

Evaluación de la calidad de aire en las playas turísticas del norte de República Dominicana

Evaluation of air quality in the tourist beaches of the north of the Dominican Republic

FRANCISCO ORGAZ-AGÜERA¹  0000-0002-4240-8640

JOSÉ DEL CARMEN CASTILLO JÁQUEZ¹  0000-0002-3438-4511

VLADIMIR ANTONIO RODRÍGUEZ NÚÑEZ¹  0000-0003-0828-7117

ROBERTO LUIS GÓMEZ SANTANA¹  0000-0002-1005-8535

¹ Universidad Tecnológica de Santiago, Santiago de los Caballeros, República Dominicana.

Resumen

El turismo de sol y playa es una de las principales actividades socioeconómicas de la República Dominicana. La contaminación atmosférica es un factor determinante para la salud de las comunidades locales y de los turistas que visitan un destino. En este sentido, el objetivo de esta investigación es evaluar la calidad del aire en la región costera del norte de la República Dominicana, específicamente, en las zonas turísticas y recreativas de la ciudad de Puerto Plata. El propósito es doble: por un lado, determinar la concentración de material particulado PM_1 , $PM_{2.5}$, PM_7 , PM_{10} y de las Partículas Suspendidas Totales en las playas de Puerto Plata, el segundo destino de sol y playa del país y, por otro lado, calcular el Índice de Calidad de Aire de PM_{10} y $PM_{2.5}$ en dichas playas, siguiendo la metodología validada por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos. Los datos se recolectan utilizando equipos especializados, se tabulan en Excel y se analizan en el programa SPSS. Los resultados indican que la calidad de las playas de Puerto Plata es buena. Hay dos playas que presentan un índice de calidad de aire moderado (Malecón de Puerto Plata y Playa Dorada), pudiendo ser la causa la cercanía con el aeropuerto internacional y las zonas transitadas por vehículos. La investigación proporciona recomendaciones para mejorar el Reglamento de Calidad de Aire de la República Dominicana.

Palabras clave: material particulado; calidad de aire; playa; turismo; República Dominicana.

Fechas • Dates

Recibido: 2021.06.29
Aceptado: 2022.04.28
Publicado: 2022.04.29

Autor/a para correspondencia Corresponding Author

Francisco Orgaz-Agüera
franorgaz@utesa.edu

Abstract

Sun and beach tourism is one of the main socioeconomic activities in the Dominican Republic. Air pollution is a determining factor for the health of local communities and tourists visiting a destination. In this sense, the objective of this research is to evaluate the air quality in the northern coastal region of the Dominican Republic, specifically, in the tourist and recreational areas of the city of Puerto Plata. The purpose is twofold: on the one hand, to determine the concentration of PM1, PM2.5, PM7, PM10 and Total Suspended Particles on the beaches of Puerto Plata, the second destination for sun and country beach and, on the other hand, calculate the Air Quality Index of PM10 and PM2.5 in said beaches, following the methodology validated by the United States Environmental Protection Agency. Data is collected using specialized equipment, tabulated in Excel, and analyzed in the SPSS program. The results indicate that the quality of the beaches of Puerto Plata is good. There are two beaches that present a moderate air quality index (Malecón de Puerto Plata and Playa Dorada), the cause being the proximity to the international airport and the areas traveled by vehicles. The research provides recommendations to improve the Air Quality Regulation of the Dominican Republic.

Keywords: particulate matter; air quality; Beach; tourism; Dominican Republic.

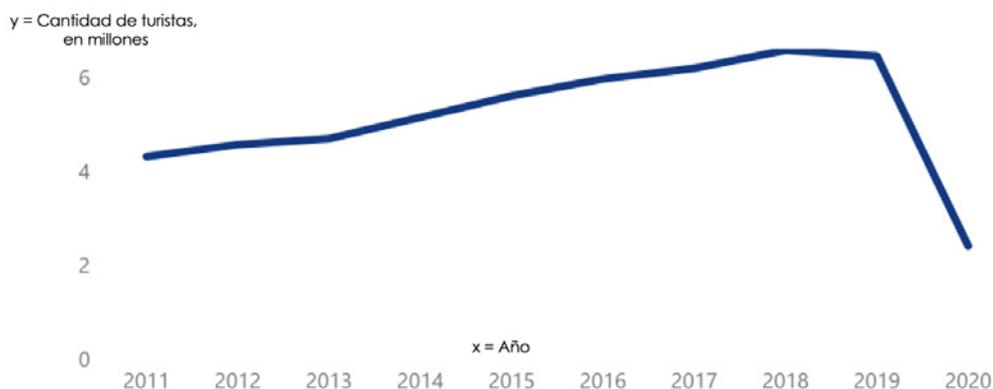
1. Introducción

El turismo es una industria global que involucra a cientos de millones de personas en viajes nacionales e internacionales cada año. La Organización Mundial del Turismo (OMT) estimó que hubo 1466 millones de viajeros internacionales en 2019, con un crecimiento del 5 % frente a los 10 años previos. SE estimó que se generó más de 1466 billones de dólares por llegadas de turistas en el 2019, con un crecimiento del 3 % frente al año 2018. Estos datos hicieron que el turismo generara, en 2019, el 7 % de las exportaciones mundiales (OMT, 2021).

En el caso de República Dominicana (RD), un constante crecimiento evidenciado desde hace años (figura 1) hizo que en 2019 el país recibiera 6.4 millones de turistas y 7.5 billones de dólares, representando las exportaciones por turismo el 36% de las exportaciones del país (OMT, 2021). En la región de las Américas, destacó Estados Unidos, que recibió en 2019 79.4 millones de turistas internacionales, siguiéndole México (45 millones), Canadá (22.1 millones), Argentina (7.4 millones) y, en quinto lugar, RD. Estos datos consolidaban al país como uno de los principales destinos de América y, sobre todo, del Caribe. La mayoría de los visitantes que llegaban a RD procedían de América (76%) (OMT, 2021).

Estas cifras, al igual que ha ocurrido con otros sectores, se han visto mermadas con la crisis del COVID-19. En 2020, RD recibió 2.4 millones de turistas (Figura 1), sin tener hoy las cifras sobre los ingresos por turismo en dicho año (OMT, 2021). Estos datos, aunque la colocan como el cuarto destino de las Américas en 2020, tras México (24.3 millones), Estados Unidos (19.4 millones) y Canadá (3 millones), son muy pobres para la relación que RD tiene con el turismo y su importancia para el desarrollo socioeconómico de sus comunidades locales.

Figura 1. Variación de la llegada de turistas internaciones a RD entre 2011 y 2020.



Fuente: OMT (2021).

Desde 2021, el país está recuperando su actividad turística, con unos datos preliminares que mejoran las cifras del año 2020. Se prevé que el turismo siga creciendo a lo largo del año, sobre todo, por la apertura de los viajes de los principales países del continente americano (Estados Unidos y Canadá), por la aplicación de las vacunas del COVID-19 y por la promoción que se está haciendo para retomar la actividad a nivel internacional, como la desarrollada por el Ministerio de Turismo de RD en la Feria de FITUR durante el año 2021 y 2022.

La principal tipología turística de RD es el turismo de sol y playa (Oviedo-García *et al.*, 2019), el cual se desarrolla en las áreas costeras del país. Sin embargo, se ha detectado que las aguas y los suelos costeros-marinos de algunas de estas zonas poseen niveles preocupantes de contaminación, principalmente por materia orgánica que procede de descargas de colectores de aguas residuales y por la influencia de los vertimientos de aguas con un alto volumen de residuos urbanos (ANAMAR, 2017). Por su parte, la contaminación del aire en zonas turísticas costeras no se ha analizado en el país e, incluso, se ha examinado con menos frecuencia que otros tipos de contaminación en la literatura turística internacional (Zhang *et al.*, 2020).

La infraestructura turística, que generalmente incluye el tráfico, el alojamiento y las atracciones (Virkar y Mallya, 2018), juega un papel importante en la relación entre el desarrollo turístico y la contaminación ambiental (Kanwal *et al.*, 2020). Siguiendo a Higham *et al.* (2016), la demanda de transporte, catering, alojamiento y otras instalaciones y servicios generados por la movilidad turística son factores importantes que conducen a las emisiones globales de contaminación atmosférica. Por tanto, existe una relación bidireccional entre la contaminación del aire y el desarrollo del turismo: por un lado, mientras que la contaminación del aire en un destino turístico (como una playa) puede afectar las decisiones de los turistas; por otro, el comportamiento de consumo de los turistas en un destino puede perjudicar la calidad del aire local. Por su parte, otras actividades socioeconómicas comunitarias (por el uso de transporte privado y público) también pueden afectar a la contaminación del aire, lo que genera vulnerabilidades para los residentes (Deguen y Zmirou-Navier, 2010; Moreno *et al.*, 2020) y visitantes.

La ciudad de Puerto Plata es uno de los principales destinos de turismo de sol y playa de RD y es, tras Punta Cana, el segundo polo turístico de sol y playa del país (Orgaz-Agüera, 2019). Partiendo de lo hasta aquí mencionado, el objetivo de esta investigación es evaluar la calidad del aire en la región costera del norte de RD, específicamente, en las zonas turísticas y recreativas de la ciudad de Puerto Plata. Por tanto, la contribución de esta investigación es doble. En primer lugar, a partir

de este estudio se evalúa la calidad de aire en uno de los principales destinos de sol y playa, lo que ayudará a obtener conclusiones para que el Gobierno diseñe políticas que puedan generar un mayor control de la contaminación del aire en el área de estudio. En segundo lugar, se establece una metodología que puede aplicarse en otras áreas de interés del país, con la finalidad de analizar su calidad de aire. Sumado a ello, cabe destacar que este estudio se alinea al Plan Estratégico del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MMAyRN, 2021), el cual indica la importancia de realizar estudios para controlar la contaminación del aire.

2. Área de estudio y metodología

Este apartado se ha dividido en cuatro partes. En primer lugar, se presenta el área geográfica de estudio y las zonas de muestreo. Seguidamente, se describen las variables medidas, así como los materiales y métodos utilizados para obtener los datos y, por último, se presenta el programa utilizado para la tabulación y análisis de los datos.

2.1. Área geográfica de estudio y zonas de muestreo

La localización de esta investigación se centra en la ciudad de Puerto Plata (18°52'24"N, 68°09'24"O), ubicada en la provincia que lleva su mismo nombre, en el norte de RD (Figura 2). Las razones para la selección de este destino fueron las siguientes:

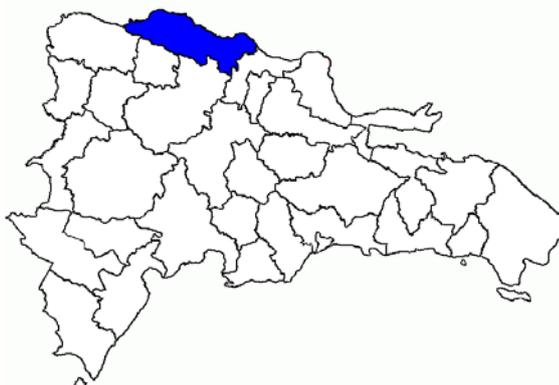
- Esta zona geográfica dispone de playas con hoteles resort todo incluido y es el segundo destino turístico de sol y playa de RD.
- Es el principal destino para turistas procedentes de América del Norte, destacándose Canadá (57 %) y Estados Unidos (42 %), dos de los principales grupos de demanda que llegan al país (Banco Central de la República Dominicana, 2021).
- Posee el principal puerto de cruceros del país, recibiendo el 59,2 % del total de viajeros en el año 2019 (Banco Central de República Dominicana, 2021).
- El Gobierno Central trabaja en una propuesta para duplicar el número de turísticas que llegan a este destino.
- El turismo es la principal actividad económica de la ciudad y provincia de Puerto Plata, representando el 33 % del total de empleos (MEPyD, 2021)
- Dispone de ofertas complementarias atractivas que lo consolidan como un destino de sol y playa completo, con una tasa anual promedio de ocupación hotelera del 55,7 %, superando el 80 % en los meses de enero, febrero y marzo (Banco Central de la República Dominicana, 2021).

El estudio de calidad de aire se realizó en las áreas marino-costeras ubicadas en puntos turísticos o recreativos de la ciudad. Las zonas de muestreo se presentan en la tabla 1 y en la figura 3, y para su selección se siguió el siguiente procedimiento:

- Fase 1: el equipo investigador ubicó y seleccionó los principales puntos turísticos y recreativos de la ciudad de Puerto Plata, utilizando la herramienta Google Earth.
- Fase 2: se realizaron tres visitas de campo a lo largo de los sistemas marino-costeros de la ciudad, siguiendo las ubicaciones seleccionadas previamente en Google Earth. Estas visitas se efectuaron durante los meses de enero y febrero de 2019, siendo su finalidad la de ubicar posibles cuerpos hídricos que desembocaban en las playas.

- Fase 3: se entrevistaron a tres técnicos Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales de RD, a dos de la Corporación de Acueductos y Alcantarillados de Puerto Plata (CORAAPPLATA) y a dos de la Asociación de Propietarios de Hoteles y Condominios de Playa Dorada. Estas entrevistas ayudaron a comprender aspectos como el tratamiento de aguas residuales que se utiliza en la ciudad y en los complejos hoteleros, el comportamiento de la población local y su vinculación con la costa, y el comportamiento de los turistas en la ciudad.
- Fase 4: se realizó una nueva visita por la costa, con la finalidad de realizar imágenes aéreas con un dron. El objetivo de esta acción fue obtener imágenes de los puntos vulnerables de la costa donde se observaba una desembocadura de un cuerpo hídrico en el mar. A través de las imágenes se obtuvo información sobre la acumulación de desechos sólidos en las áreas costeras, y la proximidad real de los asentamientos humanos e industriales a la costa y a los cuerpos hídricos, siendo estos datos relevantes para comprender algunos valores que pudieran obtenerse en muestreos de agua.
- Fase 5: se analizó la información obtenida durante las visitas, fotografías y entrevistas, y se seleccionaron las zonas de muestreo dentro de las cuatro áreas con mayor incidencia en el turismo de la ciudad y provincia: Playas Costambar y Cofresí, Malecón de Puerto Plata, Playa Costa Dorada y Playa Dorada.

Figura 2. Ubicación de la provincia de Puerto Plata en RD.



Fuente: Google Imágenes.

Tabla 1. Zonas de muestreo

CÓDIGO	NOMBRE DE LA ZONA DE MUESTREO	COORDENADAS UTM		UBICACIÓN
		X	Y	
ZM1	En la desembocadura del arroyo Maggiolo, frente a la Marina de Ocean World	318253	2193107	Playas Costambar/Cofresí
ZM2	En la desembocadura del río San Marcos, al Sur del terreno de béisbol	321041	2190493	Playas Costambar/Cofresí
ZM3	En el entorno a la Fortaleza de San Felipe	322372	2190645	Malecón de Puerto Plata
ZM4	En la franja costera, en la desembocadura de la cañada, frente a la tienda La Sirena	323505	2189802	Malecón de Puerto Plata
ZM5	En la playa de Long Beach, cercano al canal de descarga de pluviales	325399	2188706	Malecón de Puerto Plata
ZM6	En la desembocadura del canal, en El Pueblito	326900	2187409	Playa Costa Dorada
ZM7	En la desembocadura del río Muñoz, en Playa Dorada	329078	2186277	Playa Dorada

Fuente: elaboración propia.

Figura 3. Ubicación de los puntos de muestreo



Fuente: elaboración propia a partir de Google Earth.

2.2. Variables de la investigación, materiales y métodos

En cada punto de muestreo se determinó las coordenadas UTM. Cada punto fue georreferenciado con coordenadas (X, Y) en el sistema UTM DATUM WGS84, utilizando un GPS Garmin (modelo GPSMAP 64), el cual es receptor de GPS y GLONASS de alta sensibilidad con antena Cuadrifilar Hélix. En cada punto de muestreo, además, se midieron las variables meteorológicas: temperatura ambiente del aire, humedad relativa y velocidad y dirección predominante del viento. Para ello, se empleó una estación portátil Extech (modelo 45170), a partir de la cual se calculó la temperatura en un rango de 0-50 °C, $\pm 0,1$ °C, la velocidad del viento de 0,0 – 30 m/s en resolución de 0,1 m/s y la humedad relativa de 10 a 95 %, ± 4 %. Para determinar la dirección del viento se utilizó un anemómetro 4 en 1 Sper Scientific (modelo 850070). Conocer estas variables meteorológicas es importante, debido a que se ha demostrado que pueden influir en la concentración de material particulado (Galindo et al., 2011; Xu et al., 2020). Por ejemplo, He et al. (2017) indicaron que los parámetros meteorológicos explicaban más del 70% de la variación de las concentraciones diarias promedio de contaminantes en la mayoría de las ciudades chinas.

Esta investigación se ha centrado en el material particulado porque los principales contaminantes del aire en RD son las partículas, especialmente PM_{10} , de las cuales se emiten anualmente unas 19 616 toneladas, representando el 34,8% del total de las emisiones contaminantes del país (MMAyRN, 2021). Para las mediciones de concentración de material particulado en el aire, se consideró la necesidad de registros puntuales en las condiciones habituales de la zona costera, en cortos periodos de tiempo. De acuerdo con este criterio, se utilizó el equipo Aerocet 531 en los siete puntos de muestreo. Esta herramienta permite contar partículas individuales usando una luz láser dispersada, y luego calcula la concentración total equivalente usando un algoritmo propio. Asimismo, se destaca que al emplearlo no es necesario el uso de accesorios, debido a que es un equipo automático de Mínimo Volumen *In door* y *Out door*, que contabiliza partículas puntuales en periodos de dos minutos por lectura. En cada punto de muestreo se tomaron cuatro

lecturas en unidades de mg/m^3 y el resultado final se obtuvo del valor promedio de todas las lecturas realizadas, en unidades de $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Se analizaron los siguientes parámetros:

- PM_{10} : son las partículas más pequeñas, de tamaño $<10 \mu\text{m}$. Por su tamaño, resultan las más perjudiciales para la salud.
- $\text{PM}_{2.5}$: tamaño $<2.5 \mu\text{m}$.
- PM_{7} : tamaño $<7 \mu\text{m}$.
- PM_{10} : tamaño $<10 \mu\text{m}$.
- Partículas Suspendidas Totales (PST): tamaño $<100 \mu\text{m}$.

Para realizar las mediciones se contrataron los servicios de la División de Laboratorio de Calidad Ambiental de la Consultora Ecoturismo Mundial y Proyectos Ambientales S.R.L. (EMPACA), la cual cuenta con más de 20 años de experiencia en el análisis de calidad de agua, suelo y aire en RD. Esta empresa está ubicada en la ciudad de Santo Domingo y cuenta con la acreditación ambiental del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales y de *Met One Instruments Calibration* (Estados Unidos). Los muestreos se realizaron durante el año 2019, en tres periodos diferentes del año: marzo (estación más seca), junio (estación de lluvias) y septiembre (estación ciclónica). Para cada uno de los tres muestreos realizados a lo largo del año 2019, se obtuvieron los datos para cada zona durante el mismo día y en el intervalo de tiempo de las 7:00 a.m a 1:00 p.m. Además, se utilizó el mismo horario para obtener los datos en cada una de las siete áreas de muestreo durante los tres periodos de recogida de muestras.

2.3. Herramientas de análisis de datos

Los datos obtenidos a través de los equipos previamente mencionados fueron tabulados en Microsoft 365 2021, empleando el programa Excel versión 16.49. Posteriormente, la tabulación se trasladó al programa IBM SPSS (versión 24) para realizar los análisis descriptivos de las variables de la investigación.

Para calcular el Índice de Calidad de Aire (AQI) de PM_{10} y $\text{PM}_{2.5}$ se utilizó la fórmula empleada por la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (Yousefi *et al.*, 2019). El AQI ha sido utilizado en otros estudios (Xue *et al.*, 2019; Benchrif *et al.*, 2021; Chen *et al.*, 2021), debido a que se considera una herramienta útil como índice integral de evaluación de contaminantes que refleja de manera más completa la calidad del aire. Además, este índice se centra en el papel de los indicadores de un solo contaminante, siendo esto más intuitivo y acorde para reflejar claramente la situación real de la calidad del aire (Xue *et al.*, 2019).

La ecuación empleada se muestra a continuación:

$$\text{Si } j = 1, \quad \text{AQI} = \text{AQI}_j \frac{C_m}{C_j}$$

$$\text{Si } j > 1, \quad \text{AQI} = \frac{(\text{AQI}_j - \text{AQI}_{j-1})}{(C_j - C_{j-1})} \times (C_m - C_{j-1}) + \text{AQI}_{j-1}$$

La ecuación con la que se calcula el AQI depende de la categoría en la que se encuentra la concentración de cada contaminante. Si la concentración es igual o menor a 1, se utiliza la ecuación $j=1$; si es mayor a 1, se utiliza la ecuación $j>1$ (Ministerio de Sanidad, 2019). Los demás términos encontrados en las ecuaciones anteriores se corresponden con:

- C_m : concentración monitoreada del contaminante.
- AQI_j y AQI_{j-1} : índices correspondientes a las categorías j y $j-1$, respectivamente.
- C_j y C_{j-1} : concentraciones correspondientes al límite superior e inferior de la categoría j .

El cálculo de las ecuaciones para determinar el AQI de cada zona de muestreo se realizó utilizando el programa Excel (versión 16.49). En la tabla 2 se muestra la escala de resultados de la medición AQI.

Tabla 2. Escala de resultados para medir el AQI

PM	BUENO	MODERADO	INSALUBRE PARA ALGUNOS GRUPOS	INSALUBRE	MUY INSALUBRE	PELIGROSO	MUY PELIGROSO
PM _{2.5} PM ₁₀	0-50	50-100	100-150	150-200	200-300	300-400	400-500

Fuente: elaboración propia, a partir de USEPA (2018).

3. Resultados

En este apartado se presentan los resultados meteorológicos y contaminantes.

3.1. Resultados meteorológicos

Las condiciones meteorológicas durante el día del muestreo de marzo (tabla 3) se mantuvieron muy estables, con temperaturas altas por encima de 25 °C en la mañana y hasta 30 °C en la tarde. El día fue soleado, con escasas nubes y humedad relativa predominante por debajo de 64 %. La velocidad de los vientos fue de régimen habitual para la zona costera, con brisas suaves a moderadas, con velocidades de hasta 5.2 m/s. En los días que antecedieron al muestreo y durante el mismo día, no se reportaron lluvias.

Tabla 3. Variables meteorológicas del muestreo de marzo

PARÁMETRO	ZM1	ZM2	ZM3	ZM4	ZM5	ZM6	ZM7
Temperatura (°C)	28,8	30	25,7	28	29,9	26,9	27,3
Humedad relativa (%)	59,3	47,1	63,9	55,8	55	57	60,1
Velocidad del viento (m/s)	2,9	1,2	0,7	1,2	2,7	5,2	4,7
Dirección predominante	E-O						

Fuente: elaboración propia.

Las variables meteorológicas durante el muestreo de junio (tabla 4) se mantuvieron muy estables, con temperaturas altas por encima de los 30 °C, a excepción de la zona ZM3, con un valor de 27,8 °C. El día fue soleado, sin precipitaciones, con escasas nubes y humedad relativa predominante por debajo de 66 %. La velocidad de los vientos fue de régimen habitual para la zona costera, con brisas suaves a moderadas y velocidades de hasta 5,5 m/s. En los días que antecedieron el día de muestreo se reportaron lluvias en la ciudad de Puerto Plata. Esta condición puede mejorar la calidad del aire, debido a que la lluvia elimina las partículas del aire y las mismas se incorporan al suelo (Tian *et al.*, 2021).

Tabla 4. Variables meteorológicas del muestreo de junio

PARÁMETRO	ZM1	ZM2	ZM3	ZM4	ZM5	ZM6	ZM7
Temperatura (°C)	32,5	35,2	27,8	30	31,3	30,1	33,1
Humedad relativa (%)	58,1	49,7	66,3	62,5	60,1	62,4	59,1
Velocidad del viento (m/s)	4,3	1,4	1,4	1,9	4	3,1	5,5
Dirección predominante	E-O						

Fuente: elaboración propia.

Las variables meteorológicas durante el día de muestreo de septiembre (tabla 5) se mantuvieron estables, con temperaturas cercanas a los 30 °C. El día fue soleado, sin precipitaciones, con escasas nubes y humedad relativa predominante por debajo del 65 %, a excepción de ZM3 y ZM4. La velocidad de los vientos fue de régimen habitual para la zona costera, con brisas suaves a moderadas, con velocidades de hasta 2.5 m/s. En los días que antecedieron el muestreo no se reportaron lluvias.

Tabla 5. Variables meteorológicas del muestreo de septiembre

PARÁMETRO	ZM1	ZM2	ZM3	ZM4	ZM5	ZM6	ZM7
Temperatura (°C)	30,7	30,4	27,4	28,9	33,8	31,8	33,3
Humedad relativa (%)	58,8	60,1	73,3	69,5	57,7	63	64,4
Velocidad del viento (m/s)	2,1	0,8	2,5	0,1	0,1	1,2	2,2
Dirección predominante	E-O						

Fuente: elaboración propia.

3.2. Resultados contaminantes

En relación con la concentración de material particulado en el aire, se muestran los datos en las siguientes tablas. Además, se comparan los mismos con el Reglamento Técnico de Calidad de Aire (MMAyRN, 2017), aunque solo la concentración de PST y las partículas $PM_{2.5}$ y PM_{10} , debido a que las PM_1 y PM_7 no se contemplan en dicho Reglamento. Se ha procedido también a comparar los valores obtenidos con los establecidos por la OMS (2005). La medición de estas partículas se había realizado con anterioridad en República Dominicana (Gómez et al., 2014; Binet y Peira, 2020), si bien, la última actualización de Puerto Plata fue en 2009 (CCAD, 2009).

En el muestreo de marzo (tabla 6), la concentración de PST y las partículas fracción $PM_{2.5}$ y PM_{10} estuvieron por debajo del límite máximo establecido por el Reglamento. Por otra parte, se evidencia que las partículas PM_1 muestran valores bajos, y que las PM_7 señalan valores altos y cercanos a los obtenidos en el parámetro PM_{10} , sobre todo, en el caso del Malecón de Puerto Plata (ZM3, ZM4 y ZM5) y Playa Dorada (ZM7).

Tabla 6. Resumen de la concentración de material particulado en el aire, muestreo marzo

PARÁMETRO	ZM1 $\mu\text{G}/\text{M}^3$	ZM2 $\mu\text{G}/\text{M}^3$	ZM3 $\mu\text{G}/\text{M}^3$	ZM4 $\mu\text{G}/\text{M}^3$	ZM5 $\mu\text{G}/\text{M}^3$	ZM6 $\mu\text{G}/\text{M}^3$	ZM7 $\mu\text{G}/\text{M}^3$	REGLAMENTO TÉCNICO DE CALIDAD DE AIRE $\mu\text{G}/\text{M}^3$
$P_{M,1}$	0	0	0	2,8	0,8	0,8	1	
$PM_{2.5}$	3,8	3,8	4,8	15,8	7,3	5,5	39	65
PM_7	10,5	12,8	20,8	91,8	25,5	12,5	104,3	
PM_{10}	15	25,8	25	113,5	35,8	23	123,6	150
PST	15,8	36,8	33	120,6	42,5	36,8	136,3	230

Fuente: elaboración propia.

La concentración de PST y las partículas fracción $PM_{2.5}$ y PM_{10} del muestreo de junio (tabla 7) están por debajo del límite máximo establecido por el Reglamento. También, se observa que las partículas PM_1 muestran valores bajos, aunque, en su total son más altos que los obtenidos durante el primer muestreo. Los valores de PM_7 muestran valores altos y cercanos a los obtenidos en el parámetro PM_{10} , como ocurrió en el primer muestreo.

Tabla 7. Resumen de la concentración de material particulado en el aire, muestreo junio

PARÁMETRO	ZM1 $\mu\text{G}/\text{M}^3$	ZM2 $\mu\text{G}/\text{M}^3$	ZM3 $\mu\text{G}/\text{M}^3$	ZM4 $\mu\text{G}/\text{M}^3$	ZM5 $\mu\text{G}/\text{M}^3$	ZM6 $\mu\text{G}/\text{M}^3$	ZM7 $\mu\text{G}/\text{M}^3$	REGLAMENTO TÉCNICO DE CALIDAD DE AIRE $\mu\text{G}/\text{M}^3$
PM_1	1	1	1	1.3	1	0,5	0	
$PM_{2.5}$	5,8	8	11	11	9,5	7	4,8	65
PM_7	16,8	34,5	38,7	45,5	39	31,8	11,8	
PM_{10}	21,3	41,8	45,5	47,5	44,8	37,8	16,5	150
PST	26,5	49,8	49,3	49,5	49	41,8	24,5	230

Fuente: elaboración propia.

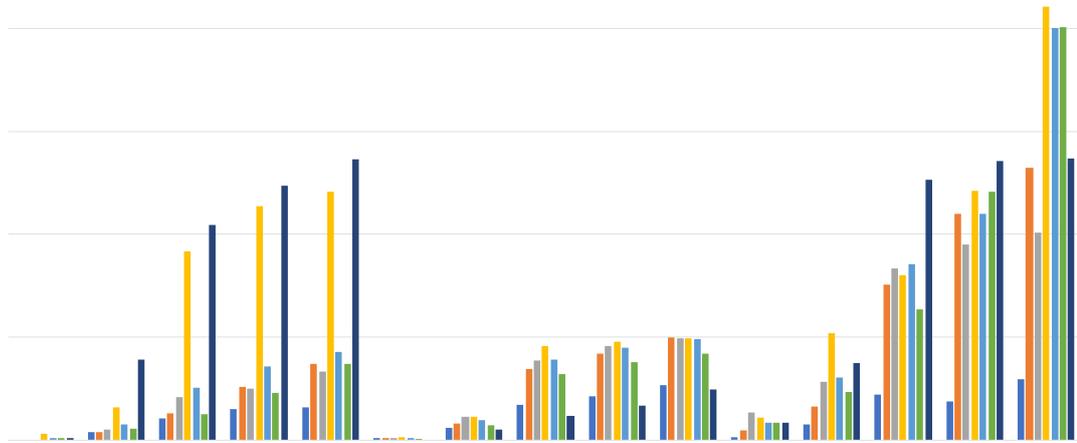
En el muestreo de septiembre (tabla 8), la concentración de PST y las partículas fracción $PM_{2.5}$ y PM_{10} están por debajo del límite máximo establecido por el Reglamento. Las partículas PM_1 muestran valores más altos que los obtenidos durante el primer y segundo muestreo. Los valores de PM_7 también son altos y cercanos a los obtenidos en el parámetro PM_{10} , como ocurrió en el primer y segundo muestreo.

Tabla 8. Resumen de la concentración de material particulado en el aire, muestreo septiembre

PARÁMETRO	ZM1 $\mu\text{G}/\text{M}^3$	ZM2 $\mu\text{G}/\text{M}^3$	ZM3 $\mu\text{G}/\text{M}^3$	ZM4 $\mu\text{G}/\text{M}^3$	ZM5 $\mu\text{G}/\text{M}^3$	ZM6 $\mu\text{G}/\text{M}^3$	ZM7 $\mu\text{G}/\text{M}^3$	REGLAMENTO TÉCNICO DE CALIDAD DE AIRE $\mu\text{G}/\text{M}^3$
P_{M1}	1,4	4,4	13,1	10,8	8,3	8,5	8,4	
$PM_{2.5}$	7,5	16	28,1	52	30,3	23,2	37,5	65
PM_7	21,8	75,4	83,2	80	85,3	63,6	126,6	
PM_{10}	18,7	109,7	95,1	121	110	120,8	135,7	150
PST	29,3	132,1	100,9	210,6	200,3	200,7	137	230

Fuente: elaboración propia.

El análisis comparativo de los tres muestreos realizados para PM_1 , $PM_{2.5}$, PM_7 , PM_{10} y PST en cada zona de muestreo (figura 4) revela que en el tercer muestreo hay un aumento significativo de las concentraciones de material particulado PM_1 , $PM_{2.5}$, PM_7 , PM_{10} y PST respecto al primer y segundo muestreo. Este aumento registrado podría estar relacionado con la sequía regional y el polvo proveniente del desierto del Sahara durante el mes de septiembre (Aquino, 2021). En el caso de Playa Dorada (ZM7) y Malecón de Puerto Plata (ZM4), los valores de PM_7 , PM_{10} y PST del primer y tercer muestreo son similares, siendo los de este último ligeramente mayores. La reducción de los valores de PM_7 , PM_{10} y PST en ZM7 y ZM4, en el segundo muestreo, puede deberse a las lluvias de los días previos al trabajo de campo, debido a que esto se asocia a una reducción del material particulado en el aire (Grover et al., 2017).

Figura 4. PM₁, PM_{2.5}, PM₇, PM₁₀ y PST en cada muestreo, para cada zona

Fuente: elaboración propia.

En la tabla 9 se muestran los resultados para cada una de la zona de muestreo y para cada uno de los tres muestreos realizados. En general, se observó que la calidad del aire en las zonas costeras turísticas y recreativas de la ciudad de Puerto Plata fue buena. Si clasificamos estos resultados según el área de playa, se puede indicar que el mejor Índice de Calidad de Aire perteneció a la Playa de Costambar y Cofresí (ZM1 y ZM2), seguido de Playa Costa Dorada (ZM6), Malecón de Puerto Plata (ZM3, ZM4 y ZM5) y Playa Dorada (ZM7).

Tabla 9. Resultados AQI por zona de muestreo y por Playa

MUESTREO	AQI	ZM1 µG/M ³	ZM2 µG/M ³	ZM3 µG/M ³	ZM4 µG/M ³	ZM5 µG/M ³	ZM6 µG/M ³	ZM7 µG/M ³
1	PM _{2.5}	16	16	20	58	30	23	109
	PM ₁₀	14	23	23	79	33	21	123,6
2	PM _{2.5}	24	33	46	46	40	29	20
	PM ₁₀	19	38	41	43	41	34	15
3	PM _{2.5}	31	59	84	141	89	74	105
	PM ₁₀	17	77	70	83	78	83	90
Promedio		Playa Costambar / Cofresí		Malecón de Puerto Plata			Playa Costa Dorada	Playa Dorada
	PM _{2.5}	29,8		61,5			42	78
	PM ₁₀	31,3		54,6			46	76,2

Fuente: elaboración propia.

4. Discusión

La relación entre la contaminación del aire y el desarrollo del turismo no ha atraído mucha atención entre los investigadores (Eusebio *et al.*, 2020), si bien, en los últimos años se ha demostrado que existe una interacción entre los dos (Zhang *et al.*, 2020), aunque, tanto la actividad socioeconómica local como la práctica turística en un destino puede afectar a la calidad del aire local, perjudicando a largo plazo a todas las partes. De esta manera, los valores de calidad de aire deben

tenerse en cuenta como un factor importante en el proceso de toma de decisiones de los turistas potenciales, ya que puede tener un efecto significativo en la competitividad de los destinos turísticos (Zhang et al., 2015; Becken et al., 2017); también, los gestores de un destino deben tenerlos presente, ya que pueden generar problemas socioeconómicos y de salud para la comunidad local y los visitantes (Sáenz-de-Miera y Rosselló, 2014).

Originalmente, el indicador de la calidad del aire referente a las partículas era solo para las PST, las cuales comprenden un rango de tamaño entre 0.005 y 100 μm de diámetro aerodinámico (Fryrear et al. 1998), sin embargo, la mayoría de las partículas presentes en la atmósfera tienen un tamaño menor a 40 μm (Bachmann, 2009). Posteriormente, algunas investigaciones sobre los efectos de las partículas ambientales en la salud se enfocaron en aquellas que pueden ser inhaladas por el sistema respiratorio, y se encontró que las que poseen un diámetro aerodinámico menor a 10 μm (PM_{10}), conocidas también como fracción respirable o inhalable, tienen esta característica (INECC, 2011). En este sentido, la literatura ha puesto de manifiesto que los materiales particulados de mayor interés son las PM_{10} y las $\text{PM}_{2.5}$ (Rovira et al., 2020; Zoran et al., 2020).

Los valores obtenidos sobre la concentración de material particulado $\text{PM}_{2.5}$ y PM_{10} han sido analizado a través Índice de Calidad de Aire (AQI) que utiliza la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos. Este índice es uno de los más utilizados actualmente por Gobiernos e investigadores (Thach et al., 2018). A través de este índice, se ha observado que la calidad del aire en las playas de la ciudad de Puerto Plata es buena. Para el Malecón de Puerto Plata y Playa Dorada los resultados han sido moderados. Estos resultados pueden deberse a la cercanía que tiene Playa Dorada con el aeropuerto, y el Malecón de Puerto Plata con una de las vías de comunicación más transitadas de la ciudad, ya que estos lugares son fuentes que generan monóxido de carbono y gases orgánicos totales (MMAyRN, 2021). Así, estudios previos habían indicado que las fuentes móviles generan monóxido de carbono y gases orgánicos totales, y representan más del 60% de las emisiones de toda RD, específicamente, debido al aumento constante del número de vehículos en circulación, especialmente en las zonas urbanas (MMAyRN, 2021).

Este estudio ha identificado que los niveles de concentración de material particulado $\text{PM}_{2.5}$, PM_{10} y PST fueron menores al límite establecido por el Reglamento Técnico de Calidad de Aire (MMAyRN, 2017). Por su parte, si comparamos los valores de PM_1 y PM_7 , aunque no se contemplan en el Reglamento, también estuvieron dentro del rango entre $\text{PM}_{2.5}$ y PM_{10} . Si bien, varios muestreos han superado los valores medios establecidos por la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2005) en su Guía de Calidad de Aire.

La OMS (2005) establece que la media de 24 horas para $\text{PM}_{2.5}$ no debe superar los 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, y para PM_{10} los 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. En este sentido, los valores de $\text{PM}_{2.5}$ se superan en el primer muestreo para ZM7 (Playa Dorada), y los de PM_{10} en ZM7 (Playa Dorada) y ZM4 (Malecón de Puerto Plata). En el segundo muestreo no se superan los valores de $\text{PM}_{2.5}$ ni de PM_{10} establecidos por la OMS (2005), si bien, los valores de PM_{10} de los puntos de muestreo del Malecón de Puerto Plata (ZM3, ZM4 Y ZM5) están muy próximos al límite permitido. Durante el tercer muestreo se superaron los valores de $\text{PM}_{2.5}$ en Playa Dorada (ZM7) y en una de las zonas de muestreo del Malecón de Puerto Plata (ZM5). Los valores de PM_{10} se superaron, bastante, para las zonas ZM2 (Río San Marcos), ZM3-ZM4-ZM5 (Malecón de Puerto Plata) y ZM7 (Playa Dorada). Convivir con estos niveles de riesgo durante menos de 24 horas se asocia con un riesgo de mortalidad a largo plazo del 5% más (OMS, 2005); en el caso de los residentes y algunos turistas, que están más de 24 horas, existe un riesgo de mortalidad a largo plazo del 15% más (OMS, 2005).

Tanto la procedencia como la composición de estas partículas es muy variada, si bien, destacan los compuestos de sulfatos, amonios, dioxinas, sales, carbón negro, metales y nitratos (Molina, 2021). Se ha demostrado que las PM más grandes obturan las vías pulmonares y agravan los brotes de enfermedades respiratorias; por su parte, las PM más pequeñas viajan por el torrente sanguíneo y pueden provocar enfermedades cardiovasculares. En general, la contaminación por PM y PST agrava las enfermedades del aparato respiratorio (Madureira *et al.*, 2020), aparato cardiovascular (Choi *et al.*, 2020), sistema nervioso (Sram *et al.*, 2017) y del sistema reproductivo (Wang *et al.*, 2020).

Algunos estudios actuales han confirmado que debido a la crisis de la COVID-19, la calidad de aire ha mejorado (Ceballos, 2020; Naqvi *et al.*, 2021; Dang y Trinh, 2021). Estos efectos también podrían verse reflejados en Puerto Plata, donde la actividad socioeconómica y turística ha descendido drásticamente desde marzo de 2020. Incluso, y en este aspecto, algunos estudios han demostrado que un buen AQI se asocia a menor mortalidad por la COVID-19 (Naqvi *et al.*, 2021).

5. Conclusiones

Esta investigación ha puesto de manifiesto que los valores de calidad de aire de los sistemas costeros turísticos y recreativos de la ciudad de Puerto Plata son buenos. Para el Malecón de Puerto Plata y Playa Dorada los resultados han sido moderados. Por tanto, la calidad del aire de este destino genera que las áreas hoteleras y recreativas de la costa ofrezcan garantías higiénicas y de salud para los turistas y los residentes.

Los resultados de este estudio son útiles para el Gobierno de RD, sobre todo, para el Ministerio de Turismo y el Gobierno Local de Puerto Plata. En este sentido, el Ministerio de Turismo puede promocionar un destino limpio, ofreciendo playas y actividades complementarias en un entorno con una buena y moderada calidad de aire. Por su parte, el Gobierno Local de Puerto Plata debe desarrollar políticas y estrategias que reduzcan el uso del vehículo privado y fomenten la utilización de un transporte más sostenible en la ciudad. Así, se debe apostar por mejorar tanto la capacitación vial (y ambiental) de los chóferes de los vehículos como por mejorar la organización del transporte en la ciudad. Estas acciones son de vital importancia porque la calidad del transporte y la movilidad son claves para garantizar la sostenibilidad de las ciudades, puesto que el transporte tiene un peso importante en el marco de la sustentabilidad por las presiones ambientales, los efectos socioeconómicos asociados y por las interrelaciones con los demás sectores que confluyen en la ciudad. Estrategias de este tipo pueden ser eficaces para cambiar los comportamientos de comunitarios y turistas e impulsar sus actitudes ambientales (Bamberg *et al.*, 2011). Algunas estrategias para mejorar la calidad de aire en el Malecón de Puerto Plata puede ser planificar y reorganizar el transporte público y privado; mejorar los espacios verdes; implementar carriles bici; y priorizar las áreas peatonales para recreación.

Por otro lado, es necesario que el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales realice un ejercicio de análisis y debate del contenido del Reglamento Técnico de Calidad de Aire (MMAyRN, 2017) y de la Guía de Calidad de Aire de la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2005). Este ejercicio tiene como objetivo validar los límites permisibles de material particulado en RD, según los valores actuales del Reglamento y de la Guía de Calidad de Aire de la OMS. Así, se recomienda incorporar en el Reglamento el límite máximo de material particulado PM_{10} y $PM_{2.5}$, y la metodología de aplicación del Índice de Calidad de Aire utilizada por la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos, debido a que ya ha sido validada previamente.

Como todo trabajo de investigación, este estudio contempla algunas limitaciones. En este sentido, cabe destacar que el análisis está planteado desde el nivel de concentración de material particulado PM_{10} , $PM_{2.5}$, PM_{7} , PM_{10} y PST, obviando otros parámetros. Como futura línea de investigación, sería interesante introducir nuevas variables (Ozono, Dióxido de Azufre, Dióxido de Carbono o Monóxido de Carbono) que ayuden a conocer el nivel de contaminación de un lugar turístico. Por otro lado, es necesario realizar una caracterización química para saber cuál es la composición de las partículas PM_{10} , $PM_{2.5}$, PM_{7} , PM_{10} y PST. También, se recomienda aplicar la metodología llevada a cabo en este estudio en otras regiones costeras y turísticas del país.

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.

Contribución de autorías

Francisco Orgaz-Agüera ha realizado la introducción y ha coordinado las acciones metodológicas y de gestión de suministros y recursos para el desarrollo de la investigación; José del Carmen Castillo Jáquez ha sido el coordinador de la investigación, y el encargado de diseñar, implementar y redactar la metodología aplicada en la investigación; Vladimir Antonio Rodríguez Núñez se encargó de desarrollar los resultados del estudio y analizar los datos en los software y herramientas utilizadas; Roberto Luis Gomez Santana desarrolló la discusión de la investigación. Todos los autores contribuyeron a la elaboración de las conclusiones, así como en el análisis formal, reforzamiento y validación de la introducción, metodología, resultados y discusión.

Financiación

Esta investigación ha sido financiada (US\$ 155,995.15) por el Ministerio de Educación Superior, Ciencia y Tecnología (MESCyT) del Gobierno de la República Dominicana, a través del proyecto de investigación “Modelo de Manejo de la Contaminación en Sistemas Marino-Costeros de la Zona Norte de la República Dominicana”, aprobado en la convocatoria 2016-2017 del Fondo Nacional de Innovación y Desarrollo Científico y Tecnológico (FONDOCyT).

Conflicto de intereses

No existen conflictos de intereses por parte de los autores.

Bibliografía

- ANAMAR (2017). *Análisis de los niveles contaminantes en zonas costeras mediante la determinación de concentraciones de isótopos estables, caso estuario río Ozama*. Santo Domingo, República Dominicana: Autoridad Nacional de Asuntos Marítimos.
- Aquino, M. (2021). Polvo de Sahara provoca altas temperaturas que continuarán en septiembre. *Diario Libre*. Recuperado de: <https://www.diariolibre.com/actualidad/medioambiente/polvo-de-sahara-provoca-altas-temperaturas-que-continuaran-en-septiembre-EI28464653>
- Bachmann, J. (2009). *Black carbon: A science/policy primer*. Arlington, USA: Pew Center on Global Climate Change.
- Bamberg, S., Fujii, S., Friman, M., & Gärling, T. (2011). Behaviour theory and soft transport policy measures. *Transport policy*, 18(1), 228-235. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2010.08.006>
- Banco Central de la República Dominicana (2021). *Sector turismo*. Recuperado de: <https://www.bancentral.gov.do/a/d/2537-sector-turismo>

- Becken, S., Jin, X., Zhang, C., & Gao, J. (2017). Urban air pollution in China: Destination image and risk perceptions. *Journal of Sustainable Tourism*, 25(1), 130-147. Doi: <https://doi.org/10.1080/09669582.2016.1177067>
- Benchrif, A., Wheida, A., Tahri, M., Shubbar, R. M., & Biswas, B. (2021). Air quality during three covid-19 lockdown phases: AQI, PM2.5 and NO2 assessment in cities with more than 1 million inhabitants. *Sustainable Cities and Society*, 74, 103170. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.103170>
- Binet Álvarez, A. J., & Peira, Ángel G. (2020). Evaluación de las partículas en suspensión atmosférica y bioaerosoles fúngicos en parques urbanos de la ciudad de Santo Domingo, República Dominicana. *Ciencia, Ambiente y Clima*, 3(1), 47-54. Doi: <https://doi.org/10.22206/cac.2020.v3i1.pp47-54>
- CCAD (2009). *Investuario de emisiones de contaminantes criterio del aire en la República Dominicana*. Santo Domingo, República Dominicana: Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo.
- Ceballos, M.A. (2020). *Efectos de la crisis de la COVID-19 en la calidad del aire urbano en España*. Madrid, España: Ecologistas en Acción.
- Chen, S., Chen, Y., Lei, Z., & Tan-Soo, J. S. (2021). Chasing Clean Air: Pollution-Induced Travels in China. *Journal of the Association of Environmental and Resource Economists*, 8(1), 59-89. Doi: <https://doi.org/10.7910/DVN/BZ0CEW>
- Choi, S., Kim, K. H., Kim, K., Chang, J., Kim, S. M., Kim, S. R., & Park, S. M. (2020). Association between post-diagnosis particulate matter exposure among 5-year cancer survivors and cardiovascular disease risk in three metropolitan areas from South Korea. *International journal of environmental research and public health*, 17(8), 2841. Doi: <https://doi.org/10.3390/ijerph17082841>
- Dang, H. A. H., & Trinh, T. A. (2021). Does the COVID-19 lockdown improve global air quality? New cross-national evidence on its unintended consequences. *Journal of Environmental Economics and Management*, 105, 102401. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.jeem.2020.102401>
- Deguen, S., & Zmirou-Navier, D. (2010). Social inequalities resulting from health risks related to ambient air quality—A European review. *European Journal of Public Health*, 20(1), 27-35. Recuperado de: <https://academic.oup.com/eurpub/article/20/1/27/611600?login=true>
- Eusébio, C., Carneiro, M. J., Madaleno, M., Robaina, M., Rodrigues, V., Russo, M., & Monteiro, A. (2020). The impact of air quality on tourism: a systematic literature review. *Journal of Tourism Futures*, 7(1), 111-130. Doi: <https://doi.org/10.1108/JTF-06-2019-0049>
- Fryrear, D. W., Saleh, A., Bilbro, J. D., Schomberg, H. M., Stout, J. E., & Zobeck, T. M. (1998). *Revised Wind Erosion Equation (RWEQ)*. Wind Erosion and Conservation Research Unit. Oklahoma, USA: US Department of Agriculture Agricultural Research Service Southern Plains Area Cropping Systems Research Laboratory.
- Galindo, N., Varea, M., Gil-Moltó, J., Yubero, E., & Nicolás, J. (2011). The influence of meteorology on particulate matter concentrations at an urban Mediterranean location. *Water, Air, & Soil Pollution*, 215(1), 365-372. Doi: <https://doi.org/10.1007/s11270-010-0484-z>
- Gómez Pérez, A., Manzanillo, L. A. G., Vásquez Frías, J., & Quintana Pérez, C. E. (2014). Contaminación atmosférica en puntos seleccionados de la ciudad de Santo Domingo, República Dominicana. *Ciencia y Sociedad*, 39(3), 533-557. Doi: <https://doi.org/10.22206/cys.2014.v39i3.pp533-557>
- Grover, A. S., Wats, M., Wats, A., & Grover, A. (2017). Air pollution and tourism management. *International Journal of Environmental Science and Development*, 8(4), 276-280. Doi: <https://doi.org/10.18178/IJESD.2017.8.4.962>
- He, J., Gong, S., Yu, Y., Yu, L., Wu, L., Mao, H. & Li, R. (2017). Air pollution characteristics and their relation to meteorological conditions during 2014–2015 in major Chinese cities. *Environmental pollution*, 223, 484-496. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2017.01.050>
- INECC (2011). *Guía metodológica para la estimación de emisiones PM_{2.5}*. Ciudad de México, México: Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático.
- Madureira, J., Slezakova, K., Silva, A. I., Lage, B., Mendes, A., Aguiar, L., & Costa, C. (2020). Assessment of indoor air exposure at residential homes: Inhalation dose and lung deposition of PM10, PM2.5 and ultrafine particles among newborn children and their mothers. *Science of The Total Environment*, 717, 137293. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.137293>
- MEpyD (2021). *Tablero de datos: Puerto Plata*. Recuperado de: <https://mepyd.gob.do/datos>
- Ministerio de Sanidad (2019). *Elaboración de recomendaciones asociadas a la calidad del aire. Respuesta y desarrollo de la Medida 4 Info presente en el Plan Nacional del Aire 2017-2019 (Plan Aire II)*. Madrid, España. Recuperado de: <https://bit.ly/3o8OsMT>

- MMayRN (2021). Plan Estratégico Institucional 2021-2024. Santo Domingo, República Dominicana: Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- Molina, L. T. (2021). Introductory lecture: air quality in megacities. *Faraday discussions*, 226, 9-52. Recuperado de: <https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/fd/2021/d0fd00123f#!divAbstract>
- Moreno Jiménez, A., Vidal Domínguez, M. J., & Martínez Suárez, P. (2020). Cuantificación de la vulnerabilidad humana ante la degradación del aire en Madrid: un estudio apoyado en geotecnologías. *Cuadernos geográficos de la Universidad de Granada*, 59(2), 149-177. Doi: <https://doi.org/10.30827/cuadgeo.v59i2.9291>
- Naqvi, H. R., Datta, M., Mutreja, G., Siddiqui, M. A., Naqvi, D. F., & Naqvi, A. R. (2021). Improved air quality and associated mortalities in India under COVID-19 lockdown. *Environmental Pollution*, 268, 115691. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.115691>
- OMS (2005). *Guía de calidad del aire de la OMS relativas al material particulado, el ozono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre*. Ginebra, Suiza: Organización Mundial de la Salud.
- OMT (2021). *UNWTO tourism dashboard*. Madrid, España: Organización Mundial del Turismo.
- Orgaz-Agüera, F. (2019). Geografía turística de Republica Dominicana: comportamientos de la demanda, gestión sostenible y propuesta de estudio. *Cuadernos geográficos de la Universidad de Granada*, 58(1), 141-156. Doi: <https://doi.org/10.30827/cuadgeo.v58i1.6562>
- Oviedo-García, M. Á., González-Rodríguez, M. R., & Vega-Vázquez, M. (2019). Does sun-and-sea all-inclusive tourism contribute to poverty alleviation and/or income inequality reduction? The case of the Dominican Republic. *Journal of Travel Research*, 58(6), 995-1013. Doi: <https://doi.org/10.1177%2F0047287518789272>
- Rovira, J., Domingo, J. L., & Schuhmacher, M. (2020). Air quality, health impacts and burden of disease due to air pollution (PM10, PM2.5, NO2 and O3): Application of AirQ+ model to the Camp de Tarragona County (Catalonia, Spain). *Science of The Total Environment*, 703, 135538. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.135538>
- Saenz-de-Miera, O., & Rosselló, J. (2014). Modeling tourism impacts on air pollution: The case study of PM10 in Mallorca. *Tourism Management*, 40, 273-281. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.tourman.2013.06.012>
- Sram, R. J., Veleminsky, M., Veleminsky, M., & Stejskalová, J. (2017). The impact of air pollution to central nervous system in children and adults. *Neuroendocrinology Letters*, 38(6), 389-396. Recuperado de: https://www.nel.edu/userfiles/articlesnew/38_6_Sram_389-396.pdf
- Thach, T. Q., Tsang, H., Cao, P., & Ho, L. M. (2018). A novel method to construct an air quality index based on air pollution profiles. *International journal of hygiene and environmental health*, 221(1), 17-26. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2017.09.012>
- Tian, X., Cui, K., Sheu, H. L., Hsieh, Y. K., & Yu, F. (2021). Effects of rain and snow on the air quality index, PM2.5 levels, and dry deposition flux of PCDD/Fs. *Aerosol and Air Quality Research*, 21, 210158. Doi: <https://doi.org/10.4209/aaqr.210158>
- USEPA (2018). *Technical Assistance Document for the Reporting of Daily Air Quality – the Air Quality Index (AQI)*. Washington D.C.: U.S. Environmental Protection Agency.
- Wang, L., Liu, X., Zhu, J., Wang, F., Li, B., & Li, L. (2020). Effects of PM2.5 Exposure on Reproductive System and Its Mechanisms. *Chemosphere*, Parte 1, 128436. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.128436>
- Xu, X., Jiang, Z., Li, J., Chu, Y., Tan, W., & Li, C. (2020). Impacts of meteorology and emission control on the abnormally low particulate matter concentration observed during the winter of 2017. *Atmospheric Environment*, 225, 117377. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2020.117377>
- Xue, J., Xu, Y., Zhao, L., Wang, C., Rasool, Z., Ni, M., & Li, D. (2019). Air pollution option pricing model based on AQI. *Atmospheric Pollution Research*, 10(3), 665-674. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.apr.2018.10.011>
- Yousefi, S., Shahsavani, A., & Hadei, M. (2019). Applying EPA's instruction to calculate air quality index (AQI) in Tehran. *Journal of Air Pollution and Health*, 4(2), 81-86. Doi: <https://doi.org/10.18502/japh.v4i2.1232>
- Zhang, H., Wang, Y., Hu, J., Ying, Q., & Hu, X. M. (2015). Relationships between meteorological parameters and criteria air pollutants in three megacities in China. *Environmental research*, 140, 242-254. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2015.04.004>
- Zhang, N., Ren, R., Zhang, Q., & Zhang, T. (2020). Air pollution and tourism development: An interplay. *Annals of Tourism Research*, 85, 103032. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.annals.2020.103032>
- Zoran, M. A., Savastru, R. S., Savastru, D. M., & Tautan, M. N. (2020). Assessing the relationship between surface levels of PM2.5 and PM10 particulate matter impact on COVID-19 in Milan, Italy. *Science of the total environment*, 738, 139825. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139825>