



INNOTEC
ISSN: 1688-3691
ISSN: 1688-6593
innotec@latu.org.uy
Laboratorio Tecnológico del Uruguay
Uruguay

DE LEÓN, FERNANDA; SEGURA, ÁNGEL; KRUK, CARLA; PICCINI, CLAUDIA
Contaminación fecal en playas recreativas: revisión de normativas a nivel nacional, regional e internacional e insumos para la gestión en Uruguay

INNOTEC, núm. 29, e679, 2025, Enero-Junio
Laboratorio Tecnológico del Uruguay
Montevideo, Uruguay

DOI: <https://doi.org/10.26461/29.04>

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=606182066006>

- ▶ [Cómo citar el artículo](#)
- ▶ [Número completo](#)
- ▶ [Más información del artículo](#)
- ▶ [Página de la revista en redalyc.org](#)

redalyc.org

Sistema de Información Científica Redalyc
Red de revistas científicas de Acceso Abierto diamante
Infraestructura abierta no comercial propiedad de la academia

Contaminación fecal en playas recreativas: revisión de normativas a nivel nacional, regional e internacional e insumos para la gestión en Uruguay

Fecal contamination on recreational beaches: review of national, regional, and international regulations and inputs for management in Uruguay

Contaminação fecal em praias recreativas: revisão de regulamentações nacionais, regionais e internacionais e insumos para gestão no Uruguai

 **FERNANDA DE LEÓN** (1)

 **ÁNGEL SEGURA** (1)

 **CARLA KRUK** (2) (3)

 **CLAUDIA PICCINI** (4)

- (1) Departamento de Modelización Estadística de Datos e Inteligencia Artificial (MEDIA), Centro Universitario Regional del Este (CURE), Universidad de la República, Rocha, Uruguay.
- (2) Instituto de Ecología y Ciencias Ambientales (IECA), Centro Universitario Regional del Este (CURE), Universidad de la República, Rocha, Uruguay.
- (3) Limnología-IECA, Facultad de Ciencias, Universidad de la República, Montevideo, Uruguay.
- (4) Instituto de Investigaciones Biológicas Clemente Estable (IIBCE), Ministerio de Educación y Cultura, Montevideo, Uruguay.

RECIBIDO: 8/3/2025 → APROBADO: 23/5/2025 ✉ fernanda.deleon@fcien.edu.uy

RESUMEN

La creciente urbanización desordenada de la faja costera y la falta de tratamiento o saneamiento adecuados de las aguas residuales han producido un incremento de la carga de contaminantes fecales en las aguas que derivan a las playas recreativas, poniendo en riesgo la salud de los/las usuarios/as. Los monitoreos de calidad de agua evalúan la abundancia de microorganismos de origen intestinal y las normativas que establecen los indicadores, los valores máximos permitidos (VMP) y la forma de muestreo varían entre países y regiones. El objetivo de este trabajo es brindar insumos para la revisión de las normativas actuales de Uruguay y recomendaciones para la gestión de esta contaminación. Para ello, se realizó una revisión bibliográfica de las normativas

nacionales (histórica), regionales (11 países) e internacionales sobre contaminación fecal en playas recreativas (dulces y marinas). A nivel internacional, se utiliza una diversidad de indicadores para evaluar la calidad de playas, siendo la abundancia de enterococos y de *Escherichia coli* los más utilizados en el hemisferio norte, y los coliformes fecales, a nivel regional y nacional. La normativa uruguaya no ha sido actualizada desde hace más de 45 años, es la más antigua de las relevadas en el continente y una de las más permisivas con la contaminación fecal. En este sentido, se sugiere una actualización, manteniendo los indicadores actuales y sumando otros como la *E. coli* y los enterococos, y disminuyendo sus VMP para preservar la salud ecosistémica y proteger la salud de la población.

Palabras clave: indicadores bacteriológicos, reglamentos, calidad de agua en playas.

ABSTRACT

The increasing urbanization of the coastal strip and the lack of adequate wastewater treatment or sanitation have led to an increase in the load of fecal contaminants in the waters flowing into recreational beaches, putting the health of beachgoers at risk. Water quality monitoring assesses the abundance of microorganisms of intestinal origin, and the regulations establishing indicators, maximum allowable values (MPVs), and sampling methods vary among countries and regions. The objective of this paper is to provide input for the review of current regulations and recommendations for the management of this contamination in Uruguay. To this end, a bibliographic review of national (historic revision), regional (11 countries), and international (OMS, EPA) regulations regarding fecal contamination in recreational beaches (freshwater and marine) was conducted. Internationally, a variety of indicators are used to assess beach quality, with enterococci and *Escherichia coli* abundance being the most commonly used in the northern hemisphere, and fecal coliforms at regional and national level. Uruguayan regulations have not been updated for more than 45 years. They are the oldest regulations on the continent and one of the most permissive regarding fecal contamination. Therefore, we suggest updating Uruguay's regulations, maintaining the current indicators, adding others such as *E. coli* and enterococci and decreasing their MPVs in order to preserve ecosystem health and protect the health of the population.

Keywords: bacteriological indicators, regulations, water quality on beaches.

RESUMO

A crescente urbanização da faixa costeira e a falta de tratamento ou saneamento adequado de águas residuais têm levado ao aumento da carga de contaminantes fecais nas águas que deságuam nas praias recreativas, colocando em risco a saúde dos frequentadores das praias. O monitoramento da qualidade da água avalia a abundância de microrganismos de origem intestinal, e as regulamentações que estabelecem indicadores, valores máximos permitidos (VMPs) e métodos de amostragem variam entre países e regiões. O objetivo deste trabalho é fornecer subsídios para a revisão das regulamentações para Uruguai e recomendações atuais para o gerenciamento desta

contaminação. Para tanto, foi realizada uma revisão bibliográfica das regulamentações nacionais (histórica), regionais (11 países) e internacionais referentes à contaminação fecal em praias recreativas (de água doce e marinhas). Internacionalmente, diversos indicadores são utilizados para avaliar a qualidade das praias, sendo a abundância de enterococos e *Escherichia coli* os mais utilizados no Hemisfério Norte, e a de coliformes fecais, em nível regional e nacional. A regulamentação uruguaia não é atualizada há mais de 45 anos; é a mais antiga do continente e uma das mais permissivas em relação à contaminação fecal. Nesse sentido, sugere-se uma atualização, mantendo os indicadores atuais e adicionando outros, como *E. coli* e enterococos, e reduzindo seus MPVs para preservar a saúde do ecossistema e proteger a saúde da população.

Palavras-chave: indicadores bacteriológicos, regulamentações, qualidade da água nas praias.

INTRODUCCIÓN

El aumento de la población en zonas costeras, asociado a un ordenamiento territorial no planificado en los balnearios turísticos, genera presiones en las playas cuando los residuos y las aguas servidas no son tratadas adecuadamente (Nelson Rangel-Buitrago et al., 2024). La contaminación puntual suele surgir de las descargas fluviales o del transporte marítimo; sin embargo, las principales fuentes de contaminación difusa en las zonas costeras son el vertimiento de aguas residuales (OMS, 2003) y el saneamiento deficiente o inexistente (Bartram y Rees, 2000; Sardiñas et al., 2006; Campos-Pinilla et al., 2008).

Los problemas de salud más frecuentes, generados por contaminación fecal, están asociados a infecciones digestivas como la gastroenteritis (OMS, 2003); enfermedades respiratorias genéricas o febriles (Prüss, 1998); enfermedades respiratorias del tracto superior (dolor de garganta, tos, secreción nasal, frío o fiebre); erupciones e infecciones oculares y de oídos (Prüss, 1998; Fleisher et al., 1998; Haile et al., 1999; McBride et al., 1998; Wade et al., 2008). La posibilidad de contraer estas enfermedades depende del grado de la contaminación del agua (Pike et al., 1990), de la frecuencia y forma de exposición (directa: deportes acuáticos, o indirecta: caminata, pesca) y de la sensibilidad de los/las usuarios/as (menores, inmunocomprometidos y adultos mayores) (OMS, 2003, Cabelli et al., 1979; Sanborn y Takaro, 2013).

Para evaluar la calidad bacteriológica del agua se utiliza la abundancia de bacterias indicadoras de contaminación fecal (FIB por su sigla en inglés) (Bentancor et al., 2023). En general, las FIB no son los agentes causantes de enfermedades, salvo excepciones (algunas cepas de *Escherichia coli*), pero se asume que se comportan de manera similar a los patógenos derivados de las fecas (*Shigella* spp., *Salmonella* spp., *Campylobacter* spp., *E. coli*, (Hendricks y Pool, 2012)) y, por lo tanto, son indicadoras de estas. Las abundancias de coliformes totales (CT), coliformes fecales (CF), *E. coli* y enterococos son los indicadores de calidad microbiológica más utilizados (Figura 1).

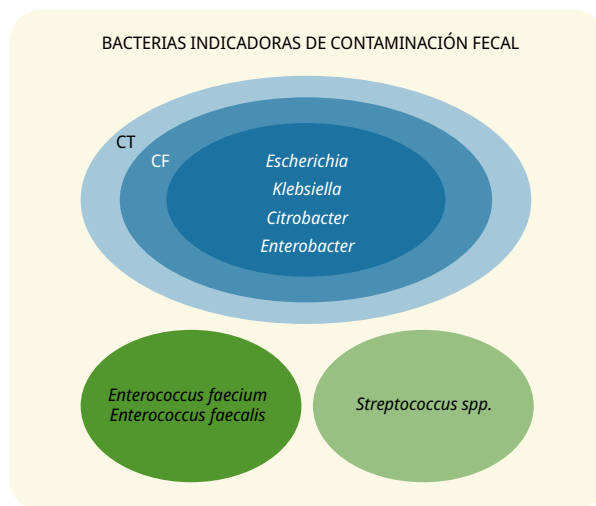


FIGURA 1. Principales grupos de bacterias indicadoras de contaminación fecal (FIB) en aguas recreativas dulces y marinas utilizados a nivel global. Los círculos de colores representan los grupos principales de bacterias. En azul: CT (coliformes totales), los cuales incluyen a los CF (coliformes fecales) y a cuatro géneros de la familia Enterobacteriaceae (*Escherichia*, *Klebsiella*, *Citrobacter* y *Enterobacter*). En verde: *Enterococcus faecium* y *Enterococcus faecalis*, y *Streptococcus spp.* Fuente: elaboración propia.

El marco normativo sobre calidad de agua respecto a contaminación fecal es un conjunto de normas y estándares que determinan los valores máximos permitidos (VMP) de determinados indicadores en relación con los usos de los sistemas acuáticos, con el fin de garantizar la salud ecosistémica y humana. En Uruguay, la normativa respecto a la calidad del agua se mantiene sin actualizaciones desde hace varias décadas, mientras que la calidad del agua en playas disminuye notoriamente (Bonilla et al., 2015; Kruk et al., 2018; Kruk et al., 2023). El objetivo de este trabajo es brindar insumos para la revisión de las normativas actuales en Uruguay y recomendaciones para la gestión de esta contaminación con el fin último de contribuir a la disminución de los riesgos sanitarios asociados a la contaminación fecal.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó una revisión y un análisis de las principales normativas nacionales, regionales e internacionales referentes a contaminación fecal en playas recreativas (dulces y marinas) con el objetivo de proponer recomendaciones para la gestión de esta problemática. La revisión de normativas implicó la búsqueda en páginas web oficiales de instituciones de gobierno y organizaciones internacionales. I) A nivel internacional se sistematizaron las recomendaciones propuestas por los organismos referentes, como la Organización Mundial de la Salud (OMS), la Unión Europea (UE) y las agencias encargadas de la protección ambiental en Estados Unidos (US EPA), Canadá (Health Canada) y Australia. II) A nivel regional fueron incluidas normativas de 11 países de América Latina y el Caribe (Argentina, Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, Cuba, Ecuador, México, Perú, República

Dominicana y Venezuela). III) Finalmente, a nivel nacional fue revisada la evolución histórica del marco legal mediante el análisis de planes, convenios, leyes, decretos y resoluciones contenidos en el sitio web oficial del Ministerio de Ambiente (Ex Ministerio de Vivienda Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente: MVOTMA).

RESULTADOS

Guías de organismos internacionales y normativas regionales

Existe variabilidad en el tipo de indicador utilizado y en los niveles máximos de FIB permitidos en aguas destinadas a usos recreativos (Tabla 1). Las FIB más utilizadas son los CT, CF, estreptococos fecales, enterococos y *E. coli*. A nivel internacional (OMS, UE, US EPA, Australia y Canadá), los indicadores de contaminación fecal más recomendados son la abundancia de *E. coli* y enterococos. La literatura que se utiliza para justificar que los enterococos, ahora separados en dos géneros (*Streptococcus* y *Enterococcus*), son mejores indicadores que los CF en agua marina se remite al año 1967. Esta no se basa en que los enterococos sobreviven más en agua marina, sino que los CF se multiplican en agua marina y los enterococos no, manteniendo números estables, y mueren luego de 2 a 3 días (Sinton et al., 1993; Hanes y Fragala, 1967; Hanes et al., 1964). En los países de la región latinoamericana (Costa Rica, Chile, Colombia, Ecuador, Venezuela, República Dominicana y Uruguay) se utilizan exclusivamente CT y CF; mientras que en Argentina se utilizan los enterococos y *E. coli*; y en México únicamente los enterococos. Cuba, Perú y Brasil incluyen en sus normativas el uso simultáneo de varios indicadores (CF y enterococos).

En general, los análisis se realizan mediante el método tradicional de ensayo en tubos múltiples, que se expresa como el número más probable por cada 100 ml (NMP/100 ml) o la técnica de filtración por membrana, expresada en unidades formadoras de colonias cada 100 ml (UFC/100 ml) (Miner, 2006).

Los cuerpos de agua se clasifican en diferentes categorías de calidad bacteriológica. Los organismos internacionales como la OMS o la US EPA definen los VMP en función de estudios epidemiológicos, que relacionan la frecuencia de enfermedad con la concentración de las bacterias indicadoras (Dufour, 1984; Ferley et al., 1989; Prüss, 1998; Kay et al., 1994; Fleisher et al., 1998; Kay et al., 2001; Kay et al., 2004; Wiedenmann et al., 2006; Wade et al., 2010). Las aguas recreativas suelen clasificarse según su aptitud como excelente, buena, suficiente y mala (OMS, 2018).

Los criterios de evaluación generalmente emplean el valor de concentración de FIB en una muestra de agua puntual y/o mediante la media geométrica, por lo general de cinco muestras consecutivas en un periodo menor a 45 días (MG). Otro criterio empleado es la evaluación de niveles de cumplimiento porcentuales, por ejemplo, que el 95 % de las muestras de una playa estén por debajo de un valor específico, comúnmente utilizado a nivel internacional (OMS, 2018).

Respecto a los VMP puntuales para aguas recreativas, en general la concentración de CF de las normativas indica un VMP entre 200 y 2000 UFC/100 ml. La abundancia de *E. coli* debe ser menor a 800 UFC/100 ml (de acuerdo con la MG) para ser considerada satisfactoria; estar entre 0 - 400 UFC/100 ml si la muestra es simple; o ser menor a 900

UFC/100 ml si se evalúa de acuerdo con el percentil 90. Mientras que la abundancia de enterococos en general debe ser menor a 35 de acuerdo con la MG; menor a 70 o 200 para VMP puntuales; menor a 500 UFC/100 ml (percentil 95), o menor a 330 (percentil 90).

TABLA 1. Principales criterios de evaluación de contaminación fecal en agua recreativa por contacto primario a nivel nacional, regional e internacional. CT (coliformes totales), CF (coliformes fecales), MG (media geométrica de mínimo 5 muestras), UFC (unidades formadoras de colonias), NMP (número más probable). Las consideraciones indican el marco de referencia estadístico para interpretar los valores.

Organismo/ País	Indicador	Categoría y valor	Consideraciones	Unidad	Tipo de agua	Referencia
Organización Mundial de la Salud (OMS)	Enterococos	Muy Buena: ≤ 40 Buena: 41 - 200 Regular: 201 - 500 Mala > 500	Percentil 95	UFC/100 ml	Dulce y marina	OMS, 2003; OMS, 2021
Unión Europea (UE)	Enterococos	Excelente: 200 Buena: 400	Percentil 95	UFC/100 ml	Dulce	(Unión Europea, 2006)
		Suficiente: 330	Percentil 90			
		Excelente: 100 Buena: 200	Percentil 95		Marina	
		Suficiente: 185	Percentil 90			
	<i>E. coli</i>	Excelente: 500 Buena: 1000	Percentil 95		Dulce	
		Suficiente: 900	Percentil 90			
		Excelente: 250 Buena: 500	Percentil 95		Marina	
		Suficiente: 500	Percentil 90			
Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (US EPA)	Enterococos	Tasa de enfermedad (36/1000): 35 Tasa de enfermedad (32/1000): 30	MG	UFC/100 ml	Dulce y marina	(United States Environmental Protection Agency, 2012)
	<i>E. coli</i>	Tasa de enfermedad (36/1000): 126 Tasa de enfermedad (32/1000): 100			Dulce	
Canadá	Enterococos	≤ 35	MG	UFC/100 ml	Marina	(Health Canada, 2012; Health Canada 2023)
		≤ 70	Muestra simple			
	<i>E. coli</i>	≤ 200	MG		Dulce	
		≤ 400	Muestra simple			

Organismo/ País	Indicador	Categoría y valor	Consideraciones	Unidad	Tipo de agua	Referencia
Australia	Enterococos	Muy Buena: ≤40 Buena: 41 - 200 Regular: 201 - 500 Mala >500	Percentil 95	UFC/100 ml	Dulce y marina	(Australia. National Health and Medical Research Council of Australia, 2008)
Argentina	Enterococos	33	MG	UFC/100 ml	Marina	(Argentina. Ministerio de Salud, 2016)
		35			Dulce	
	<i>E. coli</i>	126			Dulce	
Brasil	Enterococos	Excelente: ≤25 Muy Buena: ≤50 Satisfactoria: ≤100	En ≥80% de las muestras las 5 semanas anteriores	UFC/100 ml	Dulce y marina	(Brasil, 2000)
		No apta: >400	Última muestra			
	<i>E. coli</i>	Excelente: ≤200 Muy Buena: ≤400 Satisfactoria: ≤800	En ≥80% de las muestras las 5 semanas anteriores			
		No apta: >2000	Última muestra			
	CF	Excelente: ≤250 Muy Buena: ≤500 Satisfactoria: ≤1000	En ≥80% de las muestras las 5 semanas anteriores			
		No apta: > 2500	Última muestra			
Chile	CF	<1000	Muestra simple	UFC/100 ml	Dulce y marina	(Instituto Nacional de Normalización, 1987)
Colombia	CF	200	Muestra simple	NMP/100 ml	Dulce y marina	(Colombia, 1984)
	CT	1000				
Costa Rica	CF	20 - 1000	Muestra simple	NMP/100 ml	Dulce y marina	(Costa Rica, 2007)
Cuba	CF	<200	Muestra simple	NMP/100 ml	Dulce y marina	(Oficina Nacional de Normalización, 1999)
	Estreptococos fecales	<100				
Ecuador	CF	200	Muestra simple	NMP/100 ml	Dulce y marina	(Ecuador. Presidencia de la República, 2014)
	CT	2000				
México	Enterococos	100	Percentil 95	NMP/100 ml	Marina	(México. Secretaría de Economía, 2016)

Organismo/ País	Indicador	Categoría y valor	Consideraciones	Unidad	Tipo de agua	Referencia
Perú	Enterococos	200	Muestra simple	NMP/100 ml	Dulce y marina	(Perú, 2017)
	<i>E. coli</i>	0				
	CF	200				
	CT	1000				
República Dominicana	CF	400	Muestra simple	NMP/100 ml	Dulce	(República Dominicana. Ministerio de Medio Ambiente, 2012, 2012)
		400-2000			Marina	
	CT	1000			Dulce	
		1000-10000			Marina	
Uruguay	CF	<1000	MG	UFC/100 ml	Dulce y marina	(Uruguay, 1979)
		<2000	Muestra simple			
Venezuela	CF	200	90% de una serie de muestras consecutivas	NMP/100 ml	Dulce y marina	(Venezuela, 1995)
		400	10% restante			
	CT	1000	90% de una serie de muestras consecutivas			
		5000	10% restante			

Marco legal en Uruguay

De los países estudiados, Uruguay tiene la normativa de calidad de agua más antigua de Latinoamérica, con 46 años de vigencia creada a través del Decreto 253/79 y decretos modificativos 232/88, 579/89 y 195/91 (Uruguay, 1979, 1988, 1989 y 1991). Este decreto determina que el límite de CF en aguas para uso recreativo (clase 2b) no debe superar los 1000 UFC/100 ml en una muestra individual, ni los 500 UFC/100 ml en la MG.

En 1999, la Resolución s/n (Uruguay, 2005) determinó que todos los cursos y cuerpos de agua cuya cuenca tributaria sea mayor a 10 km² se clasifican como clase 3: «aguas destinadas a la preservación de los peces en general y de otros integrantes de la flora y fauna hídrica, o también aguas destinadas al riego de cultivos cuyo producto no se consume en forma natural o en aquellos casos que siendo consumidos en forma natural se apliquen sistemas de riego que no provocan el mojado del producto» (Uruguay, 2005). Por consecuencia, todas las aguas recreativas fueron automáticamente clasificadas en clase 3 en lugar de 2b, y por ende se amplió el VMP de CF a 2000 UFC/100 ml para muestras simples y a 1000 UFC/100 ml en términos de MG, siendo más permisivo a la contaminación fecal.

En 2008 se constituyó el Grupo de Estandarización para Agua (Gesta-Agua, 2008), coordinado por la ex Dirección Nacional de Medio Ambiente (DINAMA) que inició una

Propuesta de modificación del Decreto 253/79 y modificativos 232/88, 579/89 y 195/91 (Uruguay, 1979, 1988, 1989 y 1991). En un primer borrador, se recomendó el uso de la abundancia de *E. coli* y los enterococos (Gesta-Agua, 2008), donde además se propuso una evaluación anual para clasificar las playas recreativas a partir del promedio de todas las MG calculadas en la temporada estival. La calidad bacteriológica del agua sería entonces clasificada en cuatro categorías: excelente, si el promedio de la MG de la temporada estival era menor a 250 UFC/100 ml; muy buena entre 250 y 500 UFC/100 ml; satisfactoria, entre 500 y 1000 UFC/100 ml; y no apta, si el promedio era mayor a 1000 UFC/100 ml. Sin embargo, la propuesta final del año 2014 del Gesta-Agua (Gesta-Agua, 2014) propuso tanto para la clase 2b como la clase 3 que las concentraciones de CF sean menores a 1000 UFC/100 ml en términos del valor de la MG de 5 muestras consecutivas tomadas en un periodo de 45 días, eliminando el criterio de utilizar los máximos de muestras individuales.

En 2021, la nueva Guía de Aptitud y Categorización de Playas (Uruguay. Ministerio de Ambiente, 2021), propuso además que para que una playa sea categorizada excelente debe cumplir con el 100 % de días monitoreados aptos, con ausencia total de cianobacterias, datos puntuales de coliformes termotolerantes ≤ 2000 UFC/100 ml, y ausencia de bandera sanitaria debido a otros eventos ambientales (Uruguay. Ministerio de Ambiente, 2021), reflejando aún la categorización de las playas recreativas como clase 3.

Las actividades de monitoreo y análisis se realizan en el marco de la Red de Monitoreo de Playas, en sus inicios llamada Red de Monitoreo Costero. Fue creada en 2013 mediante un Convenio de Cooperación Técnica entre el Ministerio de Ambiente (ex MVOTMA) y las intendencias de Colonia, San José, Montevideo, Canelones, Maldonado y Rocha. A esta red se han incorporado progresivamente otros departamentos como Soriano en 2016; Lavalleja, Salto, Paysandú y Florida en 2019; Cerro Largo en 2020; y Treinta y Tres y Río Negro en 2021. En este marco, los muestreos deben realizarse semanalmente en la temporada de verano en las zonas de mayor concurrencia de bañistas (entre las 08:00 y las 17:00 h) y fuera de la temporada estival con una frecuencia mensual (Uruguay. Ministerio de Ambiente, 2024a). En algunos departamentos como Rocha, el muestreo en el periodo de octubre - marzo se realiza de forma quincenal (Uruguay. Ministerio de Ambiente, 2024a). Las muestras de agua son colectadas sub-superficialmente a una profundidad de 1 m y transportadas en frío al laboratorio para realizar el correspondiente análisis bacteriológico de CF, siguiendo el método de membrana filtrante según los procedimientos estandarizados de operación del Laboratorio Ambiental de la DINAMA (5053 UY) (Uruguay. Ministerio de Vivienda Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente, 2009), para luego ingresar los resultados al Sistema de Información Ambiental de la DINAMA (SIA) (Uruguay. Ministerio de Ambiente, 2024a).

Desde el 2019, se procede a la utilización de un Protocolo Nacional de Actuación Frente a Eventos Ambientales en Playas, que tiene como objetivo proporcionar una guía que oriente las acciones institucionales en caso de incumplimiento de la normativa por ocurrencias como floraciones de cianobacterias y exceso de CF (Uruguay. Ministerio de Vivienda Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente, 2019). En base a los resultados de laboratorio, se evalúa si la MG o los VMP puntuales de CF exceden lo establecido en la clase 3. Las medidas implican desde aumentar la frecuencia de monitoreo (24 h), desplegar la bandera sanitaria, hasta el aviso a las autoridades y la comunicación a la

población en medios públicos (Uruguay. Ministerio de Ambiente, 2022). La nueva versión del protocolo cambia la acción de colocación de bandera sanitaria ante un segundo valor puntual alto de CF por su colocación solo frente a medias geométricas elevadas (Uruguay. Ministerio de Ambiente, 2022).

El Plan Nacional de Aguas (PNA) aprobado por el Decreto N° 205/017 (Uruguay, 2017) determina los lineamientos generales para la gestión integrada y sustentable del agua en todo el territorio. Respecto a cuerpos de agua transfronterizos, como el Río Uruguay, el Digesto sobre el Uso y Aprovechamiento del Río Uruguay de la Comisión Administradora del Río Uruguay (CARU), en la que participan Uruguay y Argentina, determina que las zonas destinadas a actividades de recreación, deportivas, culturales y turísticas con contacto directo no deberán superar en la MG una concentración de *E. coli* con un máximo de 200 UFC/100 ml y de enterococos con un máximo de 35 UFC/100 ml (Uruguay, 2019). Mientras que en el caso del Río Cuareim, cuenca transfronteriza entre Uruguay y Brasil, la Dirección Nacional de Calidad y Evaluación Ambiental (DINACEA, ex DINAMA) es quien lleva a cabo el monitoreo de calidad de agua. Para esta cuenca, el Plan de monitoreo del río Cuareim plantea que al evaluar el indicador de CF no se tome como referencia el estándar del Decreto 253/79 y modificativos respecto a la MG de 5 muestras consecutivas dado que el tiempo transcurrido entre monitoreos es demasiado extenso (3 meses aproximadamente). Sin embargo, fija un estándar de 1000 UFC/100 ml y especifica que se tenga en cuenta el VMP de valores puntuales de 2000 UFC/100 ml (de acuerdo a la Clase 3 del Decreto 253/79 y modificativos) (Uruguay. Ministerio de Ambiente, 2024b).

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Comparación y limitaciones del uso de indicadores de contaminación fecal en playas recreativas

La revisión de la normativa evidencia que no existe un único criterio aplicado al monitoreo de calidad de agua mediado por FIB. El grupo indicador ideal debería reflejar adecuadamente el grado de contaminación; tener relación directa con las enfermedades; no multiplicarse en ambientes naturales; poseer una tasa de mortalidad bacteriana similar o menor a los patógenos; ser fácil de aislar, identificar y enumerar en laboratorio y mantener estas características en diferentes ambientes (Bartram y Rees, 2000; United States Environmental Protection Agency, 2012; Health Canada, 2012; OMS, 2018).

Los organismos internacionales han basado sus recomendaciones en estudios epidemiológicos que centran el análisis de las tasas de enfermedades de adultos tras la exposición al contacto con el agua recreativa específicamente en climas templados (United States Environmental Protection Agency, 2012; OMS, 2021). Pueden no aplicar en aguas tropicales, o a niños/as, adultos/as mayores o personas inmunodeprimidas, quienes podrían requerir un mayor grado de protección (OMS, 2021). A nivel internacional la abundancia de enterococos en agua dulce y marina, y *E. coli* en agua dulce son los indicadores más recomendados para evaluar la calidad del agua recreativa (OMS, 2018). En Latinoamérica, en general se utiliza el indicador de CF, pero puede presentar algunas limitaciones en agua marina como se mencionó anteriormente (Solic y Krstulovic, 1992;

Dufour, 1984); sin embargo, la existencia de información de larga data, la práctica que tienen técnicos/as en el país para su aplicación, además del conocimiento de su significado, son también ventajas que deben ser tenidas en cuenta al seleccionar un indicador. De los países analizados, únicamente Australia aplica estrictamente la guía de la OMS en su normativa, mientras que Argentina es el único que basa su legislación en recomendaciones de la US EPA.

Se observó una gran variabilidad en la clasificación de la calidad de agua según los valores de abundancia de FIB. Algunas guías y normativas (OMS, UE y Brasil) diferencian la aptitud de playas según sean de agua dulce o marina. Esta clasificación puede ser útil para el registro histórico de la calidad de agua en cada playa, pero no así en términos sanitarios, dado que la clasificación es *a posteriori*, es decir, luego de que ocurrió la contaminación.

Las formas de expresar los resultados también difieren, en general se recomienda la interpretación del valor del percentil 90 o 95 o el cálculo de las medias geométricas de cinco muestras consecutivas. En el primer caso, el criterio refleja gran parte de la variabilidad superior en la distribución de datos de calidad de agua y es más sencillo de comprender. Sin embargo, se ve afectado por una mayor incertidumbre estadística y, por lo tanto, es una medida menos confiable (OMS, 2018). En el segundo caso, si bien la MG es estadísticamente una medida más estable, no permite evidenciar los valores extremos superiores (OMS, 2003), con el consecuente riesgo por exposición puntual elevada.

Las técnicas utilizadas para el recuento de CF, en particular la técnica de NMP, demanda entre 18 y 24 horas para la obtención de resultados, lo que podría aumentar los riesgos a la salud humana causados por el retraso en la notificación (Francy, et al., 2009). Actualmente, organismos como la US EPA buscan actualizar los métodos microbianos existentes o añadir métodos con un tiempo de respuesta más rápido aplicables a *E. coli* y enterococos, incluyendo métodos qPCR y métodos PCR digitales (dPCR) (United States Environmental Protection Agency, 2023) que ya se están aplicando en Uruguay (Soumastre et al., 2022; Cabot et al., 2024). También se sugiere desde los organismos internacionales (OMS, 2018; OMS 2021; United States Environmental Protection Agency, 2023) combinar estas aproximaciones con estrategias de modelización predictiva para apoyar la gestión de playas (Dada y Hamilton, 2016; Segura et al., 2021; Bourel et al., 2021; Vidal et al., 2024). Estos esfuerzos podrían ayudar a reducir el número de personas expuestas a la contaminación fecal en playas recreativas (United States Environmental Protection Agency, 2023).

Respecto a la vigencia de las normativas citadas anteriormente en este artículo, Perú cuenta con la normativa más reciente (actualizada en 2017), junto con Argentina y México (año 2016), seguidos de Ecuador (año 2014) y República Dominicana (año 2012). Mientras que a nivel nacional la normativa vigente respecto a la calidad bacteriológica del agua es la más antigua de la región, con una vigencia mayor a 45 años (Uruguay, 1979) y también la más permisiva. Tras la Resolución Ministerial s/n (Uruguay, 2005), los VMP de CF se flexibilizaron de 1000 a 2000 UFC/ 100 ml en muestras individuales, siendo más permisivos a la contaminación. Mientras que, en otros países del continente, el máximo valor permitido de este indicador para uso recreativo del agua por contacto directo es considerablemente menor, tal es el caso de Colombia (200 UFC/100 ml) o Cuba (500 UFC/100ml). En el primer Protocolo Nacional de Actuación Frente Eventos Ambientales de

Uruguay (Uruguay. Ministerio de Vivienda Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente, 2019) el uso de la bandera sanitaria está indicado si existen al menos dos muestras puntuales que superan la normativa, o cuando la MG de cinco eventos excede los 1000 UFC/100 ml. En la nueva versión del protocolo 2021 se indica que la bandera sanitaria se desplegará solo frente a medias geométricas elevadas (Uruguay. Ministerio de Ambiente, 2021), sin considerar los efectos de los valores de contaminación elevados para la salud, aumentando aún más los riesgos a la salud por exposición recreativa.

Insumos para la gestión

A partir de los resultados del presente trabajo, se proponen sugerencias para actualizar la normativa vigente de Uruguay. En cuanto al valor del indicador de CF, se recomienda ajustar los VMP para los sitios cuyo uso predominante es la recreación a un valor máximo de 200 UFC/100 ml para muestras puntuales en comparación a las normativas regionales. El despliegue de la bandera sanitaria debería tener en cuenta los valores puntuales de exceso de CF, dado que el cálculo de la MG es adecuado para caracterizar un ecosistema y evaluar su evolución interanual, pero no considera eventos de contaminación puntual que pueden poner en riesgo la salud humana.

Mientras se avanza en el estudio de las FIB, se recomienda sumar otros indicadores a los ya utilizados como *E. coli* en agua dulce y enterococos en agua dulce y marina (específicamente *Enterococcus faecium* en ambientes de agua dulce y *Enterococcus faecalis* en ambientes de agua salada) (OMS, 2003; OMS, 2018; OMS, 2021). Asimismo, surge como necesidad la integración de los pluviales que llegan a las playas y los sedimentos ya que en estos lugares se ha identificado la presencia de contaminación fecal, siendo donde más se exponen los/las niños/as en Uruguay (Kruk et al., 2019; Cabot et al., 2024). También se recomienda desarrollar estudios epidemiológicos en playas recreativas a nivel local que evalúen las infecciones relacionadas con la contaminación fecal, considerando los diferentes riesgos que se producen por contacto directo e indirecto con el agua, así como en la arena (OMS, 2021; Health Canada, 2023), y de acuerdo con la susceptibilidad diferencial de los usuarios para generar equivalencias de protección.

Por último, esta revisión recomienda desarrollar modelos predictivos utilizando la extensa base de datos disponible del esfuerzo de los muestreos que realizan las autoridades y los técnicos para aplicar medidas de gestión preventivas con el fin de minimizar los riesgos a la salud humana en las playas recreativas de nuestro país.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a PEDECIBA Geociencias por una beca de iniciación a la investigación de este trabajo como parte de la monografía final de la Licenciatura en Gestión Ambiental de Fernanda de León, en la Universidad de la República, CURE, y a Natalia Verrastro y Micaela Trimble por contribuir con sus comentarios.

REFERENCIAS

- Argentina. Ministerio de Salud, 2016. *Directrices sanitarias para uso seguro de aguas recreativas. Módulo II: Directrices sanitarias para enteropatógenos y microorganismos oportunistas en agua ambiente. Resolución Ministerial 2523/2019* [En línea]. Buenos Aires: Ministerio de Salud. [Consulta: 02 febrero 2025]. Disponible en: <https://www.argentina.gob.ar/>
- Australia. National Health and Medical Research Council of Australia, 2008. *Guidelines for Management Risks in Recreational Water* [En línea]. Canberra: NHMRC. [Consulta: 10 febrero 2025]. Disponible en: <https://www.nhmrc.gov.au/about-us/publications/guidelines-managing-risks-recreational-water>
- Bartram, J. y Rees, G., 2000. *Monitoring bathing waters - A practical guide to the design and implementation of assessments and monitoring programmes* [En línea]. London: WHO-EPA-UE. [Consulta: 16 febrero 2025]. Disponible en: <https://cdn.who.int/>
- Bentancor, A.; Blanco Crivelli, X.; Piccini, C. y Trueba, G., 2023. *New concepts on domestic and wild reservoirs and transmission of E. coli and its environment*. En: Torres, Alfredo, ed. *Trending topics in Escherichia coli research: the Latin American perspective*. Cham: Springer International Publishing. pp. 55-77.
- Bonilla, S.; Haakonsson, S.; Somma, A.; Gravier, A.; Britos, A.; Vidal, L.; De León, L.; Brena, B.; Pérez, M.; Piccini, C.; Chalar, G.; González-Piana, M.; Martigani, F.; Aubriot, L. y de la Escalera, G. M., 2015. Cianobacterias y cianotoxinas en ecosistemas límnicos de Uruguay. En: *Innotec*, 10, pp. 9-22. DOI: <https://doi.org/10.26461/10.01>
- Bourel, M.; Segura, A. M.; Crisci, C.; López, G.; Sampognaro, L.; Vidal, V.; Kruk, C.; Piccini, C. y Perera, G., 2021. Machine learning methods for imbalanced data set for prediction of faecal contamination in beach waters. En: *Water Research*, 202, 117450. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.watres.2021.117450>
- Brasil. Resolução CONAMA 274/2000, de 29 de noviembre de 2000. Diário Oficial da União Publicação [En línea], 08 de enero de 2001. [Consulta: 10 de enero 2025]. Disponible en: <https://cetesb.sp.gov.br/>
- Cabelli, V. J.; Dufour, A. P.; Levin, M. A.; McCabe, L.J. y Haberman, P. W., 1979. Relationship of microbial indicators to health effects at marine bathing beaches. En: *American Journal of Public Health*, 69(7), pp. 690-696. DOI: <https://doi.org/10.2105/AJPH.69.7.690>
- Cabot, M. E.; Piccini, C.; Inchausti, P.; de la Escalera, G. M. y García-Alonso, J., 2024. Relationships between fecal indicator abundance in water and sand and the presence of pathogenic genes in sand of recreational beaches. En: *Environmental Monitoring and Assessment*, 196(11), 1067. DOI: 10.1007/s10661-024-13256-z
- Campos-Pinilla, C.; Cárdenas, M. y Guerrero, A., 2008. Comportamiento de los indicadores de contaminación fecal en diferentes tipos de agua de la sabana de Bogotá (Colombia). En: *Universitas Scientiarum*, 13(2), pp. 103-108.
- Colombia. Decreto 1594/1984, de 26 de junio de 1984. Diario Oficial [En línea], 26 de junio de 1984. [Consulta: 30 de mayo de 2025]. Disponible en: http://www.ideam.gov.co/documents/24024/36843/Dec_1594_1984.pdf/aacbcd5d-fed8-4273-9db7-221d291b657f

- Costa Rica. Decreto Ejecutivo 33903/2007, de 9 de marzo de 2007. *Diario Oficial La Gaceta* [En línea], 17 de setiembre de 2007. [Consulta: 15 febrero 2025]. Disponible en: <http://www.digeca.go.cr/>
- Dada, A.C. y Hamilton, D.P., 2016. Predictive Models for determination of E. coli concentrations at Inland Recreational Beaches. En: *Water, Air, & Soil Pollution*, 227, 347. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11270-016-3033-6>
- Dufour, A. P., 1984. *Health effects criteria for fresh recreational waters*. Cincinnati: US EPA. (EPA report EPA-600/1-84-004).
- Ecuador. Presidencia de la República, 2014. *Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes: recurso agua de Ecuador*. Quito: Registro Oficial.
- Ferley, J. P.; Zmirou, D.; Balducci, F.; Fera, P.; Larbaigt, G.; Jacq, E.; Moissonnier, B.; Blineau, A. y Boudot, J., 1989. Epidemiological significance of microbiological pollution criteria for river recreational waters. En: *International Journal of Epidemiology*, 18(1), pp. 198-205. DOI: <https://doi.org/10.1093/ije/18.1.198>
- Fleisher, J. M.; Kay, D.; Wyer, M. D. y Godfree, A. F., 1998. Estimates of the severity of illnesses associated with bathing in marine recreational waters contaminated with domestic sewage. En: *International Journal of Epidemiology*, 27(4), pp. 722-726. DOI: <https://doi.org/10.1093/ije/27.4.722>
- Francy, D. S., 2009. Use of predictive models and rapid methods to nowcast bacteria levels at coastal beaches. En: *Aquatic Ecosystem Health & Management*, 12 (2), 177e182. DOI: <https://doi.org/10.1080/14634980902905767>
- Gesta-Agua, 2008. *Normas reglamentarias para prevenir la contaminación ambiental mediante el control de las aguas. Propuesta de modificación del Decreto 253/79 y modificativos*. Montevideo: MVOTMA-DINAMA.
- Gesta-Agua, 2014. *Normas reglamentarias para prevenir la contaminación ambiental mediante el control de las aguas*. Montevideo: MVOTMA-DINAMA. (Documento Interno).
- Haile, R. W.; Witte, J. S.; Gold, M.; Cressey, R.; McGee, C.; Millikan, R. C.; Glasser, A.; Harawa, N.; Ervin, C.; Harmon, P.; Harper, J.; Dermand, J.; Alamillo, J.; Barrett, K.; Nides, M. y Wang, G. Y., 1999. The health effects of swimming in ocean water contaminated by storm drain runoff. En: *Epidemiology*, 10(4), pp. 355-363. DOI: <https://doi.org/10.1097/00001648-199907000-00004>
- Hanes, N. B. y Fragala, R., 1967. Effect of seawater concentration on survival of indicator bacteria. En: *Journal Water Pollution Control Federation*, 39(1), pp. 97-104.
- Hanes, N. B.; Sarles, W. B. y G. A. Rohlich, 1964. Dissolved oxygen and survival of Coliform Organisms and Enterococci. En: *American Water Works Association*, 56(4): pp. 441-446. <http://www.jstor.org/stable/41264206>
- Health Canada, 2012. *Guidelines for Canadian recreational water quality* [En línea]. Ottawa: Health Canada. 3a ed. [Consulta: 08 de enero 2025]. Disponible en: <https://healthycanadians.gc.ca/>
- Health Canada, 2023. *Guidelines for understanding and managing risks in recreational waters* [En línea]. Ottawa: Health Canada. [Consulta: 25 febrero 2025]. Disponible en: <https://www.canada.ca/>
- Hendricks, R. y Pool, E., 2012. The effectiveness of sewage treatment processes to remove faecal pathogens and antibiotic residues. En: *Journal of Environmental Science and Health. Part A*, 47(2), pp. 289-297. DOI: <https://doi.org/10.1080/10934529.2012.637432>

- Instituto Nacional de Normalización, 1987. Norma Chilena 1333-1978_Mod-1987. *Requisitos de calidad de agua para diferentes usos* [En línea]. Santiago de Chile: INN. [Consulta: 20 febrero 2025]. Disponible en: <https://ciperchile.cl/>
- Kay, D.; Fleisher, J. M.; Salmon, R. L.; Wyer, M. D.; Godfree, A. F.; Zelenauch-Jacquotte, Z. y Shore, R., 1994. Predicting likelihood of gastroenteritis from sea bathing; results from randomized exposure. En: *Lancet*, 344(8927), pp. 905-909.
- Kay, D.; Fleisher, J.; Wyer, M. D. y Salmon, R. L., 2001. *Re-analysis of the seabathing data from the UK randomised trials. A report to DETR*. Aberystwyth: University of Wales, Centre for Research into Environment and Health.
- Kay, D.; Bartram, J.; Prüss, A.; Ashbolt, N.; Wyer, M. D., Fleisher, J. M., et al., 2004. Derivation of numerical values for the World Health Organization guidelines for recreational waters. En: *Water research*, 38(5), pp. 1296-1304. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.watres.2003.11.032>
- Kruk, C.; Dobroyan, M.; González, L.; Segura, A. M.; Balado, I.; Trabal, N.; de León, F.; Martínez, G.; Rodríguez, A.; Piccini, C.; Chalar, G. y Verrastro, N., 2018. Calidad de agua y salud ecosistémica en playas recreativas de La Paloma, Rocha [En línea]. En: *Revista Trama*, 9, pp. 62-71. [Consulta: 17 febrero 2025]. Disponible en: <http://www.auas.org.uy/>
- Kruk, C.; Dobroyan, M.; Segura, A.M.; Balado, I.; Trabal, N.; Piccini, C.; Sampognaro, L.; de León, F.; Rodríguez, A. y Verrastro, N., 2019. *Calidad de agua y su percepción en playas: La Paloma, Rocha*. II Congreso de Agua Ambiente y Energía. Asociación de Universidades Grupo Montevideo (AUGM). Universidad de la República, Montevideo, Uruguay.
- Kruk, C.; Segura, A.; Piñeiro, G.; Baldassini, P.; Pérez-Becoña, L.; García-Rodríguez, F.; Perera, G. y Piccini, C., 2023. Rise of toxic cyanobacterial blooms is promoted by agricultural intensification in the basin of a large subtropical river of South America. En: *Global Change Biology*, 29(7), pp. 1774-1790. DOI: <https://doi.org/10.1111/gcb.16587>
- McBride, G. B.; Salmond, C. E.; Bandaranayake, D. R.; Turner, S. J.; Lewis, G.D. y Till, D. G., 1998. Health effects of marine bathing in New Zealand. En: *International Journal of Environmental Health Research*, 8(3), pp. 173-189. DOI: <https://doi.org/10.1080/09603129873462>
- México. Secretaría de Economía, 2016. *NMX-AA-120-SCFI-2016. Requisitos y Especificaciones de Sustentabilidad de Calidad de Playas (cancela a la NMX-AA-120-SCFI-2006)* [En línea]. Ciudad de México: Secretaría de Economía. [Consulta: 25 enero 2025]. Disponible en: <http://www.economia-nmx.gob.mx/>
- Miner, G., 2006. Standard methods for the examination of water and wastewater. En: *American Water Works Association Journal*, 98(1), p. 130.
- Oficina Nacional de Normalización, 1999. N.C. 22:99: *Lugares de baño en costas y en masa de aguas interiores. Requisitos higiénico-sanitarios*. La Habana: NC.
- OMS, 2003. *Guidelines for safe recreational water environments: coastal and fresh waters* (Vol. 1) [En línea]. Ginebra: OMS. [Consulta: 05 de diciembre 2024]. Disponible en: <https://apps.who.int/>
- OMS, 2018. *Recommendations on scientific, analytical and epidemiological developments relevant to the parameters for bathing water quality in the Bathing Water Directive (2006/7/EC)* [En línea]. Ginebra: OMS. [Consulta: 02 de enero 2025]. Disponible en: <https://circabc.europa.eu/>
- OMS, 2021. *Guidelines on recreational water quality. Volume 1: coastal and fresh waters* [En línea]. Ginebra: OMS. [Consulta: 20 febrero 2025]. Disponible en: <https://iris.who.int/>

- Perú. Decreto Supremo 004-2017, s.d. *El Peruano Diario Oficial* [En línea], 7 de junio de 2017. [Consulta: 24 febrero 2025]. Disponible en: <https://www.minam.gob.pe/>
- Pike, E. B.; Balarajan, R.; Jones, F.; Kay, D.; Stanvell-Smith, R. y Wyer, M., 1990. *Health effects of sea bathing (ET 9511) Phase I - pilot studies at Langland Bay 1989*. [s.l.]: Department of the Environment and the National Rivers Authority.
- Prüss, A., 1998. A review of epidemiological studies from exposure to recreational water. En: *International Journal of Epidemiology*, 27(1), pp. 1-9. DOI: <https://doi.org/10.1093/ije/27.1.1>
- Rangel-Buitrago, N.; Galgani, F. y Neal, W. J., 2024. Addressing the global challenge of coastal sewage pollution. En: *Marine Pollution Bulletin*, 201, 116232, ISSN 0025-326X. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2024.116232>
- República Dominicana. Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, 2012. *Norma Ambiental de Calidad de Aguas Superficiales y Costeras de la República Dominicana* [En línea]. Santo Domingo: Gaceta Oficial. [Consulta: 4 de septiembre de 2019]. Disponible en: https://ambiente.gob.do/wpfd_file/norma-ambiental-de-calidad-de-aguas-superficiales-y-zonas-costeras-1/
- Sanborn, M. y Takaro, T., 2013. Recreational water-related illness: Office management and prevention [En línea]. En: *Canadian Family Physician*, 59(5), pp. 491-495. [Consulta: 25 enero 2025]. Disponible en: <https://www.cfp.ca/>
- Sardiñas, O.; Chiroles, S.; Fernández, M.; Hernández, Y. y Pérez, A., 2006. Evaluación físico-química y microbiológica del agua de la presa El Cacao (Cotorro, Cuba). En: *Higiene y Sanidad Ambiental*, 6, pp. 202-206.
- Segura, A.; Sampognaro, L.; Lopez, G.; Crisci, C.; Bourel, M.; Vidal, V.; Eirin, K.; Piccini, C.; Kruk, C. y Perera, G., 2021. Monitoreo de calidad de agua y predicción de coliformes fecales en playas de Montevideo mediante algoritmos de aprendizaje automatizado. En: *Innotec*, 22. DOI: <https://doi.org/10.26461/22.07>
- Sinton, L. W.; Donnison, A. M. y Hastie, C. M., 1993. Faecal streptococci as faecal pollution indicators: A review. Part II: Sanitary significance, survival, and use. En: *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*, 27(1), pp. 117-137, DOI: <https://doi.org/10.1080/00288330.1993.9516550>
- Solic, M. y Krstulovic, N., 1992. Separate and combined effects of solar radiation, temperature, salinity, and pH on the survival of faecal coliforms in seawater. En: *Marine Pollution Bulletin*, 24(8), pp. 411-416. DOI: [https://doi.org/10.1016/0025-326X\(92\)90503-X](https://doi.org/10.1016/0025-326X(92)90503-X)
- Soumastre, M.; Piccini, J.; Rodríguez-Gallego, L.; González, L.; Rodríguez-Graña, L.; Calliari, D. y Piccini, C., 2022. Spatial and temporal dynamics and potential pathogenicity of fecal coliforms in coastal shallow groundwater wells. En: *Environmental Monitoring and Assessment*, (2). DOI: <https://doi.org/10.1007/s10661-021-09672-0>
- Unión Europea, 2006. Directiva 2006/7/EC. *Manejo de la calidad de la calidad del agua para baño que deroga la Directiva 76/160/EEC* [En Línea]. Bruselas: Unión Europea. [Consulta: 16 enero 2025]. Disponible en: <https://eur-lex.europa.eu/>
- Uruguay. Decreto 253/79, de 9 de mayo de 1979. *Diario Oficial* [En línea], 31 de mayo de 1979. [Consulta: 05 enero 2025]. Disponible en: <https://www.impo.com.uy/>
- Uruguay. Decreto 232/88, de 17 de marzo de 1988. *Diario Oficial* [En línea], 09 de junio de 1988. [Consulta: 05 enero 2025]. Disponible en: <https://www.impo.com.uy/>

- Uruguay. Decreto 579/89, de 06 de abril de 1989. *Diario Oficial* [En línea]. [Consulta: 05 enero 2025]. Disponible en: <https://www.impo.com.uy/>
- Uruguay. Decreto 195/91, de 04 de abril de 1991. *Diario Oficial* [En línea], 08 de julio de 1991. [Consulta: 05 enero 2025]. Disponible en: <https://www.impo.com.uy/>
- Uruguay. Norma 28/019, s.d. *Diario Oficial* [En línea], 16 de enero de 2020. [Consulta: 12 febrero 2025]. Disponible en: <https://www.impo.com.uy/bases/otras-normas-originales/28-2019>
- Uruguay. Ministerio de Vivienda Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente, 2009. *Manual de procedimientos analíticos para muestras ambientales* [En línea]. 2a ed. Montevideo: DINAMA. [Consulta: 15 agosto 2019]. Disponible en: <https://www.mvotma.gub.uy/>
- Uruguay. Decreto 205/017, de 31 de julio de 2017. *Diario Oficial* [En línea], 8 de agosto de 2017. [Consulta: 24 octubre 2019]. Disponible en: <https://www.impo.com.uy/>
- Uruguay. Resolución s/n, de 25 de febrero de 2005. *Diario Oficial* [En línea], 02 de marzo de 2005. [Consulta: 25 enero 2025]. Disponible en: <https://www.impo.com.uy/>
- Uruguay. Ministerio de Vivienda Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente, 2019. *Red de monitoreo costero. Monitoreo de playas Quinquenio 2013 - 2018. Temporada 2018 - 2019. Anexo 2 protocolo nacional de actuación frente a eventos especiales en playas* [En línea]. Montevideo: MVOTMA. [Consulta: 15 diciembre 2024]. Disponible en: <https://www.dinama.gub.uy/>
- Uruguay. Ministerio de Ambiente, 2021. *Guía para definir la aptitud y categorización de las playas* [En línea]. Montevideo: MA. [Consulta: 26 febrero 2025]. Disponible en: <http://ambiente.gub.uy/>
- Uruguay. Ministerio de Ambiente, 2022. *Protocolo Nacional de actuación frente a eventos ambientales en playas* [En línea]. Montevideo: MA. [Consulta: 26 febrero 2025]. Disponible en: <https://www.ambiente.gub.uy/>
- Uruguay. Ministerio de Ambiente, 2024a. *Red de monitoreo de playas: calidad del agua para la temporada 2023-2024* [En línea]. Montevideo: MA. [Consulta: 22 febrero 2025]. Disponible en: <https://www.ambiente.gub.uy>
- Uruguay. Ministerio de Ambiente, 2024b. *Plan de monitoreo del Río Cuareim, informe de actividades y presentación de resultados año 2023* [En línea]. Montevideo: MA. [Consulta: 26 febrero 2025]. Disponible en: <https://www.ambiente.gub.uy/>
- United States Environmental Protection Agency, 2012. *Recreational water quality criteria* [En línea]. Washington: USEPA. [Consulta: 10 de diciembre 2024]. Disponible en: <https://www.epa.gov/>
- United States Environmental Protection Agency, 2023. *Report on the 2nd five-year review of EPA's recreational water quality criteria* [En línea]. Washington: USEPA. [Consulta: 25 de febrero 2025]. Disponible en: <https://www.epa.gov/>
- Venezuela. Decreto 883, de 11 de octubre de 1995. *Gaceta Oficial Extraordinaria* [En línea], 18 de diciembre de 1995. [Consulta: 03 febrero 2025]. Disponible en: <https://www.lurconsultores.com/>
- Vidal, V.; Sampognaro, L.; de León, F.; Cruk, C.; Perera, G.; Crisci, C. y Segura, A. M., 2024. A critical review of model construction and performance for nowcast systems for faecal contamination in recreational beaches Author links open overlay panel. En: *Science*

- of *The Total Environment*, 954, 176233, ISSN 0048-9697. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.176233>
- Wade, T. J.; Calderon, R. L.; Brenner, K. P.; Sams, E.; Beach, M.; Haugland, R.; Wymer, L. y Dufour, A. P., 2008. High sensitivity of children to swimming- Associated gastrointestinal illness – Results using a rapid assay of recreational water quality. En: *Epidemiology*, 19(3), pp.375-383. DOI: <https://doi.org/10.1097/ede.0b013e318169cc87>
- Wade, T. J.; Sams, E.; Brenner, K. P.; Haugland, R.; Chern, E.; Beach, M.; Wymer, L.; Rankin, C.; Love, D.; Li, Q.; Noble, R. y Dufour, A. P., 2010. Rapidly measured indicators of recreational water quality and swimming-associated illness at marine beaches: a prospective cohort study. En: *Environ Health*, 9(66). DOI: <https://doi.org/10.1186/1476-069X-9-66>
- Wiedenmann, A.; Kruger, P.; Dietz, K.; Lopez-Pila, J.; Szewzyk, R. y Botzenhart, K., 2006. A randomized controlled trial assessing infectious disease risks from bathing in fresh recreational waters in relation to the concentration of *Escherichia coli*, intestinal enterococci, *Clostridium perfringens*, and somatic coliphages. En: *Environmental Health Perspectives*, 114(2), pp. 228–236. DOI: <https://doi.org/10.1289/ehp.8115>