

1 **OCURRENCIA DE CONTAMINANTES EMERGENTES EN EL CICLO URBANO**
2 **DEL AGUA, CASO BOGOTÁ**

3 Diego F. Bedoya-Ríos¹, Jaime A Lara-Borrero², Andrés M. Enríquez- Hidalgo³

4
5 **RESUMEN**

6 Los contaminantes emergentes se han estudiado por su alta incidencia en diferentes entornos,
7 incluido el acuático, sin embargo, en el contexto de los países en desarrollo, la información
8 sobre su ocurrencia, magnitud y amenaza potencial es escasa. Este estudio involucró el
9 análisis de varios componentes del ciclo urbano del agua en la ciudad de Bogotá - Colombia.
10 Como resultado, se encontró que los compuestos con mayor ocurrencia son los plastificantes
11 como los Ftalatos y el Bisfenol A, mientras que, entre los medicamentos, la Carbamazepina
12 presentó las concentraciones más altas (0,68 - 31,45 µg/L). El análisis del coeficiente de
13 amenaza (HQ) mostró la importancia del Bis (2-etilhexil) ftalato (BEHP) y la estrona (E1)
14 que pueden llegar a las aguas superficiales a partir de descargas domésticas e industriales. Se
15 encontraron contaminantes emergentes de interés sanitario en todas las matrices evaluadas,
16 lo que implica que deben incrementarse los esfuerzos en cuanto a monitoreo, control y
17 regulación de los mismos.

18

¹ Pontificia Universidad Javeriana. bedoya.diego@javeriana.edu.co

² Pontificia Universidad Javeriana. laraj@javeriana.edu.co

³ Pontificia Universidad Javeriana. enriquez_andres@javeriana.edu.co

19 **Palabras clave:** Calidad del agua, ciclo urbano del agua, contaminantes emergentes,
20 disruptores endocrinos,

21

22 **INTRODUCCIÓN**

23 Los contaminantes emergentes son sustancias de origen natural, químicos o materiales
24 artificiales que se ha descubierto o se sospecha están presentes en diversos compartimentos
25 ambientales y cuya toxicidad o persistencia puede alterar significativamente el metabolismo
26 de un ser vivo (Sauvé y Desrosiers, 2014). Entre los posibles riesgos para los seres humanos
27 y los sistemas ecológicos de este tipo de compuestos, destacan las alteraciones endocrinas y
28 la neurotoxicidad, entre otros (Halden, 2015). Se aprecia por otro lado, un creciente uso de
29 diferentes tipos de compuestos químicos en las actividades cotidianas que pueden llevar a
30 una mayor presencia de estas sustancia en el ambiente, como ejemplo se tiene la cantidad de
31 compuestos químicos registrados comercialmente que ha pasado de 65 millones en el año
32 2013 con una tasa de adición de 15.000 compuestos diarios (Snyder, 2014), hasta un valor
33 de más de 91 millones en febrero de 2015 (“CAS, Chemical Abstracts Service Home Page,”
34 2017).

35

36 Además de la generación de estos compuestos y su amplia extensión en todas las esferas y
37 compartimentos ambientales, se evidencian dificultades en su identificación, cuantificación,
38 evaluación y regulación, por cuanto no se han desarrollado de manera intensiva las
39 metodologías que hagan efectivas estas actividades principalmente en los países en vías de
40 desarrollo (Hughes, Kay, & Brown, 2012). Entre los contaminantes emergentes, algunos de
41 los que han generado mayor preocupación son los disruptores endocrinos, sustancias

42 químicas capaces de alterar el sistema hormonal, tanto en seres humanos como en animales,
43 responsable de múltiples funciones vitales como el crecimiento o al desarrollo sexual. Al
44 imitar o alterar el efecto de las hormonas, los disruptores endocrinos pueden enviar mensajes
45 confusos al organismo ocasionando diversas disfunciones (Boggs, Botteri, Hamlin, &
46 Guillette Jr., 2011; Matamoros & Bayona, 2007; Tejada, Quiñonez, & Peña, 2014). En lo
47 referente a normativa en Colombia la resolución 2115 de 2007 regula la presencia de
48 pesticidas en el agua, mientras que los otros compuestos no son objeto de regulación, en
49 contraste, en la normativa “REACH” (Registro, Evaluación, Autorización y Restricción de
50 sustancias y mezclas químicas) de la Unión Europea ya se han incluido con principio de
51 precaución más de cien mil compuestos, en Colombia no existe normativa relacionada con
52 el control de este tipo de compuestos, sin embargo, puede generarse un análisis comparativo
53 con valores obtenidos en otros estudios para dimensionar la problemática y dar una primera
54 perspectiva alrededor del capo de los contaminantes emergentes.

55

56 **METODOLOGÍA**

57 Dentro de la investigación se han involucrado varios tipos de muestras de agua que componen
58 el ciclo urbano del agua de la ciudad de Bogotá, como son: aguas superficiales, agua potable,
59 aguas residuales, aguas de escorrentía (canales de agua lluvia principalmente).

60 Cada uno de los sitios de muestreo fue seleccionado de acuerdo con los criterios de
61 representatividad, acceso, importancia y características fisicoquímicas. La cantidad de puntos
62 monitoreados por cada tipo de agua se muestran en la Tabla 1.

63

64

65 **Tabla 1. Cantidad y tipo de puntos seleccionados por cada componente del ciclo**

66 **urbano del agua de la ciudad de Bogotá.**

Componente	Número de puntos a monitorear*	Lugar	Observaciones
Aguas superficiales	3	Afluentes río Bogotá (Tunjuelo, Fucha y Arzobispo)	Los principales aportantes de caudal y de carga contaminante en el perímetro del distrito capital.
	3	Rio Bogotá entrada a Bogotá, salida y punto intermedio	La finalidad es observar cual es el aporte de la ciudad a la ocurrencia de disruptores endocrinos
	18	Humedales (Jaboque, Juan Amarillo y La Conejera)	Dentro de cada humedal se tomaron muestras en diferentes puntos (6 por humedal)
Agua potable	3	Entradas a los sistemas de abastecimiento (Chingaza, Tibitoc y Sumapaz)	Los puntos se encuentran en los embalses que alimentan los sistemas de abastecimiento (embalses y ríos)
	49	Puntos en red de abastecimiento	Ponderados para los tres sistemas de abastecimiento involucrados por zonas, según su porcentaje de cobertura respecto a la red de abastecimiento total asignando 29 para chingaza, 11 para Tibitoc y 9 para Sumapaz
Aguas residuales	2	Entrada y salida Planta de tratamiento el Salitre	Planta de tratamiento de aguas residuales con cobertura de cerca del 40% de las aguas residuales de la ciudad
	1	Salida planta elevadora San Benito	Sector de Bogotá con contaminación industrial por alta presencia empresas de curtido de pieles
Aguas de escorrentía	3	Zona sur, zona norte y zona centro	Tres canales de aguas lluvias que hacen parte del alcantarillado pluvial de la ciudad.
Total	82		

67

68 Durante el proyecto se ejecutaron tres campañas de monitoreo, se programaron dos en
69 temporada de bajas precipitaciones (septiembre a diciembre de 2015) y una en temporada de
70 alta precipitación (marzo a abril de 2016). Durante el monitoreo se procedió de igual manera
71 al registro de los caudales y los parámetros en sitio medidos (pH, conductividad, salinidad,
72 oxígeno, los puntos incluyeron las tres fuentes de abastecimiento de agua potable en
73 funcionamiento (entrada y salida), puntos seleccionados a través de un muestreo aleatorio
74 estratificado de acuerdo al sistema de abastecimiento en la red de acueducto de la ciudad, el
75 río Bogotá y sus tres principales afluentes en la ciudad (Arzobispo, Fucha y Tunjuelo), la
76 planta de tratamiento de aguas residuales Salitre (tratamiento primario avanzado) y la planta
77 elevadora San Benito; para las aguas de escorrentía se emplearon tres canales ubicados
78 geográficamente en el norte, centro y sur de la ciudad, al igual que tres humedales
79 representativos de la ciudad (Jaboque, Conejera, Juan Amarillo), estos últimos se
80 seleccionaron por accesibilidad, área superficial y ubicación; el número de muestras incluyó
81 la toma de dos repeticiones en campo para las tres campañas de monitoreo (Véase Tabla 2).

82 **Tabla 2. Número total de puntos y muestras**

Procedencia	Tipo muestreo	Muestras	Repeticiones	Campañas	Total
Plantas	Puntual	3	2	3	18
Red	Puntual	49	2	3	294
Total agua potable					312
Humedales	Puntual	18	1	3	54
Total cuerpos lenticos					54
Rio Salitre	Compuesto	1	2	3	6
Rio Tunjuelo	Compuesto	1	2	3	6

Rio Fucha	Compuesto	1	2	3	6
Rio Bogotá	Compuesto	3	2	3	18
Total cuerpos loticos					36
PTAR El Salitre	Compuesto	2	2	3	12
Estación elevadora AR San Benito	Compuesto	1	2	3	6
Total aguas residuales					18
Canal Norte	Puntual	1	2	3	6
Canal Carrera 30	Puntual	1	2	3	6
Canal San Antonio o Canal Central Fontibón	Puntual	1	2	3	6
Total escorrentía					18
Total muestras		82			438

83

84 Los compuestos a medir fueron determinados de acuerdo a disponibilidad de equipos de
85 medición (cromatógrafo de gases acoplado a espectrometría de masas – GC MS),
86 disponibilidad de estándares certificados para su análisis por GC MS y compuestos más
87 empleados en productos de consumo incluyendo farmacéuticos y plastificantes en el mercado
88 *retail* (Pequeños, medianos y grandes comercializadores) (IMS Health, 2017). El
89 aseguramiento de la calidad de la toma de muestra se hizo siguiendo los protocolos de toma
90 de muestras y análisis definidos en los métodos estandarizados para el análisis de aguas y
91 aguas residuales (American Public Health Association (APHA), 2011), las metodologías de
92 análisis fueron Los compuestos medidos y la agrupación de los mismos por metodología de
93 cuantificación se muestran en la Tabla 3.

94

95

Tabla 3. Contaminantes emergentes determinados

Organofosforados*	Farmacéuticos y hormonas**	Ftalatos***
Dichlorvos	4-terc-octilfenol	Dimetilftalato
Ethoprofos	Cafeína	Dietilftalato
Forato	Fluoxetina	Bis(2metoxietil)ftalato
Diazinon	Gemfibrozil	Bis(2metil2pentil)ftalato
Disulfoton	Naproxeno	Dipentilftalato
Metil paration	Triclosán	Di-n-hexilftalato
Fention	Bisfenol A	Bis(2-n-butoxietil)ftalato
Clorpyrifos	Primidona	Bis(2-etilhexil)ftalato
Merfos	Carbamazepina	Di-n-octilftalato
Estirifos	Trimethoprim	
Fensulfotion	Estrona	
Sulprofos	Progesterona	
AzinfosMetil		

97 Nota: Límites de detección entre 0,1 – 500 µgL⁻¹

98 * Método 8141B EPA

99 ** Metodología modificada de Gómez, Martínez Bueno, Lacorte, Fernández-Alba, & Agüera (2007)

100 *** Método 8061A EPA

101

102 Los compuestos se clasificaron en grupos de Ftalatos, Farmacéuticos y hormonas y pesticidas
 103 organofosforados, determinándose la ocurrencia de estos grupos de compuestos en las
 104 diferentes matrices al igual que la concentración. La ocurrencia se obtuvo por el número de
 105 datos medidos con un valor superior al límite de detección (ND=No detectable) en la
 106 totalidad de las muestras, matrices y campañas de monitoreo.

107

108 Para el cálculo del riesgo ecológico, en términos de un coeficiente de peligrosidad HQ
109 (Hazard quotient), que relaciona la concentración ambiental con concentración prevista sin
110 efecto se empleó la siguiente ecuación (TGD, 2003):

111

$$112 \quad HQ = \frac{MEC}{PNEC * FV}$$

113

114 Si los valores de HQ son menores a 0.1 no hay efectos adversos. Si HQ está entre 0.1 y 1.0
115 el riesgo es bajo, pero los efectos potenciales adversos deben ser considerados. Si los valores
116 de HQ están entre 1.0 y 10 algunos efectos adversos o riesgo moderado probable. Finalmente,
117 si los valores de HQ están por encima de 10, los efectos son anticipados.

118

119 Las unidades tóxicas (UT) se calculan como la suma de los valores obtenidos de HQ por cada
120 grupo terapéutico, asumiendo que la mezcla de componentes en cada grupo posee un modo
121 de acción toxicológica similar (Escher et al. 2011).

122

123 **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

124 Los análisis generales de ocurrencia se muestran a continuación para los tres grupos de
125 compuestos de la clasificación.

126

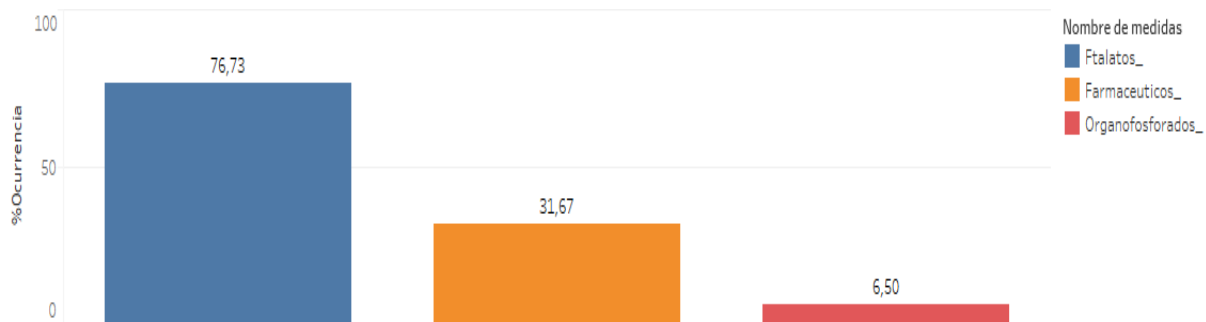


Figura 1. Ocurrencia general de los grupos de compuestos estudiados

En la Figura 1 se puede observar que la mayor ocurrencia se da para los ftalatos lo que muestra la extendida presencia de este grupo de compuestos en el ambiente tal y como los muestran estudios de Net, Delmont, Sempéré, Paluselli y Ouddane (2015), quienes encuentran valores de ocurrencia que están por el orden del 84% para matrices acuáticas que incluyen ríos, plantas de abastecimiento de agua superficial y subterránea en cuatro ciudades de Francia, de igual manera las concentraciones de Ftalatos estuvieron entre los 0.1 y los 309.6 μgL^{-1} (Vér Tabla 4) encontrándose los valores más altos para Bis(2etilhexil)ftalato que compone entre el 5 y 40% de los elementos fabricados en PVC como tuberías, plastificantes, solventes y pegamento empleados en instalaciones hidráulicas y sanitarias (Ait Bamai et al., 2016).

Tabla 4. Concentraciones de ftalatos en las diferentes matrices

Compuesto	Agua potable	Agua superficial	Agua escorrentía	Agua residual
BEHP (μgL^{-1})	0,11- 100,7	0,11 – 0,28	0,12 – 0,28	0,14- 309,6
DEP (μgL^{-1})	0,03 – 11,5	0	0	0 – 1,08
DPP (μgL^{-1})	0,03 – 13,84	0,03 – 0,14	0,13 – 0,14	0,14 – 309,6
DnHP (μgL^{-1})	0,11 – 37,26	0,14 – 0,17	0,13 – 0,14	0,20 – 0,23

BnBP (ugL ⁻¹)	0,1 – 8,45	0,1 – 1,20	0,21 - 2,58	0,12 – 8,09
---------------------------	------------	------------	-------------	-------------

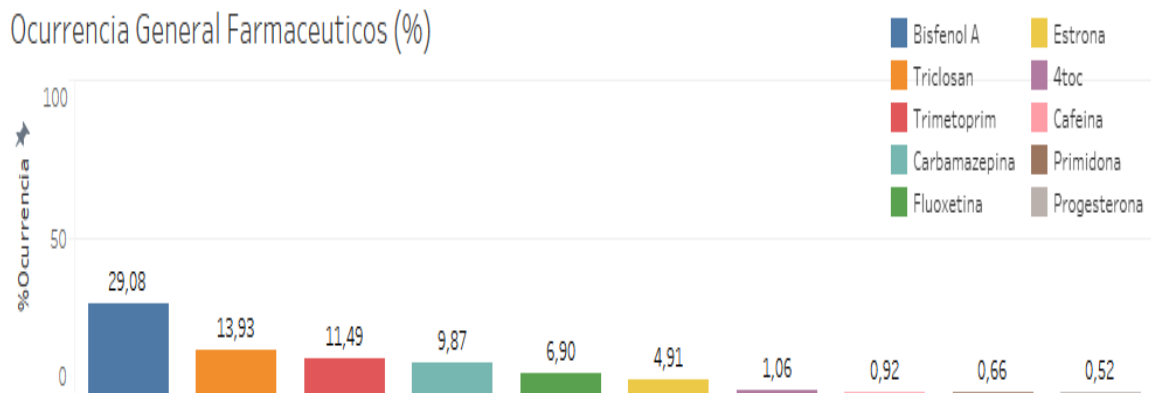
142

143 Las concentraciones de ftalatos encontradas son superiores a las encontradas por Ji et
 144 al.,(2014) en fuentes superficiales de China, mientras que Tran, Minh,. Kumosani y Kannan
 145 (2016) encontraron órdenes de magnitud muy similares en las fuentes superficiales
 146 empleadas para abastecimiento en Vietnam. La mayoría de los Ftalatos son utilizados como
 147 mezclas y es fácil encontrar compuesto de grupos de Ftalatos de bajo peso molecular
 148 agrupados en una misma matriz como aditivos de productos de cuidado personal y de igual
 149 manera ocurre con los de mayor peso molecular que son utilizados como plastificantes (Ait
 150 Bamai et al., 2016).

151

152 Por otra parte, los compuestos farmacéuticos y hormonas medidos mostraron una ocurrencia
 153 menor, pero con un riesgo importante asociado a la presencia de disruptores endocrinos como
 154 el bisfenol A, la ocurrencia para este compuesto fue de 29,08% como se aprecia en la Figura
 155 2.

156



157

158

Figura 2. Ocurrencia general de Farmacéuticos y hormonas medidos

159

160 El Bisfenol A y algunos farmacéuticos y hormonas presentan valores (BPA =29%,
161 Triclosan=13%) similares a los encontrados en otros estudios de ocurrencia de compuestos
162 farmacéuticos en otros contextos particularmente agua superficial (Kabir, Rahman, &
163 Rahman, 2015; Wu, Shi, Adams, Timmons, & Ma, 2012); Los valores de concentración
164 para bisfenol A y otros plastificantes puede observarse en la tabla 5, estos van desde 0.1 hasta
165 76.82 μgL^{-1} , la llegada de estos compuestos a las diferentes matrices que se encuentran
166 conectadas entre ellas se pueden dar en el caso del Bisfenol A por procesos de deposición
167 húmeda o seca, vertido y escorrentía (Xue, Wan, & Kannan, 2016).

168 **Tabla 5.** Ocurrencia y concentraciones encontradas otros plastificantes y hormonas

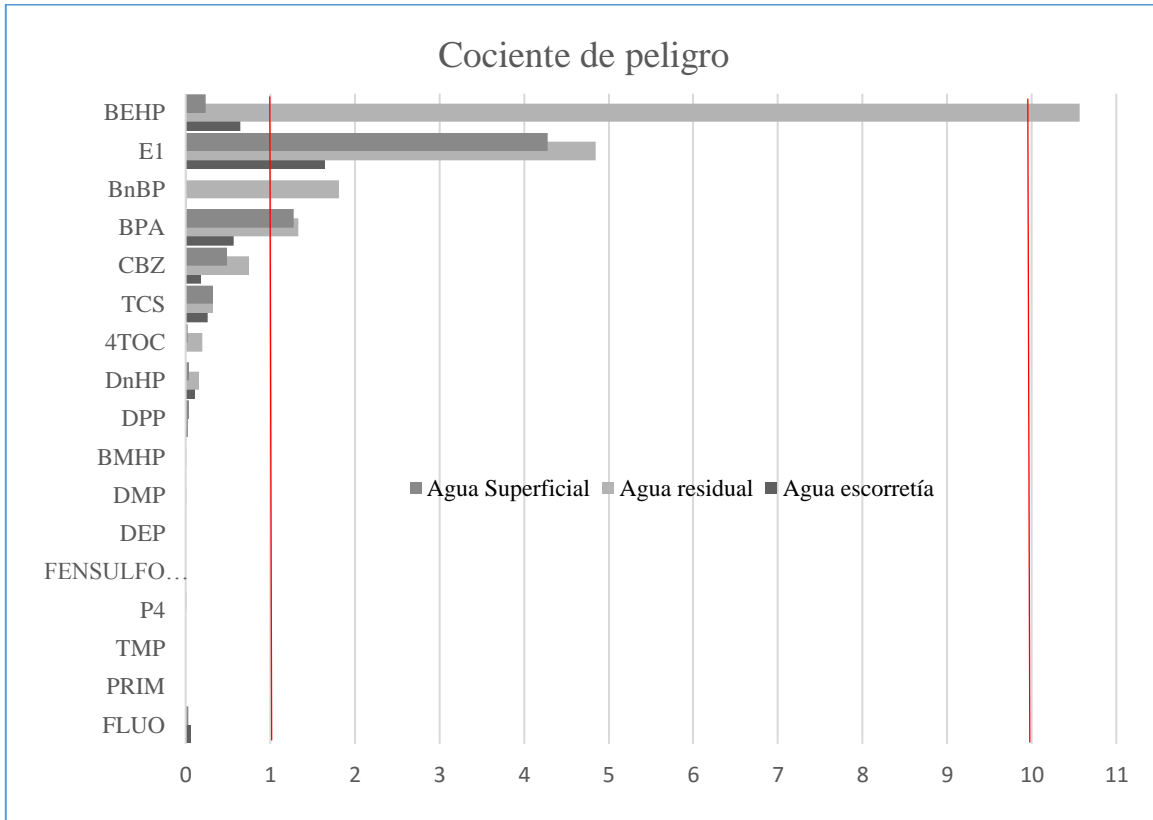
	4TERCOCTILFENOL	BISFENOL A	ESTRONA	PROGESTERONA
Ocurrencia (%)	0,00%	21,61%	0,65%	2,58%
MÁXIMO (μgL^{-1})	0,00	64,37	0,35	0,33
MEDIANA (μgL^{-1})	0,00	0,15	0,31	0,06
MINIMO (μgL^{-1})	0,00	0,10	0,27	0,03
Agua potable N= 310				
Ocurrencia (%)	0,00%	20,83%	4,17%	12,50%
MÁXIMO (μgL^{-1})	0,00	19,79	0,24	0,03
MEDIANA (μgL^{-1})	0,00	0,48	0,24	0,02
MINIMO (μgL^{-1})	0,00	0,10	0,24	0,02
Agua escorrentía N=24				
Ocurrencia (%)	17,39%	47,83%	8,70%	13,04%
MÁXIMO (μgL^{-1})	1,40	22,73	0,40	0,04
MEDIANA (μgL^{-1})	0,58	1,20	0,33	0,04
MINIMO (μgL^{-1})	0,23	0,11	0,27	0,03
Agua residual N=23				
Ocurrencia (%)	1,68%	38,66%	8,40%	13,45%
MÁXIMO (μgL^{-1})	1,20	76,82	0,57	0,16
MEDIANA (μgL^{-1})	0,73	0,22	0,26	0,04
MINIMO (μgL^{-1})	0,26	0,10	0,20	0,02
Agua superficial N=119				

169

170 El riesgo ecológico presentado en la Figura 3, resultó ser mayor en las aguas residuales
171 debido a la presencia en mayores concentraciones de las sustancias estudiadas, ya que el
172 riesgo ecológico aplica para aguas que puedan estar en contacto con ecosistemas se incluyó

173 en el análisis las aguas superficiales, residuales y de escorretía, en el caso del agua potable
174 sería necesario incluir información de exposición.

175



176

177 **Figura 3. Cociente de peligro (HQ) de los contaminantes emergentes estudiados**

178

179 En los resultados cabe destacar la presencia de riesgo alto o anticipado para el compuesto
180 BEHP que como se ha mencionado antes es un compuesto de uso común en la fabricación
181 de tuberías y perfiles plásticos. Se encontró además en agua potable lo que implicaría un
182 posible riesgo para la salud humana por efecto de tipo crónico al que pueda conllevar su
183 consumo continuado (Net et al., 2015).

184

185 **CONCLUSIÓN**

186 Los contaminantes emergentes se encuentran de manera recurrente en las matrices que
187 componen el ciclo urbano del agua de la ciudad de Bogotá, particularmente se identificaron
188 ocurrencias y concentraciones importantes de ftalatos, Bisfenol A, Estrona y Carbamazepina.
189 De igual manera se evidencia que los sistemas de tratamiento convencionales no ejercen un
190 efecto importante en las concentraciones de los compuestos medidos, que también se
191 encontraron en aguas superficiales, por esto, deben generarse estrategias de manejo para estos
192 en términos de monitoreo, control y normatividad y continuar con investigaciones que
193 permitan magnificar el problema a escala de las principales aglomeraciones urbanas de
194 América Latina.

195

196 Los valores encontrados son en el caso de los plastificantes, mayores a los encontrados en
197 otros estudios de aguas superficiales, lo que lleva a pensar que la problemática de
198 contaminantes emergentes específicamente en Bogotá, está asociado a la contaminación ya
199 recurrente de tipo doméstico e industrial en los diferentes cuerpos de agua como el río Bogotá
200 y sus afluentes, el arrastre de micro contaminantes por la escorrentía y la baja cobertura y
201 nivel de tratamiento de las aguas residuales.

202

203

204 **BIBLIOGRAFÍA**

205 Ait Bamai, Y., Araki, A., Kawai, T., Tsuboi, T., Saito, I., Yoshioka, E., ... Kishi, R. (2016).
206 Exposure to phthalates in house dust and associated allergies in children aged 6–

207 12years. Environment International, 96, 16–23.
208 <https://doi.org/10.1016/j.envint.2016.08.025>

209 American Public Health Association (APHA). (2011). Standard method for examination of
210 water and wastewater (21st edn.). Washington. Retrieved from
211 [https://www.standardmethods.org/applications/UserCenter/DownloadFile.cfm?Prod](https://www.standardmethods.org/applications/UserCenter/DownloadFile.cfm?ProductID=533)
212 [uctID=533](https://www.standardmethods.org/applications/UserCenter/DownloadFile.cfm?ProductID=533)

213 Boggs, A. S. P., Botteri, N. L., Hamlin, H. J., & Guillette Jr., L. J. (2011). Chapter 14 -
214 Endocrine Disruption of Reproduction in Reptiles. In D. O. N. H. Lopez (Ed.),
215 Hormones and Reproduction of Vertebrates (pp. 373–396). London: Academic Press.
216 Retrieved from
217 <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780123749307100147>

218 CAS, Chemical Abstracts Service Home Page. (2017, August 17). Retrieved August 17,
219 2017, from <http://www.cas.org/>

220 Gómez, M. J., Martínez Bueno, M. J., Lacorte, S., Fernández-Alba, A. R., & Agüera, A.
221 (2007). Pilot survey monitoring pharmaceuticals and related compounds in a sewage
222 treatment plant located on the Mediterranean coast. *Chemosphere*, 66(6), 993–1002.
223 <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2006.07.051>

224 Halden, R. U. (2015). Epistemology of contaminants of emerging concern and literature
225 meta-analysis. *Journal of Hazardous Materials*, 282, 2–9.
226 <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2014.08.074>

227 Hughes, S. R., Kay, P., & Brown, L. E. (2012). Global synthesis and critical evaluation of
228 pharmaceutical data sets collected from river systems. *Environmental Science &*
229 *Technology*, 47(2), 661–677.

230 IMS Health. (2017). Creating Connected Solutions for Better Healthcare Performance.
231 Retrieved August 22, 2017, from <http://www.imshealth.com/>

232 Ji, Y., Wang, F., Zhang, L., Shan, C., Bai, Z., Sun, Z., ... Shen, B. (2014). A comprehensive
233 assessment of human exposure to phthalates from environmental media and food in
234 Tianjin, China. *Journal of Hazardous Materials*, 279, 133–140.
235 <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2014.06.055>

236 Kabir, E. R., Rahman, M. S., & Rahman, I. (2015). A review on endocrine disruptors and
237 their possible impacts on human health. *Environmental Toxicology and*
238 *Pharmacology*, 40(1), 241–258. <https://doi.org/10.1016/j.etap.2015.06.009>

239 Matamoros, V., & Bayona, J. M. (2007). Behavior of Emerging Pollutants in Constructed
240 Wetlands. In D. Barceló & M. Petrovic (Eds.), *Emerging Contaminants from*
241 *Industrial and Municipal Waste* (pp. 199–217). Springer Berlin Heidelberg. Retrieved
242 from http://link.springer.com/chapter/10.1007/698_5_096

243 Net, S., Delmont, A., Sempéré, R., Paluselli, A., & Ouddane, B. (2015). Reliable
244 quantification of phthalates in environmental matrices (air, water, sludge, sediment
245 and soil): a review. *The Science of the Total Environment*, 515–516, 162–180.
246 <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.02.013>

247 Sauvé, S., & Desrosiers, M. (2014). A review of what is an emerging contaminant. *Chemistry*
248 *Central Journal*, 8(1). Retrieved from
249 <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-84894649558&partnerID=40&md5=ccdb6718633225daf476fc306dc6bfab>

250
251 Snyder, S. A. (2014). Emerging chemical contaminants: Looking for greater harmony (PDF).
252 *Journal-American Water Works Association*, 106(8), 38–50, 52.

253 Tejada, C., Quiñonez, E., & Peña, M. (2014). CONTAMINANTES EMERGENTES EN
254 AGUAS: METABOLITOS DE FÁRMACOS. UNA REVISIÓN. *Revista Facultad*
255 *de Ciencias Básicas*, 10(1).

256 TGD, E. (2003). Technical guidance document on risk assessment in support of commission
257 directive 93/67/EEC on risk assessment for new notified substances, Commission
258 Regulation (EC) No 1488/94 on Risk Assessment for existing substances, and
259 Directive 98/8/EC of the European Parliament and of the Council concerning the
260 placing of biocidal products on the market. Part I–IV, European Chemicals Bureau
261 (ECB), JRC-Ispra (VA), Italy, April 2003. Part II. European Commission Joint
262 Research Centre. EUR, 20418.

263 Tran, T. M., Minh, T. B., Kumosani, T. A., & Kannan, K. (2016). Occurrence of phthalate
264 diesters (phthalates), p-hydroxybenzoic acid esters (parabens), bisphenol A
265 diglycidyl ether (BADGE) and their derivatives in indoor dust from Vietnam:
266 Implications for exposure. *Chemosphere*, 144, 1553–1559.
267 <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2015.10.028>

268 Wu, Q., Shi, H., Adams, C. D., Timmons, T., & Ma, Y. (2012). Oxidative removal of selected
269 endocrine-disruptors and pharmaceuticals in drinking water treatment systems, and
270 identification of degradation products of triclosan. *Science of The Total Environment*,
271 439, 18–25. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2012.08.090>

272 Xue, J., Wan, Y., & Kannan, K. (2016). Occurrence of bisphenols, bisphenol A diglycidyl
273 ethers (BADGEs), and novolac glycidyl ethers (NOGEs) in indoor air from Albany,
274 New York, USA, and its implications for inhalation exposure. *Chemosphere*, 151, 1–
275 8. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2016.02.038>

