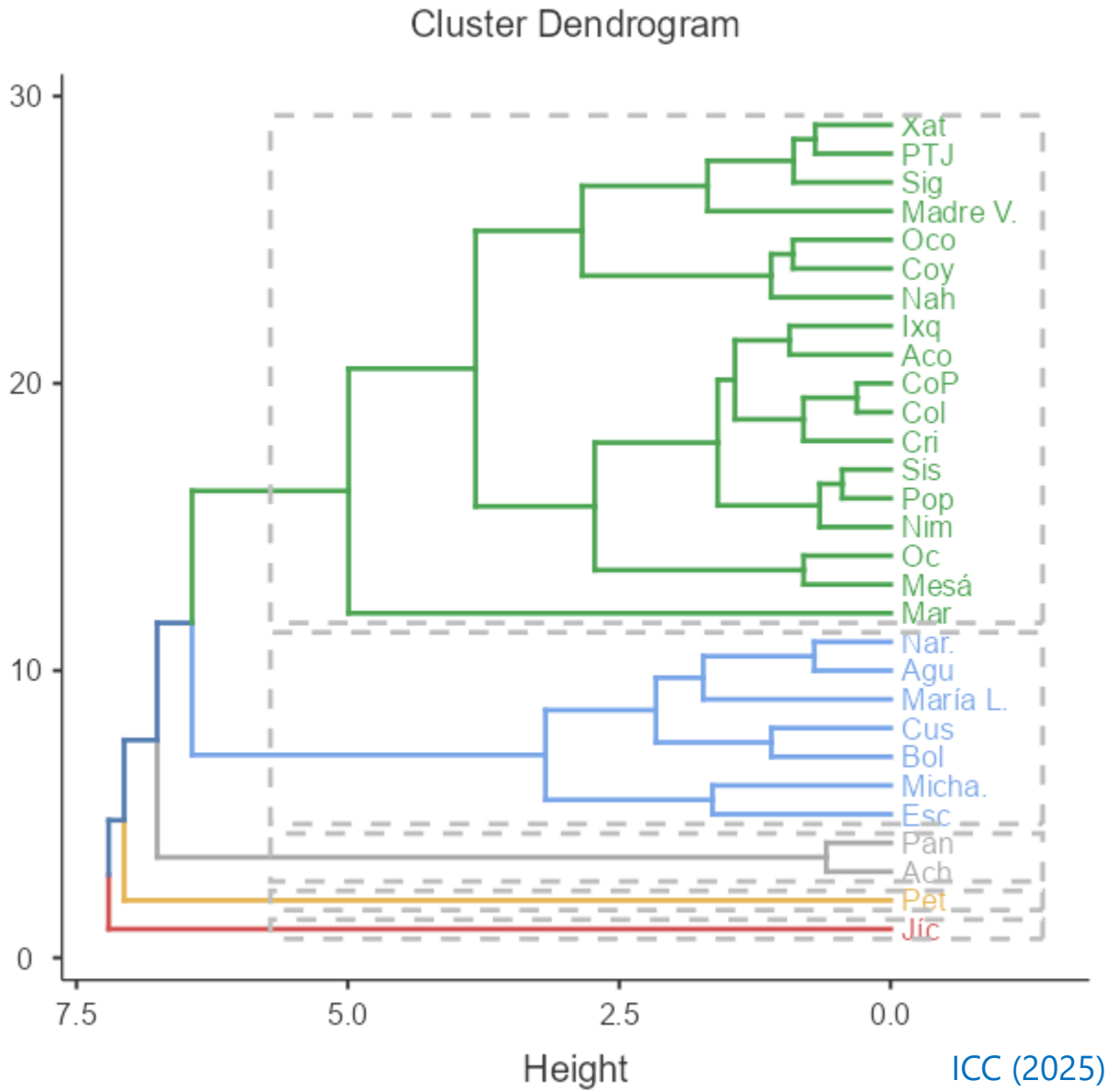
Nota. Se utilizó la rotación 'varimax'

ICC (2025)

Principales hallazgos

2. Análisis de conglomerados

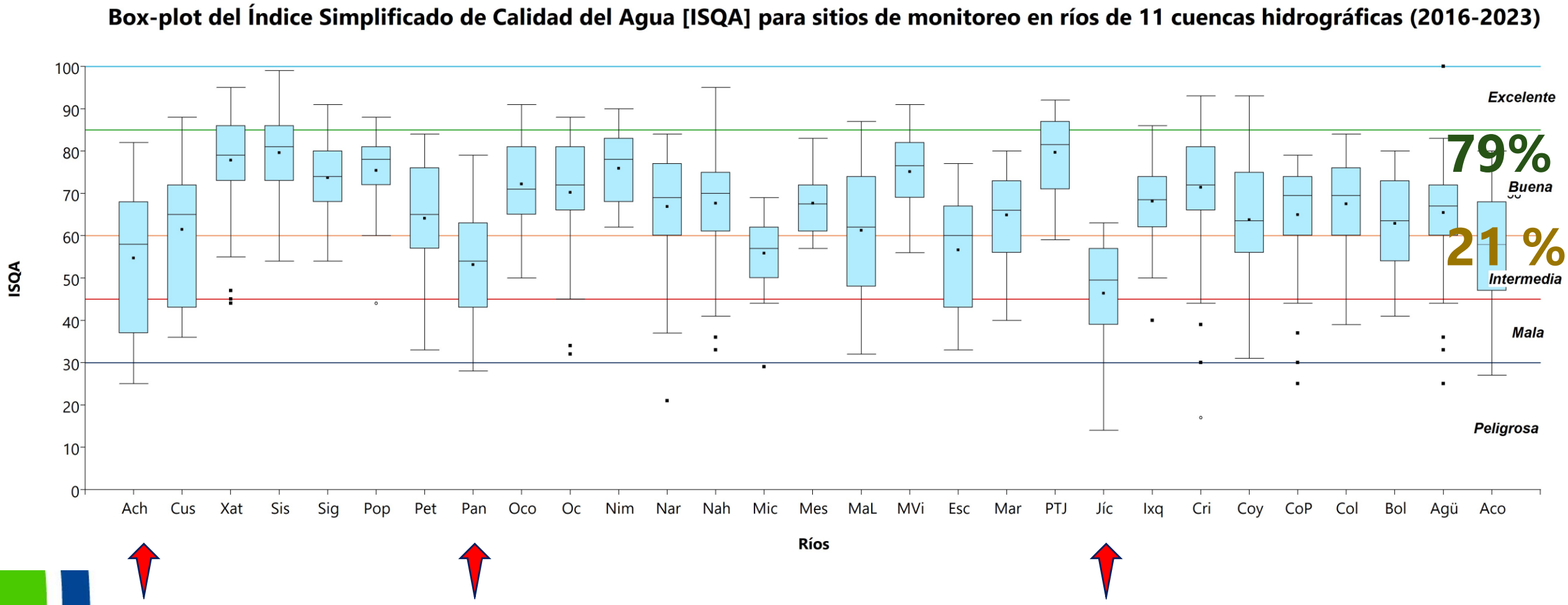
- Se identifican 5 grupos de ríos con distintas características.
- Se mejora la interpretación del ACP.



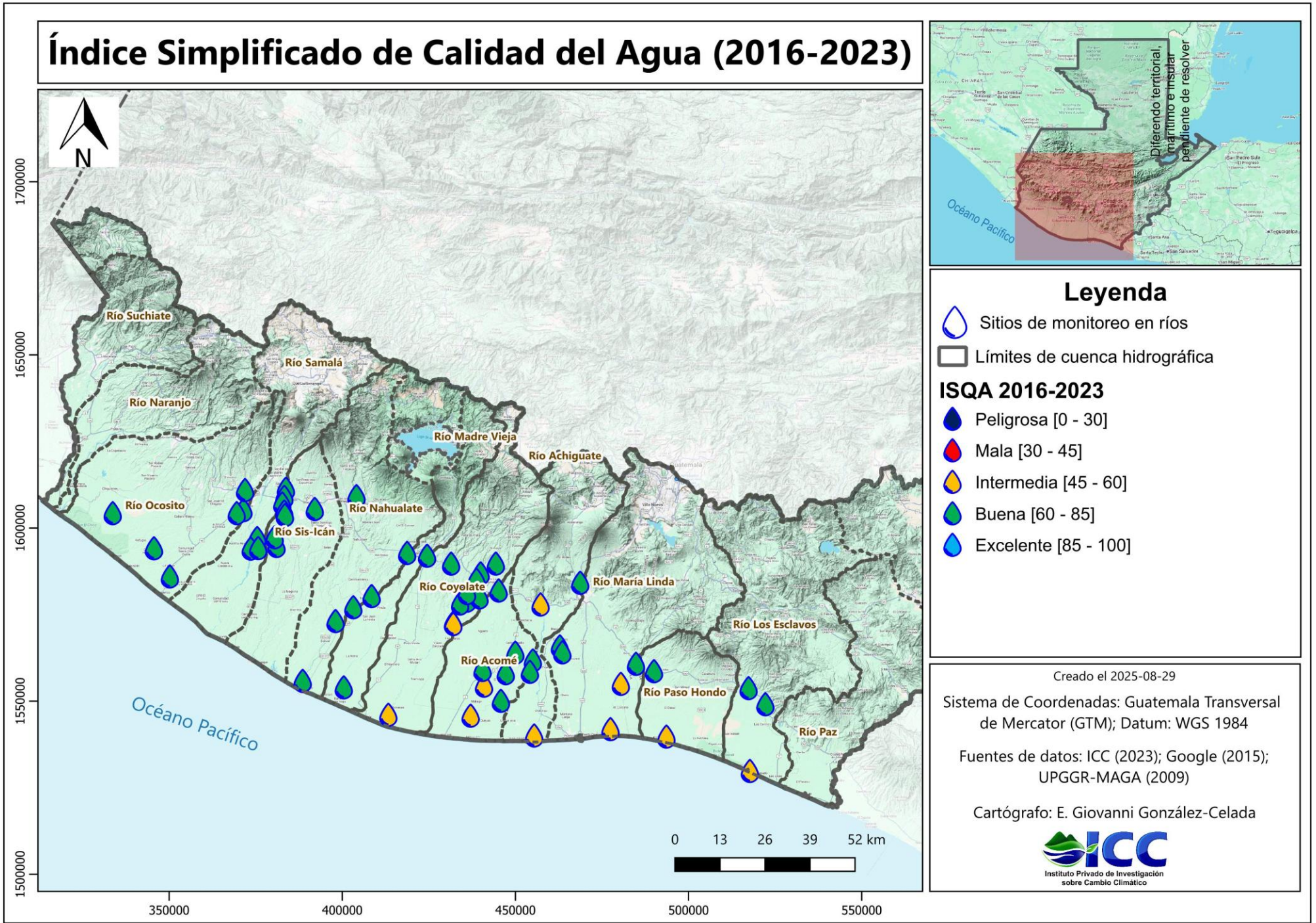
ICC (2025)

Principales hallazgos

3. Índice Simplificado de Calidad del Agua (ISQA)



Según el criterio del ISQA, predomina la calidad de categoría buena.



Conclusiones

- Se brinda la base para elaboración de un índice de calidad del agua local.

- Las fuentes principales de deterioro de la calidad del agua son las aguas residuales (tratamiento deficiente o nulo); desechos y residuos sólidos, y la actividad agrícola e industrial.

- El ISQA es altamente sensible en zonas de actividad volcánica, erosión de suelos, y sedimentación.

Conclusiones

- Los resultados deben interpretarse como prospectivos para orientar las necesidades existentes sobre índices y normas sobre calidad del agua (aguas naturales).

- El ISQA no es un criterio para considerar la aplicación de reglamentación nacional relacionada, ya que únicamente refleja la calidad del agua en el lugar y momento de la toma de muestra.

Organizado por:

Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales

FUNCAGUA por la vida

Global Water Partnership Central America
GWP Guatemala

ICC
Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático

UVG UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

The Nature Conservancy
Guatemala

WCS

WWF

III CONGRESO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS 2025

¡Muchas gracias!

Giovanni González
| Especialista en Gestión Integrada del Agua
www.icc.org.gt ICC Cambio Climático +502 7828-1048/35