

Evolución del comportamiento de la carga contaminante anual aportada por la cuenca de la bahía de la Habana a través de los ríos Luyanó, Martín Pérez y arroyo Tadeo

MSC. VÍCTOR MANUEL SENDE ODOARDO

Investigador Agregado
victor@cimab.transnet.cu

MSC. EDUARDO RENÉ ARLA ODIO

Especialista Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente
eduardo@cimab.transnet.cu

ING. WENDY RODRÍGUEZ PEÑA

Especialista Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente
wendyrp@cimab.transnet.cu

MSC. PEDRO FREDDY POTRILLÉ TITO

Investigador auxiliar
freddy@cimab.transnet.cu

LIC. FÉLIX BÁRBARO SOLAR GARCÍA

Especialista Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente
fsolar@cimab.transnet.cu

Resumen

La gestión ambiental de la cuenca de la Bahía de La Habana es un factor esencial en el desarrollo sustentable de la ciudad. A través de los ríos y arroyos tributarios de su cuenca hidrográfica se descarga un volumen importante de aguas residuales sin tratar que incidan negativamente en la calidad y estado de sus aguas.

El presente trabajo presenta la evolución del comportamiento de la carga contaminante aportada a la Bahía de La Habana por los ríos Luyanó, Martín Pérez y Arroyo Tadeo, a partir de la determinación de sus caudales y de diferentes parámetros fisicoquímicos estudiados en varios períodos en nueve estaciones de monitoreo.

Los resultados evidencian que las cargas contaminantes promedio aportadas a la Bahía de La Habana han aumentado progresivamente entre los años 2011 al 2017, y las tres corrientes fluviales mantienen un deterioro en la calidad ambiental de sus aguas. De ellos, el río Luyanó aporta la mayor cantidad de contaminación en valores de carga, seguido por el río Martín Pérez. El Arroyo Tadeo presenta igualmente un alto grado de contaminación, a pesar de ser la corriente de menor longitud y de menor caudal.

Abstract

The environmental management of the basin of the Bay of Havana is an essential factor in the sustainable development of

the city. Through the tributary rivers and streams of its watershed, is discharged a significant volume of untreated wastewater, affecting the quality and condition of its waters.

The present work presents the evolution of the behavior of the pollutant load contributed to the Bay of Havana by the rivers Luyanó, Martín Pérez and Tadeo Stream, from the determination of their flows and different physicochemical parameters in several periods in nine monitoring stations.

The results show that the average pollutant loads contributed to the Bay of Havana have progressively increased between 2011 and 2017, and the three fluvial streams maintain a deterioration in the environmental quality of their waters. Of these, the Luyanó River contributes the greatest amount of contamination in terms of pollutant load values, followed by the Martín Pérez River. The Tadeo Stream also presents a high degree of contamination, despite being the current of shorter length and lower flow.

Palabras claves: Ríos, Bahía, Carga contaminante

Keywords: Rivers, Bay, Polluting load

Introducción

La cuenca hidrográfica de la Bahía de La Habana es un área de terreno que drena el agua de lluvia y un volumen importante de las aguas albañales generadas por las poblaciones de la ciudad hacia la bahía a través de los ríos Luyanó, Martín Pérez y el Arroyo Tadeo.

Estas corrientes fluviales presentan diversos grados de contaminación debido a los aportes de aguas residuales domésticas e industriales que ingresan en diferentes puntos de sus cauces y aportan una elevada carga contaminante, responsable en gran medida del actual nivel de contaminación presente en las aguas y sedimentos de la bahía.

Las acciones del Grupo de Trabajo Estatal para el Saneamiento de la Bahía de La Habana (GTE Bahía Habana) han estado dirigidas a la búsqueda de soluciones que permitan mejorar la calidad ambiental de la cuenca. El Centro de Investigación y Manejo Ambiental del Transporte (Cimab), ha desarrollado estudios relacionados con la determinación de parámetros indicadores de contaminación en las aguas que descargan a la bahía a través de los ríos de su cuenca tributaria, así como la cuantificación de carga contaminante anual aportada a esta.

Aunque existen referencias de estos estudios desde el año 1985, Se destacan los trabajos desarrollados por Beltrán (2017), relacionados con el control y evolución de la calidad

ambiental de la Bahía de La Habana, y los trabajos desarrollados por Sende (2014) y Arla, *et al.* (2016-2018) sobre la determinación de la carga contaminante anual aportada por la cuenca de la bahía de La Habana a través de los ríos Luyanó, Martín Pérez y el Arroyo Tadeo.

El objetivo de este trabajo consiste en exponer la evolución del comportamiento de la carga contaminante anual aportada por los ríos Luyanó, Martín Pérez y el arroyo Tadeo a la bahía de La Habana.

Materiales y métodos

Los métodos analíticos empleados para cada uno de los indicadores de calidad se corresponden los reportados en «Standard Methods for the examination of Water and Wastewater» Edición No. 20. (APHA, 1998). Los resultados obtenidos en la caracterización se compararon con la Norma Cubana NC-521: 2007 para el vertimiento de aguas residuales a las costas y áreas marinas para «Clase E: Áreas marinas constituidas por bahías donde se desarrolla la actividad portuaria (ONN, 2007)».

Se realizó un recorrido de campo por el tercio inferior, medio y superior de las cuencas hidrográficas de los ríos Luyanó y Martín Pérez y del arroyo Tadeo. Se ubicaron tres (3) estaciones de muestreo y aforo en cada río, en las que se realizaron, de manera simultánea, la toma de muestras y la determinación del caudal.

Las cargas contaminantes aportadas por cada corriente se calcularon a partir de los resultados de los análisis realizados a nivel de laboratorio y de los caudales calculados en las estaciones de muestreo y aforo ubicadas en la desembocadura de cada corriente fluvial, resultados considerados como valores puntuales en cada lugar.

Resultados y discusión

Comportamiento de los principales Parámetros Físico-químicos

Río Luyanó

El río Luyanó, durante los estudios realizados por varios años, ha mantenido una degradación de los valores de oxígeno disuelto (OD) a lo largo de su cauce, con valores siempre inferiores a 2.0 mg L⁻¹ en la desembocadura. Los valores de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅) se han mantenido por debajo de los límites máximos permisibles promedio (LMPP) reportados en la NC 521:2007, al igual que en el caso de la Demanda Química de Oxígeno (DQO).

Los resultados de los parámetros fósforo total (PT) y Nitrógeno Total Kjeldal (NTK), en cada estación de muestreo, estuvieron por debajo del valor establecido por la NC 521:2007 (ONN, 2007), con un aumento de las concentraciones de las mismas a medida que nos aproximamos a la desembocadura.

Para el caso de las especies de nitritos, nitratos, y amonio, se observó un comportamiento similar en cuanto a tendencia en la corriente, y los valores se mantienen en cada estación por debajo del valor establecido. Los sólidos totales muestran un aumento importante en concentración a medida que nos acercamos a la desembocadura.

Río Martín Pérez

El OD mostró una tendencia a la disminución de sus valores a lo largo del cauce, con valores de la variable en la estación ubicada en la desembocadura en el orden de 0.85 mg L⁻¹. Los valores de DBO₅ durante estuvieron por debajo de los LMPP reportados en la NC 521:2007, al igual que en el caso de la DQO.

Los valores de nitrógeno total (NT) y PT estuvieron por debajo del valor normado. Los sólidos totales muestran un aporte importante en cuanto a concentración en cada estación.

Arroyo Tadeo

En el arroyo Tadeo se observa un efecto de incremento de los valores del OD disuelto a la altura del segundo tramo debido a aportes de agua potable. A pesar de ello, se observan valores bajos de la variable en las corrientes en los dos últimos tercios, que afectan al cuerpo receptor, con valores siempre inferiores a 2.0 mg L⁻¹ en la desembocadura.

En varios muestreos realizados, los valores de DBO₅ alcanzan el LMPP en la desembocadura, violándose este parámetro de la norma de referencia. Los valores de PT y de nitrógeno y sus especies son elevados, sobrepasándose los LMPP en algunas ocasiones. En el caso de ST y los sólidos suspendidos totales (SST), se han mostrado los valores mas elevados de la variable. Desde la primera estación de muestreo los resultados sobrepasaron los LMPP establecidos por la NC 521:2007 fundamentalmente en las dos últimas estaciones.

Medición de Caudales

En la Tabla 1 se puede apreciar el comportamiento del caudal medio de cada corriente fluvial, así como el aporte total a la bahía.

Tabla 1. Caudales aportados a la Bahía de La Habana. Año 2017.

Corriente	Caudal medio (m ³ h ⁻¹)		Aporte (%)	
	Período Poco lluvioso	Período lluvioso	Período Poco lluvioso	Período lluvioso
Río Luyanó	12275	14563	60	63
Río Martín Pérez	7656	8243	38	35
Arroyo Tadeo	327	462	2	2
Caudal Total	20258	23268	-	-

(Fuente: Arla E. *et al.* 2018)

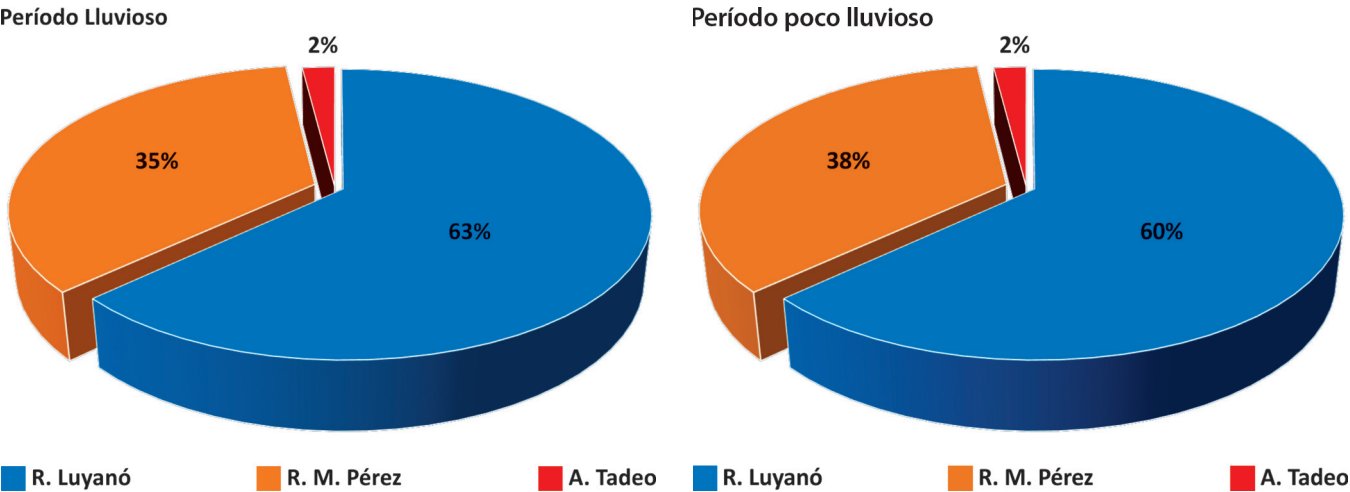


Figura 1. Aporte de las corrientes a la bahía de La Habana. Períodos lluvioso y poco lluvioso, 2017. (Fuente: Arla, et al. 2017).

En la Figura 1 que se muestran los aportes de cada corriente en las temporadas lluviosa y poco lluviosa. Estos valores muestran que, con independencia de la temporada estacional, las corrientes fluviales analizadas aportan porcentajes similares de caudales a la bahía de La Habana, lo que evidencia que reciben en mayor medida las aguas residuales de asentamientos poblacionales e industrias que se encuentran ubicadas en sus cuencas. El río Luyanó aporta un caudal que representa entre el 60-72% del volumen total de las aguas entregadas por estas

corrientes fluviales a la bahía, el 25-35% corresponden al río Martín Pérez y alrededor de un 2-3 % al arroyo Tadeo.

Comportamiento y evolución de la carga contaminante

La tabla 2 muestran los resultados de las cargas contaminantes obtenidas en campañas realizadas en diferentes años. Son significativos los aportes de carga contaminante del río Luyanó, que representan el mayor por ciento de la carga total aportada a la bahía. Por su parte el arroyo Tadeo, con un

Tabla 2. Carga contaminante promedio aportada a la bahía de La Habana. 2002-2017.

Corriente Fluvial	Año	Cargas promedio aportada (ton.día ⁻¹)					
		DBO ₅	DQO	PT	NTK	ST	SST
Río Luyanó	2002	9.48			1.07		
	2007	6.26	27.98	0.77	0.96		51.20
	2009	19.28	38.66	0.43	7.35		57.45
	2010-2011	5.75	18.64	0.28	2.14	28.65	10.67
	2013-2014	9.94	36.02	3.01	4.55	225.05	15.76
	2015-2016	21.54	51.06	0.40	9.71	1064.30	20.22
	2017	37.2	52.0	3.60	10.4	2018.00	21.00
Río Martín Pérez	2002	1.25		0.05	0.24		
	2007	1.71	2.43	0.17	0.25		16.17
	2009	4.28	11.43	0.05	1.52		13.60
	2010-2011	1.66	6.58	0.05	0.63	54.93	2.89
	2013-2014	2.09	7.08	0.54	1.04	47.96	3.65
	2015-2016	7.81	16.43	0.11	3.30	371.76	7.13
	2017	22.0	50.0	0.00	5.00	1049.00	13.0
Arroyo Tadeo	2002	1.54		0.04	0.10		
	2007	0.47	1.64	0.02	0.02		1.18
	2009	0.57	0.69	0.07	0.14		0.93
	2010-2011	0.59	1.57	0.02	0.18	9.82	0.74
	2013-2014	0.70	1.68	0.19	0.29	11.54	0.79
	2015-2016	0.92	1.77	0.01	0.16	32.40	0.86
	2017	2.00	3.00	0.03	0.12	17.00	1.00
Bahía de la Habana		61.0	105.0	3.60	15.4	3084.00	35.0

(Fuente: Arla, et al. 2018)

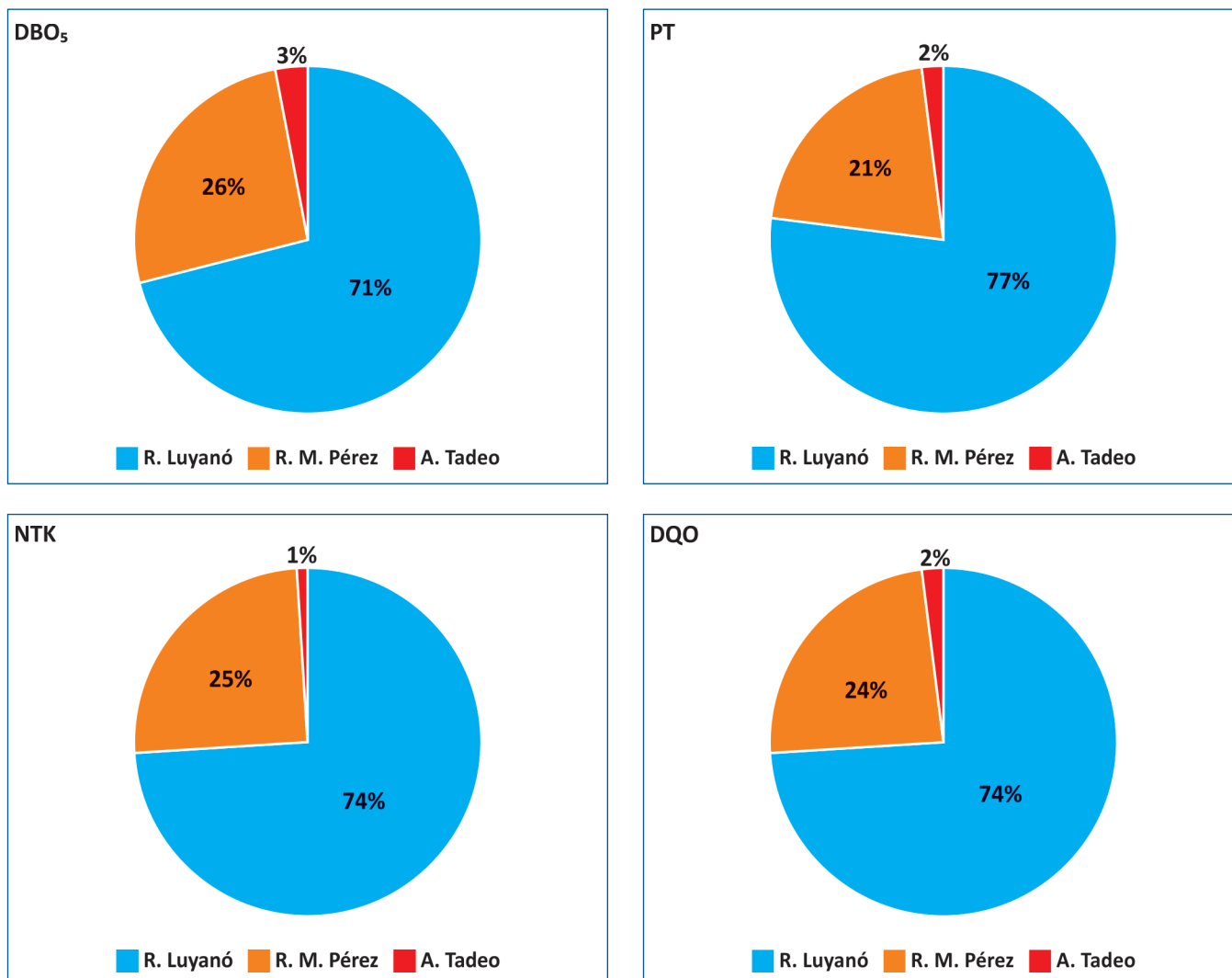


Figura 2. Porcientos de aporte a la bahía de La Habana de cada corriente. Período 2012-2017 (Fuente: Beltrán, et al. 2017).

menor caudal, muestra un incremento progresivo de todos sus parámetros, lo que evidencia que su degradación en el tiempo ha sido progresiva a partir del año 2007-2009.

En la Figura 2 se muestran los gráficos con los valores promedio de aporte de cada corriente a la bahía de La Habana, en las campañas de los años 2012 al 2017, para las variables DBO₅, DQO, NTK y PT.

Como se puede observar, son significativos los aportes de carga contaminante del río Luyanó en términos de DBO, DQO, NTK y PT, que representan el mayor porcentaje de la carga total aportada a la bahía, siempre superior al 70%. Le sigue el río Martín Pérez, con alrededor del 25% de la carga de DBO, DQO, NTK y PT incorporada al cuerpo receptor. Por su parte el arroyo Tadeo, con un menor caudal, aporta aproximadamente el 3% de la carga total a este cuerpo.

Los siguientes gráficos muestran la evolución del comportamiento de las cargas para cada corriente fluvial en particular entre los años 2002 al 2017.

Los valores de carga orgánica biodegradable, expresadas como DBO₅, aportadas a la bahía Habanera entre los años 2013 al 2017 han aumentado en comparación con períodos anteriores, similar comportamiento manifiesta la carga expresada como DQO, y la de nitrógeno.

La carga promedio de los sólidos totales, entre los años 2011 al 2017, se incrementa de manera significativa y progre-

siva. En este período (2011-2017) se observó un incremento en prácticamente todos los parámetros al compararlos con períodos anteriores, lo que evidencia que la degradación en el tiempo ha sido progresiva a partir del año 2007.

Conclusiones

- ▶ En el período analizado, los tres cuerpos de agua analizados (ríos Luyanó, Martín Pérez y arroyo Tadeo), mantienen un deterioro en la calidad ambiental de sus aguas, fundamentalmente en los dos últimos tercios, y significativamente mayor en las zonas cercanas a la desembocadura.
- ▶ Las tres corrientes fluviales mantienen un aporte de caudal de sus aguas similar a los calculados en estudios anteriores. El río Luyanó aporta un caudal que representa casi entre el 60-70% del volumen total de las aguas entregadas a la bahía, un 30-37% en el caso del río Martín Pérez y entre 2-3% para el Arroyo Tadeo.
- ▶ El río Luyanó impacta de forma mas severa a la bahía de la Habana, con más de 50% de la carga de DBO₅, alrededor del 75% de la carga de DQO y mas del 79% de la carga de nutrientes, más de las tres cuartas partes de los sólidos dispuestos y un caudal que representa aproximadamente el 75% del volumen total de las aguas entregadas a la bahía por estas corrientes fluviales.

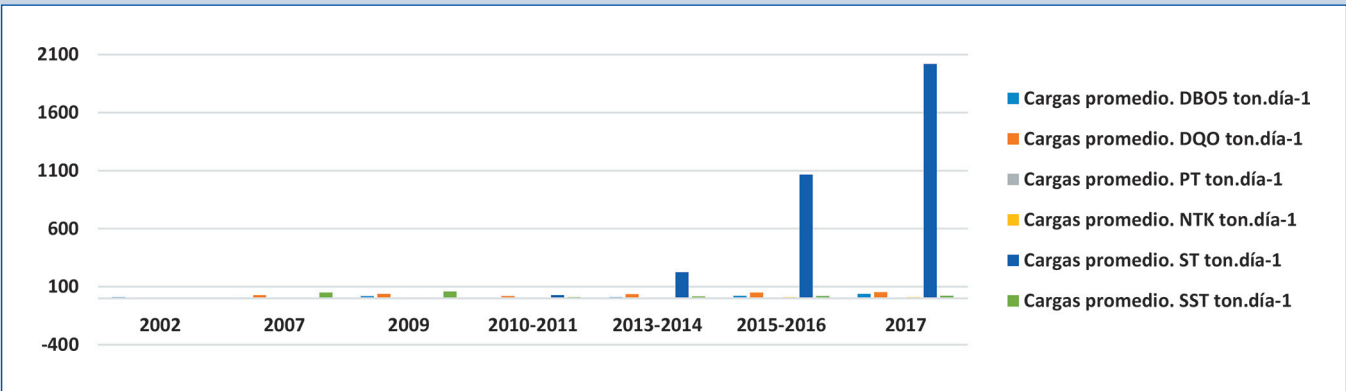


Figura 3. Cargas promedio aportadas a la bahía de La Habana. Río Luyanó, 2002-2017 (Fuente: Arla, et al. 2018).

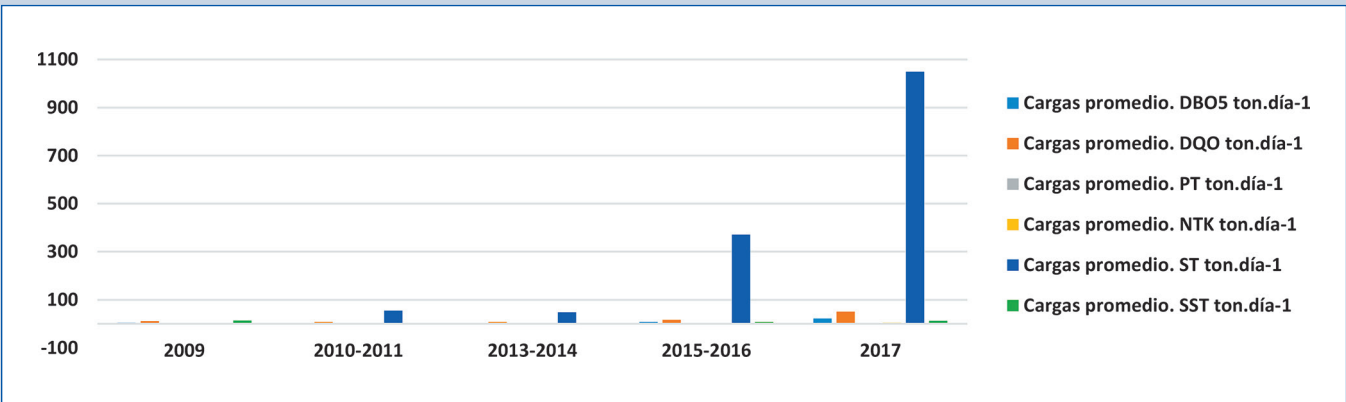


Figura 4. Cargas promedio aportadas a la bahía de La Habana. Río Martín Pérez, 2002-2017 (Fuente: Arla, et al. 2018).

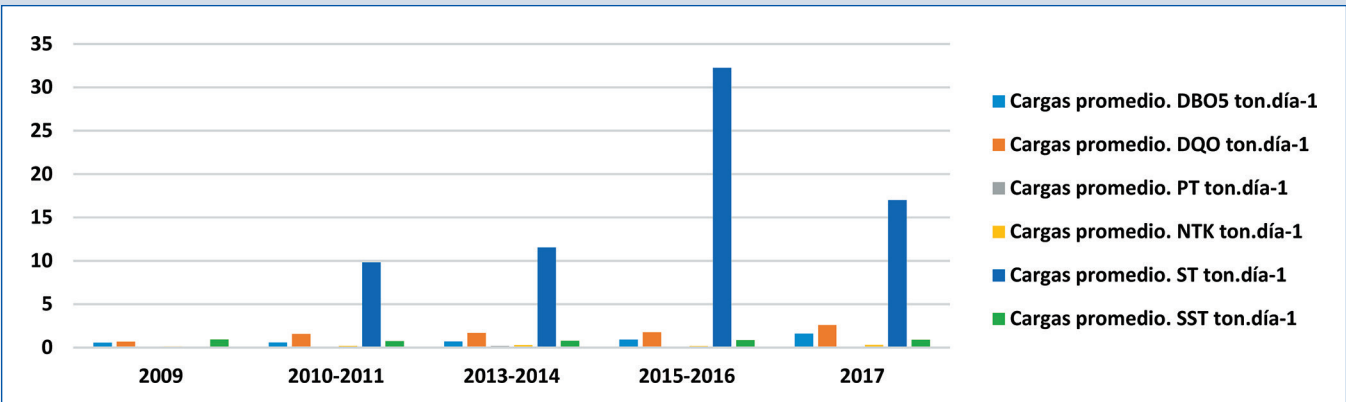


Figura 5. Cargas promedio aportadas a la bahía de La Habana. Arroyo Tadeo, 2002-2017 (Fuente: Arla, et al. 2018).

- ▶ No obstante que el río Luyanó aporta la mayor cantidad de contaminación en valores de carga a la bahía de la Habana, es importante puntualizar que el Arroyo Tadeo presenta un alto grado de contaminación, a pesar de ser la corriente de menor longitud y caudal.
- ▶ Las cargas contaminantes promedio aportadas a la Bahía de La Habana a través de los cuerpos de agua para todos los indicadores medidos han aumentado progresivamente en los estudios realizados entre los años 2011 al 2017.

Referencias

APHA-WPCF-AWWA.: (1998) *Standard Methods for the examination of Water and Wastewater*. American Public Health Association. 20th Edition. 210p.

ARLA, E., et al. (2016). «Carga contaminante anual aportada por la cuenca de la bahía de La Habana a través de los ríos Luyanó, Martín Pérez y el Arroyo Tadeo». Período marzo

2015-febrero 2016. Informe Final. Cimab. 82p.

ARLA, E., et al. (2018). «Carga contaminante anual aportada por la cuenca de la bahía de La Habana a través de los ríos Luyanó, Martín Pérez y el Arroyo Tadeo». Período enero-diciembre 2017. Cimab. 75p.

BELTRÁN, J., et al. (2017). «Control y evolución de la calidad ambiental de la Bahía de La Habana, 2008». Informe final. Vigilancia ambiental para la Bahía de La Habana. Cimab, 63p.

NC-521:2007. (2007) *Vertimiento de aguas residuales a las costas y áreas marinas. Especificaciones*. Norma Cubana Oficina Nacional de Normalización, La Habana. (ONN, 2007). 15p.

SENDE, V., et al. (2014). «Carga contaminante anual aportada por la cuenca de la bahía de La Habana a través de los ríos Luyanó, Martín Pérez y el Arroyo Tadeo». Período febrero 2013-enero 2014. Cimab. 95p. ♦