



ISSN: 1988-5261  
<https://doi.org/10.51896/TURYDES>

# TURYDES. TURISMO Y DESARROLLO LOCAL

D I C E latindex

IDEAS Dialnet

INDICES CSIC

MIAR



EconPapers

ERIH2015

Sucupira

## CALIDAD DE LAS AGUAS EN RÍOS QUE DESEMBOCAN EN PLAYAS TURÍSTICAS. ESTUDIO DE CASO EN REPÚBLICA DOMINICANA

**José del Carmen Castillo Jáquez**

Departamento de Ciencias Naturales, Universidad Tecnológica de Santiago  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3438-4511>  
J\_castillo@utesa.edu

**Vladimir Antonio Núñez Rodríguez**

Departamento de Sostenibilidad y Desarrollo, Universidad Tecnológica de Santiago  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0828-7117>  
sostenibilidad@utesa.edu

**Francisco Orgaz-Agüera**

Vicerrectoría de Investigación, Universidad Tecnológica de Santiago  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4240-8640>  
franorgaz@utesa.edu

### RESUMEN

El turismo de sol y playa en modalidad Todo Incluido es una de las principales actividades socioeconómicas de la República Dominicana. La contaminación del agua es un factor determinante para la salud de las comunidades locales y de los turistas que visitan las playas del país. En este sentido, el objetivo de esta investigación es doble: por un lado, identificar las características de la calidad de las aguas de los ríos que desembocan en las playas de Puerto Plata y, por otro lado, analizar como afecta la calidad de las aguas de los ríos que desembocan en las áreas costeras de Puerto Plata al desarrollo de la actividad turística. Puerto Plata es el segundo destino de sol y playa de la República Dominicana. Se ha utilizado la metodología de aplicación del Índice de Calidad de Agua (ICA) para analizar la calidad de las aguas de los dos ríos que desembocan en las playas turísticas de Puerto Plata: río Muñoz y río San Marcos. Los datos se recolectan utilizando equipos especializados, se analizan en el programa SPSS y Excel. Los resultados indican que el ICA de las aguas de los ríos que desembocan en las playas turísticas de Puerto Plata es mala. Estos resultados pueden afectar, a corto plazo, al desarrollo del turismo y al comportamiento de la demanda que recibe este destino turístico.

**Palabras clave:** índice de calidad de agua, río, playa, turismo, República Dominicana.

## QUALITY OF THE WATERS IN RIVERS THAT FLOWER INTO TOURIST BEACHES. CASE STUDY IN THE DOMINICAN REPUBLIC

### ABSTRACT

All-Inclusive sun and beach tourism is one of the main socioeconomic activities in the Dominican Republic. Water pollution is a determining factor for the health of local communities and tourists who visit the country's beaches. In this sense, the objective of this research is twofold: on the one hand, to identify the characteristics of the water quality of the rivers that flow into the beaches of Puerto Plata

and, on the other hand, to analyze how it affects the quality of the waters. of the rivers that flow into the coastal areas of Puerto Plata to the development of tourist activity. Puerto Plata is the second sun and beach destination in the Dominican Republic. The methodology of applying the Water Quality Index (WQI) has been used to analyze the quality of the waters of the two rivers that flow into the tourist beaches of Puerto Plata: the Muñoz River and the San Marcos River. The data is collected using specialized equipment, analyzed in the SPSS program and Excel. The results indicate that the WQI of the waters of the rivers that flow into the tourist beaches of Puerto Plata is bad. These results may affect, in the short term, the development of tourism and the behavior of the demand received by this tourist destination.

**Keywords:** water quality index, river, beach, tourism, Dominican Republic.

## INTRODUCCIÓN

Los ríos son esenciales para proporcionar una condición previa para la salud pública y la vida acuática. En los últimos años, las actividades urbanas, industriales y agrícolas, acompañadas de procesos naturales (como las precipitaciones, erosión y efectos estacionales) han causado que los ecosistemas acuáticos sufran altos niveles de cargas contaminantes (Kazi et al., 2009). Como resultado, la calidad de los recursos hídricos se ha deteriorado, la biodiversidad y la funcionalidad asociadas con los arroyos han disminuido y la salud del ecosistema fluvial se ha visto amenazada (Tian et al., 2019).

Muchos ríos desembocan en ecosistemas costeros-marinos. Estas áreas son hábitats y recursos críticos que abarcan la transición de los flujos de agua dulce derivados de los paisajes terrestres, fluviales y de humedales de las tierras altas al entorno marino (Shih et al., 2021). Las regiones costeras son recursos invaluableles que brindan una gran cantidad de servicios ecosistémicos (Grizzetti et al., 2019), incluido el secuestro de carbono; la protección contra eventos meteorológicos como huracanes y marejadas ciclónicas; el hábitat y criaderos de aves, vida silvestre y de comunidades acuáticas; el uso recreacional; y la pesca comercial y recreativa (Tien et al., 2021). La calidad de las aguas de los ríos que desembocan en las zonas costeras suele verse muy afectadas por las actividades antropogénicas, cuyo alcance se ha vuelto más grave en los últimos años debido al aumento de la densidad de población y el desarrollo (Shih et al., 2021).

Las zonas costeras-marinas, además de los servicios ecosistémicos, también ofrecen servicios para el desarrollo del turismo y la recreación (Arabadzhyan et al., 2021; Tien et al., 2021). El turismo es un sector que puede generar importantes impactos positivos para los destinos (Streimikiene et al., 2021; Zhuang et al., 2021). En el caso de República Dominicana, el turismo de sol y playa se ha constituido como una de las principales actividades económicas. Destacan las regiones de Punta Cana, Boca Chica-Juan Dolio y Puerto Plata, donde se ubican, además, los principales aeropuertos internacionales del país, que reciben más del 80% de los visitantes que llegan a República Dominicana. Aunque la pandemia del coronavirus ha reducido la llegada de turistas, en 2019, República Dominicana registró 6.446.036 turistas internacionales, consolidándose como uno de los

principales destinos del Caribe (Banco Central, 2020).

El presente estudio de investigación se centra en la zona costera de Puerto Plata, el segundo destino turístico de Resort Todo Incluido de la República Dominicana, tras la región del Este (Punta Cana-Bávaro-La Romana). La modalidad de Resort Todo Incluido ha sido muy estudiada (Dryglas y Salamaga, 2018; Moreno-Gené et al., 2018; Havlíková et al., 2019; Rico et al., 2020), incluida en la República Dominicana (Kermath y Thomas, 1992; Meyer-Arendt y Sambrook, 1992) y, específicamente, también en Puerto Plata (López-Guzmán et al., 2016). Esta oferta turística tiene mucho impacto en el desarrollo socioeconómico de la región.

El objetivo de esta investigación es doble: por un lado, identificar las características de la calidad de las aguas de los ríos que desembocan en las playas de Puerto Plata y, por otro lado, analizar como afecta la calidad de las aguas de los ríos que desembocan en las áreas costeras de Puerto Plata al desarrollo de la actividad turística. Con la finalidad de presentar las aportaciones de esta investigación, este artículo se estructura, tras esta introducción, en un segundo apartado donde se presenta un marco teórico sobre la calidad de las aguas y su incidencia en el turismo de sol y playa. Posteriormente, se presenta la metodología, los resultados y discusión, las conclusiones y, finalmente, se referencia la bibliografía citada en el artículo.

## **MARCO TEÓRICO**

Este apartado se ha dividido en dos partes. En primer lugar, se presenta una revisión de las diferentes herramientas de análisis de agua, centrándonos en la utilizada en el trabajo de campo de esta investigación; posteriormente, se desarrolla un apartado sobre la contaminación del agua y su impacto en el turismo.

### **Análisis de la calidad de agua**

La identificación de los fenómenos que afectan la calidad del agua en la cuenca y la comprensión de los factores predominantes que determinan la calidad del agua no solo es importante por el bien del medio ambiente natural, sino que también es una tarea compleja (Bojarczuk et al., 2018). La aplicación de una variedad de herramientas podría mejorar la comprensión de los mecanismos que afectan la calidad del agua en los ecosistemas que son sensibles a varios factores, incluidas las perturbaciones tanto naturales como provocadas por el hombre y sus actividades antropogénicas (Bojarczuk et al., 2018).

La calidad del agua en general es la combinación del número de microorganismos, concentraciones de compuestos químicos y propiedades físicas; por lo tanto, los estudios interdisciplinarios proporcionan los mejores efectos en este sentido. La combinación de pruebas hidroquímicas con análisis microbiológicos del agua puede ser una herramienta útil que permita el análisis multivariado de los resultados obtenidos, y ha demostrado ser útil en una serie de estudios sobre ecosistemas acuáticos, incluidas las aguas de manantiales (Bojarczuk et al., 2018), y las aguas subterráneas (Singh et al., 2019; Sharma et al., 2021).

Harclerod et al. (2013) combinó con éxito un enfoque geográfico con análisis microbiológicos y químicos del agua para rastrear las fuentes puntuales y no puntuales de contaminación con *E. coli* en Texas. Bhandari et al. (2017), por otro lado, realizaron un análisis considerando una serie de factores que afectan la calidad del agua, incluyendo la cantidad de metales pesados, la concentración de *E. coli* y el uso del suelo en una cuenca de Brays Bayou (Texas) para rastrear los cambios en el uso de la tierra y contaminación del agua de un río económicamente importante. También en Polonia, una combinación de métodos, es decir, físicos, microbiológicos, hidrológicos y meteorológicos, permitió obtener un gran conjunto de datos que se sometieron a análisis estadístico multivariante. Esto permitió rastrear los factores que afectan los cambios espaciotemporales en una serie de indicadores de calidad del agua, evaluar el gradiente de contaminación a lo largo de un río y determinar el efecto acumulativo de la contaminación urbana (Glińska-Lewczuk et al. 2016).

En este sentido, la literatura ha demostrado que existe una gran necesidad de evaluar la calidad del agua de los ríos (Tian et al., 2019). La evaluación de la calidad del agua se basa comúnmente en una comparación de parámetros físicos, químicos y biológicos (Bhandari et al., 2017). Muchos estudios han establecido varios métodos para evaluar la calidad del agua. Algunos ejemplos son los siguientes:

- a) Indicadores de agua univariados, que utilizan el parámetro de calidad del agua más deteriorado y descuidan otros parámetros de calidad del agua (Eum et al., 2020).
- b) El estado trófico, como las concentraciones de nitrógeno y fósforo, que son los parámetros de calidad del agua de mayor preocupación (Wu et al., 2018; Dar et al., 2021).
- c) Una evaluación integral, como el Índice de Calidad del Agua (ICA o WQI, por sus siglas en inglés), que es un instrumento matemático utilizado para integrar numerosos parámetros físicos, químicos y biológicos en un solo número y puede representar una imagen integral del nivel de calidad del agua (Nong et al., 2020; Taloor et al., 2020).

El método ICA, en comparación con los dos métodos indicados en los anteriores apartados a y b, brinda información sustancial sobre los parámetros de calidad del agua, pero además puede eliminar las variaciones entre los diferentes parámetros de calidad del agua que se usan de forma individual o unilateral (Noori et al., 2021). Para proporcionar una descripción precisa del estado de la calidad del agua, el método ICA abarca una amplia gama de parámetros, lo que requiere más tiempo y costo para medir (Nong et al., 2020). Sin embargo, como método de evaluación integral eficaz, el ICA se ha utilizado como un criterio para la evaluación de aguas superficiales basado en los parámetros estándar para la caracterización de la calidad del agua (Taloor et al., 2020).

Según el método ICA, los rangos de calidad del agua se han definido en cinco grados: excelente, buena, moderada, mala y mala (Nong et al., 2020). En los últimos años, el método ICA, se considera una de las formas más eficaces de comunicar información sobre las tendencias de la calidad del agua al público en general y a los responsables de la formulación de políticas en

particular, y se ha utilizado ampliamente en los ecosistemas acuáticos (Tripathi y Singal, 2019; Ewaid et al., 2020). Con base en el ICA, los contaminantes del agua (inorgánicos y orgánicos) podrían destacarse para un tratamiento integral de la calidad del agua (Sener et al., 2017). Por ejemplo, Wu et al. (2018) evaluaron la calidad del agua en la cuenca del lago Taihu como "moderada" utilizando el método ICA. Estos investigadores seleccionaron cinco parámetros cruciales (nitrógeno de amoníaco, índice de permanganato, nitrógeno de nitrato, oxígeno disuelto y turbidez) que afectan la calidad del agua y especularon que las influencias antropogénicas y uso de la tierra fueron probablemente los responsables de las variaciones en la calidad del agua de esta cuenca.

Por su parte, Krishan et al. (2016) clasificaron la calidad del agua en los distritos de Muzaffarnagar y Shamli (India) como "buena" para uso doméstico, desarrollando el método del ICA, y determinaron que las áreas industriales y agrícolas podrían influir en la calidad del agua. Estos estudios anteriores evaluaron la calidad del agua utilizando el método ICA y supusieron el impacto de las influencias antropogénicas en la calidad del agua, pero pocos estudios han analizado la relación existente entre la calidad del agua y las actividades antropogénicas (Tian et al., 2019), entre ellas el turismo.

### **Contaminación del agua e impacto en el turismo**

Desde la década de 1960, una amplia gama de países en desarrollo se ha centrado en la actividad turística para generar puestos de trabajo adicionales e ingresos, aumentar los ingresos de divisas y diversificar la economía (Baoying y Yuanqing, 2007). El desarrollo del turismo puede generar problemas ambientales, pero también, la calidad de los servicios puede repercutir en la imagen del destino. Así, la contaminación del agua es uno de los principales obstáculos para sostener el desarrollo turístico (Baoying y Yuanqing, 2007).

El crecimiento del turismo en las zonas costeras se ha convertido en la industria de más rápido crecimiento y alcanzó su punto máximo en las últimas décadas (Islam y Shamsuddoha, 2018), convirtiéndose también en una de las industrias más grandes del mundo (De Andrés et al., 2018). Sin embargo, el turismo puede ser uno de los principales contribuyentes a la rápida urbanización y contribuir a los impactos ambientales. Por tanto, las áreas costeras son aptas para los desarrollos turísticos, pero al mismo tiempo estas áreas se consideran lugares amenazados (Nitivattananon y Srinonil, 2019). Los impactos ambientales negativos en los sistemas costeros pueden incluir: aumento de la erosión costera; inundaciones costeras más extensas; mayor marejada ciclónica; mayor pérdida de propiedad y hábitats costeros; mayor riesgo de inundación y posible pérdida de vidas; pérdida de recursos renovables y de subsistencia y recreación turística; y daños a otra infraestructura (De Andrés et al., 2018; Nitivattananon y Srinonil, 2019). Además, muchos de los ríos que desembocan en el océano están contaminados (Dsikowitzky et al., 2018; Kapp y Yeatman, 2018; Choi et al., 2021), lo que genera un mayor impacto ambiental para el destino turístico de sol y playa.

La contaminación de las zonas costeras es omnipresente y no solo representa un peligro para una amplia gama de vida silvestre marina (Kazour et al., 2019), sino que también afecta a las

poblaciones humanas al causar impactos en la salud (Landrigan et al., 2020). El daño económico se produce en forma de costosas operaciones de limpieza, pérdida de ingresos del turismo debido al poco atractivo de una costa contaminada (Mikhailenko et al., 2020) y daños a la infraestructura portuaria, barcos e instalaciones costeras (Bove et al., 2020).

En este sentido, Kozak (2002) encuentra que la elección de un destino turístico con alojamientos de Resort Todo Incluido, por parte de un turista, depende de diferentes atributos, entre ellos las características del lugar y, concretamente, la limpieza y seguridad de las playas del destino. Así, las playas de los Resort Todo Incluido de Puerto Plata han recibido una valoración media aceptable por parte de los turistas (López-Guzmán et al., 2016), siendo esto uno de los factores principales para ellos a la hora de elegir un destino turístico de Resort Todo Incluido (Kozak, 2002). Además, la valoración media de los turistas sobre el paisaje, la limpieza de playas, los recursos naturales y la conservación del entorno, también, ha sido buena (López-Guzmán et al., 2016). Sin embargo, y aunque la valoración sobre las playas ha sido óptima, las aguas costeras pueden contener características fisicoquímicas y bacteriológicas dañinas para los bañistas, las cuales no se pueden apreciar a simple vista. Por lo tanto, es fundamental poder identificar los factores que influyen en la calidad del agua en los ríos y como afectan a la actividad turística que se desarrolla en las playas donde desembocan los mismos.

## **METODOLOGÍA**

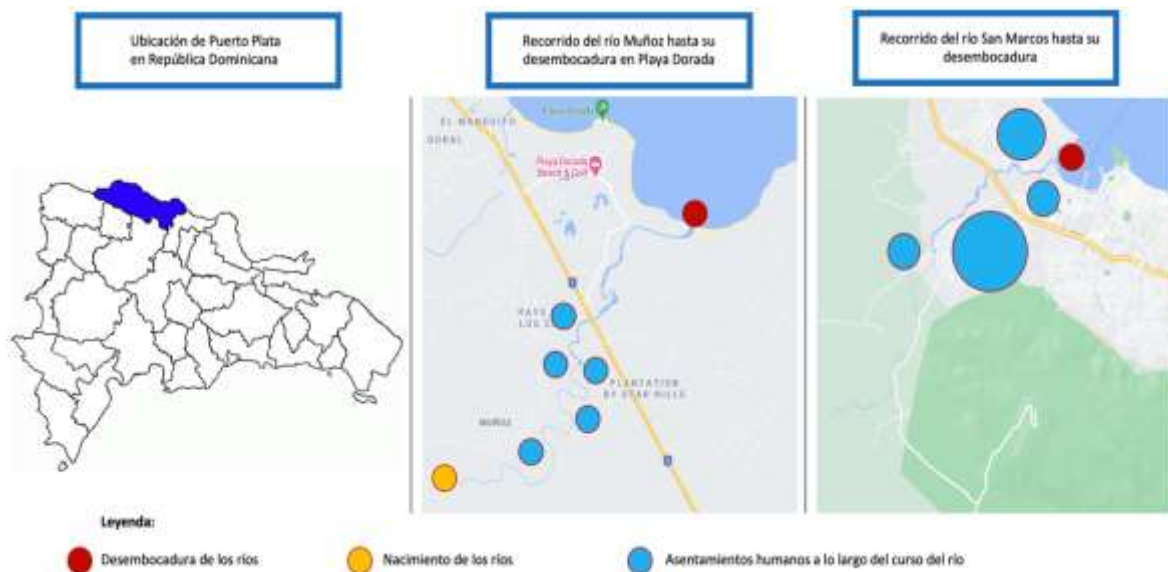
La metodología se ha dividido en cuatro partes. Primeramente, se presenta el área de estudio de la investigación. Posteriormente, se describe el muestreo de agua realizado; a seguidas, se presentan los parámetros utilizados para realizar el índice de calidad de aguas en las dos zonas de muestreo; después, se presenta la ecuación utilizada para calcular el ICA y, por último, se describen las herramientas utilizadas para analizar los datos.

### **Área de estudio**

El área de estudio de esta investigación se localiza en las desembocaduras de los ríos de la costa de Puerto Plata. Específicamente, en los ríos Muñoz (Playa Dorada) y San Marcos (entre Playa Oeste y Playa Costambar). En la figura 1 se muestra la ubicación de Puerto Plata en la República Dominicana y el impacto de los asentamientos humanos a lo largo del recorrido de los ríos hasta su desembocadura.

Figura 1.

Ubicación de Puerto Plata e impacto de los asentamientos humanos a lo largo de los ríos



Fuente: elaboración propia, a partir de Google Maps.

## Muestreo de agua

Las muestras de agua se recolectaron de la desembocadura de los ríos San Marcos y Muñoz, unos metros antes de hacer contacto con el mar, y obteniéndose una muestra de agua a una profundidad de 1 metro. La toma de muestras se realizó durante el año 2019, en tres periodos diferentes del año: 8 de marzo (estación más seca), 12 de junio (estación de lluvias) y 18 de septiembre (estación ciclónica). En cada uno de los tres muestreos realizados se obtuvo una muestra de agua en el mismo horario: 1:00 p.m. para el río Muñoz y 1:30 p.m. para el río San Marcos.

El tiempo de muestreo se planeó con anticipación sin capturar eventos de lluvia significativos (<5 mm durante 48 horas). Las muestras de agua en cada sitio tenían tres repeticiones, recolectadas en botellas de polietileno prelavadas.

Para la recolección y el procesamiento de las muestras en laboratorio se contrataron los servicios de la empresa Environmental Quality Laboratories SRL (EQLAB), con Sede en Puerto Rico y con un recinto en República Dominicana. Esta empresa cuenta con más de 20 años de experiencia en el análisis de calidad de agua en la República Dominicana y cuenta con la acreditación ambiental del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales de la República Dominicana, de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (USEPA, por sus siglas en inglés), de la Administración de Medicamentos y Alimentos de Estados Unidos (USFDA, por sus siglas en inglés), de la Organización Internacional para Estandarización de la Información, y del Programa Nacional de Acreditación de Laboratorios Ambientales de los Estados Unidos (NELAC, por sus siglas en inglés).

## Parámetros medidos para realizar el ICA

Como se indicó en el marco teórico, el ICA es una herramienta ampliamente utilizada y validada para el análisis de la calidad de aguas de los ríos (Sener et al., 2017; Wu et al., 2018; Tian et al., 2019; Nong et al., 2020; Taloor et al., 2020; Noori et al., 2021). Los parámetros utilizados para desarrollar el Índice de Calidad de Agua (ICA) son los siguientes:

- El pH. Se midió in situ con medidores portátiles: un Hach Multiparámetro HQ40D.
- Nitratos (mg/l). Se midió utilizando el Espectrofotómetro Hach, Modelo DR6000.
- Coliformes fecales (NMP/100ml). Se midió con la técnica de tubos múltiples e incubación.
- Demanda bioquímica de oxígeno (mg/l). Se midió mediante dilución por incubación.
- Fosfatos totales (mg/l). Se analizó utilizando el Espectrofotómetro DR 2800Hach.
- Turbidez (NTU). Se analizó utilizando el Turbidímetro, marca Hach, modelo TL23000.
- Temperatura del agua (°C). Se midió in situ con medidores portátiles: un Hach Multiparámetro HQ40D.
- Sólidos totales disueltos (mg/l). Se utilizó un Conductímetro, marca Sper Scientific, modelo 850038.
- Oxígeno disuelto (mg/l). Se midió in situ con medidores portátiles: un Hach Multiparámetro HQ40D.

### Cálculo de los ICA

Se utilizó la versión desarrollada por la Fundación de Sanidad de los Estados Unidos para obtener el ICA (Brown et al., 1970; Noori et al., 2021; Uddin et al., 2021). El ICA de cada río se calculó en base a las 9 variables de calidad del agua mencionadas anteriormente. En la figura 2 se presenta la ecuación del ICA empleada.

Figura 2.

Ecuación ICA empleada

$$ICA = \frac{\sum_{i=1}^n C_i P_i}{\sum_{i=1}^n P_i}$$

Fuente: (Brown *et al.*, 1970).

En la ecuación,  $n$  es el número total de los parámetros seleccionados incluidos en el estudio;  $C_i$  es el valor normalizado del parámetro  $i$  y  $P_i$  es el peso del parámetro  $i$ . El valor mínimo de  $P_i$  fue 1, siendo estos valores utilizados en publicaciones previas (Tian et al., 2019).



## Herramientas de análisis de los datos

El análisis de datos se realizó con SPSS 24 y Microsoft Excel 2021. A través de Microsoft Excel se tabularon los datos, que fueron analizados posteriormente con el programa SPSS. Mediante este programa, a través de la prueba de Kolmogorov-Smirnov (Tian et al., 2019), se confirmó que las variables de calidad del agua se distribuyeron normalmente.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los valores de cada uno de los parámetros utilizados para calcular el ICA del río San Marcos se presentan en la tabla 1. Se muestran los valores para cada uno de los tres muestreos.

Tabla 1.

Parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos para evaluación del ICA de las aguas de los sitios de las desembocaduras de los ríos San Marcos.

Parámetro	Unidad de medidas	Río San Marcos		
		Marzo 2019	Junio 2019	Septiembre 2019
pH	--	9.89	8.11	9.45
Nitratos	mg/l	5.8	7.7	1.2
Coliformes fecales	NMP/100 ml	< 1.8	< 1.8	< 1.8
Demanda bioquímica de oxígeno	mg/l	309	318	317
Fosfatos totales	mg/l	0.92	1.41	0.64
Turbidez	NTU	8.99	11.1	3.26
Temperatura del agua	°C	29.1	30.3	30.6
Sólidos totales disueltos	mg/l	30900	29500	37500
Oxígeno disuelto	mg/l	20.02	2.11	2.6

Fuente: elaboración propia.

En la tabla 2 se muestran los valores de cada uno de los parámetros utilizados para calcular el ICA del río Muñoz. Se muestran los datos de los tres muestreos realizados.

Tabla 2.

Parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos para evaluación del ICA de las aguas de los sitios de las desembocaduras del río Muñoz

Parámetro	Unidad de medidas	Río Muñoz		
		Marzo 2019	Junio 2019	Septiembre 2019
pH	--	9.57	8.94	9.53
Nitratos	mg/l	3.4	4.6	0.9
Coliformes fecales	NMP/100 ml	< 1.8	< 1.8	< 1.8
Demanda bioquímica de oxígeno	mg/l	354	372	297
Fosfatos totales	mg/l	0.1	0.1	0.05
Turbidez	NTU	4.2	5.36	7.58
Temperatura del agua	°C	29.4	32.2	29.4
Sólidos totales disueltos	mg/l	40200	33600	38800
Oxígeno disuelto	mg/l	7.89	5.11	7.55

Fuente: elaboración propia.

Una vez obtenida la información primaria se procedió con la determinación de cada peso relativo asignado a cada parámetro y ponderados entre 0 y 1 (P<sub>i</sub>) y los subíndices de cada parámetro (i) de acuerdo con la metodología descrita.

Por recomendaciones de la propia metodología, utilizar el método de cálculo por una función ponderada multiplicativa es más sensible a los cambios de los parámetros que utilizar una suma lineal ponderada de los subíndices (Noori et al., 2021). No obstante, en la tabla 3 (río San Marcos) y tabla 4 (río Muñoz) se muestran ambos resultados.

Tabla 3.

Hoja de cálculo del ICA por ambos métodos recomendados, aplicado al río San Marcos

Parámetro fisicoquímico y bacteriológico	Valores reportados / subíndices (i)			Peso relativo (P)	Resultados parciales (función ponderada multiplicativa)			Resultados parciales (suma lineal ponderada)		
	03. 2019	06. 2019	09. 2019		03. 2019	06. 2019	09. 2019	03. 2019	06. 2019	09. 2019
Enterococos fecales, NMP/100 ml	< 1.8 / 95	< 1.8 / 95	< 1.8 / 95	0.15	14.25	14.25	14.25	1.98	1.98	1.98
pH	9.89	8.11	9.45	0.12	2.76	9.60	3.60	1.46	1.69	1.50

	/ 23	/ 80	/ 30							
Demanda bioquímica de oxígeno, mg/l	309 / 2	318 / 2	317 / 2	0.1	0.20	0.20	0.20	1.07	1.07	1.07
Nitrato, mg/l	5.8 / 70	7.7 / 65	1.2 / 90	0.1	7.00	6.50	9.00	1.53	1.52	1.57
Ortofosfato, mg/l	0.92 / 40	1.41 / 35	0.64 / 70	0.1	4.00	3.50	7.00	1.45	1.43	1.53
Diferencia temperatura, °C	2.0 / 70	2.0 / 70	2.0 / 70	0.1	7.00	7.00	7.00	1.53	1.53	1.53
Turbidez, NTU	8.99 / 80	11.1 / 78	3.26 / 90	0.08	6.40	6.24	7.20	1.42	1.42	1.43
Sólidos totales disueltos, mg/l	3090 0 / 3	29500 / 3	37500 / 3	0.08	0.24	0.24	0.24	1.09	1.09	1.09
Saturación de oxígeno, %	120 / 90	45 / 35	45 / 35	0.17	15.30	5.95	5.95	2.15	1.83	1.83
ICA por muestreo					57	53	54	35	34	34
Promedio ICA					55			34		

Fuente: elaboración propia.

Tabla 4.

Hoja de cálculo del ICA por ambos métodos recomendados, aplicado al río Muñoz

Parámetro fisicoquímico y bacteriológico	Valores reportados / subíndices (i)			Peso relativo (P)	Resultados parciales (función ponderada multiplicativa)			Resultados parciales (suma lineal ponderada)		
	03. 2019	06. 2019	09. 2019		03. 2019	06. 2019	09. 2019	03. 2019	06. 2019	09. 2019
Enterococos fecales, NMP/100 ml	< 1.8 / 95	< 1.8 / 95	< 1.8 / 95	0.15	14.25	14.25	14.25	1.98	1.98	1.98
pH	9.57 / 30	8.94 / 50	9.53 / 30	0.12	3.60	6.00	3.60	1.50	1.60	1.50
Demanda bioquímica de	354	372	297	0.1	0.20	0.20	0.20	1.07	1.07	1.07

oxígeno, mg/l	/ 2	/ 2	/ 2							
Nitrato, mg/l	3.4 / 80	4.6 / 70	0.9 / 95	0.1	8.00	7.00	9.50	1.55	1.53	1.58
Ortofosfato, mg/l	0.10 / 92	0.10 / 92	0.05 / 92	0.1	9.20	9.20	9.20	1.57	1.57	1.57
Diferencia temperatura, °C	2.0 / 70	2.0 / 70	2.0 / 70	0.1	7.00	7.00	7.00	1.53	1.53	1.53
Turbidez, NTU	4.2 / 90	5.4 / 85	7.6 / 80	0.08	7.20	6.80	6.40	1.43	1.43	1.42
Sólidos totales disueltos, mg/l	40200 / 3	33600 / 3	38800 / 3	0.08	0.24	0.24	0.24	1.09	1.09	1.09
Saturación de oxígeno, %	82 / 90	62 / 60	82 / 90	0.17	15.30	10.20	15.30	2.15	2.01	2.15
ICA por muestreo					65	61	66	40	39	40
Promedio ICA					64			40		

Fuente: elaboración propia.

De acuerdo con los resultados anteriores, las aguas superficiales muestreadas en las desembocaduras costeras del río San Marcos y del río Muñoz clasifican, según el ICA, como de calidad “mala”, con valores de 34 y 40 respectivamente. Es de señalar que estos resultados tienen una alta correlación con las observaciones realizadas durante los levantamientos de campo, donde es apreciable la alta carga contaminante que reciben estas aguas superficiales por la intensa actividad antrópica en su cuenca hidrológica de aporte, con residuos líquidos sin tratamiento y desechos sólidos domésticos e industriales.

Estos resultados no son buenos para las playas de Puerto Plata, debido a que la existencia de la contaminación del agua en las playas influye en los comportamientos de la demanda turística. El estudio de Mate-Sanchez-Val y Aparicio-Serrano (2022), realizado en playas de la costa mediterránea, indicó que una vez que una playa supera un valor umbral en términos de contaminación, los turistas que habían visitado previamente dicho destino se trasladan a zonas menos conocidas y contaminadas a lo largo de la costa. Además, encontramos efectos de desbordamiento espacial significativos entre los municipios en este proceso.

En el estudio desarrollado por Chen y Teng (2016), los resultados mostraron que la limpieza de las playas, la seguridad, el suministro de información, la gestión de sedimentos y hábitats y el

hacinamiento fueron considerados importantes por los turistas. Por tanto, en el caso de Puerto Plata, se debe actuar para mejorar la calidad del agua de los ríos que desembocan en la costa. En definitiva, los resultados de esta investigación muestran que la calidad del agua que descarga en la costa es de mala calidad, y no es sostenible. Así, la actividad turística, las infraestructuras de servicios relativas, como tiendas, restaurantes y hoteles, pueden verse afectadas a corto plazo (Baoying y Yuanqing, 2007).

## **CONCLUSIONES**

Los sistemas costeros-marinos atraen a cientos de millones de turistas cada año, y en regiones como el Caribe, el turismo es un pilar de la economía. Dado que una parte considerable del desarrollo turístico se centra en el turismo Todo Incluido, el sector depende de la integridad de los recursos costeros, como playas y aguas no contaminadas. Estos recursos están cada vez más amenazados y las presiones antropogénicas cada vez tienen mayor impacto en la salud de las playas. Por tanto, la gestión de los ecosistemas costeros para el turismo es primordial.

Sin embargo, a pesar de que en teoría se dispone de una amplia gama de herramientas de gestión, existe evidencia de que la gobernanza costera está limitada. En este sentido, la presente investigación quiere fomentar los estudios de análisis de la calidad de agua en la República Dominicana, como herramienta para evaluar las playas turísticas del país.

A partir del Índice de Calidad de las Aguas (ICA), se concluye que no hubo prácticamente variación en la calidad de las aguas de los ríos que desembocan en las playas de Puerto Plata entre los muestreos realizados en diferentes tiempos, lo cual es un indicador de la persistencia de la carga contaminante como aporte a las aguas costeras, fluyendo por los ríos muestreados (ríos San Marcos y Muñoz). En caso de las aguas superficiales muestreadas en el río San Marcos y el río Muñoz, ambas clasifican según el ICA como de calidad mala, con valores de 34 y 40 respectivamente. Esto podría repercutir a largo plazo en los comportamientos de la demanda turística, que han demostrado mayor conocimiento sobre el desarrollo sostenible y que tienen en cuenta aspectos en favor del medio ambiente para elegir un lugar para visitar.

El Gobierno dominicano debe tener presente los resultados de esta investigación y proporcionar opciones de manejo de los ríos y las zonas costeras, que puede ser utilizadas por empresas turísticas, industrias y población en general, con la finalidad de garantizar la sostenibilidad de los sistemas costeros-marinos. Algunos ejemplos exitosos han sido evaluados en otros estudios (Dube et al., 2020; Dube y Nhamo, 2020).

Las medidas de gestión insuficientes dan como resultado la disminución de la calidad del agua. Se sugieren contramedidas en los enfoques de gestión de los recursos hídricos para hacer frente a la actual contaminación del agua y hacer que el desarrollo turístico sea sostenible en la región de Puerto Plata.

## **AGRADECIMIENTOS**

Los autores de este trabajo quieren agradecer al Ministerio de Educación Superior, Ciencia y Tecnología (MESCyT) de la República Dominicana, quienes apoyaron el proyecto de investigación “Modelo de manejo de la contaminación en sistemas marino-costeros de la zona norte de República Dominicana”, a través del Fondo Nacional de Innovación y Desarrollo Científico y Tecnológico (FONDOCyT) 2016-2017.

## REFERENCIAS

- Arabadzhyan, A., Figini, P., García, C., González, M. M., Lam-González, Y. E., & León, C. J. (2021). Climate change, coastal tourism, and impact chains—a literature review. *Current Issues in Tourism*, 24(16), 2233-2268. <https://doi.org/10.1080/13683500.2020.1825351>
- Banco Central (2020). *Estadísticas turísticas 2019*. Banco Central de la República Dominicana.
- Baoying, N., & Yuanqing, H. (2007). Tourism development and water pollution: Case study in Lijiang Ancient Town. *China Population, Resources and Environment*, 17(5), 123-127. [https://doi.org/10.1016/S1872-583X\(08\)60006-6](https://doi.org/10.1016/S1872-583X(08)60006-6)
- Bhandari, S., Maruthi Sridhar, B. B., & Wilson, B. L. (2017). Effect of land cover changes on the sediment and water quality characteristics of Brays Bayou watershed. *Water, Air, & Soil Pollution*, 228(9), 1-14. <https://doi.org/10.1007/s11270-017-3538-7>
- Bojarczuk, A., Jelonekiewicz, Ł., & Lenart-Boroń, A. (2018). The effect of anthropogenic and natural factors on the prevalence of physicochemical parameters of water and bacterial water quality indicators along the river Białka, southern Poland. *Environmental Science and Pollution Research*, 25(10), 10102-10114. <https://doi.org/10.1007/s11356-018-1212-2>
- Bove, G., Becker, A., Sweeney, B., Vousdoukas, M., & Kulp, S. (2020). A method for regional estimation of climate change exposure of coastal infrastructure: Case of USVI and the influence of digital elevation models on assessments. *Science of the Total Environment*, 710, 136162. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.136162>
- Brown, R. M., McClelland, N. I., Deininger, R. A., & Tozer, R. G. (1970). A water quality index-do we dare. *Water and sewage works*, 117(10), 339-343.
- Chen, C. L., & Teng, N. (2016). Management priorities and carrying capacity at a high-use beach from tourists' perspectives: A way towards sustainable beach tourism. *Marine Policy*, 74, 213-219. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2016.09.030>
- Choi, H. M., Cho, Y. C., Lee, B., Ryu, I. G., Kim, S. H., Shin, D., & Yu, S. (2021). Trend Analysis for River Water Quality Change Before and After the Prohibition of Ocean Dumping of Livestock Manure. *Journal of Korean Society on Water Environment*, 37(2), 75-91. <https://doi.org/10.15681/KSWE.2021.37.2.75>
- Dar, S. A., Rashid, I., & Bhat, S. U. (2021). Land system transformations govern the trophic status of an urban wetland ecosystem: Perspectives from remote sensing and water quality analysis. *Land Degradation & Development*, 32(14), 4087-4104. <https://doi.org/10.1002/ldr.3924>
- De Andrés, M., Barragán, J. M., & Scherer, M. (2018). Urban centres and coastal zone definition: Which area should we manage? *Land use policy*, 71, 121-128. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2017.11.038>
- Dryglas, D., & Salamaga, M. (2018). Segmentation by push motives in health tourism destinations: A case study of Polish spa resorts. *Journal of Destination Marketing & Management*, 9, 234-246. <https://doi.org/10.1016/j.jdmm.2018.01.008>
- Dsikowitzky, L., Van der Wulp, S. A., Ariyani, F., Hesse, K. J., Damar, A., & Schwarzbauer, J. (2018).

- Transport of pollution from the megacity Jakarta into the ocean: Insights from organic pollutant mass fluxes along the Ciliwung River. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 215, 219-228. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2018.10.017>
- Dube, K., & Nhamo, G. (2020). Vulnerability of nature-based tourism to climate variability and change: Case of Kariba resort town, Zimbabwe. *Journal of Outdoor Recreation and Tourism*, 29, 100281. <https://doi.org/10.1016/j.jort.2020.100281>
- Dube, K., Nhamo, G., & Chikodzi, D. (2020). Climate change-induced droughts and tourism: Impacts and responses of Western Cape province, South Africa. *Journal of Outdoor Recreation and Tourism*, 100319. <https://doi.org/10.1016/j.jort.2020.100319>
- Eum, H. I., Gupta, A., & Dibike, Y. (2020). Effects of univariate and multivariate statistical downscaling methods on climatic and hydrologic indicators for Alberta, Canada. *Journal of Hydrology*, 588, 125065. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2020.125065>
- Ewaid, S. H., Abed, S. A., Al-Ansari, N., & Salih, R. M. (2020). Development and evaluation of a water quality index for the Iraqi rivers. *Hydrology*, 7(3), 67. <https://doi.org/10.3390/hydrology7030067>
- Glińska-Lewczuk, K., Gołaś, I., Koc, J., Gotkowska-Płachta, A., Harnisz, M., & Rochwerger, A. (2016). The impact of urban areas on the water quality gradient along a lowland river. *Environmental monitoring and assessment*, 188(11), 1-15. <https://doi.org/10.1007/s10661-016-5638-z>
- Grizzetti, B., Liqueste, C., Pistocchi, A., Vigiak, O., Zulian, G., Bouraoui, F., & Cardoso, A. C. (2019). Relationship between ecological condition and ecosystem services in European rivers, lakes and coastal waters. *Science of the Total Environment*, 671, 452-465. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.03.155>
- Harclerode, C. L., Gentry, T. J., & Aitkenhead-Peterson, J. A. (2013). A geographical approach to tracking *Escherichia coli* and other water quality constituents in a Texas coastal plains watershed. *Environmental monitoring and assessment*, 185(6), 4659-4678. <https://doi.org/10.1007/s10661-012-2895-3>
- Havlíková, M., Stupková, L. C., & Plíšková, L. (2019). Evaluation of sustainable tourism potential of the principle Giant Mountains resorts in the Czech Republic. *Environmental & Socio-economic Studies*, 7(4), 26-35. <https://doi.org/10.2478/enviro-2019-0021>
- Islam, M. M., & Shamsuddoha, M. D. (2018). Coastal and marine conservation strategy for Bangladesh in the context of achieving blue growth and sustainable development goals (SDGs). *Environmental science & policy*, 87, 45-54. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2018.05.014>
- Kapp, K. J., & Yeatman, E. (2018). Microplastic hotspots in the Snake and Lower Columbia rivers: A journey from the Greater Yellowstone Ecosystem to the Pacific Ocean. *Environmental Pollution*, 241, 1082-1090. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.06.033>
- Kazi, T. G., Arain, M. B., Jamali, M. K., Jalbani, N., Afridi, H. I., Sarfraz, R. A., & Shah, A. Q. (2009). Assessment of water quality of polluted lake using multivariate statistical techniques: A case study. *Ecotoxicology and environmental safety*, 72(2), 301-309. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2008.02.024>
- Kazour, M., Jemaa, S., Issa, C., Khalaf, G., & Amara, R. (2019). Microplastics pollution along the Lebanese coast (Eastern Mediterranean Basin): Occurrence in surface water, sediments and biota samples. *Science of the Total Environment*, 696, 133933. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.133933>
- Kermath, B. M., & Thomas, R. N. (1992). Spatial dynamics of resorts: Sosua, Dominican Republic. *Annals of Tourism Research*, 19(2), 173-190. [https://doi.org/10.1016/0160-7383\(92\)90076-2](https://doi.org/10.1016/0160-7383(92)90076-2)

- Kozak, M. (2002). Comparative analysis of tourist motivations by nationality and destinations. *Tourism management*, 23(3), 221-232. [https://doi.org/10.1016/S0261-5177\(01\)00090-5](https://doi.org/10.1016/S0261-5177(01)00090-5)
- Krishan, G., Singh, S., Singh, R. P., Ghosh, N. C., & Khanna, A. (2016). Water quality index of groundwater in Haridwar district, Uttarakhand, India. *Water and Energy International*, 58(10), 55-58. <https://www.indianjournals.com/ijor.aspx?target=ijor:wei&volume=58&issue=10&article=005>
- Landrigan, P. J., Stegeman, J. J., Fleming, L. E., Allemand, D., Anderson, D. M., Backer, L. C., & Rampal, P. (2020). Human health and ocean pollution. *Annals of global health*, 86(1), 151. <https://dx.doi.org/10.5334%2Faogh.2831>
- López-Guzmán, T., Orgaz-Agüera, F., Alector Ribeiro, M., & Domínguez Estrada, F. (2016). All-inclusive tourism in Dominican Republic. An analysis from the perspective of the tourist demand. *Revista de Economía del Caribe*, (17), 125-142. <http://dx.doi.org/10.14482/ecoca.17.6700>
- Mate-Sanchez-Val, M., & Aparicio-Serrano, G. (2022). Seawater deterioration and the tourist beta convergence process: A geospatial big data analysis of the Spanish Mediterranean coast. *Current Issues in Tourism*, 1-17. <https://doi.org/10.1080/13683500.2021.2021156>
- Meyer-Arendt, K. J., Sambrook, R. A., & Kermath, B. M. (1992). Seaside resorts in the Dominican Republic: a typology. *Journal of Geography*, 91(5), 219-225. <https://doi.org/10.1080/00221349208979846>
- Mikhailenko, A. V., Ruban, D. A., Ermolaev, V. A., & van Loon, A. J. (2020). Cadmium pollution in the tourism environment: A literature review. *Geosciences*, 10(6), 242. <https://doi.org/10.3390/geosciences10060242>
- Moreno-Gené, J., Sánchez-Pulido, L., Cristobal-Fransi, E., & Daries, N. (2018). The economic sustainability of snow tourism: The case of ski resorts in Austria, France, and Italy. *Sustainability*, 10(9), 3012. <https://doi.org/10.3390/su10093012>
- Nitivattananon, V., & Srinonil, S. (2019). Enhancing coastal areas governance for sustainable tourism in the context of urbanization and climate change in eastern Thailand. *Advances in Climate Change Research*, 10(1), 47-58. <https://doi.org/10.1016/j.accre.2019.03.003>
- Nong, X., Shao, D., Zhong, H., & Liang, J. (2020). Evaluation of water quality in the South-to-North Water Diversion Project of China using the water quality index (WQI) method. *Water research*, 178, 115781. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2020.115781>
- Noori, R., Ansari, E., Bhattarai, R., Tang, Q., Aradpour, S., Maghrebi, M., & Kløve, B. (2021). Complex dynamics of water quality mixing in a warm mono-mictic reservoir. *Science of the Total Environment*, 777, 146097. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.146097>
- Rico, A., Olcina, J., Baños, C., Garcia, X., & Sauri, D. (2020). Declining water consumption in the hotel industry of mass tourism resorts: Contrasting evidence for Benidorm, Spain. *Current Issues in Tourism*, 23(6), 770-783. <https://doi.org/10.1080/13683500.2019.1589431>
- Şener, Ş., Şener, E., & Davraz, A. (2017). Evaluation of water quality using water quality index (WQI) method and GIS in Aksu River (SW-Turkey). *Science of the Total Environment*, 584, 131-144. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.01.102>
- Sharma, S. K., Sharma, V., Mohamed, H. I., Khan, H., & Ahmed, S. S. (2021). Supervise the physicochemical quality of ground water using soft computing technique. *Environmental Technology*, 1-9. <https://doi.org/10.1080/09593330.2021.1983023>
- Shih, J. S., Driscoll, C. T., Burtraw, D., Shen, H., Smith, R. A., Keyes, A., & Russell, A. G. (2021). Energy policy and coastal water quality: An integrated energy, air and water quality modeling approach. *Science of The Total Environment*, 151593.



<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.151593>

- Singh, S., Ghosh, N. C., Krishan, G., Kumar, S., Gurjar, S., & Sharma, M. K. (2019). Development of indices for surface and ground water quality assessment and characterization for Indian conditions. *Environmental monitoring and assessment*, 191(3), 1-20. <https://doi.org/10.1007/s10661-019-7276-8>
- Streimikiene, D., Svagzdiene, B., Jasinskas, E., & Simanavicius, A. (2021). Sustainable tourism development and competitiveness: The systematic literature review. *Sustainable Development*, 29(1), 259-271. <https://doi.org/10.1002/sd.2133>
- Taloor, A. K., Pir, R. A., Adimalla, N., Ali, S., Manhas, D. S., Roy, S., & Singh, A. K. (2020). Spring water quality and discharge assessment in the Basantar watershed of Jammu Himalaya using geographic information system (GIS) and water quality Index (WQI). *Groundwater for Sustainable Development*, 10, 100364. <https://doi.org/10.1016/j.gsd.2020.100364>
- Tian, Y., Jiang, Y., Liu, Q., Dong, M., Xu, D., Liu, Y., & Xu, X. (2019). Using a water quality index to assess the water quality of the upper and middle streams of the Luanhe River, northern China. *Science of the Total Environment*, 667, 142-151. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.02.356>
- Tien, N. H., Viet, P. Q., Duc, N. M., & Tam, V. T. (2021). Sustainability of tourism development in Vietnam's coastal provinces. *World Review of Entrepreneurship, Management and Sustainable Development*, 17(5), 579-598. <https://www.inderscienceonline.com/doi/abs/10.1504/WREMSD.2021.117443>
- Tripathi, M., & Singal, S. K. (2019). Use of principal component analysis for parameter selection for development of a novel water quality index: a case study of river Ganga India. *Ecological Indicators*, 96, 430-436. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.09.025>
- Uddin, M. G., Nash, S., & Olbert, A. I. (2021). A review of water quality index models and their use for assessing surface water quality. *Ecological Indicators*, 122, 107218. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.107218>
- Wu, L., Qiao, S., Peng, M., & Ma, X. (2018). Coupling loss characteristics of runoff-sediment-adsorbed and dissolved nitrogen and phosphorus on bare loess slope. *Environmental Science and Pollution Research*, 25(14), 14018-14031. <https://doi.org/10.1007/s11356-018-1619-9>
- Zhuang, Y., Yang, S., Razzaq, A., & Khan, Z. (2021). Environmental impact of infrastructure-led Chinese outward FDI, tourism development and technology innovation: A regional country analysis. *Journal of Environmental Planning and Management*, 1-33. <https://doi.org/10.1080/09640568.2021.1989672>