



La Contaminación Ambiental de Lima Metropolitana: Un Problema Sistémico

Ricardo Rodríguez Ulloa
Profesor e Investigador Principal
CENTRUM Católica



Foto: www.freepik.es

a lo largo del tiempo. Ello requiere, sin embargo, el uso de la computadora para simular y visualizar dicho comportamiento.

El caso de la contaminación ambiental de Lima Metropolitana tiene ese tipo de características, y en este artículo explicamos cómo mediante el uso de diagramas causales, una técnica dentro del empleo de la dinámica de sistemas, es posible comprender la magnitud transdisciplinaria del problema y sugerir posibles políticas a implantar dadas las características del problema.

La Situación Problema: La Contaminación en Lima Metropolitana

La contaminación ambiental de Lima Metropolitana es un problema complejo. Se han hecho diversos estudios y trabajos de consultoría, sin embargo, una metodología y tecnología sistémica como las mostradas en el presente artículo podrían ser útiles para analizar este acuciante problema de manera integral.

Empezaremos analizando variables importantes que intervienen en este problema y sus interrelaciones con otras variables también importantes.

Dinámica Poblacional

La dinámica de la población de Lima Metropolitana obedece básicamente a cuatro tasas:

- La tasa de nacimientos
- La tasa de muertes
- La tasa de inmigrantes
- La tasa de emigrantes

Dependiendo de cómo varíen dichas tasas, el valor de la población también variará. Sin embargo, en el modelo aquí presentado no estamos considerando a los inmigrantes y emigrantes, aspecto que un modelo más real no puede soslayar.

La Contaminación Ambiental

Por otro lado, a más crecimiento poblacional en Lima Metropolitana, habrá más tasa de generación de contaminación ambiental (material, aérea, sonora y visual), por tanto, la

cantidad de contaminación ambiental aumentará. Al aumentar el stock de polución ambiental, la calidad de vida del limeño bajará (lo que disminuirá, por ejemplo, su esperanza de vida), y además se incrementará la cantidad de enfermos, lo cual hará que la tasa de muertes aumente. Ello contribuirá a que baje el nivel poblacional de Lima Metropolitana.

Es importante mencionar también que cuanto más aumente la población de la ciudad, también lo hará la población de animales domésticos en los domicilios de la población. A mayor cantidad de animales domésticos, mayor contaminación de la ciudad.

Atractividad de Lima Metropolitana

Por otro lado, la disminución del nivel de atractividad de Lima Metropolitana hará que la tasa de emigración de la ciudad aumente, por un lado, y por el otro, que baje la tasa de inmigrantes, lo que afectará el nivel de la población a lo largo del tiempo.

Debe tenerse en cuenta la importancia de la variable "atractividad de la ciudad", pues a mayor atractividad de Lima Metropolitana habrá mayores inversionistas interesados en participar en alguna actividad en la ciudad. A mayor capital de inversión habrá mayor capital de inversión en la industria de la construcción y mayores capitales de inversión para ser colocados en negocios de venta de vehículos importados, desarrollo de industrias y servicios.

Estos últimos 30 años, la inmigración se ha reducido en 5%. Ello tiene que ver con la variable "atractividad".

Capital de Inversión en Lima Metropolitana

A mayor capital de inversión en la industria de la construcción, mayor será el crecimiento de la economía nacional. Igualmente, cuanto más se incremente el capital de inversión en la venta de vehículos, la industria y los servicios, ello incidirá también en el crecimiento de la economía nacional.

Problemas como la contaminación ambiental de Lima Metropolitana requieren de nuevas herramientas mentales de análisis y de síntesis, capaces de integrar la multiplicidad de factores que intervienen en esta situación.

Felizmente, dentro de lo que se conoce como el paradigma de sistemas o la sistémica, existe una metodología, denominada dinámica de sistemas, que permite el modelamiento sistémico de variables de distinto tipo, tanto cualitativas como cuantitativas, que, integradas a través de bucles retroalimentados de reforzamiento (R) o de balance (B), permiten determinar el comportamiento de dichas variables

Inversión en la Industria de la Construcción

A mayor capital de inversión en la industria de la construcción, habrá más edificios y casas, a mayor construcción de edificios y casas, habrá menos áreas verdes disponibles; al haber menos áreas verdes disponibles habrá más hacinamiento de la población en los edificios disponibles. Ello afectará tanto el incremento de la tasa de nacimientos como el incremento de la tasa de muertes, lo que impactará el nivel de la población.

El sector construcción experimenta un crecimiento sostenido en los últimos años. Esta inversión de capital en la construcción de nuevos edificios (especialmente en la zona urbana) está aumentando la población de edificios en Lima Metropolitana, a pesar de enfrentar una reducción de 2.75% en junio de 2011 con respecto al año anterior, y de 2.9% en julio de 2011 con respecto al mismo periodo en 2010.

El nuevo capital para la inversión en Lima Metropolitana está determinado por el riesgo país, y en el caso particular de la Industria de la construcción,



boom de la construcción en los próximos años.

Industria de Venta de Vehículos

Una mayor inyección de capital en la industria de venta de vehículos nuevos generará mayores ventas de vehículos nuevos. Al haber mayores ventas de vehículos nuevos habrá un mayor stock de vehículos nuevos en Lima Metropolitana, lo cual generará un aumento de la contaminación ambiental, lo que afectará nuevamente la calidad de vida de la población, la atractividad de la ciudad, etc.

El mayor stock de vehículos nuevos generará con el paso del tiempo (de 2 a 5 años) una población de vehículos nuevos usados, la cual contribuirá en mayor proporción que los nuevos con la contaminación ambiental de Lima Metropolitana.

En secuencia, el stock de vehículos nuevos usados con el tiempo pasará a engrosar la población de vehículos viejos en uso (entre 6 y 15 años). A mayor población de vehículos viejos en uso, mayor contaminación ambiental de la ciudad.

por fenómenos extraordinarios, como es el caso de las mafias en el sector, las que, disfrazadas de sindicatos de construcción civil, amenazan, chantajea y extorsionan a empresarios e ingenieros del sector para beneficiarse ilegalmente con, por lo menos, el 1% de las ganancias que genera la edificación de inmuebles en Lima, sin contar con que los presionan para que contraten a sus seguidores, con lo cual personal inexperto es infiltrado en las obras, con los riesgos que ello implica. Este fenómeno podría amenazar considerablemente el

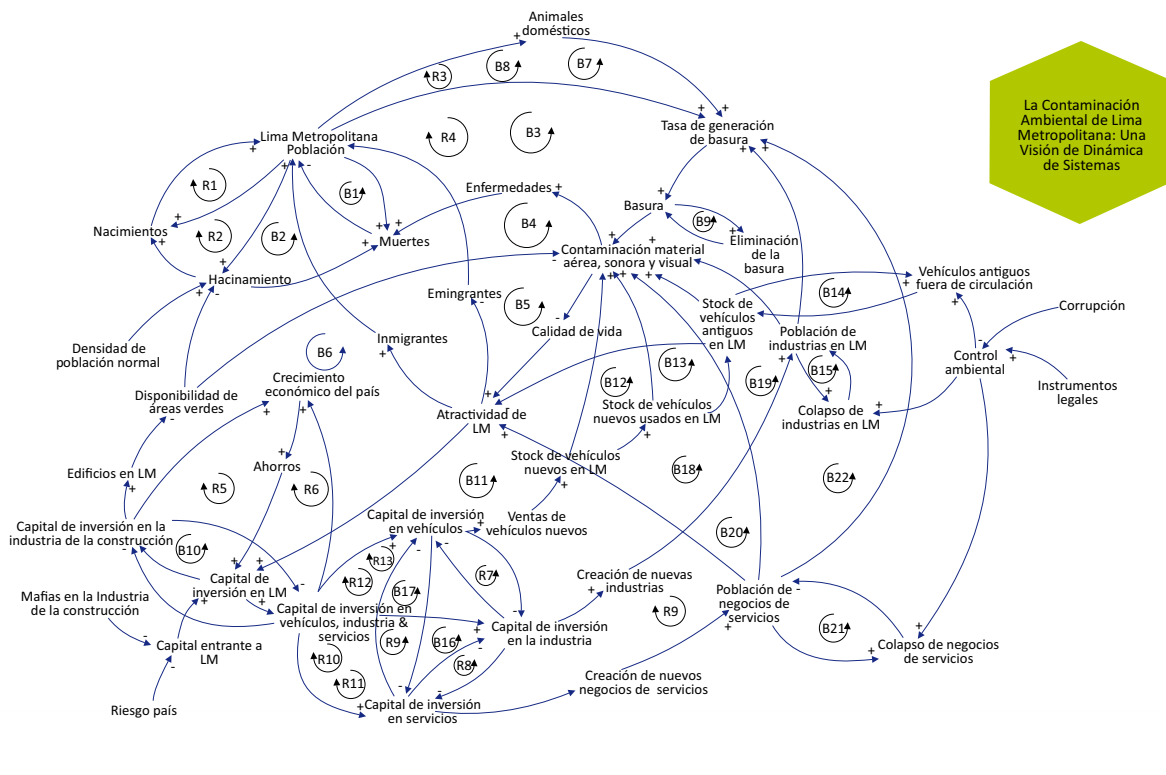


Figura 1. Diagrama causal: bucles de reforzamiento y de balance.

Según el Banco Mundial, el 80% de las emisiones contaminantes de Lima Metropolitana provienen de su parque automotor, que además opera de manera caótica, lo que explica también las pérdidas en horas-hombre y otros costos operativos de hasta 500 millones de dólares anuales en la capital del Perú.

Inversión en la Industria

De igual modo, una mayor inyección de capital de inversión en la industria conllevará a la creación de nuevas industrias, con lo cual la población de industrias en Lima Metropolitana aumentará. Al aumentar la población industrial se incrementará el nivel de contaminación ambiental (material, aérea, sonora y visual) de la ciudad, por un lado, y por otro lado, el nivel de atraktividad de la ciudad también quedará afectado.

Inversión en los Servicios

A mayor inyección de capital de inversión en los servicios, más creación de nuevos negocios de servicios. A mayor creación de nuevos negocios de servicios, mayor será la población de negocios de servicios. A mayor población de negocios de servicios en la ciudad, se incrementará su atraktividad por un lado. Por otro lado, a mayor cantidad de negocios de servicios habrá mayor contaminación ambiental (material, aérea, sonora y visual).

La inversión de capital en el sector servicios favorece la creación de este tipo de empresas, las que concentran el 53% de la PEA ocupada en Lima Metropolitana (INEI, diciembre de 2010).

Visión Sistémica del Problema de la Contaminación Ambiental de Lima Metropolitana

La Figura 1 muestra el diagrama causal de lo explicado en estas líneas, donde se muestran las diversas variables y sus relaciones de bucle entre todas ellas.

Aquellos bucles que tienen el símbolo R refuerzan las variables. Los bucles que tienen el símbolo B, son de balance, es decir, contribuyen a la esta-



bilidad del sistema (comportamiento asintótico), todo lo contrario a un bucle de reforzamiento, cuyo comportamiento es de carácter exponencial.

Políticas Para el Control de la Contaminación Ambiental de Lima Metropolitana

La configuración compleja de la problemática de la contaminación ambiental implica que se deben aplicar políticas a diversos aspectos, para lo cual se requiere que las entidades del Estado, con la Municipalidad de Lima liderando este proceso, articulen medidas que conlleven al aliviamiento de este serio problema para los ciudadanos de Lima Metropolitana.

El modelo mostrado en la Figura 1 indica que se deben formalizar e implantar serias medidas de control de la contaminación ambiental en tres grandes sectores:

- Los negocios de los servicios
- La industria
- El stock de vehículos antiguos (de más de cinco años de antigüedad)

Sin embargo, para que dicho control se pueda dar eficazmente, se debe hacer uso de las tecnologías de la información,

crear los instrumentos legales y combatir a la corrupción.

Lo mostrado hasta aquí es la estructura sistémica del problema. La simulación dinámica de las variables mostradas aquí, mediante el uso de software ad-hoc y con los datos pertinentes, podría dar luces de los escenarios que se pueden presentar para Lima Metropolitana, debido a la contaminación ambiental. Así, sería posible saber, por ejemplo, cuántas personas adquirirán enfermedades alérgicas e incluso tendrán cáncer a causa de la contaminación hacia el año 2020. ¿Cuáles serán los niveles de contaminación ambiental de seguir el crecimiento vehicular la tendencia actual de crecimiento? ¿Cuál será el impacto del crecimiento de la construcción en la disponibilidad de áreas verdes para las próximas generaciones de limeños? ¿Cuál será el nivel de contaminación de las industrias y su efecto en la calidad de vida de los ciudadanos? ¿Cómo afecta la corrupción en el nivel de control de la contaminación ambiental de Lima Metropolitana, entre otros aspectos? ■