

¿Cómo nos movemos y cuánto CO2 emitimos hoy en día?  
Metodología para estimar la huella ambiental de los viajes diarios en Bogotá y Lima

**Texto de la ponencia**

1. ¿Cómo nos movemos y cuánto CO2 emitimos hoy en día? Buenos días, me llamo Hugo Thomas y voy a presentar una metodología para estimar la huella ambiental de los viajes diarios en Bogotá y Lima.
2. Este trabajo es parte de mi tesis doctoral que estudia los patrones individuales de viajes cotidianos en dos metrópolis de Latinoamérica. Busca analizar la huella ambiental de los viajes a partir de microdatos procedentes de encuestas de movilidad. Vamos a aplicar este método a dos metrópolis de Latinoamérica: Bogotá y Lima.
3. Estas dos ciudades tienen un peso demográfico similar, con diez millones de habitantes cada una. Ambas experimentaron una transición urbana en la segunda mitad del siglo veinte, la cual desembocó en un crecimiento urbano sin planificar que pueden apreciar en estos mapas.
4. Ambas ciudades se caracterizan por una alta segregación socio residencial. En este mapa, se representa la ubicación de la población con condiciones socioeconómicas más desfavorables, a través de un índice de condición social que calculamos con base en las características de los hogares con la misma metodología en las dos ciudades. Nos damos cuenta que la población con mayor desventaja socioeconómica está ubicada en las zonas periféricas: el sur-occidente de Bogotá y las periferias Norte, Este y Sur de Lima.
5. En cambio, la población más favorecida se ubica en otros sectores de la ciudad: el nororiente de Bogotá y el centro-sur de Lima. De hecho, existe una fuerte correlación negativa, -0.9, entre la presencia de hogares muy acomodados y muy desfavorecidos, en ambas ciudades.
6. Estos mapas, como se puede ver, evidencian un desajuste espacial entre el lugar de residencia y el lugar de trabajo de las personas, desajuste que es otra cara de la estructura segregativa de ambas metrópolis. De forma esquemática, la mayor parte de la población vive en la periferia y trabaja en el centro lo que implica largos recorridos para muchos capitalinos.
7. Una forma distinta de visualizarlo es por medio de esta animación, que representa la evolución de la distribución espacial de la población urbana a lo largo de 24 horas, sólo para Bogotá. Cada sector de la ciudad se deforma para tener una superficie proporcional a la población presente en cada momento. Se observa estos pulsos semejantes a un corazón latiendo.
8. El transporte colectivo tiene un rol central en la movilidad de las personas en ambas ciudades, pero la oferta de transporte es muy diferente entre las dos. En Bogotá, existe un sistema integrado de transporte público organizado alrededor de una red de buses de rápido tránsito, Transmilenio, y rutas de buses integradas a nivel institucional, físico y tarifario. En Lima, existen dos rutas de transporte masivo, paralelas y sin conexión entre ellas, un BRT y un tren eléctrico, mientras que la mayor parte de las rutas son producto de una oferta atomizada que reúne empresas con escasa regulación. Las políticas de movilidad son muy diferentes entre las dos capitales.
9. Nuestro trabajo busca evaluar las emisiones de gases de efecto invernadero y contaminantes aéreos producidas por la movilidad urbana con base en los patrones individuales de viaje. Representa un cambio de enfoque respecto a la ingeniería del transporte, que suele calcular estas emisiones con base en un conteo del tráfico vehicular. Adoptamos así un enfoque de movilidad sostenible, para mostrar las desigualdades en cuanto a la huella ambiental de las

personas según sus características sociodemográficas y su lugar de residencia. Este trabajo busca brindar pistas de reflexión que podrían ser útiles para las políticas públicas tanto con el fin de reducir las emisiones como para reducir las brechas de movilidad. De hecho, no habrá movilidad sostenible si las acciones de mitigación aumentan las desigualdades.

10. Todos los datos fueron procesados con el programa de análisis de datos R, con un enfoque de ciencia abierta. Aprovechamos las encuestas de movilidad urbana disponibles en las dos ciudades y proponemos un método unificado y reproducible que se puede replicar en otras ciudades. También subsanamos varias limitaciones de anteriores estudios.
11. Las emisiones de cada viaje en la encuesta se calculan de forma clásica, como el producto de la distancia por el factor de emisión. La distancia depende del modo de transporte de la persona, desde su punto de partida hasta su lugar de llegada. El factor de emisión depende del vehículo, del combustible y del número de pasajeros. En cada ciudad se buscaron las mejores fuentes disponibles aplicadas al contexto local. Luego, para producir indicadores a nivel metropolitano con base en la muestra, se usaron los factores de expansión de las encuestas.
12. Aquí van los resultados por modo de transporte. En amarillo está la partición modal, el porcentaje del número de viajes diarios realizados por cada modo. En verde, la demanda de transporte en millones de pasajeros-kilómetros. A diferencia del primer indicador, éste toma en cuenta la distancia de cada viaje. Por fin, en azul están las emisiones de gases de efecto invernadero, en toneladas de CO2 equivalente.
13. Nos vamos a enfocar en tres modos. El BRT es un modo central en la movilidad de los bogotanos, tanto en porcentaje como en pasajeros kilómetros, pero mucho menos en Lima. Esto se debe a la extensa red de Transmilenio de la capital colombiana. Sin embargo, este modo de transporte es poco emisor de CO2 relativamente a su alto uso, principalmente por el gran número de personas en los vehículos, hasta 250 personas por unidad en Bogotá. En auto particular tiene un patrón distinto. En ambas ciudades, representa alrededor del 10% de los viajes, pero son viajes mucho más largos en Bogotá que en Lima. En Bogotá, el auto es el principal modo emisor de CO2, con 2435 toneladas por día, y es el segundo en Lima, con 1474 toneladas. Su factor de emisión por viajero-kilómetro es alto por su baja tasa de ocupación. Por fin, el autobús convencional es el modo más importante en Lima, tanto en porcentaje como en demanda. Y es el primer puesto de emisiones en la capital peruana, mientras que es el segundo en la capital colombiana. Esto se debe a la alta demanda que atiende, combinada con una ocupación no tan alta de los buses.
14. Ahora, lo que permite este método basado en la demanda, es la producción de indicadores de corte socioespacial para entender la estructura de la demanda de viajes. Vamos a presentar un par de ellos. En estos mapas morados, se representa la intensidad de uso del auto particular en función de la zona de residencia. Es el número de pasajeros-kilómetros dividido entre la población de cada zona. Se nota que esta intensidad es muy alta en el nororiente de Bogotá y el centro-sur de Lima. De hecho, existe una correlación muy fuerte con el índice de condición social.
15. En este mapa, se muestra la intensidad de uso de la caminata en ambas ciudades: las zonas del Sur de Bogotá y las periferias de Lima registran mayor número de kilómetros a pie por habitante. La correlación con la intensidad de uso del auto es fuerte y negativa. Se puede decir de forma esquemática que las personas que caminan y las que usan el auto, en el día a día, pertenecen a dos poblaciones distintas.
16. La intensidad de uso del transporte público tiene otro patrón, siendo mayor en las zonas periféricas de las dos ciudades con respecto al centro. Esto muestra que el transporte público

tiene un rol clave para viajes de larga distancia, y si miramos los motivos de viaje, son principalmente viajes pendulares.

17. Por fin, llegamos a las emisiones per cápita, según el lugar de residencia. Estos mapas muestran las emisiones de gases de efecto invernadero de los habitantes, relacionadas con los viajes de las personas. Las emisiones son el complejo producto de varios factores, como los que acabamos de enseñar. Se evidencian fuertes desigualdades espaciales relacionadas con la huella ambiental, sobre todo en Bogotá, por la estructura de los viajes en la capital colombiana. La correlación con el uso del auto y con la condición social es más fuerte en Bogotá que en Lima.
18. Este estudio busca aportar un método unificado de cálculo de las distancias y emisiones que sea replicable y comparable entre contextos urbanos distintos, utilizando las mejores fuentes de datos existentes. El uso de microdatos de encuestas de movilidad permite producir un conocimiento sobre el impacto de los patrones de viaje en cuanto a emisiones. Siguen existiendo limitaciones por la realización de hipótesis, como por ejemplo el uso del camino más corto para calcular la distancia.
19. Estos indicadores muestran quiénes usan los distintos modos, dónde viven y para qué tipo de viajes. Pueden ayudar a priorizar políticas de movilidad enfocadas a mejorar el transporte público, las condiciones de caminabilidad, o entender el potencial de cambio modal de un modo a otro. En América Latina, un desafío muy fuerte que dificulta las políticas de cambio modal es la individualización de los viajes, que se traduce por el incremento del tráfico de vehículos individuales como autos y motocicletas. El uso del transporte público, si bien cumple un rol social clave, está disminuyendo en todas partes. Todo esto es un reto para la disminución de las emisiones y la inclusión de las poblaciones marginalizadas.