

EVALUACIÓN DE RIESGO DE INTRODUCCIÓN DE ESPECIES POR AGUA DE LASTRE EN LAS PRINCIPALES ZONAS PORTUARIAS DEL PACÍFICO Y CARIBE COLOMBIANO –FASE I

Tumaco, Cartagena y Golfo de Morrosquillo



EVALUACIÓN DE RIESGO DE INTRODUCCIÓN DE ESPECIES POR AGUA DE LASTRE EN LAS PRINCIPALES ZONAS PORTUARIAS DEL PACÍFICO Y CARIBE COLOMBIANO –FASE I

**Tumaco, Cartagena
y Golfo de Morrosquillo**



PERSONAL PARTICIPANTE

Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Caribe

LISETH JOHANA ARREGOCÉS SILVA

Bióloga Marina

TATIANA MARÍN AMADO

Tecnólogo en Bióloga

LUIS DE LA HOZ BARRIENTOS

Biólogo

Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Pacífico

JENNY LIZBETH PARADA

Microbióloga Industrial

Citar como: DIRECCIÓN GENERAL MARÍTIMA. 2020. EVALUACIÓN DE RIESGO DE INTRODUCCIÓN DE ESPECIES POR AGUA DE LASTRE EN LAS PRINCIPALES ZONAS PORTUARIAS DEL PACÍFICO Y CARIBE COLOMBIANO –FASE I. Informe Técnico. Dirección General Marítima. Cartagena. 37 p.

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	3
ÁREA DE ESTUDIO	6
METODOLOGÍA	9
EVALUACIÓN DE RIESGO DE INTRODUCCIÓN DE ESPECIES EN LAS ZONAS PORTUARIAS DEL PACÍFICO COLOMBIANO: BAHÍA DE TUMACO	11
EVALUACIÓN DE RIESGO DE INTRODUCCIÓN DE ESPECIES EN LAS ZONAS PORTUARIAS DEL CARIBE COLOMBIANO: CARTAGENA Y GOLFO DE MORROSQUILLO	14
ZONA PORTURIA DE CARTAGENA	14
ZONA PORTURIA DEL GOLFO DE MORROSQUILLO	18
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	22
BIBLIOGRAFÍA.....	24
ANEXOS	

INTRODUCCIÓN

Miles de especies marinas son transportadas diariamente en las aguas de lastre, y aunque la gran mayoría no sobreviven, otras pueden llegar a establecerse y formar poblaciones viables (Gavilán *et al.*, 2005). Son reconocidos los impactos generados por las especies invasoras, sobre el medio ambiente, la economía y salud. Sin embargo, es importante tener presente que, ante las dificultades de detección de las introducciones en el hábitat marino y erradicación de especies ya establecidas, así como las dificultades en el control de estas y en programas de mitigación, el primer paso y la forma más eficiente, (así como, menos costosa) de abordar esta problemática es la prevención. La prevención de introducción y establecimiento de EEI pueden ser aplicadas antes de que estas dejen el país de origen, o en ruta hacia su destino (pre-frontera), antes de que entre al país (en la frontera) y dentro del país (post-frontera) (Figura 1), esta últimas dirigidas a la detección temprana y rápida respuesta (Global Invasive Species Programme, 2011)

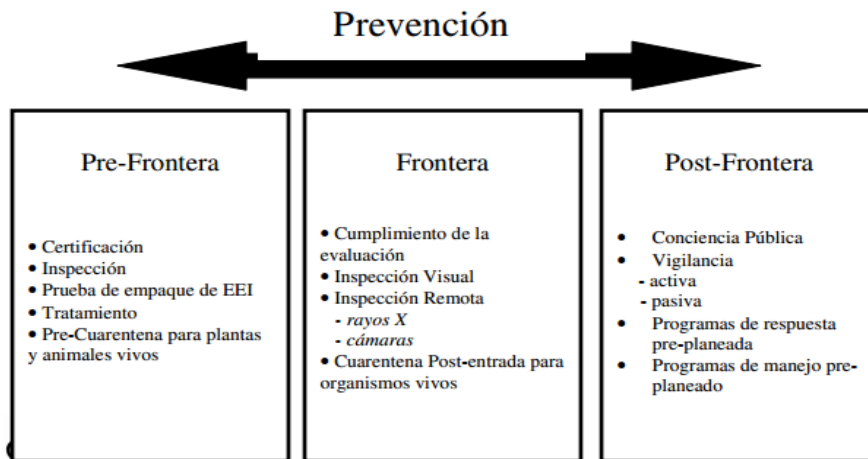


Figura 1. Resumen de la Prevención de pre-frontera, frontera y post-frontera (Tomado de Global Invasive Species Programme, 2011)

Debido al alcance de la problemática, esta exige una pronta y eficiente gestión por parte de los tomadores de decisiones, enfocada en principalmente en la prevención de este tipo de

contaminación. No obstante, no basta con formular instrumentos de regulación como medidas de prevención, es necesario el uso de herramientas como evaluaciones de riesgo con bases científicas, que proporcionen apoyo técnico, para facilitar el proceso de toma de decisiones.

El enfoque preventivo a partir de evaluaciones de riesgo para evitar, reducir o eliminar introducciones específicamente de especies marinas asociadas al transporte marítimo, data un poco más de una década (Barry *et al.*, 2011). En la Directriz G7 de la OMI se esbozan tres métodos de evaluación de los riesgos para conceder y revocar exenciones de conformidad con la regla A-4 del convenio BWM:

- Evaluación de los riesgos mediante comparación ambiental
- Evaluación de los riesgos biogeográficos de las especies
- Evaluación de los riesgos específicos de una especie

La implicación inherente a la evaluación del riesgo por la introducción de organismos acuáticos nocivos y patógenos (HAOP) es la evaluación de la probabilidad de establecimiento de una especie. Esto también depende de su potencial invasividad (es decir, sus propiedades fundamentales) y el entorno receptor (es decir, circunstancias). La introducción de un organismo y su posible invasión se puede dividir en varias fases o una cadena de eventos: presencia del organismo en la región donante, infección por vector, supervivencia en el transporte, supervivencia del proceso de descarga al entorno receptor, supervivencia en el nuevo entorno, establecimiento en el nuevo entorno y, posiblemente, propagación y daño (invasividad) en el nuevo entorno. La incertidumbre relativa a cada paso aumenta en cada paso siguiente, es decir, desde la presencia inicial en el entorno del donante hasta la invasividad en el entorno del receptor. En los casos en que el grado de incertidumbre es alto, los métodos cuantitativos para la definición de probabilidad son inapropiados. Por lo tanto, no se deben cuantificar todas las fases de la cadena de eventos de invasión de especies, sino que se puede adoptar una combinación del enfoque empírico (basado en criterios aceptables) y el historial de invasión documentado y las influencias adversas (David & Gollasch, 2015).

En este contexto, la Dirección General Marítima DIMAR ha venido adelantado la evaluación de riesgo de los puertos por introducción de especies, mediante la caracterización de la frecuencia de las descargas (C1); el volumen del agua deslastrada (C2), la similitud ambiental entre puertos de origen de esta y su destino (C3), así como, las especies invasoras presentes (C4).

En este informe se presenta la evaluación de riesgo de introducción de especies por lugar de procedencia del agua de lastre en el periodo 2019-2020, a tres de las principales zonas portuarias del país, Tumaco, Coveñas y Cartagena, de acuerdo al modelo de riesgo global propuesto por el Programa Asociación Globallast del cual Colombia hizo parte en el 2007.

ÁREA DE ESTUDIO

Actualmente, en Colombia existen 10 zonas portuarias marítimas definidas: siete (7) se encuentran localizadas en la Costa caribe, dos (2) en el Pacífico (Ministerio de Transporte, 2008) y una zona portuaria fluvial (Barrancabermeja y Río Magdalena) (Figura 1). Dentro de las zonas portuarias más activas de la Costa Caribe se destacan Cartagena y Coveñas (Viloria de la Hoz, 2006). En el Pacífico, la zona portuaria de Tumaco presta servicios para la toma de combustible, además de tener muelles pesqueros. A continuación, se presentan algunas de las características de las zonas mencionadas anteriormente.

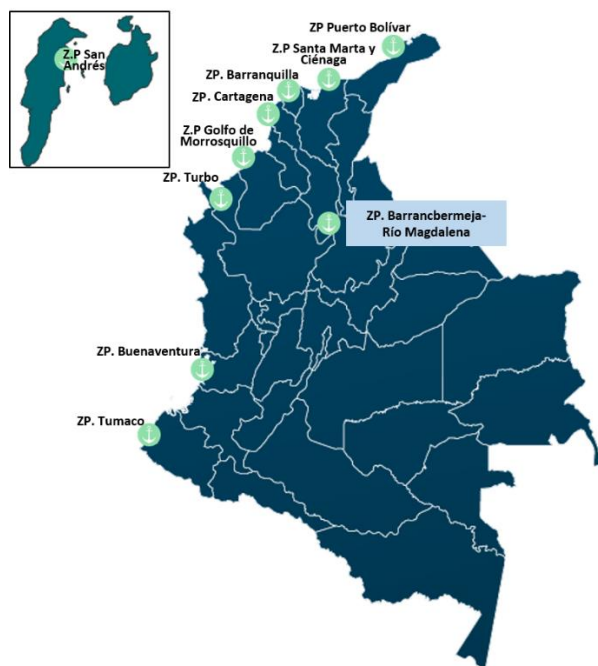


Figura 1. Localización zonas portuarias en Colombia

La Bahía de Cartagena se encuentra localizada en el Caribe colombiano entre latitud $10^{\circ} 26' - 10^{\circ} 16' N$ y longitud $75^{\circ} 30' - 75^{\circ} 36' W$; cuenta con una superficie de 82 km^2 , y una profundidad media de 16 m (CIOH, 2004). La bahía recibe un importante aporte de aguas fluviales provenientes del canal del Dique, lo cual hace que reciba un calificativo de estuario. Cabe señalar que la renovación de aguas oceánicas se presenta a través de dos estrechos de la bahía; Bocagrande en la entrada norte y Bocachica en la entrada sur (Restrepo *et al.*, 2013).

El comportamiento climático de la Bahía presenta una similaridad al descrito en toda la región del Caribe colombiano, el cual es determinado por los vientos Alisios. Además, posee una precipitación media anual que oscila entre los 800 y 900 mm. El periodo seco transcurre desde diciembre hasta marzo con promedios de precipitación entre 1.0 y 37 mm/mes; mientras que la época de lluvia ocurre entre los meses de abril a noviembre e incluso puede extenderse hasta la segunda semana del mes de diciembre, cuyas precipitaciones oscilan entre 29 y 244 mm/mes (Sepúlveda, 2013).

La zona portuaria del Golfo de Morrosquillo se encuentra situado en el mar Caribe entre latitud 9°25' y 9° 43' y longitud 75°35' y los 75°60' (Cañón *et al.*, 2010). Está localizado en los departamentos de Sucre y Córdoba, cerca del archipiélago de San Bernardo, con el cual comparte muchos elementos biológicos, geológicos y morfodinámicos; cuya dinámica de las aguas marinas del golfo obedece a factores regionales como vientos, olas y mareas (Montes, 2002). Las aguas del golfo presentan temperaturas promedio de 24°C y una salinidad de 34 PSU (Molina *et al.*, 1994). Su importancia económica radica en el arribo de gran cantidad de buques tanqueros, algunos recreacionales y mercantiles medianos y pequeños (Neira, 2011). Presenta una extensión de línea de costa aproximada de 142 Km en dirección suroeste – noreste desde la Boca de Corea (río Sinú), hasta Punta San Bernardo (Sucre) (Cañón *et al.*, 2010).

El puerto Tumaco se encuentra ubicado en el Departamento de Nariño, Suroccidente Colombiano sobre las latitudes 1°45'0.00"N y 2°00'00"N y longitud 78°30'0.00"O; el borde costero comprende el municipio de Tumaco y parte del municipio de Francisco Pizarro, en los cuales se destacan las poblaciones de Salahonda, Cabo Manglares y las islas de El Morro, Tumaco y la Viciosa. Presenta profundidades promedio de 35 a 25 m y se constituye como la mayor entrante del litoral nacional comprendiendo un área aproximada de 350 Km² (Parada *et al.*, 2015). Tiene extensas áreas que se cubren y descubre por la dinámica del mar, resultando en áreas fangosas e inestables.

El puerto cuenta con el terminal marítimo de Sociedad Portuaria regional Tumaco, boyas para la toma de combustible en las proximidades de la entrada al canal de Tumaco y Muelle de buques pesqueros (Muelle Puerto Hondo), además de otros muelles informales a lo largo de litoral de la isla de Tumaco utilizados por los nativos para actividades propias de la región (DIMAR-CIOH, 2020).

METODOLOGÍA

A partir de la información consignada en el formato M5-00-FOR-010 Notificación de agua de lastre, entregada a la Autoridad Marítima por los buques que arribaron a las zonas portuarias de Tumaco, Coveñas y Cartagena, se procedió a elaborar matrices para el análisis de la información que permitiera categorizar el riesgo y de introducción de especies invasoras por aguas de lastre, así como, la estadística de arribos a cada puerto.

Para el cálculo de riesgo de introducción se consideró el cálculo de los coeficientes factores de riesgo, establecido por el Programa Globallast de la OMI, considerando la información suministrada en los formatos de registro de agua de lastre de los buques (Tabla 1) (Tabla 2).

Tabla 1. Coeficientes para cálculo de Ecuación Global de Riesgo CRG.

COEFICIENTE	DEFINICIÓN	CÁLCULO
C1	Frecuencia relativa del número de tanques de lastre provenientes de un determinado puerto en relación al total de tanques descargados.	$C1 = \frac{\text{No. de tanques descargados por puerto de origen} * 100}{\text{No. total de tanques descargados en el puerto receptor}}$
C2	Proporción del volumen de agua de lastre de un determinado puerto de origen, en relación al volumen total descargado.	$C2 = \frac{\text{Cantidad de agua descargada por puerto de origen} * 100}{\text{Volumen total descargados en el puerto receptor}}$
C3	Procede de un análisis multivariado de coeficiente de distancia euclidiana, realizado paralelamente, donde se generaron valores de similitud ambiental, entre el puerto receptor y cada puerto donador de agua de lastre.	Se realizó a través de un análisis estadístico (Correlación de Pearson) de variables ambientales.
C4	Proporciona medida del riesgo presentado por cada puerto donador debido al número de especies de riesgo presentes en la biorregión del puerto.	<p>Se tomó como referencia la propuesta de Baro-Narbona y Stotz (2018), se asume que no hay especies potencialmente nocivas, sino que solo hay especies introducidas y reconocidamente nocivas, esto disminuye el error de clasificación de las especies.</p> $C4 = ((I + 10N)) / NT$ <p>Donde: I = Especies introducidas N = Especies reconocidamente nocivas NT = Total de las especies introducidas con base a las regiones marinas relacionadas a los últimos puertos de arribo</p>

Tabla 2. Factores de reducción R1 y R2

Factor de reducción (R1) relacionado con el tamaño de los tanques de agua de lastre				
Capacidad del tanque de lastre (m ³)	<100	100-500	500-1000	1000
R1	0,4	0,6	0,8	1,0
Factor de reducción (R2) relacionado con el tiempo de almacenamiento del agua de lastre				
T(días)	<5	5-10	10-20	20-50
R2	1	0,8	0,6	0,4

EVALUACIÓN DE RIESGO DE INTRODUCCIÓN DE ESPECIES EN LAS ZONAS PORTUARIAS DEL PACÍFICO COLOMBIANO: BAHÍA DE TUMACO

Jenny Lizbeth Parada

Microbióloga Industrial

Centro de Investigaciones oceanográficas e Hidrográficas del Pacífico

Entre el 2019 y 2020 se analizaron 21 formatos de notificación de agua de lastre; en el puerto de Tumaco se descargó un volumen total de 304 236.16 m³ de agua de lastre (182 tanques), provenientes de 15 puertos de origen diferentes. Los puertos que registraron la mayor descarga de agua de lastre fueron Balboa (Panamá), Cherry Point (USA) y Taboguilla (Panamá). En relación con la frecuencia de descarga (C1), el menor valor corresponde al Puerto de Guayaquil (Ecuador); Balboa y Taboguilla (Panamá), presentaron frecuencias de descarga superiores al 15% en relación con el total de los puertos de origen analizados. Así mismo, el 18.58% de arribos provenían del puerto de Cherry Point (USA).

Los puertos de origen que presentaron menor volumen de descarga (C2) fueron Esmeraldas y Guayaquil (Ecuador). Las mayores descargas de agua de lastre durante el 2019 y 2020 provenían de Balboa, Taboguilla (Panamá) y Cherry Point (USA) (Tabla 1). Así mismo, del total de aguas de lastre descargado, el 12,06% provenía del puerto de Mejillones (Chile).

El análisis a partir de los coeficientes C1 y C2 (Figura 1), evidencia que los puertos de origen ubicados en Balboa y Taboguilla (Panamá), así como Cherry Point (USA), representan un riesgo potencial de introducción de especies exóticas al puerto de Tumaco, dadas la frecuencia de arribo, así como los volúmenes de agua de lastre descargados.

Se asume, que cuanto mayor es el número de organismos introducidos con respecto a la descarga del agua de lastre y también mayor es la frecuencia de introducción, mayor es la probabilidad esperada de una introducción exitosa de la especie. Sin embargo, esto es específico de la especie y ciertamente depende de muchas condiciones en cada nuevo entorno donde se introduce. Encontramos que el número total de eventos de descarga de

agua de lastre y su distribución temporal en el entorno receptor, no se han estudiado suficientemente con respecto a su posible impacto e influencia en el nivel de riesgo. Ruiz *et al.* (2013) concluyó recientemente que no había relación entre la cantidad y frecuencia de las descargas de agua de lastre de embarcaciones extranjeras con el número de especies introducidas mediadas por el agua de lastre en 16 grandes bahías en los Estados Unidos. Además, hasta donde sabemos, no existe ni un solo estudio para cuantificar el número mínimo de organismos (presión de propágulos) que sería necesario descargar a través del agua de lastre para permitir el establecimiento de una especie con una población autosuficiente que posteriormente puede convertirse en invasora en un nuevo ambiente (David & Gollasch, 2015).

David y Gollasch (2015) consideran que incluso pequeñas cantidades de organismos nocivos presentes en el agua de lastre descargada pueden resultar en una transferencia exitosa de una especie que a su vez puede tener consecuencias negativas y también consideran que el volumen de agua de lastre descargado en un puerto receptor y la frecuencia de descarga no son una indicación del nivel de riesgo.

Tabla 1. Lista de puertos de origen identificados para el puerto de Tumaco, mostrando proporciones de descarga de tanques de lastre (C1), volúmenes (C2) y similitud ambiental (C3), año 2019-2020.

PUERTO DE ORIGEN DEL AGUA	VOLUMEN DE	No. TANQUES	C1	C2	C3
San Francisco, California USA	7489,4	4	2,46	2,20	0,50
Manta, Ecuador	1706	4	0,56	2,20	0,75
Mejillones, Chile	10120	22	3,33	12,09	*
Acajutla, El Salvador	9275	5	3,05	2,75	0,16
Balboa, Panamá	83854,36	38	27,56	20,88	0,60
Guayaquil, Ecuador	1214	3	0,40	1,65	0,56
Benicia, California USA	22300	13	7,33	7,14	0,50
Callao, Perú	4909	12	1,61	6,59	0,30
Esmeraldas, Ecuador	4157	2	1,37	1,10	0,75
Buenaventura, Colombia	3581	8	1,18	4,40	0,59
Taboguilla, Panamá	46279,4	23	15,21	12,64	*
Cherry Point, USA	56530	23	18,58	12,64	*
San Lorenzo, Honduras	21678	12	7,13	6,59	*
Nuevitas, Cuba	26534	4	8,72	2,20	0,98
Cristobal, Panamá	4609	9	1,51	4,95	*
	304.236,16	182			

*sin datos para el análisis de comparación ambiental

El Anexo 1 muestra los resultados del coeficiente de similaridad ambiental C3. Los puertos de origen ubicados en Ecuador, presentaron mayor similitud ambiental con el puerto de Tumaco dada su ubicación geográfica. El puerto que presentó mayor similitud ambiental fue Nuevitas (Cuba).

Los estudios han demostrado que los organismos, incluso después de ingresar a un nuevo entorno, pueden no sobrevivir, reproducirse o causar daño. Sin embargo, la introducción de otras especies tuvo como resultado drásticos impactos negativos en varias partes interesadas. En muchos casos se demostró que el proceso de introducción y adaptación de las especies al nuevo entorno, antes de que causen daños, puede durar años. Si una especie recién llegada no se está estudiando en profundidad caso por caso (es decir, para cada entorno receptor) es muy difícil, sino casi imposible, predecir el comportamiento de las especies en los nuevos entornos con una fiabilidad aceptable. Por lo tanto, una predicción de estos eventos estocásticos parece poco práctica y casi imposible. Como resultado, el enfoque de precaución para el proceso de decisión de evaluación del riesgo, considera a todos los organismos acuáticos no autóctonos como dañinos y asume que todas las especies dañinas presentes en el puerto donante de agua de lastre, si se descargan, causarán daños en el medio ambiente receptor. En conclusión, esto significa que la descarga de agua de lastre de un puerto donante que contiene especies nocivas ya es un evento indeseable (David & Gollasch, 2015).

EVALUACIÓN DE RIESGO DE INTRODUCCIÓN DE ESPECIES EN LAS ZONAS PORTUARIAS DEL CARIBE COLOMBIANO: CARTAGENA Y GOLFO DE MORROSQUILLO

Tatiana Marín Amado

Tecnóloga en biología

Centro de Investigaciones oceanográficas e Hidrográficas del Caribe

Liseth Johana Arregocés Silva

Bióloga Marina

Centro de Investigaciones oceanográficas e Hidrográficas del Caribe

Luis Alberto De La Hoz Barrientos

Biólogo

Centro de Investigaciones oceanográficas e Hidrográficas del Caribe

EVALUACIÓN DE RIESGO: ZONA PORTURIA DE CARTAGENA

Los puertos de U.S.A, Panamá, e incluso de Colombia, se destacan como los lugares con las mayores frecuencias y volumen de agua deslastrada en el puerto de Cartagena durante el periodo 2019-2020, además de Costa Rica y República Dominicana para el último año (Figura 2). Los resultados del cálculo de C1 y C2 para estos periodos (Anexo 2 –Anexo 5) coincide con el estudio realizado por López *et al.* (2016), en el que se atribuyeron como principales puertos donadores de agua de lastre a Chiriquí grande/Panamá, Houston/U.S.A, al igual que lo reportado por Neira (2011) para el 2005-2009. Algunos autores refieren que el incremento de volumen y la frecuencia de descarga de agua de lastre de los buques conlleva a una mayor probabilidad de éxito de la invasión, así como de la posibilidad de establecimiento de una especie no nativa (Ruíz y Fofonoff, 2000) (Baro y Stotz, 2018).

Por otra parte, y de acuerdo a lo anterior, puertos donadores ubicados en Jamaica, Venezuela, e incluso puertos colombianos como Tumaco (entre otros) con las menores frecuencias de arribo y deslastre presentan un menor riesgo de introducción de especies para el puerto de Cartagena. Sin embargo, la mayoría de estos hacen parte de la misma biorregión con el puerto receptor; estudios realizado por Neira (2011), Coutts *et al.* (2003), Olyarnik *et al.* (2009), Arregocés y Cañón (2015) indican que la misma biorregión y condiciones ambientales similares entre los puertos donadores y el receptor pueden

representan un factor de alta susceptibilidad a la introducción exitosa de especies, considerando que las condiciones ambientales son similares a las de su lugar de origen, y más si el puerto donador ha estado expuesto a eventos de floraciones algales o se ha reportado presencia de organismos no nativos o patógenos.

Bajo éste contexto, el cálculo de C3 dejaría entrever el riesgo probable de introducción de especies de buques procedentes de los puertos de: Estados Unidos y Panamá dado que los valores de similitud para estos puertos.

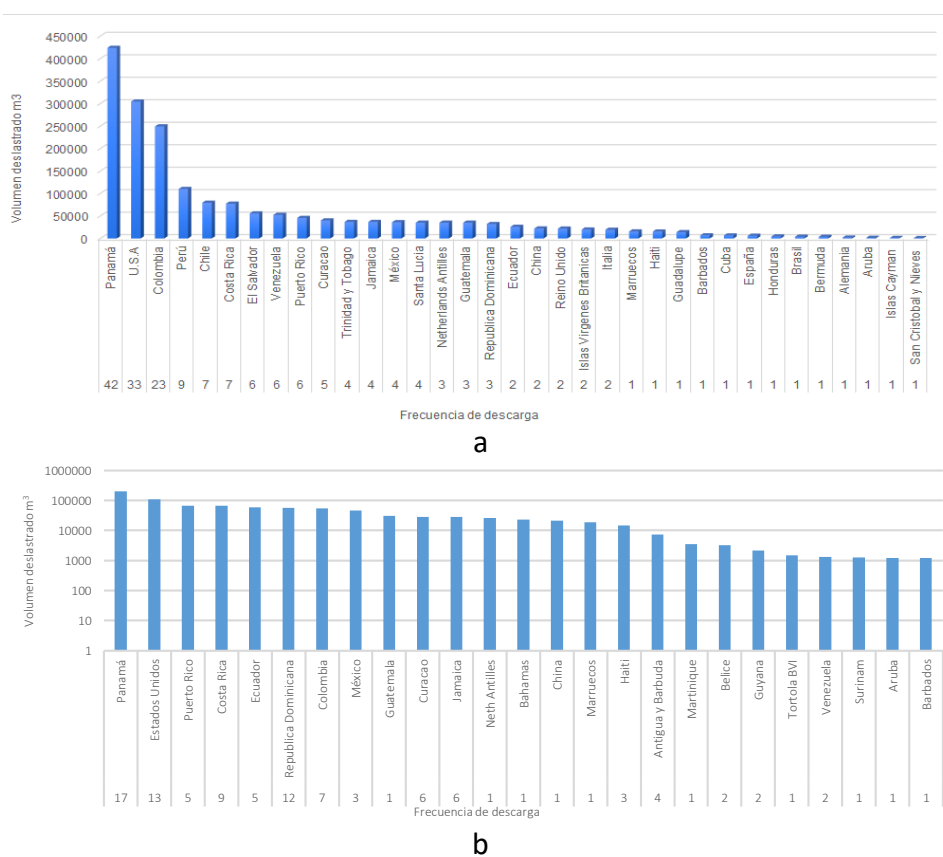


Figura 2. Volumen y frecuencia de descarga del agua deslastrada en la zona portuaria de Cartagena a)2019, b) 2020

El cálculo de C4 evidencia que durante el 2019 el puerto de Algeciras, Valencia/ España, Venecia/Italia y Jorf Lasfar/Marruecos, representan un mayor riesgo por introducción de especies, todos con un valor del 68% de riesgo para el puerto receptor; mientras para el

2020 correspondieron a Estados Unidos, Jamaica y Curacao. Siendo puertos que se encuentran dentro de biorregiones con alta introducción de especies, representando un mayor riesgo para el puerto de Cartagena (Clarke., *et al* 2004).

Otro de los factores involucrados en el éxito de la introducción de especies invasoras, es el tamaño de los tanques de agua de lastre. Cuando los tanques son de mayor tamaño la disminución en los niveles de oxígeno y la calidad del agua ocurren a un ritmo más lento, mientras que los tanques con menor capacidad proporcionan un riesgo menor frente a la invasión biológica (Baro y Stotz, 2018). La Figura 3 permite tener una aproximación de la capacidad de carga de los tanques, puesto que los buques que predominaron en frecuencia de arribo y que a su vez deslastraron en el puerto de Cartagena fueron de grandes dimensiones y capacidades de carga. Hewittet *et al.* (2009) destacan, que, a los buques tanqueros, carga general y de pasajeros, se les atribuye gran parte de las bioinvasiones debido a la magnitud y capacidad de almacenamiento de estas embarcaciones. Sin embargo, se debe tener presente, que el puerto de Cartagena se caracteriza por el alto arribo de buques tipo portantenedores o containereros, en comparación con las demás zonas portuarias del país (Pérez, 2017), es necesario mencionar que la estadística que se presenta se encuentra basada únicamente en los buques que deslastraron en el Puerto Cartagena; dada la disponibilidad información de los formatos de notificación de agua de lastre. Aunque los contenedores no representaron los mayores volúmenes de descarga de agua, este tipo de embarcación realizan cargas o descargas parciales de mercancía en numerosos puertos, que incrementan la composición de especies en sus tanques de lastre, y por ende un aumento del riesgo de introducción de especies (Arregocés y Cañón, 2015). No obstante, es de mencionar que independiente del tipo de embarcación, es claro que la frecuencia de arribo debido creciente demanda del transporte marítimo y dinámica del comercio, aumentará el riesgo por introducción de especies a la zona portuaria de Cartagena.

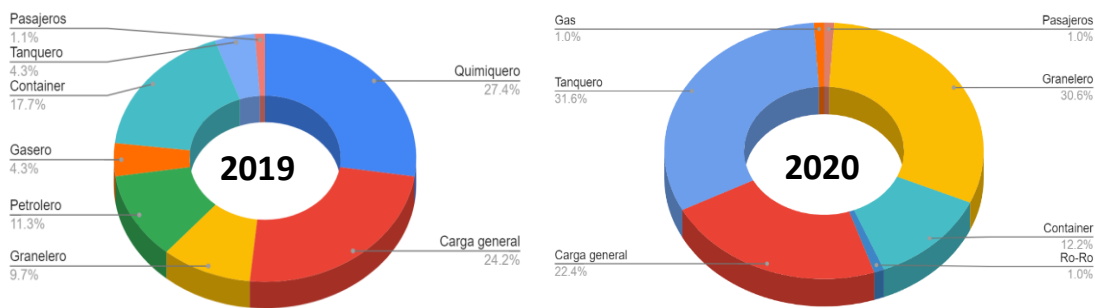


Figura 3. Porcentaje de agua deslastrada por tipo de buque en la Zona portuaria de Cartagena

Por otra parte, la relación comercial de Colombia con los demás países del Caribe, reflejado en la procedencia de buques de la misma biorregión para los años analizados, aumenta la posibilidad de introducción de especies no nativas, debido a la corta duración de los viajes; por tal razón, se evidencia para cálculo de R2 (Anexo) los mayores valores para puertos ubicados en la biorregión del Gran Caribe. La duración del viaje de los buques, influye de manera importante en la sobrevivencia de los organismos; a los cinco días habrá disminuido la densidad planctónica y en 20 días, diversos estadios planctónicos de diferentes especies habrán muerto; sin embargo, pueden permanecer especies tolerantes a cambios abruptos en las condiciones ambientales (Albert *et al.*, 2013).

Por último, el recambio de agua de lastre en mar abierto ha sido adoptado a nivel mundial para reducir la introducción de especies no nativas (Arregocés y Cañón, 2015). El fundamento de ésta medida radica en que las especies adaptadas a entornos y condiciones ambientales de aguas costeras no presentan éxito de sobrevivencia al ser liberados en mar abierto, e igualmente sucede con organismos oceánicos que son transportados en los tanques de lastre descargados en otras zonas portuarias. Sin embargo, durante el recambio es probable que los sedimentos contenidos en los tanques de lastre no logren ser evacuados totalmente; y en este lastre residual puedan sobrevivir algunos estadios de resistencia de especies e incluso de patógenos, que posteriormente serán arrojados al medio mediante las contantes descargas de agua en los diferentes puertos. El volumen total de agua

deslastrada sin recambio en mar abierto fue bajo en comparación con aquellos que realizaron recambio (Figura 4), el ideal de esta medida es que sea efectuado por todas las embarcaciones de acuerdo a lo referido en el Convenio de agua de lastre.

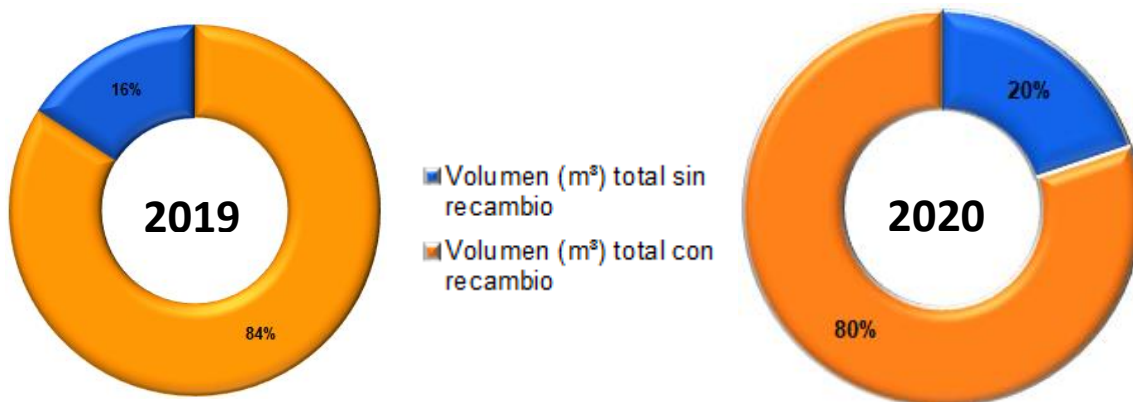


Figura 4. Porcentaje de agua descargada y recambio de agua de lastre

Los lugares de procedencia que registraron la mayor frecuencia de los buques que no realizaron recambio en mar abierto durante el 2019 fueron puertos en Savannah, Houston/U.S.A. Willemstad, Curazao y Balboa, Cristóbal/Panamá (Figura 7), mientras para el 2020 se destacan puerto de Panamá (Balboa, Cristóbal, Patsa), República Dominicana (Rio Haina) y Fort de France (Martinique).

EVALUACIÓN DE RIESGO: ZONA PORTURIA DEL GOLFO DE MORROSQUILLO

El puerto de Coveñas presenta volumen de tráfico de arribos anuales menores a los demás puertos tropicales de Colombia (López *et al.*, 2016; Neira, 2011). A través de los formatos M5-00-FOR-010 Notificación de agua de lastre, emitidos por los buques que arribaron a Coveñas se observó que el 100% de estos se trataron de buques tanqueros (crude oil tanker) (Figura 5) y se evidenció la adopción del intercambio de agua de lastre en mar abierto, como medida minimizar el riesgo de introducción de especies. De acuerdo a Neira (2011), los buques tanqueros se caracterizan por poseer enormes superficies sumergidas y transportar grandes cantidades de agua de lastre, sin embargo, debido al tipo de carga, tienen

características más exigentes de movilidad y de seguridad, dentro de estas el manejo de agua de lastre y el cumplimiento de reglas para su legal funcionamiento.

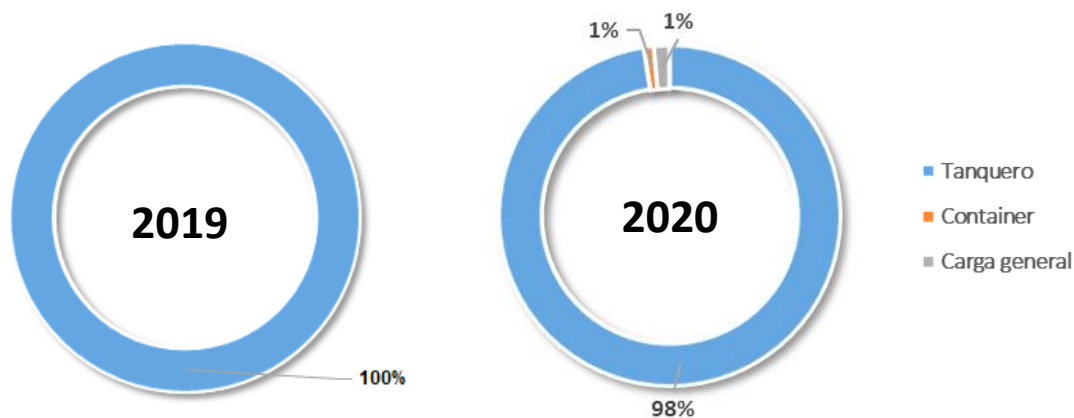
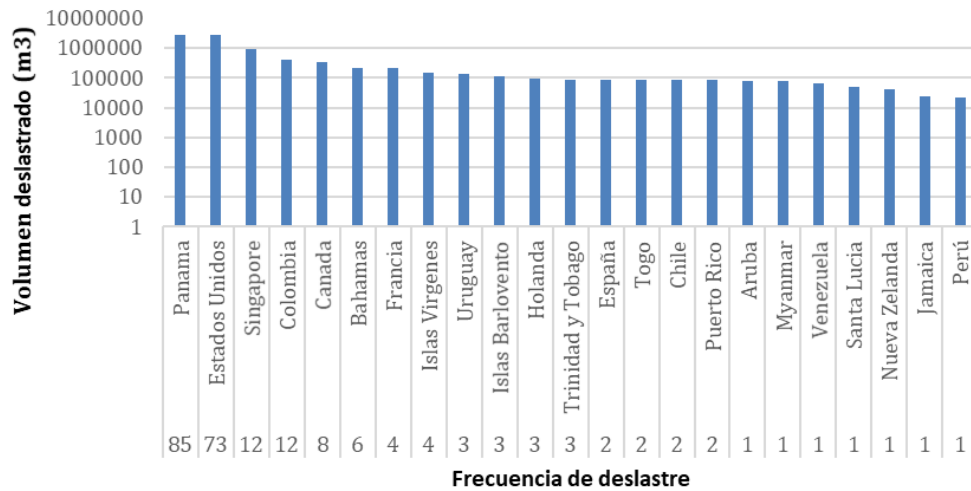


Figura 5. Porcentaje de arribo por tipo de buques a la Zona portuaria de Cartagena

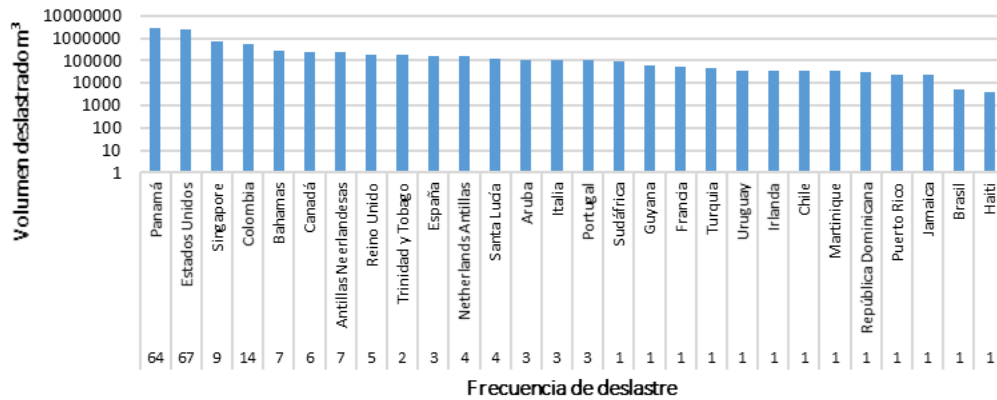
En el año 2019 arribaron al puerto de Coveñas 239 embarcaciones procedentes de 23 países 8.856.901 m³ de agua y 56 puertos; mientras entre enero y octubre de 2020 arribaron 212 embarcaciones procedentes de 67 puertos, que deslastraron 860.7246,02 m³.

De acuerdo con los resultados de los coeficientes para el puerto de Coveñas, se pudo observar que, de todos los orígenes de agua de lastre identificados, los puertos de Panamá, y Singapur, reflejaron un alto valor de riesgo en los coeficientes C1 y C2 para los dos periodos evaluados (Anexo 6 –Anexo 9). La alta frecuencia de arribos de buques procedentes de Panamá (Figura 6) se encuentra asociado a la estrecha relación que se presenta entre los dos puertos en materia de transporte de petróleo (López et al., 2016).

Por otra parte, las condiciones ambientales más similares (C3) a la zona Portuaria de Coveñas se presentaron entre puertos del Gran Caribe; durante el 2019 con los puertos de Mamonal en Colombia, Panamá y Bahamas; y en el 2020 con Antillas Neerlandesas.



a



b

Figura 6. Volumen y frecuencia de origen del agua deslastrada en la zona portuaria del golfo de Morrosquillo a)2019, b) 2020

Con relación a C4, el riesgo presentado por cada puerto donador debido al número de especies invasoras y nocivas se identificó en general que, debido a los valores obtenidos para este coeficiente, los puertos provenientes principalmente de España ubicados en la bio-región del Mediterráneo presentan un mayor riesgo de introducción de especies invasoras y nocivas para el puerto de Coveñas, seguido de los puertos provenientes de Francia, Italia y Portugal. Sin embargo, actualmente en estas zonas presentan un sesgo regional debido al nivel de muestreo acuático y esfuerzo taxonómico (David *et al.*, 2007). Frente a esto, la semejanza climática resulta ser para muchos autores, la variable principal

para evaluar la introducción de una especie exótica o nociva, ya sea por incrustaciones en el casco de los buques o por agua de lastre (Neira, 2011; David *et al.*, 2007).

El cálculo del factor de reducción relacionado con el volumen de los tanques de agua de lastre (R1) (Tabla 2), representó el máximo valor (1000 m³) en cuanto a la capacidad de los tanques de lastre, debido al tipo de buque (tanquero) que arriban a esta zona portuaria y la actividad que realizan (transporte de crudo).

En cuanto al tiempo de almacenamiento del agua de lastre durante el viaje (R2), los puertos que presentaron un mayor riesgo para el puerto de Coveñas se encuentran ubicados en: Panamá, Puerto Rico, Aruba, Bahamas, Venezuela, Jamaica, Trinidad y Tobago e incluso Colombia, debido a la cercanía con el puerto receptor. Como ya se mencionó, puertos localizados dentro de una misma biorregión y condiciones ambientales similares pueden representar entre si alta susceptibilidad a la introducción exitosa de especies (Coutts *et al.*, 2003; Neira, 2011; Arregocés y Cañón 2015).

Aunque no se encuentra documentado el riesgo global para el puerto de Coveñas; se han realizado aproximaciones de riesgo (López *et al.*; 2016), donde se establece la estrecha similitud entre los puertos de Panamá y el puerto de Coveñas.

Por otra parte, se requiere adelantar estudios en los que se evalúan las condiciones ambientales y el éxito de establecimiento de especies presentes dentro de las misma biorregión, que permitan establecer el grado de riesgo de introducción de especies entre los puertos de esta.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A partir de los coeficientes de riesgos propuestos por el Programa Globallast de la Organización Marítima internacional se estima que para el periodo evaluado y a partir de la frecuencia de arribos y volumen de descarga, los buques procedentes principalmente de Panamá y Estados Unidos, presentaron una mayor probabilidad de introducción de especies a las zonas portuarias de Tumaco, Cartagena y el Golfo de Morrosquillo.

Considerando las condiciones ambientales similares entre los puertos donadores y el receptor, se estimó a través del coeficiente C3 que los puertos de Ecuador representan un factor de alta susceptibilidad de introducción de especies para la Bahía de Tumaco; así como, Estados Unidos y Panamá para Cartagena y; Mamonal en Colombia, Bahamas, Panamá y Antillas Neerlandesas para Coveñas. Sin embargo, se debe tener presente que el cálculo de este coeficiente presentó como limitante la disponibilidad de información para abarcar la totalidad de las variables ambientales propuestas en el modelo de riesgo de Globallast.

Los puertos donadores que registran un mayor número de especies introducidas (C4) pueden representar un alto potencial de introducción mediante agua de lastre para las zonas portuarias del Caribe colombiano, sin embargo, en su mayoría correspondieron a puertos de España e Italia para los que el tiempo de confinamiento es mayor. No obstante, es importante considerar que, en los sedimentos residuales de los tanques de lastre, pueden permanecer organismos en estadios de resistencia que al ser liberados y bajo condiciones favorables pueden establecerse en nuevos ambientes.

Se recomienda un mayor seguimiento a la gestión del agua de lastre realizada por los buques procedentes de los puertos que presentaron mayor frecuencia y volumen de deslastre de agua a en las zonas portuarias evaluadas, así como similitud ambiental, con el

fin de minimizar la probabilidad de bioinvasión y garantizar la protección de los ecosistemas marinos y de aquellas áreas protegidas cercanas a las zonas portuarias.

Asimismo, es preciso adelantar la evaluación de riesgo a las demás zonas portuarias del Pacífico y Caribe colombiano, con el fin de priorizar los buques que representan una mayor probabilidad de introducción de especies asociadas al agua de lastre a puertos nacionales. Esta priorización, es una herramienta para facilitar la verificación de la gestión de agua de lastre de buques de tráfico internacional que arriban a puertos colombianos, que realiza la Autoridad Marítima en ejercicio de su función y en cumplimiento de la normatividad nacional, específicamente de la Resolución 0477 de 2012.

BIBLIOGRAFÍA

Albert. R., Lishman. J., y Saxena, J. (2013). Ballast water regulations and move toward concentration-based numeric discharge limits. *Ecological applications*. 23 (2) 289-300. <https://DOI: 10.2307/23440994>

Arregocés. L., y Cañón. M. (2015). Descripción del tráfico marítimo en la Bahía de Cartagena, Caribe Colombiano y sus implicaciones en la introducción de especies por agua de lastre. *Boletín Científico CIOH*. 33: 187-194.

Baro. S., y Stotz. W. (2018). Propuesta para el control del agua de lastre en buques que arriban a puertos de la Ecorregión Marina de Chile Central. *Biología Marina y Oceanografía*. 53 (3) 297-306.

Barry, S.; Hayes, K.; Hewitt, C.; Behrens, H.; Dragsund, E. And M. Siri. 2011. Ballast water risk assessment: principles, processes, and methods. Published by Oxford Journals. 11 p. Gavilán M, Cañón & Tous G. (2005). Comunidad fitoplanctónica en la bahía de Cartagena y en aguas de lastre de buques de tráfico internacional. *Boletín científico CIOH, Cartagena*.

Cañón-Páez. M.L.; Quntana-Saavedra, D.M.; López, R.; Tous, G. y Llamas H.J. 2010. Caracterización físico-química del Golfo de Morrosquillo y tanques de lastre de buques de tráfico internacional. *Bol. Cien. CIOH*. 28: 84-126

DIMAR- CIOH. 2020. Derrotero de las costas y áreas insulares de Colombia. Disponible en: <https://www.cioh.org.co/documents/pdf/arhid/Temporal/Tumaco.pdf>

Clarke. C., Hilliard. R., Junqueira. A. d., Neto. A. d., Polglaze. J., y Raaymakers. S. (2004). Ballast Water Risk Assessment, Port of Sepetiba, Federal Republic of Brazil, December 2003: Final Report. International Maritime Organization. *Globallast Monograph Series*. No.14. IMO London.52-59

Coutts. A., Moore. K., Hewitt. C. 2003. Ships' sea-chests: an overlooked transfer mechanism for non-indigenous marine species? *Marine Pollution Bulletin* 46, 1504–1515.

David, M & Gollasch, S. 2015. Global Maritime Transport and Ballast Water Management Issues and Solutions (Vol. 8). Springer.

David, M., Gollasch, S., Cabrini, M., Perkovic, M., Bosnjak, D. y Virgilio, D. 2007. Results from the first ballast water sampling study in the Mediterranean Sea – the Port of Koper study. *Marine Pollution Bulletin* 54, 53–65.

GLOBAL INVASIVE SPECIES PROGRAMME. 2011. El Manejo de Especies Invasoras en Ambientes Marinos y Costeros. Módulo 3: Prevención. Disponible en: <http://www.gisp.org/publications/courses/marine/marinemodule3sp.pdf>.

Hewitt, C., Gollasch, S., y Minchin, D. (2009). The vessel as a vector-Biofouling, ballast water and sediments in Biological invasions in marine ecosystems. Rilov & Crooks editors. Berlin.

López, J., Palacio, E. y Cañón, M. 2016. Aproximación de riesgo de introducción de especies en puertos colombianos, a través del agua de lastre. *Bol. Cient. CIOH* (34):13-26.

Neira, A. 2011. Análisis de los patrones de tráfico marítimo y su papel en la introducción de especies exóticas en tres puertos mayores del Caribe colombiano: Cartagena, Santa Marta y Coveñas. Tesis de grado. Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Bogotá. 93 pp.

MinTransporte-Ministerio de Transporte. 2008. Actualización de los estudios de ordenamiento físico, portuario y ambiental de los litorales colombianos. INCOPLAN S.A. Bogotá. 203 p.

Montes, S. 2002. Golfos y bahías de Colombia. Editorial banco de occidente. Bogotá.

Molina, A., Molina, C., Giraldo, L., Parra, C. y Chevillot, P. 1994. Dinámica marina y sus efectos sobre la geomorfología del Golfo de Morrosquillo. *Boletín Científico CIOH* (15). pp. 93-113.

Olyarnik, S., Bracken, M., Byrnes, J., Hughes, A., Hultgren, K., y Stachowicz, J. 2009. Ecological factors affecting community invisibility in Biological invasions in marine ecosystems. Gil Rilov & Jeffrey Crooks editors. Berlin.

Parada, J. L., Bermúdez, C., Payán, C. I., & Castrillón, F. A. (2015). Herramientas para la construcción y mejoramiento de las capacidades para la protección medio marino. Informe Técnico, DIMAR - CCCP, Area Protección del Medio Marino, Tumaco.

Pérez. C. 2017. Buenaventura, Cartagena, Santa Marta y Barranquilla, los puertos claves del comercio exterior colombiano. Disponible en: <https://revistadelogistica.com/transporte-y-distribucion/buenaventura-cartagena-santa-marta-y-barranquilla-los-puertos-claves-del-comercio-exterior-colombiano/>

Restrepo. J. C., Franco. D., Escobar. J., Correa. I. D., Otero. L., y Gutiérrez. J. 2013. Bahía de Cartagena (Colombia): distribución de sedimentos superficiales y ambientes sedimentarios. Latin American Journal of Aquatic Research, 41(1), 99–112.

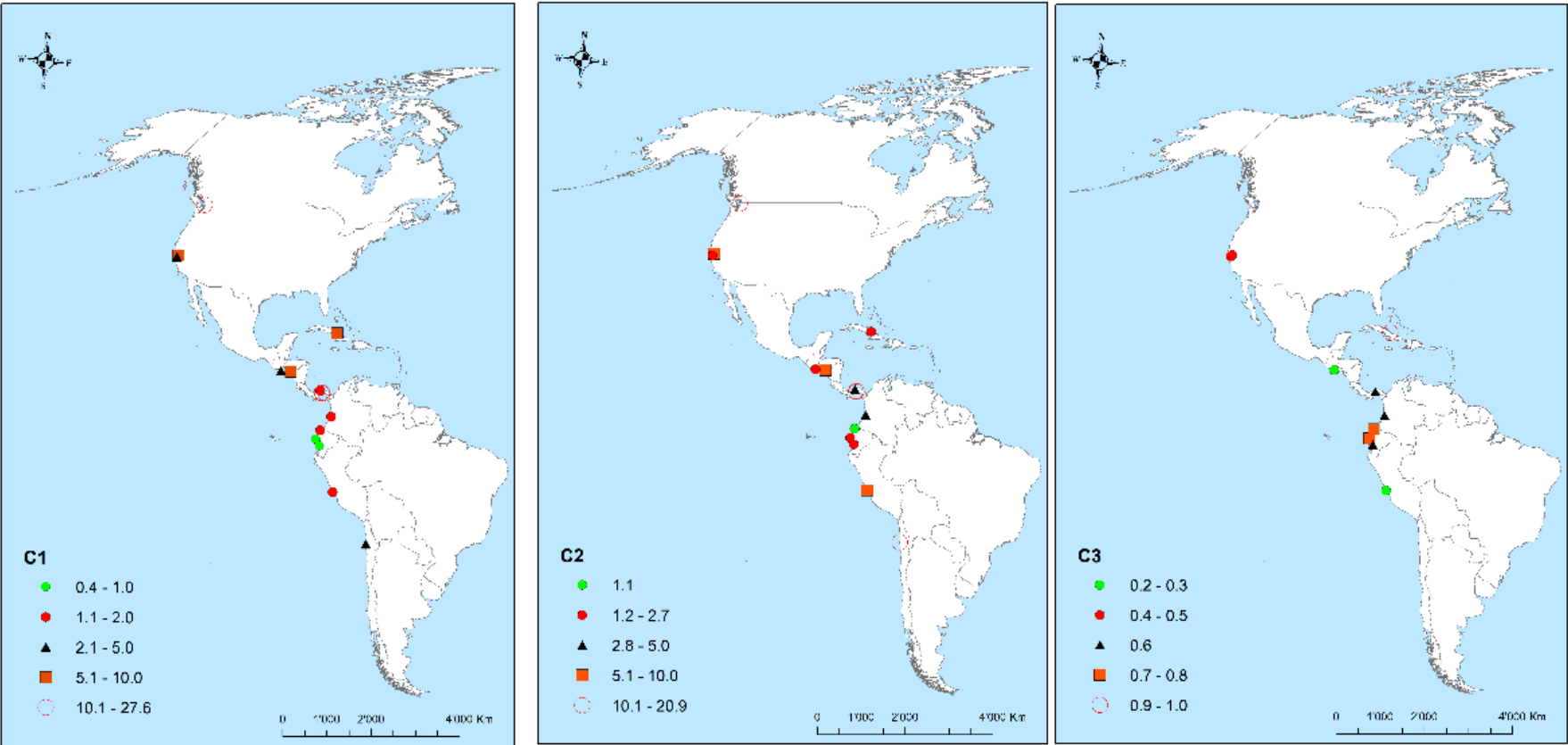
Ruiz y col. (2013)-no está

Ruiz. G., y Fofonoff. P. 2000 Invasion of coastal marine communities in North America: apparent patterns, processes and biases. Annual Review of Ecology and Systematics. 31 481-531. <https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.31.1.481>

Sepúlveda. M. 2013. Identificación de la composición fitoplanctónica en áreas interiores y adyacentes de tres zonas portuarias mayores del Caribe Colombiano. Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano.

Viloria, J. 2006. Ciudades portuarias del Caribe colombiano: propuestas para competir en una economía globalizada. Documentos de trabajo sobre economía regional.No.80. 58 p.

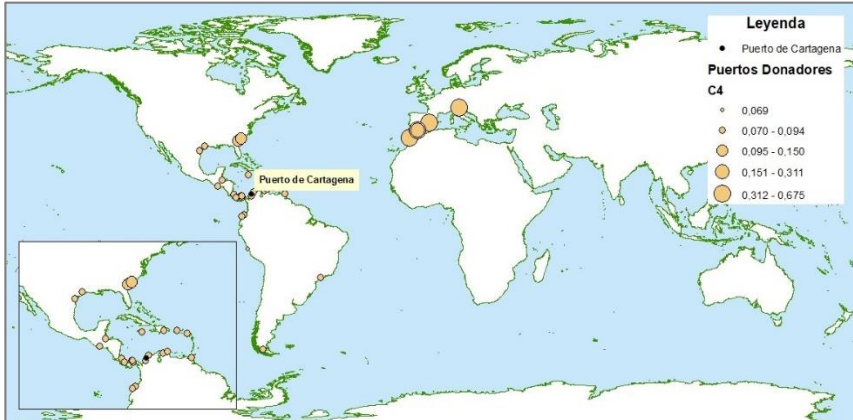
Anexo 1. Representación de los coeficientes de riesgo (C1, C2, C3, C4) para la zona portuaria de Tumaco 2019 -2020



Anexo 2. Cálculo de Coeficiente de Riesgo Global para el puerto de Cartagena, Colombia a partir de la información de arribos durante el año 2019 (*información insuficiente para el cálculo)

ÚLTIMO PUERTO	PAÍS PUERTO	C1	C2	C3	C4	R1	R2
VALENCIA	ESPAÑA	0,005	0,004	0,750	0,675	1	0,6
JORF LASFAR	MARRUECOS	0,006	0,008	0,555	0,675	1	0,6
ALGECIRAS	ESPAÑA	0,006	0,002	0,555	0,675	1	0,6
SAN EUSTAQUIO	ANTILLAS NEERLANDESAS	0,007	0,018	0,750	0,095	1	1
PUNTA CARDÓN	VENEZUELA	0,007	0,010	0,750	0,095	1	1
SAN JUAN	PUERTO RICO	0,007	0,006	0,750	0,095	1	1
CALLAO	PERÚ	0,020	0,030	0,750	0,070	1	0,6
KINGSTON	JAMAICA	0,040	0,016	0,636	0,095	1	0,8
ACAJUTLA	EL SALVADOR	0,006	0,009	0,666	0,095	1	0,8
BARRANQUILLA	COLOMBIA	0,090	0,060	0,500	0,095	1	1
GIBRALTAR	REINO UNIDO	0,006	0,012	0,555	0,312	1	0,4
VENECIA	ITALIA	0,005	0,010	0,333	0,675	1	0,4
WILLEMSTAD	CURACAO	0,030	0,010	0,500	0,095	1	0,6
PUNTA ARENAS	ECUADOR	0,006	0,008	0,500	0,095	1	0,8
TUMACO	COLOMBIA	0,004	0,002	0,461	0,095	1	0,8
MOIN	COSTA RICA	0,030	0,030	0,428	0,095	1	0,4
TOLÚ	COLOMBIA	0,006	0,008	0,416	0,095	1	1
CRISTÓBAL	PANAMÁ	0,050	0,070	0,300	0,095	1	1
ESMERALDAS	ECUADOR	0,010	0,011	0,416	0,095	1	0,8
POINTE A PIERRE	TRINIDAD Y TOBAGO	0,014	0,019	0,357	0,095	1	1
RÍO HAINA	REPÚBLICA DOMINICANA	0,022	0,012	0,357	0,095	1	0,8
SAVANNAH	U.S.A	0,060	0,030	0,272	0,150	1	0,6
PUERTO CORTÉS	HONDURAS	0,011	0,003	0,333	0,095	1	1
BALBOA	PANAMÁ	0,050	0,070	0,214	0,095	1	1
LAS MINAS	PANAMÁ	0,020	0,014	0,300	0,095	1	1
CHIRIQUÍ GRANDE	PANAMÁ	0,030	0,070	0,214	0,095	1	1
CHARLESTON	U.S.A	0,030	0,010	0,272	0,150	1	0,4
CORPUS CHRISTI	U.S.A	0,010	0,019	0,250	0,087	1	0,8
HOUSTON	U.S.A	0,030	0,004	0,181	0,087	1	0,6
SANTOS	BRASIL	0,007	0,003	0,230	0,095	1	0,6
QUETZAL	GUATEMALA	0,025	0,019	*	0,095	1	1
POINT LISAS	TRINIDAD Y TOBAGO	0,008	0,012	*	0,095	1	1
ST, GEORGE'S	BERMUDA	0,008	0,002	*	0,095	1	1
ORANJESTAD	ARUBA	0,007	*	*	0,095	1	1

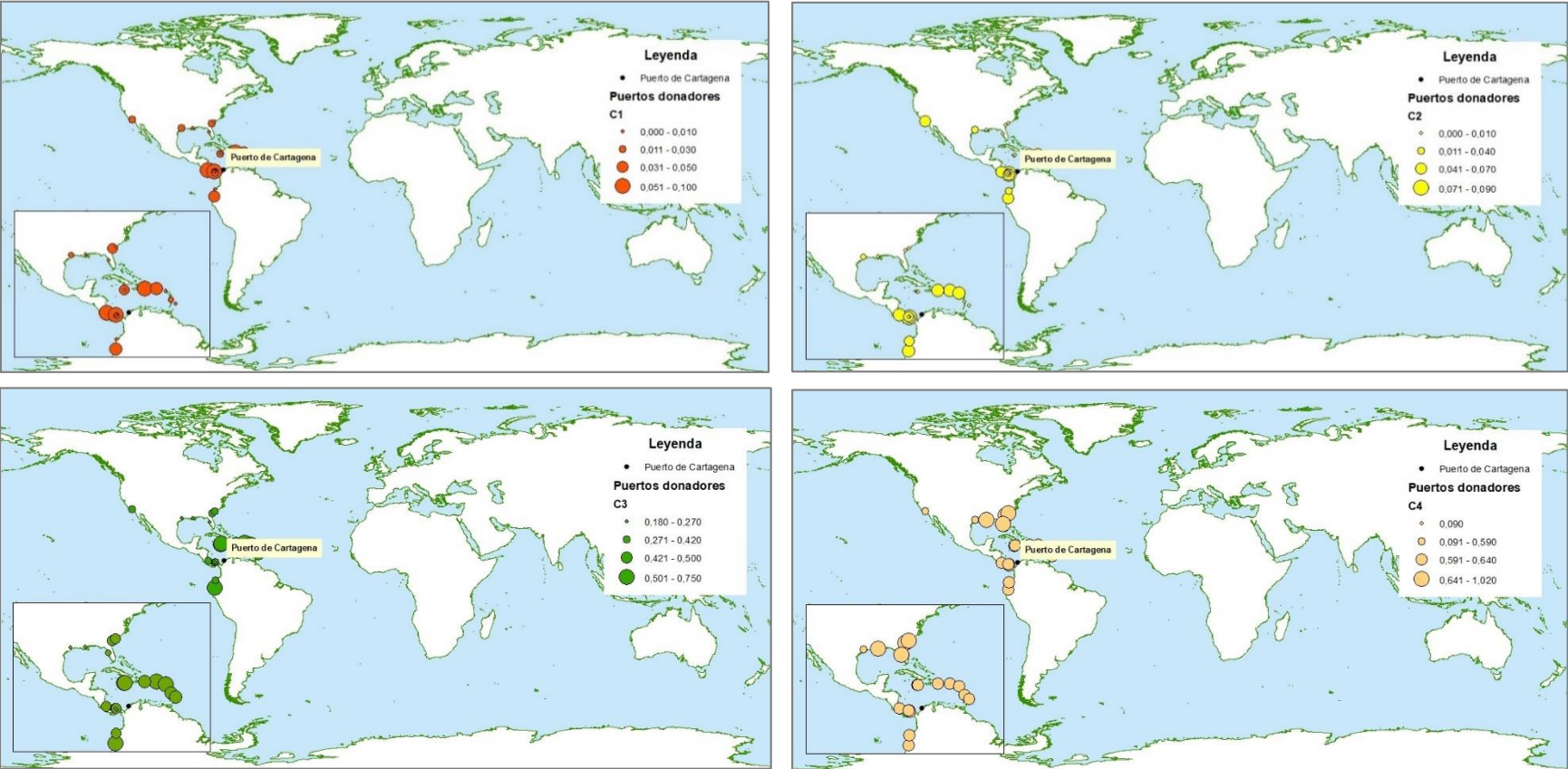
Anexo 3. Representación de los coeficientes de riesgo (C1, C2, C3, C4) para la zona portuaria de Cartagena - 2019



Anexo 4. Cálculo de Coeficiente de Riesgo Global para el puerto de Cartagena, Colombia a partir de la información de arribos durante el año 2020 (*información insuficiente para el cálculo)

PUERTO	PAÍS	C1	C2	C3	C4	R1	R2
SAN JUAN	PUERTO RICO	0,052	0,063	0,750	0,648	1	1
SAN EUSTAQUIO	ANTILLAS NEERLANDESAS	0,018	0,061	0,750	0,648	1	1
PORT ESQUIVEL	JAMAICA	0,030	0,005	0,727	0,648	1	1
KINGSTON	JAMAICA	0,010	0,004	0,727	0,648	1	1
GUAYAQUIL	ECUADOR	0,049	0,062	0,625	0,648	1	1
RIO HAINA	REPÚBLICA DOMINICANA	0,098	0,070	0,485	0,648	1	1
SAVANNAH	ESTADOS UNIDOS	0,033	0,010	0,400	1,025	1	0,8
MOIN	COSTA RICA	0,103	0,075	0,428	0,648	1	1
CHARLESTON	ESTADOS UNIDOS	0,011	0,008	0,400	1,025	1	0,8
FORT DE FRANCE	MARTINIQUE	0,027	0,009	0,500	0,648	1	1
CRISTOBAL	PANAMÁ	0,093	0,041	0,400	0,648	1	1
BRIDGETWON	BARBADOS	0,015	0,003	0,500	0,648	1	1
ESMERALDAS	ECUADOR	0,016	0,045	0,416	0,648	1	1
TAMPA	ESTADOS UNIDOS	0,012	0,009	0,272	1,025	1	0,8
LAS MINAS	PANAMÁ	0,018	0,004	0,400	0,648	1	1
NEW ORLEANS	ESTADOS UNIDOS	0,018	0,003	0,181	1,025	1	0,8
PANAMÁ	PANAMÁ	0,025	0,096	0,214	0,648	1	1
BALBOA	PANNAMÁ	0,026	0,058	0,214	0,648	1	1
EL SEGUNDO	ESTADOS UNIDOS	0,021	0,062	0,375	0,593	1	0,8
DALIAN	CHINA	0,016	0,050	0,625	0,093	1	1
HOUSTON	ESTADOS UNIDOS	0,029	0,036	0,181	0,593	1	0,8
PUERTO AMADOR	PANAMÁ	0,012	0,005	0,214	0,648	1	0,6
BARCADERA	ARUBA	0,015	0,003	*	0,648	1	1
CALDERA	COSTA RICA	0,007	0,015	*	0,648	1	1
CAUCEDO	REPÚBLICA DOMINICANA	0,029	0,005	*	0,648	1	1
ANTIGUA Y BARBUDA	CRABBS	0,014	0,004	*	0,648	1	1
FOND MOMBIN	HAITÍ	0,015	0,014	*	0,648	1	1
LAFITEAU	HAITÍ	0,029	0,010	*	0,648	1	1
LIME TREE BAY	ESTADOS UNIDOS	0,019	0,043	*	0,648	1	0,8
MONTEGO BAY	JAMAICA	0,012	0,045	*	1,025	1	1
MOREHEAD CITY	ESTADOS UNIDOS	0,015	0,029	*	0,648	1	0,8
SAN PEDRO	REPÚBLICA DOMINICANA	0,015	0,006	*	0,593	1	1
SHESAPEAKE	ESTADOS UNIDOS	0,014	0,013	*	0,648	1	0,8
WILLEMSTAD	CURACAO	0,054	0,008	*	1,025	1	1
WOODBIDGE	ESTADOS UNIDOS	0,014	0,004	*	0,895	1	1
LA GUAIRA	VENEZUELA	0,015	0,002	*	0,895	1	1
PATSA	PANAMÁ	0,016	0,043	*	0,648	1	1
ROCKY POINT	JAMAICA	0,021	0,014	*	0,648	1	1
PARAMARIBO	SURINAM	0,016	0,003	*	0,648	1	1

Anexo 5. Representación de los coeficientes de riesgo (C1, C2, C3, C4) para la zona portuaria de Cartagena - 2020

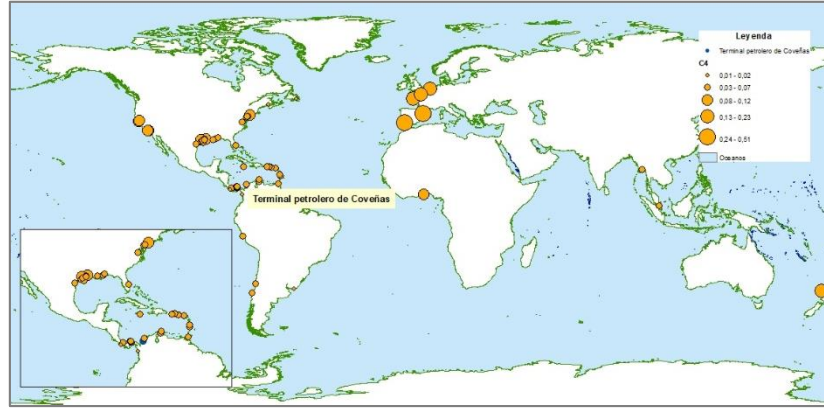
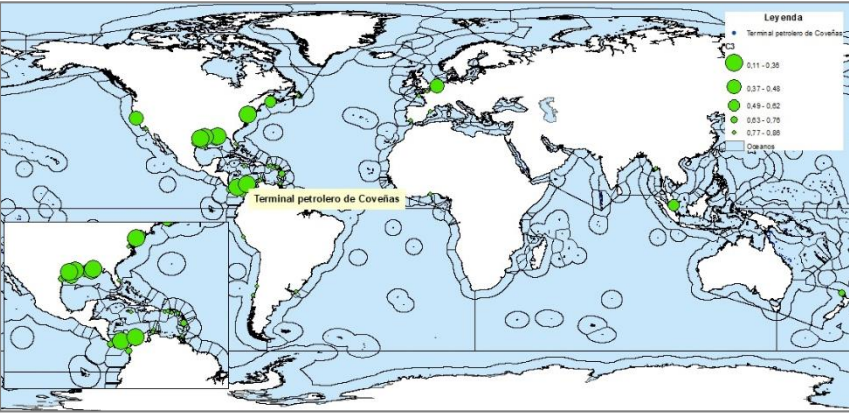
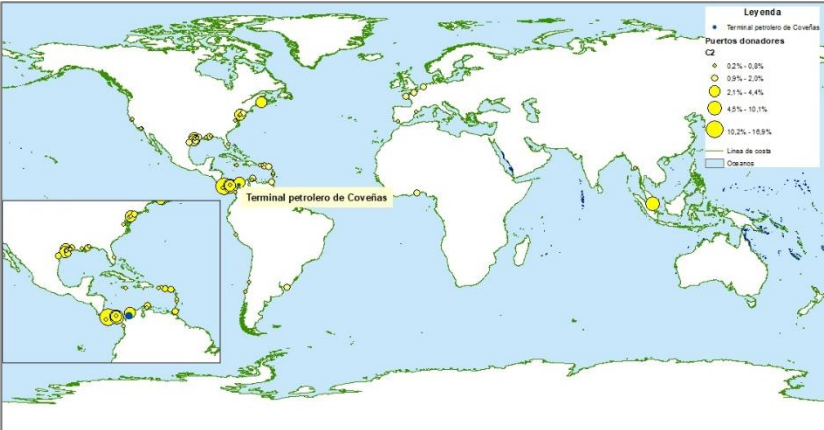
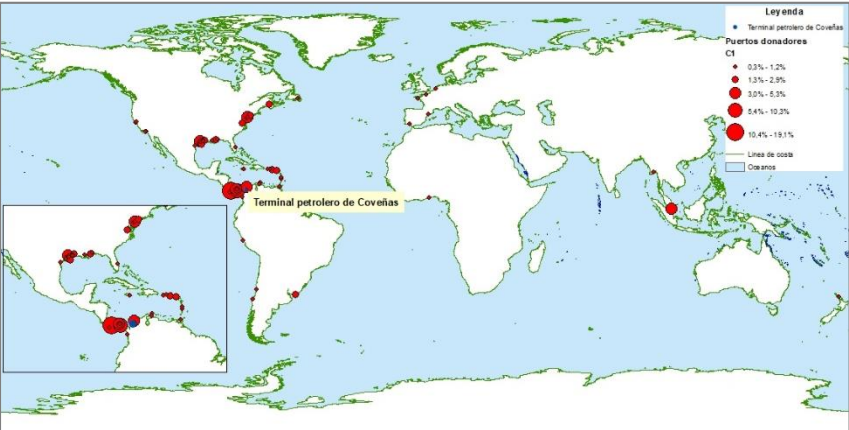


Anexo 6. Cálculo de Coeficiente de Riesgo Global para la Zona Portuaria de Coveñas (Golfo de Morrosquillo), Colombia a partir de la información de arribos durante el año 2019

ULTIMO PUERTO	PAÍS PUERTO	C1	C2	C3	C4	R1	R2
MAMONAL	COLOMBIA	0,054	0,040	0,110	0,073	1	1
PAULSBORO	ESTADOS UNIDOS	0,042	0,041	0,260	0,049	1	0,8
PANAMA CANAL	PANAMA	0,027	0,028	0,328	0,073	1	1
HOUSTON	ESTADOS UNIDOS	0,036	0,043	0,342	0,095	1	0,8
LAKE CHARLES	ESTADOS UNIDOS	0,019	0,018	0,344	0,115	1	0,8
PASCAGOULA	ESTADOS UNIDOS	0,023	0,019	0,357	0,067	1	0,8
MOBILE ALABAMA	ESTADOS UNIDOS	0,009	0,008	0,357	0,067	1	0,8
PORT ARTHUR	ESTADOS UNIDOS	0,005	0,004	0,421	0,067	1	0,8
MARTINEZ	ESTADOS UNIDOS	0,005	0,005	0,426	0,115	1	0,6
ROTTERDAM	HOLANDA	0,009	0,010	0,436	0,240	1	0,8
GALVESTON	ESTADOS UNIDOS	0,020	0,021	0,455	0,067	1	0,8
GOLA	ESTADOS UNIDOS	0,013	0,015	0,455	0,067	1	0,8
FREEPORT	BAHAMAS	0,027	0,025	0,460	0,067	1	1
TEXAS CITY	ESTADOS UNIDOS	0,004	0,004	0,460	0,067	1	0,8
PORT NECHES	ESTADOS UNIDOS	0,009	0,008	0,483	0,067	1	0,8
NEW YORK	ESTADOS UNIDOS	0,018	0,016	0,555	0,115	1	0,8
BALBOA	PANAMA	0,103	0,083	0,589	0,073	1	1
CANAPORT	CANADA	0,029	0,032	0,592	0,026	1	0,8
SINGAPORE	SINGAPORE	0,046	0,101	0,605	0,053	1	0,6
CHALMETTE	ESTADOS UNIDOS	0,004	0,004	0,617	0,067	1	0,8
PHILADELPHIA	ESTADOS UNIDOS	0,044	0,044	0,669	0,049	1	0,8
FORT MIFFLIN	ESTADOS UNIDOS	0,004	0,004	0,669	0,049	1	0,8
SAN FRANCISCO	ESTADOS UNIDOS	0,008	0,009	0,695	0,115	1	0,8
DELAWARE CITY	ESTADOS UNIDOS	0,009	0,008	0,711	0,049	1	0,8
WHANGAREI	NUEVA ZELANDA	0,005	0,005	0,716	0,179	1	0,6
ARMUELLES	PANAMA	0,005	0,004	0,744	0,030	1	1
PUERTO BAHIA SOLANO	COLOMBIA	0,005	0,004	0,749	0,010	1	1
CORPUS CHRISTI TX	ESTADOS UNIDOS	0,009	0,009	0,755	0,067	1	0,8
FORT DE FRANCE	MARTINICA	0,005	0,004	0,757	0,073	1	0,6
CHIRIQUI GRANDE	PANAMA	0,192	0,170	0,760	0,073	1	1
YABUCOA	PUERTO RICO	0,009	0,007	0,775	0,073	1	1
RICHMOND	ESTADOS UNIDOS	0,014	0,008	0,787	0,049	1	0,8
HUELVA	ESPAÑA	0,005	0,004	0,796	0,512	1	0,6

CRISTOBAL	PANAMA	0,036	0,033	0,799	0,073	1	1
LAS MINAS	PANAMA	0,005	0,003	0,799	0,073	1	1
AMUJAY BAY	VENEZUELA	0,007	0,008	0,815	0,073	1	1
PORT LOUIS	FRANCIA	0,004	0,010	0,816	0,240	1	0,8
LE HAVRE	FRANCIA	0,004	0,009	0,816	0,240	1	0,6
YANGON MYANMAR	MYANMAR	0,004	0,009	0,818	0,053	1	0,4
CUL DE SAC	SANTA LUCIA	0,005	0,006	0,818	0,073	1	0,8
GUAYANILLA	PUERTO RICO	0,005	0,002	0,818	0,073	1	1
PUNTA DEL ESTE	URUGUAY	0,020	0,016	0,821	0,030	1	0,8
ST EUSTATIUS	ISLAS BARLOVENTO	0,014	0,013	0,821	0,073	1	0,8
ST. CROIX	ISLAS VIRGENES	0,019	0,017	0,821	0,073	1	1
ST. LUCIA	ESTADOS UNIDOS	0,009	0,008	0,821	0,049	1	0,8
ARUBA	ARUBA	0,012	0,009	0,821	0,073	1	1
CHAGAURAMAS	TRINIDAD Y TOBAGO	0,004	0,010	0,821	0,073	1	1
LOME	TOGO	0,004	0,010	0,821	0,120	1	0,4
TALCAHUANO	CHILE	0,005	0,006	0,826	0,054	1	0,8
QUINTERO	CHILE	0,005	0,004	0,826	0,054	1	0,8
TARRAGONA	ESPAÑA	0,004	0,005	0,827	0,512	1	0,6
KINGSTON	JAMAICA	0,005	0,003	0,832	0,073	1	1
CALLAO VIA	PERÚ	0,004	0,003	0,832	0,054	1	0,8
LONG BEACH	ESTADOS UNIDOS	0,004	0,004	0,841	0,115	1	0,8
EL SEGUNDO	ESTADOS UNIDOS	0,005	0,003	0,843	0,115	1	0,8
COME BY CHANCE	CANADA	0,005	0,005	0,857	0,026	1	0,8

Anexo 7. Representación de los coeficientes de riesgo (C1, C2, C3, C4) para la zona portuaria del Golfo de Morrosquillo-2019



Anexo 8. Cálculo de Coeficiente de Riesgo Global para la Zona Portuaria de Coveñas (Golfo de Morrosquillo), Colombia a partir de la información de arribos durante el año 2020 (*información insuficiente para el cálculo)

PUERTO	PAIS	C1	C2	C3	C4	R1	R2
CHIRIQUÍ GRANDE	PANAMÁ	0,219	0,190	0,923	0,088	1	0,8
ALGECIRAS	ESPAÑA	0,018	0,019	0,714	0,628	1	0,6
SINGAPURE	SINGAPURE	0,039	0,081	0,928	0,064	1	0,4
ANGUSTA	ITALIA	0,010	0,008	0,769	0,628	1	0,4
KINGSTON	JAMAICA	0,005	0,003	0,846	0,088	1	1
CARTAGENA	COLOMBIA	0,037	0,042	0,769	0,088	1	1
FORT DE FRANCE	MARTINIQUE	0,004	0,004	0,857	0,088	1	0,8
SW PASS LIGHTENNING AREA	USA	0,004	0,005	0,785	0,139	1	0,8
SAN JUAN	PUERTO RICO	0,009	0,005	0,769	0,088	1	1
PUNTA PALENQUE	REPÚBLICA DOMINICANA	0,005	0,004	0,769	0,088	1	1
ST CROIX	ISLAS VIRGENES	0,014	0,011	0,769	0,088	1	0,8
SABINE IZ AREA	USA	0,004	0,004	0,785	0,081	1	0,8
GIBRALTAR	REINO UNIDO	0,010	0,010	0,714	0,290	1	0,4
TRIESTE	ITALIA	0,005	0,004	0,571	0,628	1	0,4
ST EUSTATIUS	ANTILLAS NEERLANDESAS	0,027	0,018	0,692	0,088	1	1
MAMONAL	COLOMBIA	0,024	0,020	0,692	0,088	1	1
CRISTOBAL	PANAMÁ	0,043	0,031	0,642	0,088	1	1
JOSE IGNACIO	URUGUAY	0,004	0,004	0,769	0,036	1	0,6
LEIXOES	PORTUGAL	0,005	0,004	0,538	0,628	1	0,4
SINES	PORTUGAL	0,004	0,004	0,538	0,628	1	0,4
FREEPORT	BAHAMAS	0,031	0,030	0,642	0,088	1	1
CORPUS CHRSTI	USA	0,028	0,029	0,642	0,081	1	1
BALBOA	PANAMÁ	0,032	0,029	0,615	0,088	1	1
BARBERS POINT HAWAI	USA	0,004	0,004	0,692	0,060	1	0,8
LISBON	PORTUGAL	0,004	0,004	0,461	0,628	1	0,4
CANAL DE PANAMÁ	PANAMÁ	0,004	0,004	0,615	0,088	1	1
MOBILE	USA	0,015	0,009	0,571	0,139	1	0,8
TEXAS	USA	0,006	0,004	0,571	0,139	1	0,8
PASCAGOULA	USA	0,023	0,021	0,571	0,081	1	0,8
GALVESTON	USA	0,013	0,014	0,571	0,081	1	0,8
ST JAMES	USA	0,004	0,005	0,500	0,139	1	0,8
NEW ORLEANS	USA	0,006	0,004	0,500	0,139	1	0,8
LONG BEACH	USA	0,008	0,009	0,461	0,139	1	0,8

VILA DO CONDE	BRASIL	0,008	0,001	0,500	0,088	1	0,8
BATON ROUGE	USA	0,005	0,003	0,500	0,060	1	0,8
HOUSTON	USA	0,028	0,029	0,428	0,081	1	0,8
FOS	FRANCIA	0,004	0,006	0,307	0,290	1	0,6
PEMBROKE	REINO UNIDO	0,006	0,004	0,307	0,290	1	0,4
CHALMETTE, NEW ORLEANS	USA	0,010	0,007	0,357	0,060	1	0,8
PONIT TUPPER	CANADÁ	0,010	0,011	0,357	0,031	1	0,6
SANIT JOHN	CANADÁ	0,005	0,004	0,357	0,031	1	0,6
NEW YORK	USA	0,011	0,007	0,214	0,139	1	0,8
NEW JERSEY	USA	0,005	0,004	0,214	0,139	1	0,8
CAPE TOWN	SUDÁFRICA	0,004	0,011	0,230	0,145	1	0,4
FAWLEY	REINO UNIDO	0,005	0,005	0,153	0,290	1	0,4
ROTTERDAM	ANTILLAS NEERLANDESAS	0,010	0,009	0,000	0,290	1	0,8
PAULSBORO, NEW JERSEY	USA	0,030	0,028	0,142	0,060	1	0,8
DELAWARE TRAINER	USA	0,024	0,019	0,142	0,060	1	0,8
PHILADELPHIA	USA	0,002	0,021	0,142	0,060	1	0,8
WHITEGATE	IRLANDA	0,003	0,004	0,071	0,290	1	0,4
CANAPORT	CANADÁ	0,015	0,012	0,142	0,031	1	0,6
CUL DE SAC BAY	ST LUCIA	0,019	0,013	0,692	0,139	1	0,8
GOLA	USA	0,009	0,014	0,357	0,060	1	0,8
ARUBA	ARUBA	0,014	0,013	*	*	*	*
BOLIVAR ROADS	USA	0,009	0,007	*	*	*	*
FALMOUTH	REINO UNIDO	0,004	0,004	*	*	*	*
LAFFITEAU	HAITI	0,006	0,000	*	*	*	*
LIMITREE BAY, ST CROIX	ISLAS VIRGENES	0,008	0,008	*	*	*	*
LIZA DESTINY FPSO	GUYANA	0,004	0,007	*	*	*	*
PUERTO BAHÍA	COLOMBIA	0,004	0,004	*	*	*	*
ST CHARLES	USA	0,005	0,004	*	*	*	*
ST LUCIA	ST LUCIA	0,005	0,003	*	*	*	*
SW PASS OFFSHORE	USA	0,010	0,008	*	*	*	*
TABOQUILLA ISLAND	PANAMÁ	0,005	0,003	*	*	*	*
TRINIDAD Y TOBAGO	TRINIDAD Y TOBAGO	0,016	0,020	*	*	*	*
TUZLA	TURQUIA	0,004	0,005	*	*	*	*
VALPARAISO	CHILE	0,005	0,004	*	*	*	*

Anexo 9. Representación de los coeficientes de riesgo (C1, C2, C3, C4) para la zona portuaria del Golfo de Morrosquillo-2020

