

**Las mayores concentraciones de partículas sedimentables fueron encontradas en la dirección noreste y sureste de la zona industrial de Zárate (SJL), principalmente, debido a la influencia de la dirección de viento del sur y oeste de la zona metropolitana de Lima.**



## Dependencia del material particulado en aire respecto a parámetros meteorológicos en la localidad de Zárate (SJL)

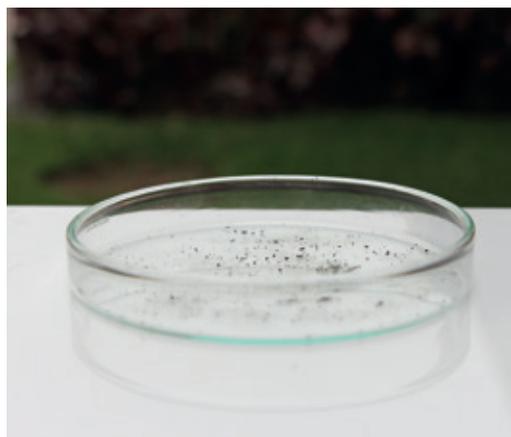
### *Dependence of the Particulate Material in the Air with Respect to Meteorological Parameters in the Town of Zarate (SJL)*

#### RESUMEN

El objetivo del estudio fue evaluar la concentración de partículas sedimentables (PS) y concentración de metales pesados (Pb, Cu y Zn) en la zona de Zárate industrial, distrito de San Juan de Lurigancho en Lima. Asimismo, se analizó la relación de las concentraciones encontradas (PS y metales pesados) con los principales parámetros meteorológicos locales tales como temperatura, humedad relativa, dirección y velocidad del viento. Se establecieron cuatro estaciones de monitoreo y las muestras fueron colectadas mediante el método pasivo durante los meses de septiembre y octubre del año 2018. Los resultados obtenidos indicaron altas concentraciones de PS con valores de 9,16 y 6,12 mg/cm<sup>2</sup> al mes y altos contenidos de metales pesados al norte de la zona de estudio, llegando a superar los estándares nacionales e internacionales para zonas residenciales, fue evidente la influencia ejercida por los parámetros meteorológicos evaluados sobre la concentración de PS. Es necesario continuar investigando sobre la asociación de este material y su relación con partículas finas como PM10, PM2.5, la presencia de metales en suelos y la identificación de fuentes.

#### ABSTRACT

*The objective of this study is to evaluate the concentration of sedimentary particles (SP) and the concentration of heavy metals (Pb, Cu, and Zn) in the industrial Zarate zone, district of San Juan de Lurigancho (Lima). Additionally, it was analyzed the relationship between the concentrations (SP and heavy metals) and the main local meteorological parameters. Four monitoring stations were established and the samples were collected by the passive method during September and October of 2018. Results obtained indicate high SP concentrations with values of 9.16 and 6.12 mg / cm<sup>2</sup> per month and high heavy metals contents, at the north of the study area. These were higher when compared with other national and international standards for residential zones, is evident the influence of the meteorological parameters on the concentration of PS. It is necessary to make future investigations on the relationship between this and fine particles such as PM10, PM2.5, the presence of metals in soils and sources identification.*



#### Palabras clave

Partículas sedimentables, parámetros meteorológicos, metales pesados, rosas de viento, humedad relativa.

#### Key words

Sedimentable particles, meteorological parameters, heavy metals, wind roses, relative humidity.

## INTRODUCCIÓN

Las emisiones de material particulado de fuentes industriales y la explotación de fuentes naturales representan, actualmente, una importante contribución a la contaminación de los suelos. Estas partículas atmosféricas, usualmente partículas sedimentables (PS), se depositan sobre la superficie tanto por deposición seca como por deposición húmeda [26]. En la deposición seca, las PS impactan directamente, por gravedad, sobre el suelo o superficie de agua; mientras que la disolución o suspensión de aerosoles y gases en cristales de hielo o gotas de agua, son características de la deposición húmeda [6]. Sin embargo, a pesar de que las partículas de gran tamaño contribuyen mayoritariamente a la deposición seca, estas aún no fueron caracterizadas en estudios previos [8]. Además, se cree que las PS representan un bajo riesgo a la salud cuando son comparados con aerosoles (< 50 µm) y partículas finas (< 3 µm) [12], es decir, estas partículas sedimentables representan principalmente una importante fuente de perturbación y/o molestia [27]. Debido a su alta velocidad de sedimentación, estas sedimentan muy cerca de su punto de origen, antes de ser transportadas por el viento hacia zonas más alejadas [4].

Respecto a la metodología de medición de PS, resulta ser muy simple y de bajo costo, pero es capaz de caracterizar el material particulado del aire; a pesar de la limitada información en la determinación de contaminantes y efectos a la salud, esta es relevante para determinar la presencia de contaminantes, tales como los metales pesados, en las plantas y suelos, principalmente por efectos de deposición [5]. La deposición de metales pesados sobre las plantas ocasiona alteración del funcionamiento de algunas enzimas, alteración de las propiedades ópticas de las hojas y disturbios de las fotosíntesis [14] [19]. Asimismo, los PS pueden depositarse sobre materiales, edificios y construcciones, produciendo decoloración y descomposición de materiales [19]. De acuerdo con Brookes, las PS, luego de depositarse en el suelo, pueden permanecer en él por algunos cientos de años [7]. En este contexto, los factores meteorológicos juegan un rol importante, especialmente en la distribución del material particulado y con el de otros contaminantes como los metales pesados.

En esta investigación, se analizó la relación de los parámetros meteorológicos, la concentración de metales pesados (Pb, Cu, Zn) y de partículas sedimentables, en cuatro estaciones de muestreo meteorológicas, en los meses de septiembre y octubre de 2018, meses representativos de las estaciones de invierno y

primavera austral, con la finalidad de establecer una línea de base en un sector ciudadano con fuerte influencia industrial.

## FUNDAMENTOS

La presencia de actividad industrial en zonas urbanas ha generado altas tasas de deposición de PS [20]. Esta es causada, principalmente, por el rápido y desorganizado crecimiento de las grandes ciudades de países en vías de desarrollo, como Egipto, Irán, China e India, donde se ha encontrado elevados niveles de metales pesados [2] y en este contexto, la ciudad de Lima ha emergido en esta década como una megaciudad con 10 millones de habitantes y una creciente actividad industrial que viene comprometiendo la calidad de aire.

En el caso del área metropolitana de Lima y Callao (AMLC), considerada por la OMS, como una de las ciudades más contaminadas en el mundo [25], debido a la coexistencia de comercio, fábricas, colegios y zonas residenciales, se cuenta con un plan de desarrollo urbano metropolitano (PLAM 2035), que incluye ese gran número de fábricas, principalmente industriales, textiles y metálicas, localizadas en los distritos de San Juan de Lurigancho (S JL) y Huachipa [18].

La existencia de tales fuentes de emisión requiere con urgencia identificar las zonas urbanas que sufren un mayor impacto por la inmersión de este material particulado y de metales. El método aplicado en la búsqueda de las distribuciones de estos agentes contaminantes resultó relativamente sencillo, por la recolección de muestras por deposición seca, húmeda y total. Esto ha permitido la identificación de Pb, Cu y Zn dentro de otros como Al, Fe y Na [6]. Asimismo, valores altos de PS han sido relacionados con la presencia de actividades industriales en el interior de grandes ciudades en Brasil [20], mientras que la variabilidad espacial de la concentración de metales traza y las fuentes emisoras en una zona específica ha sido vinculada con la variabilidad de las condiciones climáticas del lugar [26] definiendo la calidad del aire.

En este contexto, existen diversos estándares internacionales respecto al PS, tal como se muestra en la tabla 1, que según el método de muestreo puede expresarse en mg/cm<sup>2</sup> por mes o µg/m<sup>3</sup> [16]. Como se observa, Perú presenta estándares más rigurosos que a la fecha no puede ser cumplidos por la escases de información sobre la distribución relacionada entre el material particulado y la presencia de metales pesados.

Tabla 1  
Normativa nacional e internacional referente a los PS y metales pesados en suelos

País / entidad	PS mg /cm <sup>2</sup> mes	Metal	Uso agrícola (mg/kg)	Uso residencial (mg/kg)	Uso comercial (mg/kg)	Uso industrial (mg/kg)	Admisible en suelo (mg/kg)
<b>OMS</b>	0,5	Pb					25
<b>México</b>	260*	Pb	400	400	400	800	
		Cu	63	63	91	91	
<b>Ecuador</b>	1	Pb	100	100	150	150	
		Zn	200	200	380	380	
<b>Perú</b>	0,5	Pb	70	140	800	800	

\*Expresado en µg/m<sup>3</sup> x 24 h [16].  
Fuente: [1] [10] [11] [21] [22]

**METODOLOGÍA**

**Muestreo**

El muestreo de las PS se realizó mediante el método pasivo durante 30 días consecutivos, por dos meses, con la finalidad de acumular la masa particulada suficiente para medirla en el laboratorio. Las muestras fueron recolectadas en placas de Petri (10 cm de diámetro). Previamente a la instalación de las placas, estas fueron limpiadas y, posteriormente, con ayuda de una paleta, se sembró una capa fina de vaselina uniformemente esparcida.

Para la determinación del peso de la placa, peso y concentración de las PS, se emplearon las siguientes fórmulas [9]:

$$W_{inicial} = W_{placa} + W_{vaselina} \tag{1}$$

$$W_{final} = W_{placa} + W_{vaselina} + W_{PS} \tag{2}$$

$$\Delta W = W_{PS} = W_{final} - W_{inicial} \tag{3}$$

$$C = \frac{\Delta W \times 30}{A_p \times \text{días de exposición}} \tag{4}$$

Donde:

- W = Masa en miligramos (mg)
- $\Delta W$  = Variación de masa en miligramos (mg)
- $W_{PS}$  = masa de las partículas sedimentables.
- $A_p$  = área de placa en centímetros cuadrados.
- C = Concentración de las PS (mg/cm<sup>2</sup>. 30 días).

**Estaciones meteorológicas y de muestreo**

Se instalaron 4 estaciones: A, B, C y D, cuyas ubicaciones se muestran en la tabla 2. Paralelamente, igual número de estaciones meteorológicas fueron instaladas, realizando lecturas diarias de velocidad, dirección del viento, temperatura, y humedad relativa. Las estaciones usadas en este estudio (de la marca Conrad Electronic SE, modelo WS1080) fueron previamente calibradas por INMETRO.

Tanto el muestreo como los análisis se realizaron por triplicada a fin de minimizar el error experimental.

El presente estudio se realizó en un área específica ubicada en el distrito de SJL, llamada «Zarate Industrial», donde se ha observado gran presencia de industrias, zonas residenciales y colegios. La zona de estudio es presentada en la figura 1.

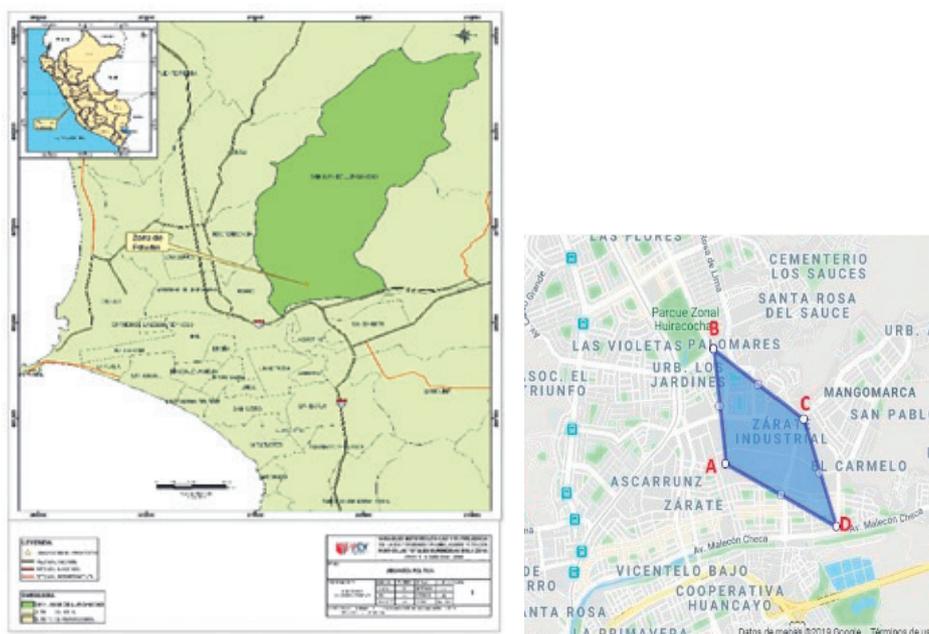


Figura 1. Ubicación de zona de estudio y puntos de recolección de muestras, Zarate industrial, distrito de San Juan de Lurigancho, Lima, Perú.  
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2  
Ubicación de las estaciones de monitoreo, Zarate industrial, SJL, Lima

	Código	Días de monitoreo	Este	Norte	Altitud
Hidrostal	A	01/09/2018 - 30/10/2018	282510	8670308	394
Av. Tusilagos	B	01/09/2018 - 30/10/2018	282396	8671561	626
Colegio Pamer	C	01/09/2018 - 30/10/2018	283385	8670791	375
Av. Pajaten	D	01/09/2018 - 30/10/2018	283764	8669860	337

Fuente: Elaboración propia.

La tabla 2 muestra las 4 estaciones de muestreo en torno a la zona de estudio, las cuales cubrieron la zona más industrializada de Zárate en San Juan de Lurigancho, donde no existe un ordenamiento territorial adecuado, sino una improvisación de sitios productivos y servicios, así como de áreas residenciales.

### Análisis de metales

Las muestras recolectadas en las placas de Petri fueron pesadas y digestadas (HNO<sub>3</sub>). Posteriormente, se prepararon patrones para cada metal y se analizaron por absorción Atómica (Thermo Electron Corp. S Series, GFS97), en el laboratorio de contaminación ambiental y recursos marinos, de la Universidad Nacional Federico Villarreal.

PS se presentaron en los puntos C (colegio) y D (avenida y zona residencial). Asimismo, las mayores concentraciones de metales pesados se presentaron en los puntos A (industria) y B (avenida, zona residencial) respectivamente. Todos los valores de concentración de PS son superiores a los presentados por el Ministerio de Salud, el cual reportó concentraciones de PS para SJL de 1,15 mg/cm<sup>2</sup> por mes [17]. Con relación al contenido metálico, destaca las altas concentraciones de Zn, en todos los puntos de monitoreo, superando el umbral de 1500 mg/kg, que finalmente alcanza a depositarse en el suelo convirtiéndolo en un suelo extremadamente contaminado. Según la normativa internacional [13], el contenido de plomo y cobre excedió la normativa nacional e internacional para zonas residenciales, e incluso superó los estándares para zonas industriales, según la normativa ecuatoriana. El punto E, ubicado en la frontera oeste del distrito (fuera del área de Zárate industrial), presenta igualmente altas concentraciones de PS y metales. En este estudio, no se evidenció una relación entre la concentración de PS y la concentración de metales; sin embargo, se infiere que las fuentes de emisión de la zona industrial de Zárate tienen un mayor impacto en las zonas en torno a los puntos A y B, donde se presentaron las mayores concentraciones de metales, mientras que los altos valores de PS en los puntos C y D se explicaron por la cercanía a las avenidas de alto tránsito vehicular y a la posible resuspensión de polvo del suelo (punto C, Av. las Lomas y D, Av. Malecón Checa).

## RESULTADOS

### Deposición y contenido metálico

Los resultados de la deposición de partículas sedimentables, expresada en mg/cm<sup>2</sup> por mes, se presentan en la tabla 3.

Los valores encontrados en todos los puntos de monitoreo exceden el estándar nacional e internacional para PS; además, se observó que las más altas concentraciones de

Tabla 3  
*Deposición de partículas sedimentables y metales pesados*

Estación y mes de monitoreo	mg/ cm <sup>2</sup> por mes	Pb (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Zn (mg/kg)
Estación: A				
Sept.	1,19	453,68	390,52	2852,70
Octubre	1,98	390,5	288,3	2573,9
Estación: B				
Sept.	1,22	453,75	416,59	3008,98
Octubre	1,24	340,24	284,64	2985,92
Estación: C				
Sept.	9,16	45,35	136,89	1006,30
Octubre	9,70	51,82	121,69	914,64
Estación: D				
Sept.	4,3	182,5	117,7	1339,2
Octubre	6,12	192,46	127,06	1403,31

Fuente: Elaboración propia.

### Dirección y velocidad del viento

Los resultados de la elaboración de rosas de viento en cada una de las estaciones de monitoreo son presentados en la figura 2, para cada punto de monitoreo (A-D). El análisis de las rosas de viento refleja que, en los puntos de monitoreo, el viento tiene componente SO (suroeste), predominando vientos débiles y moderados en todas las estaciones, excepto en la estación D, donde se observó alta frecuencia de vientos de 11 m/s, probablemente, debido a la proximidad de la estación

al río Rímac. Los resultados se asemejan a lo reportado por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (Senamhi) en los meses de agosto y octubre de 2018 [23 -24].

Las mayores concentraciones del PS encontradas en las direcciones noreste y sureste (C y D) se atribuyen a la predominancia de los vientos de la dirección oeste y sur de la zona de estudio. El efecto de la dirección del viento y la concentración de PS también fue reportado por Alkas (2016) [3].

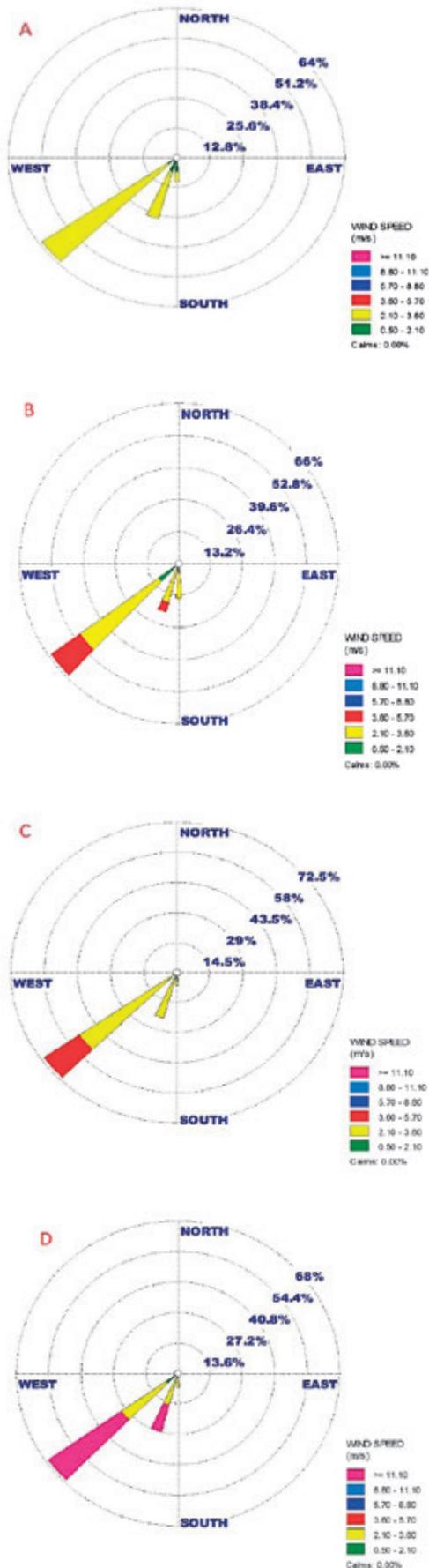


Figura 2. Rosas de viento, estaciones de monitoreo A hasta E. Fuente: Elaboración propia.

### Temperatura y humedad relativa

En la figura 3, se presentan los valores obtenidos de la estación meteorológica sobre temperatura y humedad relativa en octubre y noviembre de 2018. Se observa que, en octubre, hubo un incremento de la humedad relativa, así como una disminución de temperatura, con respecto a septiembre del mismo año.

Los valores de octubre tanto de temperatura como de humedad son similares a los reportados por Senamhi para el distrito de SJL [24]. Además, reportó un aumento en los registros de las precipitaciones, en octubre, esto repercute en los mayores valores de PS, registrados en este mes, principalmente por deposición húmeda. El efecto de la humedad relativa y temperatura en las precipitaciones fue también reportado por Mawonike y Mandonga (2017) [15]. Consecuentemente, las condiciones meteorológicas de temperatura y humedad se relacionan con la deposición de PS tal como fue registrado por otros estudios [26].

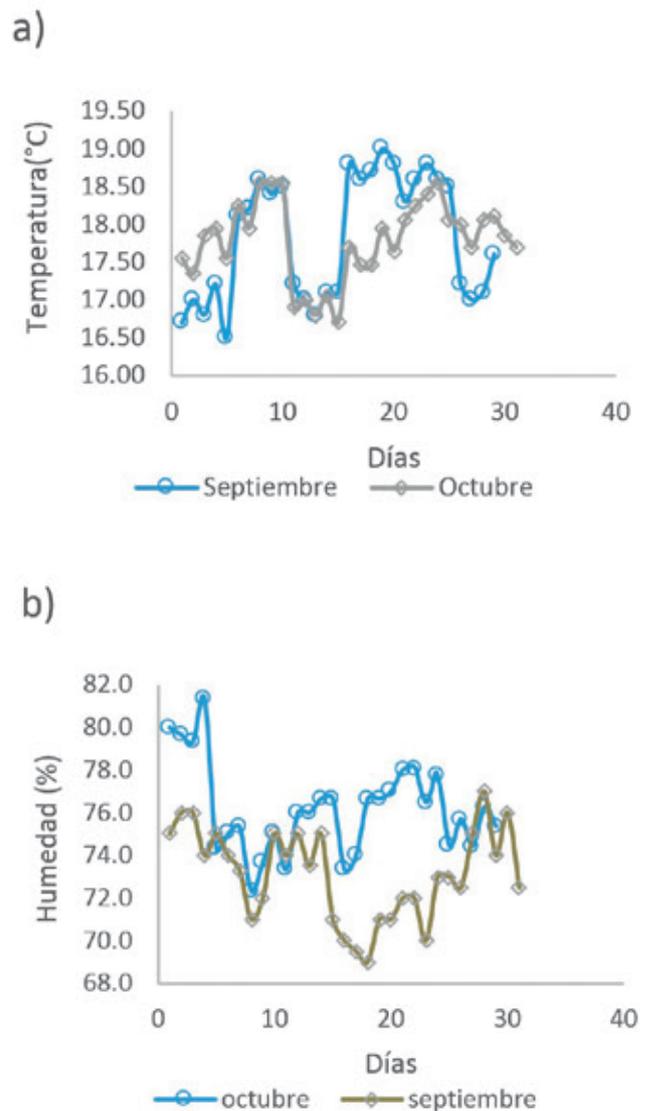


Figura 3. a) Temperatura y b) Humedad relativa meses de septiembre y octubre de 2018. Fuente: Elaboración propia.

## CONCLUSIONES

- Las mayores concentraciones de PS fueron encontradas en la dirección noreste y sureste de la zona industrial de Zárate, principalmente, debido a la influencia de la dirección de viento del sur y oeste de la zona metropolitana de Lima. Estas se reportaron en octubre, debido a la influencia de precipitaciones, relacionado por un incremento de humedad relativa y disminución de temperatura.
- No se encontró una relación entre la concentración de PS y la presencia de metales Pb, Cu y Zn, se recomienda realizar estudios de presencia de metales en suelos, particularmente por presencia de Zn, debido a los altos valores encontrados en este estudio.

## REFERENCIAS

- [1] Alegría, C., & Gessella, Y. (2010). *Evaluación química toxicológica de plomo en suelo de Lima Metropolitana*. (Tesis de licenciatura). Recuperado de <http://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/cybertesis/1621>
- [2] Ali, M. H., & Al-Qahtani, K. M. (2012). Assessment of some heavy metals in vegetables, cereals and fruits in Saudi Arabian markets. *The Egyptian Journal of Aquatic Research*, 38(1), 31-37.
- [3] Alkas, D. (2016). A Case Study for the Assessment of Settleable and Suspended Particulate Material in Sand and Gravel Industry. *Journal of Pollution Effects & Control*, 4(2), 1-4.
- [4] Asthana, D. K & Asthanana, M (2012). *A Textbook of Environmental studies*. New Delhi: S. Chand & Company LTD, 2012.
- [5] ASTM, (American Society for testing and Materials) (1974) *Instrumentation for Monitoring Air Quality: A Symposium*. Baltimore: ASTM.
- [6] Azimi, S., Ludwig, A., Thévenot, D. R., & Colin, J. L. (2003). Trace metal determination in total atmospheric deposition in rural and urban areas. *Science of the Total Environment*, 308(1-3), 247-256.
- [7] Brookes, P. C. (1995). The use of microbial parameters in monitoring soil pollution by heavy metals. *Biology and Fertility of soils*. 19(4), 269-279.
- [8] Cheng, Y., Lee, S., Gu, Z., Ho, K., Zhang, Y., Huang, Y., Chow, J., Watson, J., Cao, J & Zhang, R. (2015). PM<sub>2.5</sub> and PM<sub>10-2.5</sub> chemical composition and source apportionment near a Hong Kong roadway. *Particulology*, 18, 96-104.
- [9] Chipoco, J. G., & Rodríguez, F. (2015). *Determinación de la capacidad de adsorción de material particulado en el aire en una especie arbórea Schinus terebinthifolius y una rastrera Aptenia cordifolia en el condominio La Quebrada-Cieneguilla*. (Tesis de licenciatura). Recuperado de <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/2192>
- [10] Diario Oficial. (2007). Secretaria de medio ambiente y recursos naturales. Recuperado de [http://www.profepa.gob.mx/innovaportal/file/1392/1/nom-147-semarnat\\_ssa1-2004.pdf](http://www.profepa.gob.mx/innovaportal/file/1392/1/nom-147-semarnat_ssa1-2004.pdf)
- [11] El Peruano (2017). Normas legales Decreto Supremo N.º 011-2017. Minam Recuperado de <https://sinia.minam.gob.pe/normas/aprueban-estandares-calidad-ambiental-ecasuelo-0>.
- [12] Glicksman, R., Markell, D., Buzbee, W., Tarlock, D & Mandelker, D. (2007). *Environmental Protection: Law and Policy* (casebook) (5.ª edition). Aspen Publishers.
- [13] Instituto geológico y minero de España (IGME) (2005). *Los residuos mineros-Metalúrgicos en el medio ambiente*. [en línea] Recuperado de [https://www.researchgate.net/publication/263741877\\_Los\\_residuos\\_minero-metalurgicos\\_en\\_el\\_medio\\_ambiente](https://www.researchgate.net/publication/263741877_Los_residuos_minero-metalurgicos_en_el_medio_ambiente)
- [14] Li, Q., Cai, S., Mo, C., Chu, B., Peng, L., & Yang, F. (2010). Toxic effects of heavy metals and their accumulation in vegetables grown in a saline soil. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 73(1), 84-88.
- [15] Mawonike, R & Mandonga, G (2017) The effect of temperature and relative humidity on rainfall in gokwe region, zimbabwe: a factorial design perspective. *International Journal of Multidisciplinary Academic Research*, 5 (2) 36-46.
- [16] MINAM. (2009) *Taller: Armonización de redes de monitoreo de calidad del aire, Compendio teórico*. SINIA. Recuperado de <https://sinia.minam.gob.pe/download/file/fid/38940>.
- [17] MINSA, Ministerio de Salud (2012) *Sistema Nacional de Información Ambiental*. Recuperado de <https://sinia.minam.gob.pe/documentos/estudio-saturacion-lima-metropolitana-callao-ano-2011>
- [18] Municipalidad metropolitana de Lima MML. (2008) *Plan metropolitano de Desarrollo Urbano 2035*. Recuperado de <http://www.munlima.gob.pe/images/descargas/region-lima/asamblea-metropolitana/PLAN-METROPOLITANO-DE-DESARROLLO-URBANO.pdf>
- [19] Nikolopoulou, M., Kleissl, J., Linden, P. F., & Lykoudis, S. (2011). Pedestrians' perception of environmental stimuli through field surveys: Focus on particulate pollution. *Science of the total environment*, 409(13), 2493-2502.
- [20] Santos, J. M., Reis, N. C., Galvão, E. S., Silveira, A., Goulart, E. V & Lima, A. T. (2017). Source apportionment of settleable particles in an impacted urban and industrialized region in Brazil. *Environmental Science and Pollution Research*, 24(27), 22026-22039.
- [21] Secretaria de Ambiente, Norma técnica Ambiental Ecuatoriana - Aire. (2010) *DSpace*. Recuperado de <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/6078/45/LIBRO%20VI%20Anexo%204%20Calidad%20de%20aire.doc>

- [22] Secretaria de Ambiente (2013). Norma técnica ambiental ecuatoriana. Recuperado de <http://www.quitoambiente.gob.ec/ambiente/index.php/biblioteca-digital/category/15-marco-normativo?download=299:propuesta-norma-tecnica-suelo-2013-09-23&start=20>
- [23] Servicio nacional de Meteorología y climatología Senamhi. (2018) Boletines de medio ambiente. *Boletín mensual de vigilancia de calidad del aire en Lima metropolitana*, Volumen 18, 8. Recuperado de <https://www.senamhi.gob.pe/load/file/03201SENA-62.pdf>
- [24] Servicio nacional de Meteorología y climatología Senamhi. (2018) Boletines de medio ambiente. *Boletín mensual de vigilancia de calidad del aire en Lima metropolitana*, volumen 18, 10. Recuperado de <https://www.senamhi.gob.pe/load/file/03201SENA-65.pdf>
- [25] Silva, J., Rojas, J., Norabuena, M., Molina, C., Toro, R. A., & Leiva-Guzmán, M. A. (2017). Particulate matter levels in a South American megacity: the metropolitan area of Lima-Callao, Peru. *Environmental monitoring and assessment*, 189(12), 635.
- [26] Soriano, A., Pallarés, S., Pardo, F., Vicente, A. B., Sanfeliu, T., & Bech, J. (2012). Deposition of heavy metals from particulate settleable matter in soils of an industrialised area. *Journal of Geochemical Exploration*, 113, 36-44.
- [27] Vallack, H. W., & Shillito, D. E. (1998). Suggested guidelines for deposited ambient dust. *Atmospheric Environment*, 32(16), 2737-2744.

### Rita Cabello Torres

Ingeniero químico, con 14 años de experiencia en investigación medioambiental en el Instituto del Mar del Perú, en la Unidad de Gestión y Monitoreo Ambiental. Ha sido miembro del Plan Nacional para el establecimiento del Convenio de Estocolmo, del Grupo Nacional de Sustancias Químicas (CONAM) y miembro del plan de Contingencia ante derrames de petróleo y sustancias nocivas. Fue ejecutiva de Proyectos de Ciencia y Tecnología (i+d) en la Unidad Coordinadora del Programa de Ciencia y Tecnología (FINCYT). Cuenta con una maestría en Química Fundamental y Ambiental en la Universidad Da Coruña (España) y un postgrado en Gestión Ambiental efectuado en la Universidad Nacional de Ingeniería (Perú). Fue responsable de la carrera profesional de Ingeniería Ambiental de la Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur. Actualmente, es consultora ambiental y docente universitaria en la Universidad César Vallejo en la sede Lima Este.

 rcabello@ucv.edu.pe

### Patricia Reynoso Quispe

Graduada en Matemática por la Universidad Santa Úrsula de Río de Janeiro (2007) y en la maestría en Ingeniería de Materiales y de Procesos Químicos y Metalúrgicos en la Pontificia Universidad Católica de Río de Janeiro (2010). Tiene experiencia en el área de computación, física e ingeniería de procesos y medioambiente; principalmente, en los siguientes temas: modelado matemático y ambiental. Actualmente, cursa el doctorado en Medio Ambiente en UNALM y es docente en UTEC.

### Lorgio Valdiviezo Gonzales

Ingeniero metalúrgico por la Universidad Nacional de Trujillo (2003). Asimismo, es máster y doctor en Ingeniería de Materiales y de Procesos Químicos y Metalúrgicos, especializado en tratamiento de efluentes por la Pontificia Universidad Católica de Río de Janeiro (2006-2012, PUC-RIO. Brasil), con más de 12 años dedicado a la investigación, impartiendo cursos y conferencias en temas relacionados con la calidad y tratamiento de agua. Actualmente, es docente investigador de la universidad César Vallejo.

 lvaldiviezo@ucv.edu.pe

Recibido 08-05-19      Revisado 28-06-19      Aceptado 15-07-19



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial 4.0 Internacional.

## ACERCA DE LOS AUTORES

### Carmen Rosa Goicochea Carranza

Ingeniera ambiental. Actualmente, labora en la empresa minera Buenaventura, Up Tantauatay – Cajamarca, como ingeniera de seguridad. Trabajó como supervisora de riesgo, catástrofes y desastres en la empresa IRM Ingenieros S. A. C. en el Área de Medio Ambiente. Se desempeñó como monitorista ambiental, en la empresa Envirotec S. A. C. y Labeco SAC.

Asimismo, ha realizado trabajos independientes de monitoreo ambiental, estudios de impacto ambiental, asistente de laboratorios y capacitaciones en diferentes instituciones respecto a temas ambientales.

 rosita8193.crgc@gmail.com