



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

Localización económica en el diseño de redes de logística inversa-urbana

Miguel Andrés Garzón Ramírez

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería de Sistemas e Industrial
Bogotá, Colombia

2014

Localización económica en el diseño de redes de logística inversa-urbana

Miguel Andrés Garzón Ramírez

Ingeniero Industrial

Tesis presentada como requisito parcial para optar al título de:

Magister en Ingeniería Industrial

Director:

Ph.D., Ing., Diego Fernando Hernández Losada

Línea de Investigación:

Ingeniería de la Productividad

Grupo de Investigación:

SEPRO – Sociedad Economía y Productividad

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería de Sistemas e Industrial

Bogotá, Colombia

2014

A mis padres, Isabelina y Miguel, por su constante apoyo, sus invaluable enseñanzas y la motivación para alcanzar mis sueños.

A la academia:

A la investigación:

“La cultura sucumbe bajo el volumen de la producción, la avalancha de letras, la locura de la cantidad. Por ese motivo... un libro prohibido en tu país significa infinitamente más que las millones de palabras que vomitan nuestras universidades.”

A la docencia y el aprendizaje:

“Lo que diferencia a la persona que ha cursado estudios de un autodidacta no es el nivel de conocimientos, sino el nivel, el grado de vitalidad y la confianza en sí mismo.”

*La insoportable levedad del ser
Milan Kundera. 1985.*

Agradecimientos

A la Universidad Nacional de Colombia, institución a la que debo gran parte de mi formación como ingeniero y como docente y porque en sus aulas comprendí profundamente lo que significa ser colombiano y ser parte de una nación.

A mi director y tutor, el profesor Diego Hernández, por su acertada guía, la motivación en cada reunión, la autonomía, los retos, las críticas y sugerencias, la confianza y el apoyo en la investigación, en mis labores docentes y en mi tránsito a estudios doctorales; también a la Ingeniera Gloria Torres por las enriquecedoras charlas y por compartir conmigo su experiencia y puntos de vista respecto del desarrollo de la logística inversa en el país.

A los profesores Carlos Cortés Amador, Cesar Ruiz y Diego Guevara por su motivación y por sus enseñanzas en los cursos que tuve la oportunidad de cursar y que enriquecieron enormemente mi trabajo investigativo.

A mis compañeros de maestría y amigos, especialmente a Tatiana Leguizamo, con quienes compartí diferentes opiniones respecto a nuestros trabajos y de quienes pude recibir críticas y comentarios construyendo un verdadero ambiente académico, espero haber podido contribuir también, en alguna forma, al desarrollo de sus trabajos. De la misma manera, a mis estudiantes, quienes me han permitido, desde su gran capacidad intelectual, cuestionar las bases de lo que se puede entender por ingeniería económica, lo cual ha sido el componente base de mi trabajo investigativo a través del entendimiento de la acción económica del ingeniero.

“El que hace públicas sus ideas corre el riesgo, en efecto, de convencer a los demás de su verdad, de influirles y, por lo tanto, de encontrarse en el papel de aquellos que aspiran a cambiar el mundo.”

La lentitud. Milan Kundera. 1995.

Resumen

La logística inversa comprende esfuerzos de empresas o asociaciones, interesadas en generar o recuperar valor de los residuos del consumo de sus productos. La regulación actual en algunos países ha orientado estas actividades hacia el manejo adecuado de residuos peligrosos, lo que ha originado la formación de redes de recolección en ciudades donde se asumen mejores resultados con una mayor cantidad de puntos de recolección. El aporte del presente trabajo consiste en un nuevo acercamiento al diseño de estas redes, entendiendo la ciudad y su logística como hechos económicos en un territorio y donde la toma de decisiones de localización tiene en cuenta dinámicas particulares de la población para la prestación de un servicio público. La voluntad del ciudadano, motivada a través de la localización económica del servicio, es la base de su funcionamiento y acota la relación entre la logística inversa como un hecho de ciudad y la logística urbana. Bajo esta premisa, se concluye que si bien la existencia de redes de recolección de artículos en pos-consumo es un hecho positivo en prácticas industriales sostenibles, la teoría bajo el concepto de localización económica y sus implicaciones muestra que estas pueden ser más efectivas si están distribuidas adecuadamente en el espacio urbano.

Palabras clave: Logística inversa, logística urbana, localización económica, accesibilidad, interacción espacial, redes urbanas, economía urbana.

Abstract

Reverse logistics includes efforts of companies or associations interested in generating or recover value from waste consumption of their products. The current regulation in some countries oriented these activities towards the proper management of hazardous waste, which has caused the creation of collection networks in cities where better results are assumed based on a greater number of collection points. The contribution of this work is a new approach to the effectiveness of these networks, understanding the city and its logistical activities as economic facts in a territory, where the location decisions taking has into account the particular dynamics of the population for the provision of a public service. The citizen will, motivated by economic location service, is the basis of performance and draws the relationship between reverse logistics as a fact of city and the urban logistics. Under this premise, it is concluded that although the existence of collection networks in post-consumer items is a positive development in sustainable industrial practices, the theory under the concept of economic location and its implications shows that these can be more efficient if they are properly distributed along the urban space.

Keywords: Reverse logistics, city logistics, economic location, agglomeration, spatial interaction, urban network, urban economics.

Contenido

	Pág.
	Resumen VI
Lista de figuras.....	XI
Lista de tablas	XII
Introducción	1
1. Logística inversa en ciudades	7
1.1 La logística inversa, la Responsabilidad Extendida del Productor y el marco ECMPRO	9
1.2 Redes de logística inversa en ciudades	13
1.2.1 El papel de la clasificación	14
1.2.2 Las redes de puntos de recolección de impacto urbano.....	17
1.3 El servicio público de la recolección de residuos en la ciudad.	19
1.4 Logística inversa y logística urbana	23
1.4.1 Diferentes enfoques de la logística urbana.....	24
1.4.2 Relaciones entre la logística inversa y la logística urbana.....	27
2. Localización económica en las redes de servicios urbanos	33
2.1 Teoría económica en logística: La economía del transporte	34
2.2 Teoría económica en logística: La economía urbana.....	37
2.2.1 La aglomeración y la silueta de las ciudades	38
2.2.2 Relaciones entre las redes en logística y la economía urbana	41
2.3 La accesibilidad: la teoría del lugar central	45
2.4 Del centro a la red urbana	49
2.5 La interacción espacial	52
2.6 La estructura social y el encaje de las redes en el territorio	58
2.6.1 La estructura social y la acción económica	61
2.6.2 Acercamientos desde el urbanismo: el territorio y la acción económica.....	64
2.7 Localización económica y equidad	69
3. Estudio de caso: la localización económica de los puntos de recolección de medicamentos vencidos en Bogotá.....	73
3.1 La localización económica en las redes de logística inversa.....	74
3.1.1 Convergencia en la localización económica	76
3.1.2 Implicaciones en el diseño de redes de recolección.....	78

3.2	La forma de Bogotá, el contexto de las redes de recolección de artículos en pos-consumo	82
3.3	La red de recolección de medicamentos vencidos “Punto Azul”	89
3.3.1	Antecedentes.....	90
3.3.2	El programa punto azul en Bogotá.....	92
3.4	Localización de los puntos de recolección de medicamentos vencidos	94
3.5	Ajuste de la red de recolección a la ciudad.....	99
4.	Conclusiones y recomendaciones.....	101
4.1	Conclusiones.....	101
4.2	Recomendaciones.....	105
	Bibliografía	109

Lista de figuras

	Pág.
Figura 1-1: Marco ECMPRO, la relación de la logística inversa con los procesos de manufactura.....	12
Figura 1-2: Diagrama de flujo de las actividades de logística inversa.....	15
Figura 1-3: Relación entre la logística inversa y la gestión de residuos locales.....	19
Figura 1-4: Diferenciación de la logística inversa y las Rutas de recolección de residuos urbanos.....	22
Figura 2-1: Relaciones conceptuales entre la economía del transporte, la economía urbana, y la logística.....	40
Figura 2-2: Las áreas de mercado y los lugares centrales.....	46
Figura 2-3: Las áreas de servicio y los nodos de las redes.....	48
Figura 2-4: Las relaciones entre la interacción espacial, la estructura social y la acción económica.....	56
Figura 2-5: La interacción espacial como mediadora de la estructura social y la acción económica.....	57
Figura 3-1: El ajuste al territorio, conceptualización de la mejora en la eficiencia de una red de logística inversa por medio de la localización económica.....	74
Figura 3-2: Implicaciones de localización económica en las redes de servicio en áreas urbanas.....	79
Figura 3-3. Mapa de la densidad urbana de habitantes por Unidades de Planeación Zonal 2010 en Bogotá D.C.....	85
Figura 3-4. Puntos de recolección de medicamentos vencidos en 2010.....	93
Figura 3-5. Distribución de los puntos de recolección de medicamentos vencidos en Bogotá.....	93
Figura 3-6. Puntos de recolección de medicamentos vencidos al norte de la ciudad de Bogotá.....	94

Figura 3-7. Puntos de recolección de medicamentos vencidos en la localidad de Usme.....	95
Figura 3-8 Distribución de los puntos de recolección de medicamentos vencidos en Bogotá a Noviembre de 2013.....	96

Lista de tablas

	Pág.
Tabla 1-1: Clasificación de artículos recolectados en las ciudades a través de actividades de logística inversa.....	16

Introducción

La ingeniería y la economía han tenido un desarrollo distinto tanto en metodología como en enfoque, pese a sus similitudes por definición. La ingeniería, como disciplina, actúa como el tránsito entre los desarrollos en ciencia básica y las necesidades de la sociedad; la economía, como ciencia, busca la adecuada asignación de los recursos a través del estudio de los agentes en la sociedad. A la final, ambos cuerpos teóricos tienen a la sociedad como fin último, bien sea en el análisis de su conformación y las leyes que rigen su existencia y su transformación o bien desde la intervención directa a través de la tecnología, orientada al mejoramiento de la calidad de vida de las personas que la componen. La relación es mucho más acotada cuando se coloca en términos de causalidad, cuando la economía estudia el impacto de los desarrollos tecnológicos en la sociedad, y a su vez cuando la ingeniería considera aspectos económicos de la sociedad para que el desarrollo tecnológico pase de ser invención a innovación.

La relación más evidente de la relación es el estudio del transporte. En ingeniería este es el medio que posibilita el movimiento de carga o personas de un lugar a otro, en economía es la actividad que posibilita la realización de otras actividades económicas (De Rus & Campos, 2003); en cada uno de los campos el transporte tiene su lugar, y este se amplía a través de la acción del transporte en el territorio. El transporte es estudiado en dos ámbitos, el regional de grandes distancias, y el urbano con dinámicas particulares de la ciudad como la congestión y la regulación, y esto a su vez hace parte de la economía urbana, que además del transporte analiza una amplia serie de elementos que hacen del territorio un espacio económico llamado ciudad. Este enfoque teórico en la economía será el marco de referencia de este trabajo, en donde se hace una apuesta por la interdisciplinariedad para resolver un problema en ingeniería, entendiendo la importancia de alimentar las soluciones propuestas en contexto social.

Las ciudades, en principio, involucran tanto los flujos del transporte como la localización de las actividades contenidas en ella. Este enfoque es similar al utilizado en logística; en

ingeniería industrial esta se define como la gestión de los flujos de material, dinero e información, que permite disponer de bienes y servicios en el lugar y momento deseados, con un enfoque orientado principalmente al manejo de la carga requerida por la actividad económica; para ello se utilizan flujos de transporte y almacenamiento. Esta base ha permitido el desarrollo de lo que se ha llamado *logística urbana*¹, donde se busca la optimización de los movimientos de carga en las ciudades (Taniguchi et al., 2001).

Entender a la ciudad como un espacio organizado a través de flujos y localización de actividades (almacenamiento) hace pensar que la logística, como concepto, tiene implicaciones más grandes y que no solo se relaciona al movimiento de carga, sino también al movimiento de personas y por tanto puede contribuir a determinar la localización de las actividades económicas y en general la organización de la ciudad². Adicionalmente, este enfoque entiende a la ciudad como una serie de redes que se yuxtaponen entre sí (Dupuy, 1992), redes de producción, redes de consumo, redes de transporte, redes de recolección de residuos, redes de telecomunicaciones, redes de iluminación eléctrica, entre otras (Fishman, 1990); la ciudad está compuesta de redes que permiten la adecuada calidad de vida de los ciudadanos de acuerdo con el avance tecnológico y los incentivos que tiene la sociedad para adoptarlos.

La logística como campo de estudio tiene un desarrollo teórico de su impacto en la ciudad, pero solo está adecuadamente definido para movimientos de carga que obedecen a transacciones en una sola dirección entre productores y consumidores, estos flujos son los más visibles y además la infraestructura necesaria para realizarlos hace que se conforme

¹ El término original en inglés es *city logistics*, sin embargo, no hay cuestionamientos ni diferenciación clara en la ingeniería cuando se habla de city (ciudad) y sobre lo urbano y el urbanismo; una traducción literal del término en cuestión puede ser logística de ciudad, pero en español se acude, de manera adecuada, a *logística urbana*. Pese a que por definición no existe una diferencia entre estos dos términos, un enfoque conciliador se encuentra en la sociología, donde la ciudad se refiere a un espacio limitado con una funcionalidad y límites específicos, a un gran asentamiento permanente de un conjunto heterogéneo de individuos; en cambio, el modo de vida urbano no se entiende necesariamente confinado en las ciudades y se estudia cómo la forma de vida diferente a la agrícola con una estructura física, organizacional y cultural propia, por lo tanto, pueden haber varias ciudades en un mismo espacio urbano, una zona metropolitana o un territorio. (Wirth, 1938).

² Es decir, la logística del territorio urbano estructurada por el transporte y la localización de las actividades económicas. El desarrollo urbano en dialéctica con la logística urbana (Miralles-Guasch, 2002).

una notable red de distribución logística en la ciudad, no solo para el comercio, sino también para la industria; con externalidades asociadas a la operación que normalmente son controladas con regulación de las autoridades municipales. Sin embargo, los flujos en una dirección desde el consumidor al productor no son tenidos en cuenta bajo el marco de la logística, que implica transacción entre el consumidor y la industria, sino a través del servicio público de rutas de recolección de residuos sólidos municipales³. Pese a esto, existe un marco regulatorio que se aleja del control de las actividades del transporte y regula la responsabilidad medioambiental que los productores tienen con los desechos generados por el consumo de sus productos en el mercado; esto da origen a una nueva red de recolección de residuos, que no hace parte de la red pública de recolección de basura por rutas disponible en las ciudades, sino que hace parte de iniciativas privadas de recuperación de productos, materiales y de residuos que son susceptibles de ser remanufacturados, reciclados o que requieren una disposición final especial por su potencial afectación al medio ambiente; estas redes si se ajustan al enfoque logístico y están plenamente estudiadas en la literatura del área. Bajo este marco, el enfoque no está en el impacto de los flujos que genera el sistema de recolección de residuos sobre los flujos de la ciudad, como se pensaría en logística urbana, sino que está en la localización de los puntos de recolección y las condiciones de accesibilidad de la población a estos en el área urbana.

Se da la existencia de una nueva red en la ciudad, que es abordada, en parte, por el área de la logística que estudia los flujos en una dirección entre consumidores y productores, la *logística inversa*; que se da en principio bajo un ámbito eminentemente urbano, y que surge tanto por iniciativa de los productores bajo incentivos de retornos financieros como por la regulación de las autoridades ambientales y la presión del consumidor (Steven, 2004); aunque que no está claramente incluida al interior de la logística urbana. Las redes de recolección de residuos, a diferencia de las rutas de recolección de residuos, basan su

³ Que no siempre cuenta con procesos de clasificación y reciclaje de los residuos recolectados, de tal forma que estos puedan regresar como materia prima a los procesos en la industria, tampoco se tienen en cuenta los flujos que permiten reparar artículos defectuosos, remanufacturarlos o aprovechar las partes en buen estado; que esta recolección de residuos haga parte de la logística depende de la intervención de las industrias en estas prácticas, como gestoras, beneficiarias o reguladas bajo el principio de responsabilidad expandida del productor, el cual es la base en derecho de la logística inversa y hace que la función de la recolección de residuos urbanos sea compartida con las autoridades municipales. (OECD, 2001).

actividad en la localización de puntos de recolección, contenedores, que una vez se llenan con el material deben ser desocupados para que puedan seguir prestando el servicio, por tanto se considera que un punto de recolección es un nodo en una red que se extiende por toda la ciudad. Para estas redes no se ha reconocido su impacto en la ciudad ni en los hábitos de los ciudadanos y por tanto, las redes implementadas tienen dos caminos, o bien se ajustan a minimización de los costos y a su vez al cumplimiento de la regulación que establece niveles de cumplimiento determinados, o se ajustan a la ciudad misma, reconociendo su forma y a la sociedad que la conforma con metas ambiciosas de recolección, recuperación de valor o prevención de contaminación, no necesariamente fijadas por la regulación.

El presente trabajo estudia las redes de logística inversa en las ciudades bajo el concepto de la localización económica, se busca explorar la integración de principios económicos con el diseño de sistemas de logística inversa; para esto ha sido necesario identificar el nivel territorial del sistema, es decir, su campo de acción y sobre esto plantear una red que genere mayor beneficio económico⁴. Esto se logra aprovechando los incentivos de los consumidores y de los productores, por tanto el diseño de la red de recolección debe considerar su pertenencia a un conjunto más grande de redes de logística en la ciudad. Así mismo, debe tenerse en cuenta el impacto de la red en los hábitos de las personas en la separación de los residuos domiciliarios e incluso en las prácticas de las empresas para generar redes de logística inversa conjuntas con puntos de recolección localizados en la ciudad o bien con rutas de recolección especiales para tales fines. Existen incentivos de las empresas para implementar las redes, cumpliendo con la regulación, ofreciendo mejor servicio postventa, recuperando valor a través de la recolección de material escaso existentes en los productos ya introducidos en el mercado, reciclando material

⁴ Es importante hacer una diferenciación entre beneficio económico y retornos financieros. Normalmente se asumen de manera indistinta, pero lo económico implica, además de involucrar dinero en la evaluación de factibilidad de alguna opción de inversión, considerar factores inherentes a la sociedad que está siendo intervenida y la forma en como esta también se ve beneficiada de la inversión a realizar. Entonces se habla de un beneficio económico total que es igual a la agregación del beneficio del productor y del beneficio del consumidor, este sería el beneficio social. En este trabajo se tiene en cuenta esta diferencia, y en consecuencia, cuando se hable de retornos o beneficio financiero se está haciendo referencia a la simple minimización de los costos o a la maximización de los ingresos monetarios del productor.

aprovechable, o retornando a la línea de producción artículos susceptibles de adecuación y reventa.

Para mostrar cómo la localización económica logra mayor efectividad⁵ en las redes de logística inversa, en el primer capítulo se explora a la logística inversa definida como una actividad de recolección de residuos urbanos, un servicio público que hace parte de la logística urbana en un marco socio-económico, se describen diferentes formas de logística inversa existentes en la ciudad y con base a ello se presenta un panorama donde es posible tomar decisiones en sistemas de logística inversa, especialmente para redes de recolección de artículos en pos-consumo. Esto permite presentar los incentivos existentes para el productor, que son ampliamente abordados en la literatura en logística inversa.

En el segundo capítulo se profundiza en las motivaciones que tiene la sociedad para usar una red de logística inversa, y que son elementos necesarios para tomar decisiones en el diseño de redes. Se considera que la logística inversa conforma redes en el territorio, las cuales se abordan a partir de la construcción de un modelo conceptual que entiende a la ciudad más allá de los flujos y la localización y la estudia en términos de interacción espacial, estructura social y acción económica. Esto tiene fuertes implicaciones en el diseño de redes de logística inversa porque se está entendiendo cuáles son los incentivos de los consumidores para utilizar una red urbana y cómo estas pueden ser aprovechadas para mejorar la eficacia de las redes de logística inversa.

En el tercer capítulo se pone en contexto los acercamientos teóricos planteados por medio de un estudio de caso, la red de recolección de medicamentos en Bogotá, que forma parte de la red de recolección de artículos en pos-consumo. Se busca colocar en contexto los acercamientos teóricos para determinar el potencial del concepto de localización económica en la construcción de redes de recolección de residuos en el contexto de la logística inversa. Los aportes finales del trabajo se encuentran en las críticas a las redes de recolección de residuos existentes y la identificación de opciones de mejora para la

⁵ En este trabajo se va a entender la efectividad como la existencia conjunta de eficiencia y eficacia, esto implica tener un óptimo uso de los recursos disponibles logrando tasas adecuadas de servicio; entonces, eficiencia y eficacia se relacionan a su vez con el beneficio del productor y del consumidor respectivamente.

efectividad de las actividades de logística inversa en ciudades. Finalmente, se presentan las conclusiones y recomendaciones de la investigación.

1. Logística inversa en ciudades

La logística inversa consiste en las diferentes formas de gestionar los flujos de productos usados provenientes de los consumidores hacia la industria para reprocesarlos o enviarlos a un destino adecuado, que pueden surgir tanto por motivaciones de atención al mercado, incentivos económicos de recuperación de valor o por aspectos regulatorios para la minimización de externalidades (Rogers & Tibben-Lembke, 1999) (Dowlatshahi, 2000) (Guide & Van Wassenhove, 2002). En este capítulo se muestra cómo entender las actividades de logística inversa en contextos urbano, para ello se aborda a la logística inversa como parte de las actividades de las empresas en la fabricación de productos y en una estrecha relación con el servicio público de recolección de residuos urbanos, para luego asumir esta relación entre el fabricante y el consumidor como un hecho en el territorio, regional o urbano.

Al interior de la logística, la logística inversa es un campo de estudio relativamente nuevo y en crecimiento, si bien su origen está en el interés por el reciclaje en la década de los años 60, no se habían acuñado definiciones para la misma hasta los años 80 como lo describen Rogers & Tibben-Lembke (2001) y más recientemente Díaz Fernández et al. (2004). Aunque en los últimos veinte años la producción académica en esta área ha aumentado considerablemente, las herramientas necesarias para estudiarla de una forma estructurada no han sido completamente identificadas y descritas como muestran en su trabajo Rogers, Melamed, & Lembke (2012). En la literatura, habitualmente, se hace una clasificación de las técnicas utilizadas para modelar estas actividades, pero no se hace una clara diferenciación conceptual que permita distinguir a la logística inversa claramente de otros campos de estudio que involucran manejo de flujos inversos, muchas veces se refiere a logística inversa sin distinción de otros campos como *reverse supply chain* o *management returns*, (Rogers, Lambert, Croxton, & Garcia-Dastugue, 2004), o de

actividades como la recolección de residuos en las ciudades. Por esto, al estudiar logística inversa se carece de elementos de comparación o contraste con la logística tradicional⁶.

La investigación en logística inversa tiene preferencia por los estudios en análisis cuantitativo. Hay pocos autores del campo usando análisis cualitativo y en cambio una gran producción en estudios de caso, donde se trabajan diferentes aspectos de la logística inversa como el diseño de redes, las relaciones entre los *stakeholders*, la gestión de inventarios y la planeación y control de las tecnologías de información útiles para la coordinación de las actividades (Dowlatshahi, Developing a theory of reverse logistics, 2000) (Wang & Linyan, 2005) (Pokharel & Mutha, 2009), lo cual corresponde a una visión desde las motivaciones que tiene la industria o el productor para la implementación de actividades de logística inversa. Sin embargo, estas carecen de un análisis que permitan cruzar diferentes aspectos entre sí y observar a la logística inversa de manera holística.

Entender a la logística inversa en el contexto urbano obliga a mantener una visión más amplia, involucrando, como es el caso de este trabajo, el diseño de redes con las relaciones entre diferentes interesados en estas actividades. Este capítulo relaciona a la logística inversa con la logística urbana; en primer lugar se identifican las relaciones que tiene la logística inversa con aspectos de manufactura como el ensamblaje y la gestión de insumos, haciéndola parte a su vez de una cadena de suministro de lazo cerrado, esto permite ver su utilidad tanto para el productor como para el consumidor y por tanto adquiere sentido preguntar por su relación con el territorio en que es desarrollada; posteriormente se enfocan las actividades de logística inversa que son desarrolladas en un ambiente eminentemente urbano y su relación con la recolección de residuos urbanos sobre las cuales se aborda la formación de diferentes redes que son susceptibles de ser mejoradas mediante un diseño con mayor orientación a la demanda y a través de un acercamiento conceptual a la logística urbana. Para conceptualizar este acercamiento, se contextualiza lo urbano estableciendo una relación entre lo que se ha desarrollado en logística inversa y logística urbana a través del concepto de red.

⁶ A pesar de esto se han hecho esfuerzos por estudiar la integración de la logística inversa con la logística tradicional, en lo que se ha denominado *closed-loop supply chain management* (Wang & Linyan, 2005) (De Brito & Dekker, 2010) (Jayant, Gupta, & Garg, 2012), estas consisten en la coordinación de actividades de logística inversa al interior de una cadena de suministro tradicional; el término se puede traducir como *gestión de la cadena de suministro de lazo cerrado*.

1.1 La logística inversa, la Responsabilidad Extendida del Productor y el marco ECMPRO

Las prácticas de logística inversa son amplias y abarcan una gran cantidad de aspectos en la industria, desde el reciclaje hasta el reproceso de productos defectuosos e incluso prácticas de servicio posventa (Díaz Fernández et al., 2004). Esto se ha entendido como una forma de optimizar el proceso de fin de vida de los productos que no implica simplemente recolección de los residuos, sino también que el diseño de los mismos permita la simplificación de su recolección, en el ensamblaje y desensamblaje, separando fácilmente los materiales utilizados en la fabricación, a lo cual se le ha llamado *Design for X (DFX)*, donde se puede incluir por ejemplo *Design for the environment*, *Design for Recycling*, *Design for Disassembly*, entre otros (Pokharel & Mutha, 2009) (Ilgin & Gupta, 2010), de esta forma, las actividades de logística inversa se facilitan y forman parte de las cadenas de suministro.

La relación entre *DFX* y la logística inversa, especialmente con *Design for environment (DFE)*, ha sido especialmente relevante en el escenario industrial a partir de la regulación (Walls, 2006), en diferentes países del mundo que buscan la recuperación de materiales en poder de los consumidores finales a través de la Responsabilidad Extendida del Productor (REP). La OECD (2001) define REP como un enfoque de política ambiental donde el productor es responsable, física o financieramente, de un producto que está en fase de pos-consumo en su ciclo de vida, así mismo, se establece que el productor debe pensar en cómo hacerse responsable del producto en fase de pos-consumo desde el diseño del mismo. Se puede pensar que REP es el incentivo que motiva instrumentos de regulación, que sirven como incentivos para las prácticas de *DFX* en las empresas, llevando a ellas la responsabilidad en la recolección de residuos, que antes era de los gobiernos locales, y haciendo que estos regresen de alguna manera a los procesos de fabricación, esta inclusión de la industria en el manejo de los residuos hace que la logística inversa tome forma y actúe como posibilitadora, integrándose con las cadenas de suministro tradicionales.

En el contexto de la OECD se han estudiado las implicaciones económicas de la Responsabilidad Extendida del Productor. Se observa en la práctica que debe haber algunas condiciones especiales que permitan facilitar la operación para condiciones

particulares y para productos particulares; se cuestiona que no sea claro si el objetivo de la REP es manejar la disposición de residuos, los componentes tóxicos de los residuos, los métodos de recolección y disposición de residuos o un combinación de todas ellas. Sin embargo, se acota que el objetivo principal debe ser siempre la maximización del beneficio social; y por otro lado, se exhorta a los diseñadores de política pública a precisar los objetivos ambientales que se están tratando de alcanzar con la recolección de determinados recursos por parte de la industria. Se ha visto además que la aplicación de esta responsabilidad es más efectiva que disponer de impuestos pigovianos para incentivar las prácticas *DFE*, por lo tanto se tienen grandes perspectivas de desarrollo para mejorar el manejo de residuos en las ciudades, evitando prácticas ilegales, y para incentivar prácticas de reciclaje de manera regular en las empresas en asocio con los gobiernos (OECD, 2004).

Los gobiernos han implementado una regulación que sigue los lineamientos de la OECD respecto a la REP. Esta se ha enfocado específicamente en la recolección de residuos en ciudades, lo cual, dependiendo de las características y el tipo de desecho, impone retos en las formas de recolectar. Existen varias formas en que la industria actúa en la recolección de acuerdo con la clase de consumidores, es decir, si los residuos son domésticos o provienen de empresas; sin embargo, la mayor cantidad de prácticas de recolección se hacen para residuos domésticos y se hacen por la industria de consumo masivo. Esto ha generado la conformación de redes de recolección a través de contenedores, o puntos, a lo largo de toda el área urbana.

Dadas las particularidades de cada producto en pos-consumo a recolectar, estas redes se conforman por cada tipo de residuo, es decir, la recolección es una actividad diferenciada además por el material objetivo; por ejemplo en las ciudades españolas existe una red para recolectar vidrio gestionada por los fabricantes de envases de vidrio⁷, en ciudades de Colombia y Uruguay hay redes de recolección de medicamentos vencidos y también se han implementado redes de recolección de pilas en desuso, llantas, insecticidas entre

⁷ En España hay además una política pública de gestión de residuos dominada Plan Nacional de Residuos Urbanos (PNRU).

otras⁸. Esto es el resultado de la acción de la regulación basada en la REP sobre el ciclo de vida del producto.

Gungor & Gupta (1999) relacionan las implicaciones de este tipo de *DFX* y REP bajo el marco *Environmental Conscious Manufacturing and Product Recovery (ECMPRO)*, donde se entiende que el rápido agotamiento de los recursos naturales y la creciente cantidad de generación de residuos, como emisión de polución del aire y vertimientos en el agua⁹, obliga a las empresas a trabajar en dos objetivos primarios: crear productos ambientalmente amigables y desarrollar técnicas de recuperación de productos y gestión de residuos. Estos objetivos enfocan el inicio y el fin del ciclo de vida, pero el marco ECMPRO es más amplio y comprende las actividades de diseño, fabricación, uso y recuperación, es decir, también se debe tener en cuenta cómo se hacen y cómo son consumidos los productos. Por tanto, bajo este marco de referencia, aunque las redes de recolección se enfoquen en la recuperación de los productos al finalizar su vida útil, estas deben existir sin desconocer la importancia de las demás actividades del ciclo de vida, ya que determinan cómo se puede recuperar el producto con mayor efectividad y menor impacto en el medio ambiente.

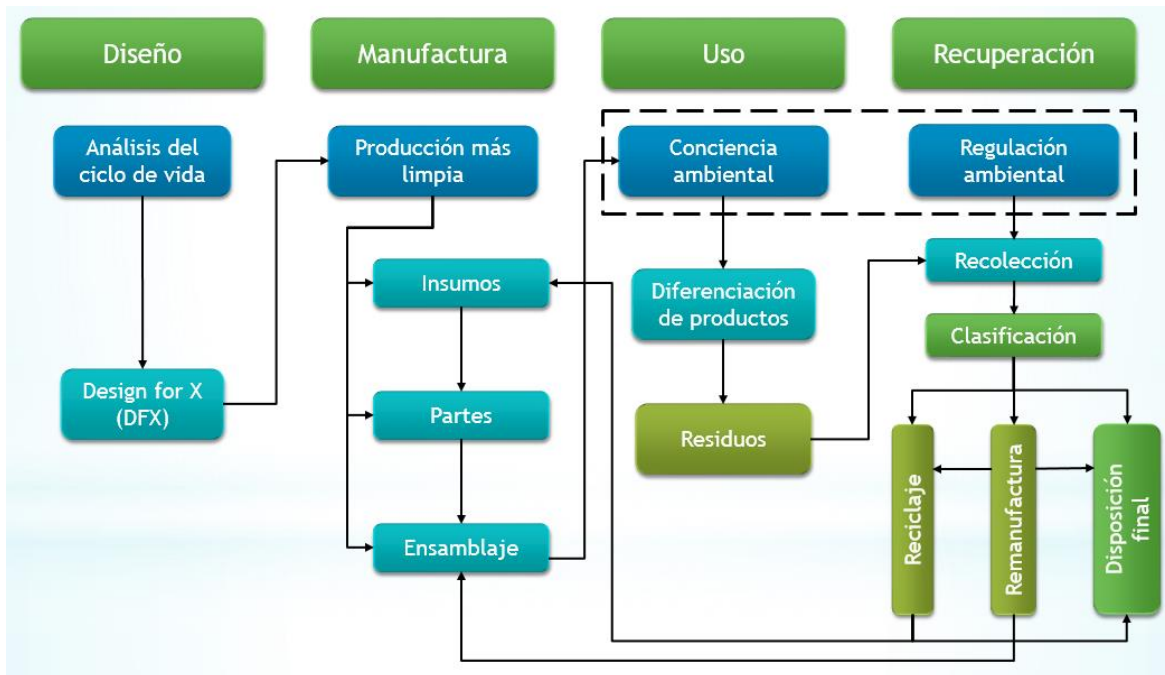
En la Figura 1-1 se presentan las relaciones de la logística inversa con los procesos de manufactura al interior del marco ECMPRO. La fase de diseño parte del análisis del ciclo de vida del producto, para el cual se aplica el enfoque *DFX*, este se relaciona con la manufactura bajo tendencias de producción más limpia considerando cambios en el abastecimiento de insumos, la fabricación de partes y su ensamblaje; este a su vez se relaciona con el uso del producto, sobre el cual el consumidor, a través de una creciente conciencia ambiental, diferencia cuales adquirir y una vez los consume deja residuos o artículos en pos-consumo como fin del ciclo de vida en el paradigma tradicional de logística del productor al consumidor.

⁸ Estas redes de recolección son gestionadas por la Asociación Nacional de Empresarios de Colombia (ANDI).

⁹ Particularmente, se ha identificado a los residuos como la “tercera polución”, que requiere atención similar a la polución del agua o del aire (Ichinose, Yamamoto, & Yoshida, 2013).

La fase de recuperación se refiere a las actividades de logística inversa, caracterizadas por procesos de recolección y clasificación que han sido impulsados a partir de la regulación. Esta tiene una relación tácita con la conciencia ambiental del consumidor, por lo cual, algunas de las motivaciones que impulsan la existencia de actividades de logística inversa están dadas por el impacto que estas tienen tanto en los productores como en los consumidores respecto a la formas de producción y de consumo. La clasificación permite determinar si el residuo es susceptible de ser reciclado, después de algunos procesos de desensamblaje, remanufacturado, o dado de baja mediante una adecuada disposición final.

Figura 1-1: Marco ECMPRO, la relación de la logística inversa con los procesos de manufactura. Adaptado de (Gungor & Gupta, 1999) y (Ilgin & Gupta, 2010).



Se representa un ciclo de vida ampliado, que impacta la orientación del diseño y permite a la manufactura aprovechar material reciclado y las partes que pueden ser remanufacturadas para ser integradas en el proceso productivo (Dowlatshahi, 2000) (Pokharel & Mutha, 2009). Las relaciones establecidas hacen que la logística inversa este determinada por su integración con las cadenas de suministro, lo cual les da el carácter de lazo cerrado, por esto, el marco construido con base en el trabajo de Gungor & Gupta (1999) se ajusta a la estructura genérica de las cadenas de suministro (Krikke et al., 2001).

Si bien la logística inversa tiene una creciente producción académica, el estudio de las cadenas de suministro de lazo cerrado es menos frecuente y no cuenta con un marco general que genere conexiones con la investigación en coordinación de cadenas de suministro tradicionales (Debo, Savaskan, & Van Wassenhove, 2010)

Las cadenas de suministro de lazo cerrado surgen en el contexto de las redes de logística inversa, estas representan una cercana cooperación con todos los participantes a lo largo del ciclo de vida del producto, pero los altos costos y los riesgos que representa modificar las cadenas de suministro tradicionales hacen que la única manera de encontrar factibilidad en la implementación de dichas cadenas de suministro sea la ventaja competitiva que traen consigo los beneficios ecológicos y a la vez sociales (Dyckhoff et al., 2004). El reto se encuentra en la aceptación social de los potenciales consumidores de las prácticas de logística inversa en cadenas de suministro de lazo cerrado, dado que la REP, que motiva su existencia, se complementa con una responsabilidad extendida del consumidor¹⁰ y de allí que el productor deba generar incentivos para involucrar al consumidor en el cambio de paradigma hacia la sostenibilidad.

1.2 Redes de logística inversa en ciudades

Las redes de recolección de residuos surgen en el contexto de las actividades de logística inversa que propician cadenas de suministro de lazo cerrado, en donde intervienen la gestión y el diseño. Se puede hablar de una jerarquía de decisiones en tres niveles al construir e implementar estas redes; Estratégicas, de largo plazo, que establecen y modifican los recursos disponibles de una red; Tácticas, que involucran planes a mediano plazo donde se determina el mejor uso de los recursos disponibles; Operacionales, Decisiones que involucran la ejecución detallada de los planes en el día a día (Aït-Kadi et al., 2012). Disponer de una red de logística inversa en una ciudad se ajusta a un tipo de decisión estratégica (Dekker et al., 2010), esto modifica la disposición de los residuos en la ciudad a partir de la clasificación en la fuente y cambia los hábitos de las personas, haciéndolas reciclar en sus casas, requiriendo que estas desensamblen los productos y se desplacen a un nodo de la red de recolección para que el material sea clasificado.

¹⁰ Que pese a todo, no es explícita en las normas colombianas, aunque el país acepte y respalde el protocolo de Basilea.

En la literatura de la logística inversa y de las cadenas de suministro de lazo cerrado se trazan dos grandes sectores de estudio, la ingeniería y la gestión de las redes de recolección. En este trabajo el enfoque está en la ingeniería, que consiste básicamente en el diseño de las redes para diferentes tipos de residuo, especialmente al problema de la localización de puntos de recolección, pero abordada desde las motivaciones existentes para gestionar los flujos del consumidor hacia la industria, lo cual puede entenderse como una implementación, en el diseño de redes, de aspectos económicos relacionados con el consumidor y su toma de decisiones.

1.2.1 El papel de la clasificación

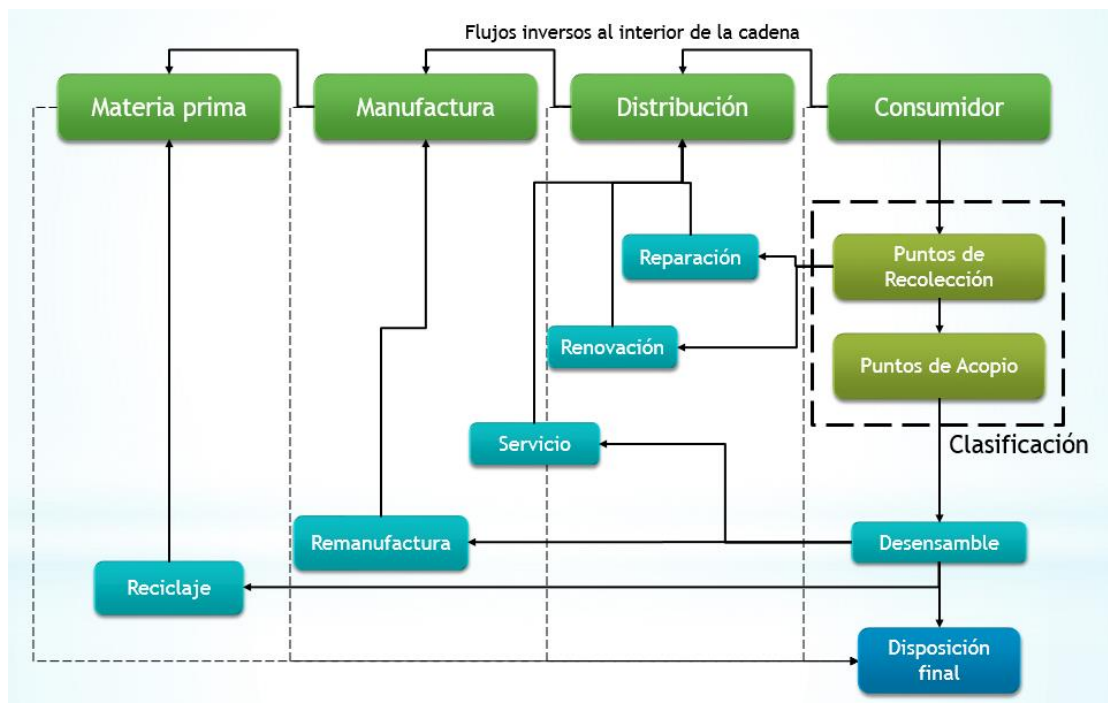
Existe un consenso en que las redes de logística inversa se diseñan para el desarrollo de tres etapas. La recolección, donde se tiene contacto directo con los consumidores, quienes generan flujos inversos con artículos defectuosos o en estado de pos-consumo; la clasificación, que busca minimizar el transporte de artículos que no se puedan reparar o que requieran disposición diferenciada y el retorno de los artículos clasificados al proceso productivo o al medio ambiente, donde se da la recuperación de valor o de evita la contaminación (Barker & Zabinsky, 2008). La orientación de la red depende del tipo de artículo recolectado, si es un producto usado, empaques, si los artículos son devueltos por garantías, o si son unidades no vendidas por el minorista; además la red también depende del tipo de proceso resultante de la clasificación. Estas diferentes posibilidades propician la existencia de una diversidad de redes de logística inversa en ciudades, estableciendo conexiones entre los productos usados y su recuperación y aprovechamiento (Steven, 2004).

La logística inversa adquiere dinamismo cuando consideran las posibles formas de recuperación de valor. Estas rebaten las definiciones iniciales de logística inversa que implican el retorno de los residuos a un solo punto de la cadena de suministro como la planteada por Rogers & Tibben-Lembke (1999), y acepta que estos pueden ser tratados de diversas formas; en su orden de prioridad por facilidad de recuperación y por tanto en

prioridad¹¹ (Barker & Zabinsky, 2008); reuso, reparación, donde se devuelve a un producto una calidad perdida, renovación, donde se reemplaza un producto que no estaba en funcionamiento al cliente, canalización, donde una pequeña proporción del producto retornado puede ser reutilizado, remanufactura, reciclaje y disposición final (Díaz Fernández et al., 2004) (Zhou & Wang, 2008). Estas actividades de recuperación también están organizadas en su orden de complejidad (Srivastava, 2008).

Resumiendo estas ideas, en la Figura 1-2 se hace un diagrama de flujo de las actividades de logística inversa, donde la materia prima, la manufactura, la distribución y el consumidor hacen parte de una cadena de suministro tradicional, semejante a la mostrada bajo el marco ECMPRO; sin embargo, cada una de estas fases en la cadena es susceptible de recibir algún flujo inverso del siguiente eslabón. En este diagrama el interés está en la existencia de una clasificación de los artículos en pos-consumo cuando entran en el canal logístico inverso, que puede darse en los puntos de recolección o en los puntos de acopio (Barker & Zabinsky, 2008).

Figura 1-2: Diagrama de flujo de las actividades de logística inversa. Adaptado de (Srivastava, 2008), (Barker & Zabinsky, 2008) y (Aït-Kadi et al., 2012).



¹¹ Es decir, la prioridad va a estar en retroceder menos eslabones en la cadena de suministro convencional.

Los puntos de recolección son los más cercanos al consumidor final y en donde, para algunos artículos en pos-consumo o residuos, se puede hacer una clasificación que determine si estos pueden ser reparados o renovados. En los puntos de acopio el material obtenido es clasificado y llevado a su destino por medio de diferentes centros de distribución, bien sea para ser canibalizado, remanufacturado, o su material dispuesto para reciclaje (Srivastava, 2008). Por último, si ninguna de las opciones es posible, ya que las condiciones del residuo no permiten su recuperación¹², se hace un proceso de disposición final donde se incinera o se dispone en un celda adecuada. Es importante tener en cuenta que la clasificación puede simplificarse según la orientación de la red de logística inversa (Fleischmann et al., 2000), si bien es exclusiva para recolectar papel, o vidrio solo se hace necesario una inspección antes de llevar al centro de reciclaje, si son productos peligrosos para el medio ambiente se hace una inspección para determinar cuáles residuos se descartan mediante incineración o algún otro método.

La recolección de artículos en las ciudades se da por motivos de viabilidad económica, que está determinada por la forma de aprovechamiento o tratamiento desde la clasificación y otras por incentivos regulatorios, en la Tabla 1 se muestra una clasificación de los artículos y las razones para generar un flujo inverso.

Tabla 1-1: Clasificación de artículos recolectados en las ciudades a través de actividades de logística inversa. Fuente: (SULOGTRA, 2000-2001) (OECD, 2003).

Tipo de producto	Razón del flujo inverso
Productos en pos-consumo (EOL)	Desmantelamiento, reciclaje, reuso, disposición final
Empaques	Reciclaje, disposición final
Elementos de manipulación	Limpieza, reuso.
Productos nuevos	Rechazo del cliente, producto dañado
Producto usado	Reparación, renovación, reventa.

¹² Si el residuo es peligroso para el medio ambiente puede pasar por un proceso de reuso, desactivación, reciclaje, o por último una disposición final en los términos descritos.

1.2.2 Las redes de puntos de recolección de impacto urbano

Dependiendo del tipo de producto las redes de logística inversa varían en alcance por cubrimiento en la ciudad, forma de uso del consumidor o responsabilidad del producto. Se pueden identificar redes de logística inversa según el alcance o cubrimiento en el área urbana:

- Por cada fabricante, como es el caso de las devoluciones de electrodomésticos o de los computadores por cumplimiento de garantía o al final de su vida útil, donde habitualmente se recogen productos por garantías.
- Por sector industrial o por iniciativas del sector público cuando hay una asociación de empresas que buscan recoger, en conjunto, material susceptible de ser reciclado o que es un peligro potencial para el medio ambiente; materiales reciclables como vidrio, plástico y cartón, residuos peligrosos como medicamentos vencidos, pilas usadas o residuos susceptibles de ser remanufacturados como las llantas de automóvil. Es decir, material en pos-consumo.

Cada red existe para satisfacer una necesidad específica; la localización de los puntos de recolección y los puntos o centros de acopio van a depender de la orientación del modelo de negocio del gestor de la red, de la necesidad de alcanzar a todos los grupos poblacionales en una ciudad, de la visibilidad de la misma y esencialmente de la motivación o los incentivos que hacen operar las redes en un contexto urbano. Las motivaciones para las actividades de logística inversa han sido estudiadas tradicionalmente desde el punto de vista del productor y su oferta del servicio, se identifican como ahorro en costos¹³, regulatorias o legales (Díaz Fernández et al., 2004), y también de mejora de imagen ante el consumidor (Fleischmann et al., 1997) (Steven, 2004).

Cuando la motivación viene a partir de la regulación se presiona al productor para que tenga una relación más cercana con el consumidor, de tal manera que las redes de logística inversa sean efectivas, esto implica asociaciones entre productores, programas de acción nacionales con impacto en cada perímetro urbano, amplia distribución de puntos

¹³ En realidad en la literatura en ingeniería se considera esta motivación como económica, pero no tiene en cuenta el contexto social en el cuál se dan los ahorros en costos, por lo cual solo podría ser considerada como una motivación meramente financiera.

de recolección y campañas de educación para la población (Pokharel & Mutha, 2009). Se resalta la importancia de diferenciar las redes de puntos de recolección de las redes de logística inversa¹⁴, ya que una hace parte de la otra. Se identifica un problema de localización como tarea central en el diseño de las redes, buscando el máximo beneficio social a partir de un adecuado acercamiento a los consumidores; a pesar de que se considera que la distancia al consumidor es una barrera para la implementación de actividades de logística inversa en las organizaciones. (González-Torre et al., 2010). A pesar de esto, se ha considerado que la distribución geográfica y el volumen de la oferta y la demanda son aspectos exógenos sobre los cuales no se tiene control (Fleischmann et al., 2000).

Analizando desde el contexto urbano a las redes de logística inversa se puede inferir que el interés está centrado en aquellas redes que tengan un mayor impacto sobre la población, al cubrir una mayor área, que involucran un gran número de agentes y por tanto requieran un sólido criterio para seleccionar la localización adecuada de los puntos de recolección. Por esto, se tienen dos puntos clave en las redes de puntos de recolección para las ciudades, el primero está en el primordial interés en las redes con puntos de recolección de material para reciclaje y también de disposición final de residuos peligrosos – residuo pos-consumo-, que en adelante se denominarán *redes de puntos de recolección de impacto urbano*, estos dos tipos de redes tienen una simplificación en el proceso de clasificación del material recolectado y por tanto han sido reglamentadas de manera prioritaria; el segundo está en la localización económica de los puntos de la red de recolección para cada caso, en términos de capacidad y de accesibilidad a la misma. Estos intereses urbanos se basan ante todo en la concepción de que las redes de logística inversa-urbana son una red más en el conjunto de redes de servicios urbanos que conviven en el área urbanizada y por tanto son susceptibles de actuar como un servicio público bajo condiciones de equidad accesibilidad e interacción espacial (Dupuy, 1992).

En Europa se generan incentivos para las actividades de logística inversa partir de una regulación que promueve la recolección y también a partir de la demanda de la sociedad

¹⁴ La red de logística inversa es el conjunto de puntos de recolección, puntos de acopio, y los diferentes niveles de recepción de los productos en pos-consumo clasificados para reintegrarlos a los procesos productivos.

por la implementación de medidas que contribuyan a proteger el ambiente y a depender menos de los rellenos para gestionar los residuos (Díaz Fernández et al., 2004). En el contexto urbano la recolección de residuos tiene dos ámbitos, por un lado las rutas de recolección de residuos tradicionales con destino a los rellenos y por otro, las redes de puntos de recolección de artículos en pos-consumo que se orientan a la clasificación, la separación y las demás actividades de logística inversa. Por esto es necesario hacer una diferenciación entre estos dos tipos de actividades, lo cual determina la función de la logística inversa en las ciudades.

1.3 El servicio público de la recolección de residuos en la ciudad.

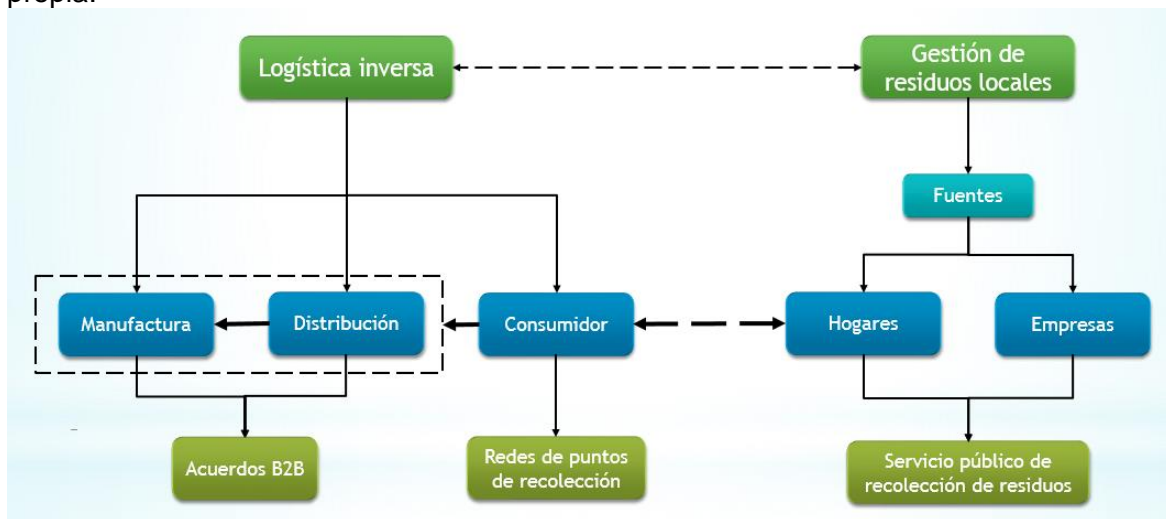
En las ciudades se abarcan principalmente dos fuentes de residuos, los empresariales y los domésticos (Steven, 2004), estos son atendidos por el servicio público de rutas de recolección de residuos tradicional. Al tiempo, en las redes de puntos de recolección de artículos pos-consumo pueden existir en dos canales, institucional (empresas) y consumo masivo; habitualmente las prácticas de logística inversa se enfocan en el canal de consumo masivo, por lo cual las redes de puntos de recolección deberían tener completo cubrimiento urbano en las áreas de actividad residencial; en cambio el canal institucional se atiende a través de agentes tercerizados o convenios entre las empresas que aseguran determinados flujos inversos previstos y fácilmente controlables y por lo general, estas relaciones entre *Business2Business* no generan impacto en la ciudad en su conjunto, pero sí para cada industria.

La relación entre la gestión de residuos urbanos y las actividades de logística inversa se puede ver en la Figura 1-3. En logística inversa se tienen redes de puntos de recolección de impacto urbano para los artículos en pos-consumo en el canal de consumo masivo, estas pueden mitigar el impacto negativo que tiene la presencia de artículos voluminosos o peligrosos en los rellenos y facilitar su recuperación de material útil en otros procesos productivos¹⁵ (Fleishmann et al., 2000). Por ejemplo, las redes de puntos de recolección de artículos que son susceptibles de ser reciclados y de fácil separación pueden estar en

¹⁵ El cual es uno de los objetivos principales Responsabilidad Extendida del Productor.

coordinación con las rutas de recolección de residuos tradicional y con iniciativas privadas de reciclaje. A su vez, el manejo de residuos de difícil disposición final o residuos peligrosos para el medio ambiente son comúnmente gestionados a través de las industrias que los generan en sus productos y procesos, quienes deben internalizar los costos y a su vez podrían transmitirlos al mercado a través del precio al consumidor (OECD, 2004) (Zhou & Wang, 2008). Así, cada forma de recolección tiene un enfoque distinto que sigue lo dispuesto en la regulación y es acorde con las capacidades de la industria, de los gobiernos municipales, o de las posibles asociaciones entre estos.

Figura 1-3: Relación entre la logística inversa y la gestión de residuos locales. Elaboración propia.



El impacto en los precios al consumidor de las actividades de logística inversa dependen del gestor de la red y de la forma en cómo se aprovecha el residuo, esto a su vez depende de las formas de asociación existentes para generar redes de puntos de recolección que sean efectivas a través de un mayor cubrimiento del espacio urbano. Los incentivos de oferta se basan en la regulación para residuos con difícil disposición final y en la recuperación de valor para materiales reutilizables o artículos reparables, los incentivos de demanda se basan en la preocupación por el medio ambiente y en general en la concientización a la comunidad sobre la importancia de la separación de residuos en la fuente, especialmente para el reciclaje. Sin embargo, no todos los residuos son susceptibles de ser tratados a través de actividades de logística inversa, por tanto se debe establecer cuáles residuos entran a un canal inverso y cuáles entran al canal de recolección de residuos urbanos tradicional, ya que esto define la forma de recolección

para cada residuo, y a su vez las responsabilidades tanto de la industria como del sector público. Esta decisión implica una relación entre la logística inversa y la gestión de residuos urbanos, especialmente en el canal de consumo masivo, que afecta el manejo de los residuos en los hogares.

La relación entre la recolección de residuos en actividades de logística inversa y la recolección de residuos urbanos ha sido estudiada en la academia para referirse a la logística inversa en ciudades. Este es un hecho importante porque introduce el contexto del que se carece en el estudio tradicional de la logística inversa, y a su vez, se le ha empezado a ver como una oportunidad para trabajar en el mejoramiento de la gestión de los residuos urbanos. Sin embargo, en la literatura debe hacerse una diferenciación conceptual clara de estas dos actividades, ya que si bien la logística inversa puede mejorar las actividades de gestión de residuos urbanos, la diferencia radica, en primer lugar, en que el gestor de la logística inversa es el sector privado y para la gestión de residuos urbanos es el sector público y, en segundo lugar, que los incentivos asociados a la operación de cada una en el espacio urbano difieren por el nivel de accesibilidad que requiere cada una de estas actividades. A pesar de esto, el manejo de los residuos urbanos no se expresa de manera directa en el discurso de la administración local y se estudia en el contexto urbano de manera indistinta a la logística inversa (Ichinose, Yamamoto, & Yoshida, 2013). La falta de diferenciación conceptual, en la literatura, de estas actividades surge a su vez por la falta de identificación de las responsabilidades del productor sobre los residuos y las responsabilidades del sector público respecto del aseguramiento del bienestar de los ciudadanos, dado que en la academia los esfuerzos se centran en encontrar soluciones integradoras entre las iniciativas del sector público y del sector privado; esto ha causado una confusión entre lo que se entiende por logística inversa y recolección de residuos urbanos; ya que la simple recolección no implica retorno de materiales a los procesos productivos.

Aunque autores como Bautista & Pereira (2006) reconocen la diferencia conceptual, no la integran en sus análisis de las redes de recolección de residuos urbanos tradicionales, que si bien son cercanas a la logística inversa, se analizan en el contexto urbano como parte de la gestión local de residuos, desconociendo las diferencias de responsabilidades en la industria -REP- y el sector público. Por esto al plantear modelos de gestión de residuos urbanos, trabajos como el de Zang & Huang (2011) carecen de un entendimiento de las

funciones del regulador y la industria en un marco REP, y los modelos ofrecen una aplicación práctica con la medición de eficiencia de los sistemas de logística inversa en ciudades, sin abordar un enfoque de eficacia.

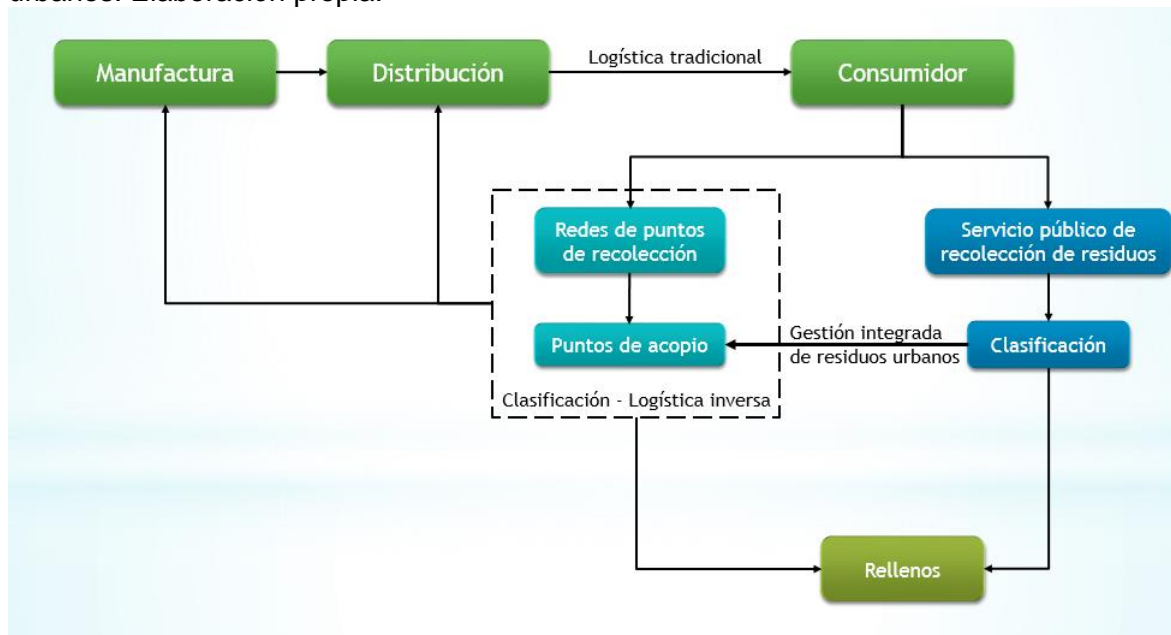
Sin embargo, Bautista & Pereira (2006) recalcan, en el contexto europeo, que desde un punto de vista de la gestión de residuos municipales, la logística inversa puede solucionar problemas específicos relacionados con la recuperación y el reciclaje de empaques, botellas y otras formas de residuos, por la orientación de estos sistemas al retorno y tratamiento de materiales desechables; lo cual es coherente con los puntos clave de las redes de puntos de recolección de impacto urbano anteriormente descritas. Pese a esto, y a que en países como los latinoamericanos las redes de recolección de artículos en pos-consumo se han especializado en residuos peligrosos que no son reutilizables, la literatura no hace el mismo reconocimiento a su tratamiento, ya que como bien se observó en la jerarquía de procesos resultantes de la clasificación de residuos, estas operaciones tienen menor prioridad para las organizaciones por su baja capacidad de recuperar valor. Así se explica, en definitiva, el papel determinante de los incentivos regulatorios para la existencia de las redes de puntos de recolección de impacto urbano, que van a determinar a su vez el diseño de la red de logística inversa y el nivel de efectividad en términos de servicio al ciudadano.

Es por esto que el problema urbano no ha sido un aspecto importante y estructural en el estudio del diseño de redes de logística inversa; existe una brecha entre lo que se entiende por logística inversa, gestión de residuos urbanos y más recientemente la logística urbana. La literatura existente sobre el diseño de redes de recolección destaca su amplitud y su utilidad para la sociedad, pero no refleja su función como un servicio público en las ciudades; en contraste, se observa más como una actividad de las empresas cumpliendo la regulación con un paradigma de minimización de costos.

Se puede decir, en consecuencia, que las actividades de logística inversa en las ciudades deben entenderse como un servicio público ejecutado por privados, y que este debe diferenciarse del servicio público de recolección de residuos urbanos porque sus gestores y sus fines son distintos. En esta afirmación no se desconoce que las actividades de logística inversa pueden hacerse cargo del manejo de residuos que antes eran llevados a los rellenos por los sistemas de recolección tradicionales, y por otro lado, que si los

residuos recogidos en rutas de recolección tradicionales pasan por un proceso de clasificación entrarían al flujo logístico como se muestra en la Figura 1-4. Sin embargo, en las ciudades se debe atender ambos asuntos, generando un sistema de logística inversa completo, que supere la barrera de la acción de la industria y que logre asociar los esfuerzos del sector público en la recolección de residuos peligrosos y no peligrosos, y que este también haga parte también de la logística urbana.

Figura 1-4: Diferenciación de la logística inversa y las Rutas de recolección de residuos urbanos. Elaboración propia.



1.4 Logística inversa y logística urbana

La red de puntos de recolección es el elemento de interés principal de la logística inversa en las ciudades, para el canal de consumo masivo, ya que debe reconocer directamente las características de la ciudad en la que es diseñada; en contraste, la red de puntos de acopio para clasificación no depende estrictamente de las condiciones de la estructura urbana ya que su diseño se plantea de acuerdo con el carácter del producto recolectado; más puntos de acopio a un producto con mayores opciones de aprovechamiento evitaría el transporte innecesario de artículos, redes con menos puntos de acopio se ajustan más a productos con disposición final directa o que tienen un alto valor y deben ser inspeccionados cuidadosamente (Dekker et al., 1998).

Las actividades de logística inversa se abordan en principio desde el enfoque medioambiental tradicional, al igual que la regulación que las rige, bien sea exclusivamente para actividades de logística inversa o en su integración con las actividades de logística de flujos hacia delante¹⁶ (Dekker et al., 2010). No se plantea que involucrando la dimensión del territorio en el diseño de redes se puede hacer un acercamiento social para entender la dinámica y la estructura de las ciudades y de cómo las redes de recolección pueden ser adoptadas por la ciudadanía de forma más efectiva; esta idea tampoco ha sido acogida porque en este campo de estudio, más que el desarrollo de un cuerpo teórico definido, se ha documentado y clasificado las prácticas existentes, siendo estas impulsadas más por la industria y por los gobiernos que por la misma academia. Por esto, con el pasar de los años y pese al crecimiento en la producción académica año a año, la logística inversa sigue estando relegada y sin un cuerpo teórico definido a pesar de su amplitud y el reconocimiento constante de su importancia como lo muestran algunos de los estados del arte más importantes a través de su historia (Fleischmann et al., 1997) (Dowlatshahi, 2000) (Wang & Linyan, 2005) (Pokharel & Mutha, 2009) (Jayant, Gupta, & Garg, 2012). Para contribuir al respecto, a continuación se busca hacer un acercamiento a cómo entender las redes de recolección en actividades de logística inversa al interior de la logística urbana.

1.4.1 Diferentes enfoques de la logística urbana

Observar a la logística inversa como una actividad de ciudad hace pensar en la relación directa con la logística urbana. Si se considera un asunto de ciudad es necesario abordarlo desde un enfoque multidisciplinario. La logística inversa se ha vuelto un campo de estudio relevante por su impacto tanto en el desempeño medioambiental de las empresas como en el desarrollo de la ciudad. Ubicar las actividades logísticas en territorio, y este por contexto y como determinante de las decisiones en el diseño de los sistemas logísticos, cambia el paradigma tradicional de optimización de costos y se enfoca a una visión económica en torno a la generación de beneficio social. Por lo tanto existe una conexión tácita entre estos dos campos de la logística con implicaciones para interesados como las empresas y los consumidores.

¹⁶ *Forward-reverse logistics*, o en enfoque *closed-loop supply chain* con el objetivo de generar una economía cíclica del material (Steven, 2004)

En concepto de logística urbana más utilizado en la literatura hace parte de la tendencia *city logistics* japonesa, que hace referencia al estudio del impacto de los flujos de carga que generan las *empresas* en el tránsito, y el medio ambiente, especialmente de la distribución de mercancías en la ciudad (Benjelloun & Crainic, 2009). Para Taniguchi (2001) la logística urbana es un proceso de optimización total de las actividades de las empresas con el soporte de tecnologías de información avanzadas en áreas urbanas; además, se considera que cada carga, empresa y vehículo deben ser contemplados como parte de un sistema logístico íntegro, coordinados bajo el objetivo de la optimización del transporte urbano, reduciendo las externalidades de las actividades logísticas (Taniguchi et al., 2003). Es un tema relativamente reciente, por lo cual se puede observar una producción académica en transporte de mercancías en la ciudad menor que en otros contextos del transporte de carga, como el transporte interregional en tren o de carga internacional en avión, aun cuando solamente se refiera al punto de vista de la logística tradicional (Hesse & Rodrigue, 2004); entonces existe un incipiente interés por la logística inversa como un suceso urbano.

En Europa, el concepto de la logística urbana se ha ampliado para asumir una visión de urbanismo, ausente en el enfoque *city logistics* japonés. Esta tendencia sigue la definición dada por Robusté, Campos & Galván (2000) replicada por Robusté & Anton (2005), donde se asume a la logística de flujos urbanos como el estudio de cómo las personas, las mercancías y la información se transportan eficientemente y de manera sostenible, en espacio y tiempo, en el entorno urbano. Se recoge bajo esta definición el transporte urbano en todas sus formas, incluyendo la recogida de residuos; sin embargo, esta definición se aleja del enfoque empresarial tradicional en logística y replicado en el *city logistics* y estudia de manera indistinta las iniciativas de la industria y del sector público en el mejoramiento del transporte urbano. Asimismo, no se hace uso de un enfoque de eficacia y efectividad, sino que conserva el enfoque de optimización al hablar eficiencia, pese a que recoge en la conceptualización los elementos sociales que el urbanismo acuña.

En el estudio de los movimientos de carga en las ciudades, la OEDC (2003) define al transporte de carga en áreas urbanas de la siguiente forma: “*The delivery of consumer goods (not only by retail by other sectors such as manufacturing) in city and suburban*

*areas, including the reverse flow of used goods in terms of clean waste*¹⁷. Esta definición, aunque sólo tiene en cuenta los flujos de transporte, amplía el enfoque *city logistics* a los flujos inversos en las ciudades; puede considerarse uno de los primeros esfuerzos para ver al interior de las ciudades a las cadenas de suministro de lazo cerrado, entendiendo que estas existen y pueden ser caracterizadas en un territorio. La sostenibilidad juega un papel determinante para entender los flujos de transporte de carga en las ciudades, y para esto se centra en la necesidad de desarrollar actividades de logística inversa en conjunto con la logística urbana.

Esta definición es interesante, además, porque es una visión holística de la logística como disciplina, y la coloca en interacción con la regulación, los *stakeholders*, el desarrollo urbano, la tecnología para el control del tránsito y transporte, entre otros elementos considerables. Pese a esto, se relega el papel del urbanismo como disciplina en la mejora de los flujos y se le coloca como un factor más a considerar, ya que puede afectar las interacciones oferta demanda de los servicios de transporte en las ciudades.

De manera general, la investigación en transporte en las ciudades gira en torno al transporte, público o privado, de pasajeros y al tránsito de agentes en la vía, en cambio la organización del transporte de carga se ha analizado en la historia a través de la regulación, de diferentes maneras; en primer lugar desde una mirada de los efectos y la conveniencia de la regulación punitiva como herramienta de organización de la ciudad, en segundo lugar a partir de una preocupación por los aspectos medioambientales donde se penaliza la generación de externalidades negativas de las actividades del transporte, siendo esto más una regulación ambiental que del transporte, y en un tercer lugar se identifica una regulación prestataria donde el estado interviene por medio del ordenamiento logístico (Dablanc, 2007) (Herce Vallejo, 2009), que puede estar directamente relacionado o contenido en los planes de ordenamiento territorial, lo cual da origen a lo que se ha descrito como *city logistics* para Taniguchi (2001), el enfoque de transporte de carga urbano de la OECD (2003) y cercano también para un enfoque de logística urbana de Robusté & Antón(2005)

¹⁷ En español: “La distribución de bienes de consumo (no solo para venta al detal sino para otros sectores como el manufacturero) en una ciudad y en áreas sub-urbanas, incluye los flujos inversos de bienes usados en términos de basura limpia”

Esto tiene grandes implicaciones en la gestión ambiental de las empresas debido al nuevo paradigma del ciclo de material desde la reducción de desperdicios al cambio en el concepto del ciclo de vida del producto (Fleischmann et al., 1997). En términos de Dablanc (2007), la regulación del transporte de carga debe dejar de entenderse como una preocupación ambiental y debe pensarse más bien desde una perspectiva de ordenamiento logístico en las ciudades. Este es uno de los aspectos que conecta directamente la logística inversa con la logística urbana ya que la regulación se ha encargado de requerir de la industria soluciones para mitigar los efectos de la operación tanto en contaminación visual y auditiva como en polución del aire y en general en todas las formas de afectación del medio ambiente, pero esto ha evolucionado para ser parte de una visión de ciudad donde la regulación está soportada en una política pública de organización logística; por ejemplo, De Brito & Dekker (2010) describen cómo la regulación ha motivado a algunas industrias a traer de regreso sus productos desde el consumidor final, y cómo otras han sido motivadas por el valor potencial de sus productos usados. Por medio de esta relación, la logística inversa y la urbana comparten el mismo objetivo.

1.4.2 Relaciones entre la logística inversa y la logística urbana

El enfoque de la OECD (2003) hace una clara distinción entre las funciones de los gobiernos y el sector público en general, y las responsabilidades de la industria; y es el primero que declarar la necesidad explícita de desarrollar las actividades de logística inversa en las ciudades, donde los gobiernos deberían facilitar la infraestructura suficiente y la difusión de las mejores prácticas, es decir, ir más allá de la motivación por regulación en un trabajo conjunto. La OECD da a entender, alineando con lo mostrado en la Figura 4, que para la existencia de actividades de logística inversa se hace necesario realizar actividades de clasificación especializada de los residuos, que las compañías organicen sus procesos internos para poder integrar estos flujos inversos en sus procesos productivos y que además puedan asegurarse que la recolección de los artículos en pos-consumo se haga de manera eficiente en costos.

Para Latinoamérica, en el trabajo de Lozano et al. (2008) se han identificado las principales problemáticas de la logística urbana, que se constituyen en retos relacionados con el desarrollo de la logística inversa y aspectos urbanos relacionados como la gestión de

residuos industriales y domésticos, el ruteo para itinerarios de transporte de cargas peligrosas como la distribución de combustibles y la gestión de residuos hospitalarios, todas relacionadas con flujos logísticos hacia atrás. Estas problemáticas están siendo reguladas en las ciudades y la gestión de residuos en todas sus formas no es ajena a ello, lo cual establece una relación espacial entre la logística urbana y la logística inversa; como se ha insinuado anteriormente, una logística enmarcada en el territorio, en este caso urbano, pero también regional, y más conscientemente nacional, motivado fuertemente por los retos de la competitividad, la globalización y los compromisos suscritos en acuerdos internacionales.

A pesar de que la literatura muestra un interés por incluir a la logística inversa como parte de la logística urbana, no se han dado avances significativos en la última década. En primer lugar se observa que a pesar del papel que podría jugar la logística inversa en la sostenibilidad de los sistemas logísticos urbanos, esta no se pone en contexto con el servicio de recolección de residuos existente; la propuesta pierde solidez con el tiempo al no materializarla en prácticas conjuntas entre el gobierno y la industria. En la academia ha habido una disminución en el estudio de la sostenibilidad en las redes de suministro, lo cual refleja un preocupante proceso de procrastinación en la ejecución de las ideas planteadas al inicio del milenio respecto a la logística inversa (De Brito & van der Laan, 2010). Del trabajo de Antún (2013) respecto a las estrategias con centros logísticos para la distribución urbana de mercancías se puede observar la misma dinámica en cuanto a la carencia de avance en el desarrollo de actividades logísticas al interior en un contexto urbano, esto muestra tres aspectos importantes a considerar; los intereses de la academia y de la industria no se han consolidado en torno a la logística inversa y a la sostenibilidad, que la implementación de redes de puntos de recolección de productos en pos-consumo no ha tenido un alto impacto en las ciudades y que los incentivos regulatorios no son suficientes para generar una verdadera reducción del impacto ambiental de las actividades de producción, distribución y consumo; en términos de Dyckhoff (2004), no se ha llegado a una verdadera economía cíclica del material.

Se tienen dos relaciones entre la logística inversa y la logística urbana, estas comparten el mismo objetivo y se dan en el mismo espacio y el mismo contexto, se pueden acotar aún más estableciendo la forma en cómo se da esta relación. En la Figura 1-4 se hace un esquema general de cómo la logística se da en la ciudad, a través de flujos hacia adelante

(*Forward*) y flujos hacia atrás (*Reverse*). Esta idea se menciona en algunos estudios sin mayor profundidad analítica de lo que implica. Por ejemplo, Buhrkal, Larsen, & Ropke, (2012) entienden la logística urbana como la composición de flujos hacia adelante y hacia atrás, pero se identifica a los flujos hacia atrás como la recolección de residuos en el municipio, sin tener en cuenta que estos solo pueden ser logística inversa si existe una clasificación y un regreso de los mismos a la cadena productiva, o bien una disposición final adecuada gestionada por el sector privado; es la confusión entre logística inversa y recolección de residuos urbanos que se describió anteriormente. La recolección de residuos urbanos hace parte de la logística urbana, pero al incluir acciones conjuntas, de clasificación y reintegración a la cadena de suministros con la industria, se puede considerar también como logística inversa.

En logística, los flujos dependen del almacenamiento, existe una relación inversamente proporcional para la conformación del sistema logístico dependiendo del tipo de flujo analizado; si se hace el símil con una red, los nodos corresponden a los almacenamientos donde se recibe o se genera carga y que pueden ser entendidos también como actores en el sistema con un lugar en el espacio y una distancia entre sí, los flujos son las conexiones entre los nodos que deben cubrir las distancias entre ellos por medio del transporte a través de las rutas existentes entre los diferentes actores del sistema¹⁸. Esto implica un balance entre las actividades de almacenamiento y las actividades de transporte, que se enfoca en la reducción de costos o en la búsqueda de mayor beneficio económico.

En una logística de flujos hacia atrás, la dinámica de la red logística depende del tipo de recolección, del producto a tratar, si es posible reusarlo, repararlo, reprocesarlo y de sus diferentes formas de disposición final segura (Barker & Zabinsky, 2008). En general, en las

¹⁸ En cualquier actividad logística la relación entre almacenamiento y flujos de transporte es inversamente proporcional; de la misma forma, la logística por definición es la gestión de mercancía o carga, información y dinero (Ballou, 2004). Cuando se tiene mayor cantidad de actividades de almacenamiento, nodos más grandes o de mayor capacidad, la cantidad de viajes o flujos entre diferentes nodos son menores ya que la operación requiere la existencia de viajes con gran volumen de carga, la eficiencia en costos en este caso se encuentra en el aprovechamiento de economías de escala por almacenamiento; por otro lado, si existe una menor capacidad de almacenamiento en los nodos de la red, se hace necesario un mayor tránsito entre las conexiones de los mismos para asegurar la prestación del servicio, que en este caso es el de recolección de artículos en fase de pos-consumo o residuos reciclables.

redes de recolección de logística inversa en ciudades, cuando un punto de recolección se llena debe existir un flujo de transporte que lo sirva habilitándolo para continuar con el servicio; para productos de mayor tamaño y con necesidad de clasificación por medio de desensamble, existe una mayor frecuencia de viajes por unidad a transportar a menudo costeados por el ciudadano para determinar su destino en el flujo interno, bien sea para reúso, re-manufactura, reciclaje o desensamble para la disposición final. Una de las particularidades de la logística inversa, según la OECD (2003) es que no tiene prioridad en su operación la velocidad de sus flujos de transporte, sin embargo por definición en logística, si tendría prioridad balancear los niveles de ocupación de los espacios de almacenamiento, bien sea en puntos de recolección, puntos de acopio o centros de distribución.

Al igual que las actividades logísticas de flujos hacia adelante que son jalonadas por necesidades de la población y son empujadas por el productor, las actividades de logística inversa pueden ser ofertadas por el productor y adoptadas por el consumidor, deben existir incentivos para que funcionen como sistema y en sí como una actividad económica. Es por esto que, desde el punto de vista económico y en un entorno urbano las motivaciones de las actividades de logística inversa deben ser revisadas con mayor detalle, enfocando especialmente la localización de los puntos de recolección, lo cual determina la accesibilidad a la red de la población; es decir, de nuevo ver a las redes de logística inversa como una red de servicio público en la ciudad, donde queda abierta la pregunta respecto a cómo la industria debe gestionarla y bajo que costos.

La regulación de las actividades de logística inversa busca la generación de beneficio social, para lo cual debe haber participación tanto del productor como de los consumidores; entender estas actividades como un hecho económico permite tomar mejores decisiones respecto a la generación de incentivos en los consumidores y la búsqueda de efectividad en el sistema que debe reconocer el entorno urbano para adaptarse a él, es decir, aplicar el objetivo de la logística urbana en cuanto a la optimización de los flujos de carga en la ciudad, lo cual implica, a su vez, la optimización de la localización del almacenamiento, e incluso ir más allá, adoptando elementos de la economía urbana en el marco de referencia de la logística. En consecuencia, el sistema de logística inversa debe ser entendido como una nueva actividad económica ajustada al territorio urbano; esta es la interacción entre economía e ingeniería que hace replantear las soluciones a problemas urbanos y que para

la logística inversa permite ver en simultánea al diseño y la implementación de redes (Dowlatshahi, 2010).

Finalmente, se puede concluir que al hablar de logística urbana no solo se habla de logística inversa, aunque al referirse a la logística inversa en ciudades, se refiere a actividades entendibles como logística urbana, esto lleva a su vez a una logística del territorio, donde las actividades logísticas se adaptan en un enfoque visto a nivel regional en el transporte en la economía del transporte y a nivel urbano en la economía urbana. Esto es la logística inversa al interior de la logística urbana, y en palabras de Lidasan (2011), La logística inversa que promueve la logística urbana.

2. Localización económica en las redes de servicios urbanos: redes de recolección en logística inversa

El diseño de redes tiene sentido en su pertenencia a un sistema; así, las redes de puntos de recolección de artículos en pos-consumo hacen parte de un sistema más complejo de logística inversa, que involucra procesos de clasificación y redistribución del material a los puntos adecuados de la cadena de suministro. Analizar este sistema desde el territorio no es un enfoque común en la ingeniería, por lo cual, se puede afirmar que el análisis que se plantea en este trabajo, y especialmente en este capítulo, es heterodoxo.

Las motivaciones en las redes de logística inversa pueden ser, para implementar una red de logística inversa, o para usar una red de logística inversa, es decir, motivaciones de la industria y de los consumidores. La literatura en logística se enfoca casi exclusivamente en observar las motivaciones de la industria respecto a la factibilidad financiera o a la obligación legal de ejecutar estas actividades, pero muy pocas veces se observa que haya un enfoque de análisis desde el consumidor. Es indudable que entender las motivaciones que tendría el consumidor puede ser útil para implementar redes más efectivas, pero, por lo general, estas observaciones a la demanda del servicio se hacen a través de una lógica de tendencias sociales, donde prima observar al consumidor a través de los intereses del productor; por lo cual, motivaciones de implementación provenientes exclusivamente de la regulación tendrían muy pocas motivaciones reales en el consumidor.

Considerar a la logística inversa como parte de la logística urbana, bajo el enfoque de Robusté, Campos, & Galván (2000) hace que se pueda considerar el diseño de una red de logística inversa como un problema de demanda, más que como un problema de oferta. Esto es posible gracias a la taxonomía que proponen para la logística inversa, donde se clasifica como un asunto de localización en la ciudad la ubicación de los puntos de

contenedores de residuos en redes de recolección y a las plantas de clasificación de residuos; a su vez, la recogida tradicional de residuos a domicilio y la recogida del material de los contenedores de residuos son clasificados como un asunto de gestión de las rutas en las ciudades, es decir, un flujo de logística inversa; adicionalmente, la generación de residuos es un asunto de proyección de demanda, que puede indagar además, dónde se genera el residuo y cómo llevarlo hasta la red de puntos de recolección.

Buscar una respuesta al problema de localización en una red de puntos de recolección de residuos en una ciudad solo redonda los esfuerzos por entender de qué manera la regulación es importante, y buscar la forma de recuperar las inversiones en estas actividades por medio de la recuperación de valor. En cambio, abordar este tema desde la teoría económica, que está relacionada con la logística, partiendo de que el enfoque económico busca estudiar la interacción entre industria y ciudadanos a partir de un juego entre sus incentivos de implementación y uso de una red urbana, en este caso de recolección de residuos, entendiendo que esta hace parte de un conjunto de redes sobre las cuales el consumidor toma una serie de decisiones a través de la interacción espacial existente con los nodos de servicio y que, a su vez, todo esto hace parte del desarrollo urbano; hace pensar en una red de servicio de logística inversa más allá de los costos, definiendo mejor las responsabilidades de la industria y del gobierno para poder hacer que la economía cíclica del material reduzca el impacto ambiental del consumo.

2.1 Teoría económica en logística: La economía del transporte

Los primeros acercamientos de la economía con la logística se dan a través del estudio de la economía de los flujos del transporte, la economía del transporte. Se abordan los flujos tanto de carga como de pasajeros a través del estudio de la oferta, es decir, de la producción del servicio y sus costos asociados; y a través de la demanda, los incentivos que tienen los consumidores, por ejemplo, ciudadanos usando el transporte público o empresas que desean transportar un producto. Se considera que el transporte es un facilitador de las actividades económicas y de las relaciones entre agentes, lo cual tiene relevancia en diferentes ámbitos territoriales. Según De Rus et al. (2003), con el estudio de la economía del transporte se establece una relación complementaria, donde la economía también permite entender el desarrollo de procesos del transporte como

industria, conformada por una gran cantidad de productores y consumidores, con relaciones homogéneas de oferta y demanda de movilidad de personas y carga, sobre las cuales se basa la operación de las empresas y el desarrollo de todos los demás sectores económicos.

En este campo, el interés se centra en saber cómo toman decisiones los agentes del mercado, y cómo se pueden tomar mejores decisiones. Para ello, los modelos propuestos abstraen la realidad de una forma sencilla y se amplían conceptos que en ingeniería se toman como mediciones directas; por ejemplo, la medición del precio del transporte para el ciudadano, en la teoría del consumidor este precio no solamente es el valor monetario de la tarifa del sistema de transporte (p), también incluye la valoración monetaria del tiempo de desplazamiento (vt), y la valoración monetaria de otros elementos cualitativos que intervienen en la decisión (θ), como se muestra en la ecuación 2.1.

$$g = p + vt + \theta \quad (2.1)$$

La generación de curvas de oferta y demanda agregada busca encontrar un escenario óptimo de equilibrio en mercados relacionados con los flujos de transporte; por ejemplo un ajuste en los costos de la operación del sistema de transporte público de pasajeros respecto a la tarifa que pagan los ciudadanos por usarlo. Se entiende que el costo marginal¹⁹ debe reflejarse en el precio marginal al consumidor, existiendo un equilibrio entre la operación del sistema y los consumidores que deben usarlo. Esto es útil en logística porque permite analizar la factibilidad de los flujos del transporte a través del análisis de una función de producción (Q), en la ecuación 2.2, que dependa de la valoración económica del uso de la infraestructura (K), del tipo de medio móvil²⁰ (E), de la mano de obra o el personal necesario (L), de la energía o el combustible requerido para el movimiento (F) y de otros activos (N) en el tiempo como variable independiente (t) (De Rus & Campos, 2003).

¹⁹ El costo de generar una unidad adicional de producto o la posibilidad de atender a una persona más en un servicio.

²⁰ K y E van de la mano por cuanto los modos del transporte (aéreo, terrestre, marítimo...) tienen infraestructuras específicas para ciertos tipos de medios móviles (camión, tren, barco, avión...).

$$Q = f(K, E, L, F, N, t) \quad (2.2)$$

Las implicaciones de este campo de estudio en la logística se extienden a su posible generación de externalidades²¹ en el medio ambiente. Estas pueden ser de dos tipos; tecnológicas, cuando la actividad del transporte genera ruido, congestión u otros efectos sobre un agente que no hace parte de esta actividad económica; y pecuniarias, cuando los precios del servicio no cubren los beneficios y los costos sociales. Esto implica que en los costos del servicio, se deben internalizar o reflejar en el precio al consumidor las externalidades negativas generadas, y también las externalidades positivas que pudieron haber surgido, lo cual tiene influencia en la elasticidad de la curva de oferta del servicio del transporte. La externalidad de la logística del transporte con mayor atención por los gobiernos, recientemente, es la congestión; para controlarla se ha acudido a una regulación que busca evitar el paso de grandes cargas consolidadas por las áreas más densamente pobladas de las ciudades, haciendo necesarias actividades de cross-docking en las entradas de la ciudad, para después hacer la distribución en consolidaciones de menor carga. Esto responde a la generación de ordenamiento logístico en las ciudades y sigue las ideas de Dablanc (2007) y Herce Vallejo (2009)

Habitualmente la logística es vista por la economía del transporte, especialmente en áreas urbanas, como un conjunto de flujos de carga que están en equilibrio con la capacidad de producción y de consumo de los habitantes de la ciudad; esta es una visión sesgada por la concentración de la atención en la búsqueda de máximo beneficio social de la agregación de los flujos del transporte existentes en la ciudad. Un enfoque más fino de la economía de las actividades logísticas reconoce el carácter dual de las mismas, asumiendo que los flujos de transporte dependen de las actividades de almacenamiento requeridas; es decir, la búsqueda del máximo beneficio social no solo depende de la efectividad de los flujos el transporte, también depende de la efectividad de la localización de las actividades como el almacenamiento o el cross-docking.

²¹ Efecto positivo o negativo de la acción de un agente sobre el beneficio o costos de otros agentes en el mercado.

La economía del transporte aporta elementos interesantes a considerar por los tomadores de decisión e integra elementos de impacto social en el diseño de las operaciones del transporte; a pesar de esto, en su forma generalmente aceptada de estudio²² asume la variable distancia por medio del tiempo de viaje, lo cual desconoce las particularidades de la geografía y al espacio mismo como un recurso económico. Esta omisión surge por la consideración de que el transporte solo ocupa un espacio en dos dimensiones que puede ser abstraído por el tiempo como recurso económico a optimizar; pero a la vez, hace limitado a este enfoque cuando se establece en el diseño de una red vial, de un sistema de transporte o incluso de un sistema logístico urbano, ya que solo basa su análisis en los precios óptimos del mercado.

Los enfoques de logística urbana más asociados al urbanismo (Robusté et al., 2001, OECD, 2003; Dablanc, 2007; Herce Vallejo, 2009) asumen que la optimización de los flujos urbanos dependen en gran medida de abordar los problemas de localización en las ciudades, y de ahí que la logística supere el marco de referencia de la economía del transporte y aborde también elementos de análisis del territorio; es decir, se asuma que las actividades se desarrollan en el espacio a un nivel territorial que cuenta con estructuras de mercado, posibilitando la existencia de una organización industrial con algún nivel de concentración, que hace del servicio logístico²³ un bien transable por precio en un mercado, no necesariamente en competencia perfecta (Meunier & Quinet, 2012).

2.2 Teoría económica en logística: La economía urbana

Concebir el estudio de la logística con un marco económico *mainstream* no marca diferencias sensibles con el estudio de la logística con el método en ingeniería, esto se puede ver en trabajos como (Vedin, 1994), donde aunque se hacen análisis a través de economías de alcance y escala, se hace una marcada importancia al tiempo como recurso en un contexto de logística tradicional de entregas, por tanto las propuestas son congruentes en el desconocimiento de aspectos sociales del territorio que es intervenido

²² En economía se utiliza el término *mainstream* para referirse a tendencias en teoría económica generalmente aceptadas, aun cuando existen otras tendencias del tipo heterodoxo que rebaten las teorías tradicionales por carecer de un mayor análisis cualitativo, estas y se acercan más a la sociología que al tecnicismo econométrico.

²³ Que complementa al transporte con actividades de almacenamiento como se ha descrito.

con las actividades de logística, aún más cuando estas conforman redes de servicio para los habitantes de una ciudad o una región. El recurso que marca una diferencia de paradigma es el espacio, como determinante de las actividades en un contexto social, esto es reconocido tempranamente por trabajos exploratorios como los de Meijboom & Rongen (1995) y Tavasszy (2003)²⁴ en dimensiones territoriales regional y nacional respectivamente, de la misma manera este enfoque se ha visto necesario en la ingeniería del transporte a través de la relación existente entre la localización, los transportes y la renta del suelo urbano.

Estos enfoques, en aplicación de conceptos de economía, se complementan con el estudio las estructuras de mercado de la industria del transporte, así como también, de manera homóloga, a la existencia de estructuras de mercado para las actividades logísticas²⁵ como lo expresa Herce (2009) en su acercamiento a la logística urbana. Según esta corriente existen numerosos retos logísticos en las ciudades, esencialmente en la organización de los flujos de mercancías, lo cual embebe tanto el estudio de las actividades del transporte y de almacenamiento en ese nivel territorial, como la dinámica de su regulación y las características determinantes del éxito de los sistemas logísticos (Dablanc, 1998), siendo estos últimos aspectos abordados por la economía urbana.

2.2.1 La aglomeración y la silueta de las ciudades

Algunos autores afirman que las ciudades existen a partir de la necesidad de la reducción de costos de transporte entre diferentes agentes económicos que interactúan tranzando bienes en un mercado (Small & Verhoef, 2007), mayor densidad de estos agentes genera formaciones urbanísticas que están dotadas también de elementos culturales propios y que generan facilidades de comunicación para las personas que las habitan. Esto genera el surgimiento de economías de aglomeración, el uso del espacio se convierte entonces en un aspecto importante en la forma de comunicación de las personas y en la priorización

²⁴ Especialmente Meijboom et al. (1995) como uno de los pocos estudios encontrados en la literatura que relaciona de manera directa las actividades logísticas con la economía, que asume al espacio como un elemento económico determinante en el análisis de las actividades humanas principalmente desde el concepto de la localización.

²⁵ A partir de la ejecución de la logística por las mismas empresas o la tercerización de estos procesos dependiendo de la factibilidad económica por complejidad de la operación en términos de una *relación uno a muchos, muchos a muchos o muchos a uno* de los productos y el destino.

o especialización de las actividades económicas que se realizan en los espacios urbanos y las regiones que están influenciadas por transacciones entre ciudades (Jacobs, 1975). A partir de esto, se entiende por economía urbana, el área de la economía que estudia las dinámicas de producción, distribución y consumo de los grupos de personas y empresas, cuyos miembros se yuxtaponen a menudo en economías interrelacionadas, donde el espacio es una restricción importante para el desarrollo de las actividades, con implicaciones sobre el uso de otros espacios (Lewis, 1979). Los aspectos que se estudian especialmente son la actividad residencial, la distribución y el almacenamiento para el comercio, el transporte tanto de carga como de pasajeros, la localización de las actividades urbanas y en general la toma de decisiones en una ciudad, tanto para agentes microeconómicos como para la dirección macroeconómica de la sociedad en el espacio urbano. Así se entiende a la ciudad como el conjunto de elementos que la componen. Su marco es importante porque coloca al transporte en contexto con las decisiones de las personas y la localización de las actividades. Este enfoque es más próximo a lo entendido por logística, ya que aborda un panorama más abierto para el ciudadano consumidor, y se puede entender bajo la óptica de los planes de ordenamiento en las ciudades, como una aplicación de las teorías existentes en economía urbana.

En general, las actividades del transporte en contextos urbanos generan mayores densidades de tránsito por mayor densidad de actividad económica, es decir, una mayor necesidad de algunos agentes económicos de estar más cerca unos de otros, reduciendo sus costos de transacción. Esta atracción da lugar a una aglomeración física que puede generar congestión. En economía urbana, la aglomeración genera lo que se conoce como competencia espacial, que se refiere a la posibilidad de acceso de los actores a determinados lugares, lo cual depende mucho de su capacidad de transportarse más rápidamente, y determina su conveniente localización relativa a otros agentes económicos. De la aglomeración surge también el principio de interacción espacial, sobre el cual se basa la configuración de flujos potenciales en el espacio urbano (Camagni, 2005), bajo este principio, la ingeniería del transporte toma la condición actual de la ciudad para diseñar sistemas de transporte que respondan a las necesidades de la misma, pero no logra abstraer las necesidades de interacción entre los diferentes grupos poblacionales de la ciudad y por tanto no logra acuerdos entre el transporte y el desarrollo urbano a largo plazo (Miralles-Guasch, 2002).

Este enfoque económico permite abordar la forma de la ciudad como elemento de estudio a partir del aprovechamiento de los usos del suelo, esto define la densidad de las actividades económicas y permite buscar patrones que expliquen los comportamientos de localización en las áreas urbanas aun cuando estos pueden estar restringidos por la acción de los Planes de Ordenamiento Territorial (POT). A pesar de que la morfología de la ciudad sea más ampliamente estudiada en el campo de la geografía, se pueden conjugar sus aproximaciones para mejorar el entendimiento de la ciudad misma. La aglomeración y la interacción espacial propician que se pueda construir más y más alto, haciendo que cada ciudad tenga una silueta particular según la altura de sus construcciones y el patrón que estas presenten en el perímetro urbano, definido por los aspectos culturales e históricos de las ciudades. Así, por ejemplo, la silueta de las áreas urbanas latinoamericanas se diferencia notoriamente de la silueta de las áreas urbanas europeas o norteamericanas (Allain, 2012).

Las áreas urbanas en Latinoamérica basan su desarrollo urbano en los sistemas de transporte masivo, propiciando áreas urbanas amplias pero distanciadas unas de otras; las europeas a partir de la comunicación entre diferentes ciudades aledañas, haciendo que se generen redes de ciudades, y se distribuyan homogéneamente en las regiones; las norteamericanas en cambio se han expandido soportadas en un fuerte desarrollo vial y por la facilidad de adquirir y usar vehículo propio para cada familia, se tienen casas grandes y alejadas de los centros, y en estos a su vez, la presencia de transporte público que posibilita la interacción en áreas de gran aglomeración (Allain, 2012). La ciudad latinoamericana toma su forma inicial del colonialismo europeo, el centro en forma de cuadrícula, una malla que domina el territorio y era el sello de la dominación; posteriormente, otros centros fueron surgiendo, centros de negocios diferentes y alejados de los centros históricos, centros industriales y grandes zonas de actividad residencial de baja altura pero de alta densidad. Según la estructura del transporte, se llegó a orientar el desarrollo de las ciudades para adoptar un modelo de gran ciudad norteamericana, con alta dependencia a las vías en concreto y al transporte privado, pero sin orientación a equipamientos para la movilidad desde las grandes zonas residenciales de la población con menos recursos; con el tiempo, las ciudades se densificaron y se orientó un desarrollo similar al de las ciudades europeas, por lo cual los sistemas de transporte masivo deben ser de gran capacidad, y los servicios pueden estar dispuestos en toda el área urbana de

acuerdo con las posibilidades de desplazamiento de los ciudadanos para atender las necesidades de una ciudad densa.

En este contexto, la proximidad y la accesibilidad se convierten en los patrones de efectividad del transporte en la ciudad, y en general para las redes que prestan servicios a la población y que dependen de la interacción espacial, como la distribución de mercancías, redes de comunicaciones, distribución de energía y la recolección de residuos.

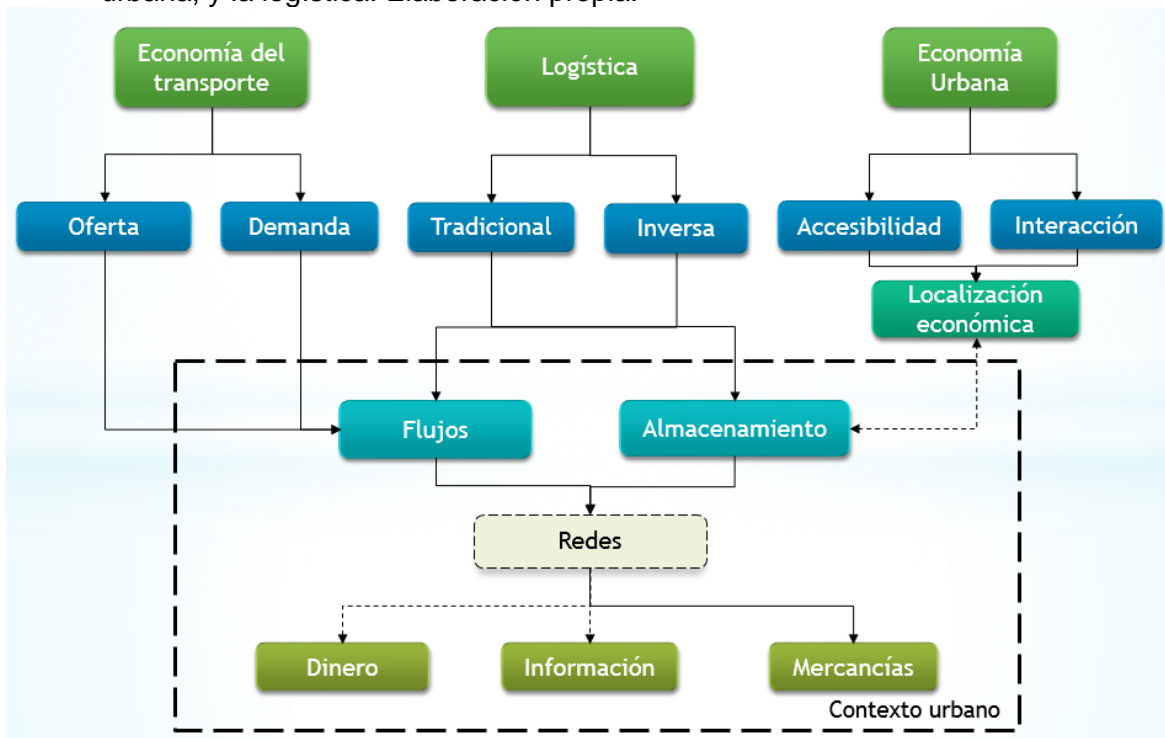
2.2.2 Relaciones entre las redes en logística y la economía urbana

En el contexto de la logística y tomando en cuenta a la forma de las áreas urbanas, la dimensión de las conexiones entre los orígenes y los destinos se define por la forma de los flujos donde, al igual que en economía, se da lugar a la formación de redes en las ciudades, e incluso entre las ciudades (Boix, 2003). Las redes son el elemento que une en la práctica los conceptos de la economía urbana en su aplicación al desarrollo de las actividades logísticas.

La longitud de los flujos en el área urbana está definida por el nivel de aglomeración, la proximidad de los agentes económicos unos de otros; siendo por un lado la localización de los agentes económicos en aglomeración urbana los nodos y por otro lado las conexiones con otras aglomeraciones los llamados flujos potenciales. Las decisiones de los ciudadanos estarán basadas no solo en la cercanía a un solo nodo a su servicio, sino por la existencia de varios nodos o varias posibilidades de servicio al menor costo. Una traducción de esta abertura de la visión lineal entre origen y destino en el transporte es el reconocimiento de la existencia de diferentes posibilidades de decisión del consumidor, que están determinadas por el espacio; y por tanto, el transporte no solo debe pensarse bidireccionalmente, sino también a través del concepto de red, que implica balancear los flujos con la localización en aglomeración, es decir, un enfoque logístico. Entonces, la logística también debe comprender la interacción existente entre la ciudadanía y el espacio para generar redes de servicio más efectivas.

Una decisión de localización tomada en este marco conceptual puede catalogarse como una localización económica. Se aprovechan las aglomeraciones en el territorio utilizando menos recursos para atender a una mayor cantidad de personas, y al tiempo se generan economías de red, donde el usuario tiene mayores posibilidades de interactuar con algún nodo del sistema. Así mismo, el usuario tiene facilidad de acceso, diversidad en la oferta y posibilidad de comparación entre diferentes opciones; estos atributos son criterios considerados para la localización de actividades económicas en una ciudad desde los fundamentos de la economía urbana en Lewis (1979), pasando por el paradigma, aun existente y valioso, de las redes urbanas en el trabajo de Camagni (1993), el entendimiento de las aglomeraciones urbanas como nodos de una red con el trabajo de Johansson & Quigley (2004), hasta llegar al resurgimiento de la vieja teoría del lugar central para analizar la formación de nodos en las redes urbanas en el trabajo de Mulligan, Partridge & Carruthers (2012).

Figura 2-1: Relaciones conceptuales entre la economía del transporte, la economía urbana, y la logística. Elaboración propia.



La economía del transporte es la forma de entender los flujos, y la economía urbana es la forma de entender la localización de los almacenamientos, en el contexto territorial, y se rige por una serie de incentivos particulares a cada tomador de decisión. Se observa que el enfoque de la economía del transporte complementado con el de la economía urbana

es similar al enfoque logística inversa y logística urbana y que una sinergia entre los conceptos manejados por las dos áreas permite el entendimiento de problemas sociales al interior de los sistemas logísticos, particularmente los sistemas de logística inversa. Esta relación se muestra en la Figura 2-1, donde la economía del transporte permite entender la dinámica de los flujos en logística, la economía urbana permite estudiar la localización de las actividades de almacenamiento, o bien recolección, tomando al espacio como el recurso clave para entender la estructura de la red.

De este marco general se deben diferenciar las implicaciones que tiene para la logística tradicional y la inversa. La logística en todas sus formas integra flujos y almacenamiento; en la logística tradicional tiene importancia especial el tiempo usado en los desplazamientos; en cambio, para la logística inversa estos desplazamientos son más flexibles, pueden hacerse en horarios diferentes y su velocidad no impacta significativamente el diseño de la red logística. En logística inversa la atención se centra especialmente en la localización de los puntos de recolección de residuos o artículos en pos-consumo; por tanto, el enfoque económico que adquiere relevancia es de enfoque territorial urbano, reflejado a través de la economía urbana como una forma de entender las dinámicas de la ciudad, en un acercamiento al urbanismo. Por consiguiente, se busca acotar lo que significa *localización económica* y cómo este concepto puede aplicarse en el diseño de *redes de puntos de recolección de impacto urbano* para generar mayor beneficio social.

La visión que relaciona directamente a la localización de funciones urbanas con la perspectiva de la economía urbana la enuncia Camagni (2005), resumida por los principios genéticos de organización espacial; aglomeración, accesibilidad, jerarquía, interacción y competitividad. El principio de aglomeración se refiere a la mejora en productividad y consumo en un territorio limitado, como la ciudad, donde la renta absoluta del suelo aumenta. El principio de accesibilidad o competencia²⁶ espacial, se refiere a capacidad

²⁶ Camagni (2005) utiliza dos principios que por el lenguaje pueden ser el mismo, “principio de competencia espacial” y “principio de competitividad”, por esto vale la pena aclarar el uso de ambos términos. Si bien, según la RAE (Real Academia de la lengua Española), *competencia* tiene dos acepciones, la capacidad de competir y por otro lado, la condición de competente, *competitividad* solo se refiere a la capacidad de competir en un ambiente de rivalidad. Competitividad ha sido un término ampliamente usado para referirse a las empresas que buscan tener éxito en ciertos

que tienen los agentes económicos de superar la distancia a los servicios del área urbana, representados por *el centro* o CBD (*Central Business District*), o en una simplificación menos estricta, a los diferentes centros de servicio disponibles, en una competición por la mejor localización en el espacio disponible. El principio de jerarquía se refiere a la especialización de las áreas urbanas en la producción de bienes y servicios según su tamaño y su disponibilidad de recurso humano. El principio de interacción hace referencia a las fuerzas a las que es sometida una actividad y que la orientan a localizarse en un lugar determinado. Finalmente, el principio de competitividad observa a la ciudad como un ente macroeconómico y refleja las dinámicas de importación y exportación con otras ciudades o regiones, especialmente bajo la teoría de la base de exportación como guía del desarrollo económico. Bajo estos principios, Camagni asume que la localización se relaciona sólo con los principios de accesibilidad y jerarquía, pero el carácter económico lo brinda el principio de interacción. En esta disertación se está hablando exclusivamente de asuntos internos en el área urbana, por tanto solo se toman dos principios para ilustrar la localización económica, la accesibilidad, por medio de la teoría del lugar central y la interacción, por medio de ampliaciones de esta misma teoría

Abordar adecuadamente el concepto de localización económica para redes de servicio en ciudades, incluyendo la recolección de residuos, implica abordar los paradigmas que han cambiado en torno al estudio de lo urbano como un hecho económico. El primero es entender la red en una ciudad a partir de la ubicación de sus nodos, y de la interacción de estos con su entorno; en contraste con una red estudiada con base en los flujos, como se establece para las redes del servicio de transporte público. El segundo es que la red no orienta su formación a través de la oferta, sino que debe hacerlo a través de la demanda, cambiando a su vez el paradigma del prestador de servicios privado, que buscando maximizar su beneficio cumpliendo la regulación no busca una red efectiva, sino eficiente. Lograr la efectividad de la red implica entender el concepto de localización económica a

mercados, de allí la teoría de la estrategia competitiva de Porter (1985). Competencia se emplea más frecuentemente para referirse a la capacidad que tiene una persona de lograr un objetivo, aunque en América se ha declinado el uso como un sinónimo de *competición*, la acción y efecto de competir.

Aunque etimológicamente tienen el mismo origen, cada término tiene un uso muy distinto, donde competencia se refiere a la (auto) organización en el espacio de agentes microeconómicos y competitividad se refiere a aspectos macroeconómicos de la ciudad, en su capacidad de competir con otras por un segmento de mercado en algún bien, de acuerdo con su nivel de jerarquía.

través de la interacción espacial en el diseño de una red, permitiendo que esta se ajuste al espacio urbano.

Además de la interacción espacial, la literatura, tanto en economía como en sociología, ha desarrollado otros elementos de análisis, como la acción económica y la estructura social, mediadas por el uso del espacio como un territorio. Este amplio marco teórico permite construir un modelo que fundamenta la localización económica en el diseño de redes de logística, especialmente de actividades de recolección en las ciudades. Así, con un modelo teórico que defina las prioridades de acuerdo con el beneficio social buscado, se puede tomar decisiones sobre los diseños de las redes, en este caso, de logística inversa en áreas urbanas, enfocando la orientación a la demanda por medio de la red de puntos de recolección.

2.3 La accesibilidad: la teoría del lugar central

El surgimiento de una ciudad se ha observado como la definición del punto central de la región, donde las transacciones confluyen y se genera mayor densidad de población diversificando sus actividades, que dejan de ser agrícolas, y son por lo general más productivas en términos de generación de riqueza. Sin embargo, con el tiempo se ha entendido que las ciudades, más que lo urbano, son un elemento moderno de la sociedad, que están limitadas por espacio y administradas individualmente. Antes de esta definición, lo urbano solo existía en los asentamientos de los primeros agricultores, esto propició que el desarrollo del campo se diera a través de lo urbano; entonces, no es que la urbanización surja a partir del campo, sino que fue el asentamiento urbano el que le dio al campo su carácter agrícola, a través de la innovación y la difusión del conocimiento que permite la aglomeración. Esta idea la propone Jacobs (1975), sin hacer una diferenciación entre urbano y la ciudad, y sirve para ilustrar la importancia que tiene como paradigma de centro, y este como fuente de productividad. Ha sido el área urbana de donde han surgido los principales avances que han permitido mejorar la producción agrícola y de todos los demás sectores industriales en medio del fenómeno de la urbanización. Así nace la idea del lugar central representado en el área urbana, que luego será por sus límites, la ciudad.

El desarrollo económico ha ido de la mano con la urbanización, dada la productividad que propicia la proximidad de las actividades y la reducción generalizada de los costos de

transacción (Polése, 1998). El crecimiento de las áreas urbanas ha generado que estas dejen de verse como zonas de generación de riqueza con un gradiente positivo hacia el centro, justo donde la silueta de la ciudad muestra que los edificios alcanzan un nivel de altura más alto, sino que se ha permitido entender que estas zonas urbanas pueden tener varios centros y que estos centros pueden tener conexiones entre sí, lo cual forma un tejido urbano de carácter multicéntrico. A continuación, para entender la acción de las redes en las ciudades, se discute el paso del paradigma de la teoría del lugar central a las redes urbanas, lo que se ha llamado el urbanismo de las redes, y que es el fundamento del funcionamiento de las redes de servicios orientadas a la demanda.

En economía, la búsqueda del lugar central ha sido escabrosa. La integración del espacio como recurso económico implica modificaciones a las soluciones ofrecidas por los modelos de la economía general; se ha encontrado que la geografía aborda el tema más formalmente (Predöhl, 1928) (Polése, 1998) y que los enfoques económicos no reflejan un desarrollo completo sino solo listas de criterios que se deben tener en cuenta para la localización de las actividades productivas en el espacio, como las enunciadas en la teoría de la ventaja competitiva de Michael Porter (1991). Sin embargo, se han propuesto modelos que intentan abstraer las dinámicas del uso del suelo y su asignación.

El modelo más conocido y de mayor importancia es el de Von Thünen, postulado a principios del siglo XIX; este asume que las actividades de mayor ingreso marginal estarán localizadas en aglomeración en el centro de una región, dado que requieren mayor proximidad unas de otras, por tanto, la renta del suelo hacia el centro es mucho mayor, y disminuye a medida que se aleja, ya que el costo del transporte hace que estos suelos sean menos atractivos para actividades de mayor productividad; una vez el suelo es lo suficientemente lejano del centro, su renta es baja y por tanto las actividades de uso intensivo de este recurso se localizarán allí (Camagni, 2005), se generan áreas circulares concéntricas de precios de suelo diferenciados. En este modelo, lo urbano es el único centro y proveedor de recursos, y sólo busca explicar la importancia de los costos de transporte en las diferentes posibilidades de uso del suelo. Esta teoría ha sido útil para explicar las dinámicas de localización de la actividad residencial respecto a las

posibilidades de transporte superando la *fricción espacial*²⁷, como una ilustración de lo que significa principio de accesibilidad espacial. Aunque su limitación principal es considerar un solo centro, es un gran avance para la época, y aún después de dos siglos sigue siendo la base para entender todos los demás modelos de uso del suelo.

La teoría del lugar central surge del estudio de lo urbano, como *la ciudad*, en base a su influencia en la región, se busca entender no solo el patrón de uso del suelo en las regiones, sino también encontrar el patrón al que obedece la existencia de las ciudades en el territorio, observándolas como nodos de una red, con jerarquía²⁸ en su tamaño y en su cercanía las unas con las otras, teniendo cada una un área de mercado propia. La teoría fue propuesta por Christaller (1933), y se proponía además explicar el número de ciudades y su tamaño por medio de una visión unificada de la geografía y la economía. Aunque esto ha sido el inicio del estudio económico de las ciudades, el modelo y sus formalizaciones posteriores en Lösch (1940) y Parr (1981) han tenido poca profundidad matemática, carecen de axiomas e incluso pueden ser contradictorios en algunos de los argumentos que utilizan (Beguin, 1992), además asumen en sus hipótesis territorios uniformes, estudiados como espacios isotrópicos, sobre los cuales se extiende la jerarquía de las ciudades, desconociendo en gran parte lo posibles límites geográficos.

Las aproximaciones del lugar central implican la idea de una economía de escala existente en la aglomeración, esto se expresa en la existencia de áreas de mercado, donde, entre más lejos se encuentra del centro, los costos del servicio prestado aumentan por la reducción de la accesibilidad, por lo tanto, existe una ventaja económica para los agentes cercanos al centro dado que no deben superar la barrera espacial a este²⁹. Desde el punto

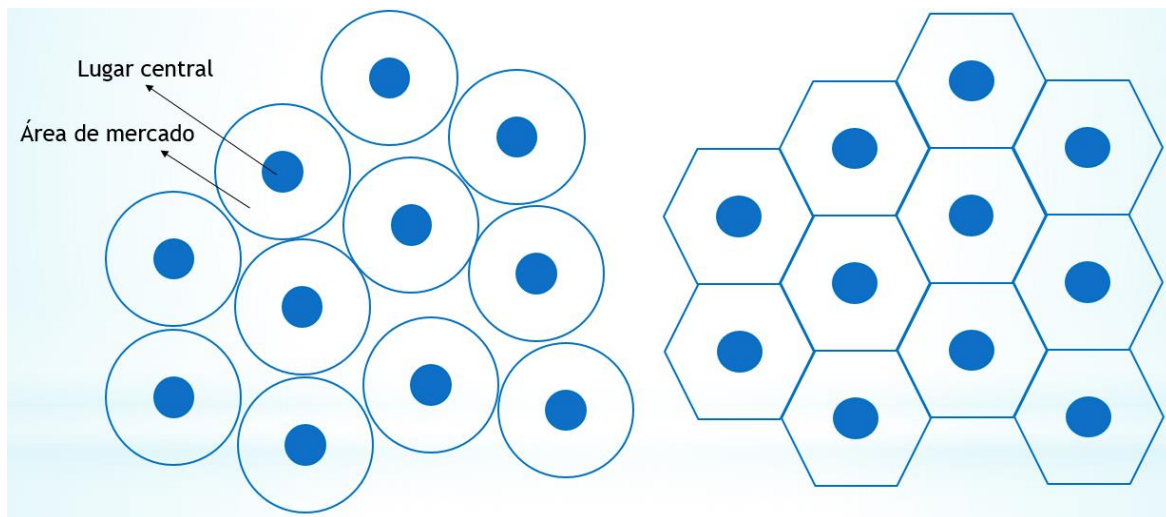
²⁷ Este concepto fue planteado inicialmente por Haig (1926), considerando que los precios del suelo están determinados por la accesibilidad a los servicios de la urbe, por tanto, el valor comercial del suelo es inversamente proporcional a los ahorros en costos de transporte, en un sentido amplio expresado en la ecuación 2.1, asumiendo como otros factores cualitativos la comodidad y las preferencias personales de las personas para transportarse.

²⁸ El concepto de jerarquía implica una superioridad en la especialización de las funciones de las ciudades en la red, una ciudad con mayor jerarquía ofrece productos de mayor valor agregado, a un área de mercado más grande; por el contrario, ciudades con menor jerarquía, ofrecen productos menos especializados, que están disponibles en una mayor cantidad de ciudades en la red, por lo cual su área de mercado es más pequeña.

²⁹ Colocando en contexto urbano, como el caso del transporte urbano, la superación de la barrera espacial se puede lograr de dos formas, por reducción de la distancia al centro (llámese así a los

de vista del productor, la barrera espacial implica que no es posible utilizar el modelo de competencia perfecta en análisis económicos que involucren el recurso espacio, dado que el agente económico más cercano al centro tendrá una ventaja competitiva que le permitirá manejar mejores precios por proximidad, es decir, el productor puede imponer precios de monopolio para los consumidores que estén cercanos a él, o bien, es más económico para las regiones adquirir bienes de las áreas urbanas más cercadas, dependiendo de su jerarquía en el tejido urbano.

Figura 2-2: Las áreas de mercado y los lugares centrales, en el largo plazo se ajustarían hasta cubrir las zonas sin servicio tomando la forma de hexágono. Elaboración propia con base a (Christaller, 1933; Lösch, 1940; Parr, 1981)



Lösch propone el concepto de curva de demanda espacial³⁰, que genera áreas de mercado circulares à la Von Thünen para cada productor en un espacio no necesariamente definido

servicios a los cuáles se desea acceder) o bien por reducción del tiempo de transporte al centro. Aquí se retoma el precio del transporte en economía y de acuerdo a las posibilidades de cada agente económico, se busca la minimización del precio económico, bien por tiempo, asumiendo un mayor costo monetario en medios móviles e infraestructura e incluso mayores externalidades internalizadas en costos monetarios, como con el uso del carro particular, o bien por distancia, asumiendo un mayor costo al localizarse más cerca de los servicios. Este es el fundamento teórico de la localización de los ricos y pobres en las áreas urbanas, donde los pobres suelen buscar acercarse al transporte público, en conjunto con los ricos que tienden a buscar zonas más amplias para vivir, por lo cual se ubican en zonas lejanas al transporte público, ya que son capaces de superar la fricción espacial con menores costos (Glaeser, Matthew, & Kahn, 2008).

³⁰ Donde la demanda disminuye con el aumento de los costos de transporte, que reflejan una mayor distancia del centro aglomerado al consumidor.

como urbano. La existencia de productores, llámense áreas urbanas o empresas genera que en el largo plazo sus áreas de mercado se configuren de tal manera que cada productor pueda cubrir un área de mercado determinada, que en perfecto ajuste, es decir, sin zonas no atendidas o sin cobertura, que tendrían que ser de forma hexagonal como se muestra en la Figura 2-2. Este modelo no asume al área urbana como un solo centro, sino que al dejar abierta la posibilidad en un espacio libre, se permite la existencia de múltiples centros, donde una empresa o un conjunto de las mismas pueden ofrecer las propiedades de un centro *à la* Von Thünen, y sobre estas áreas de mercado se generarían redes con nodos en jerarquías de ciudades como son expuestas por Christaller (1933), y más recientemente por Boix (2003).

El crecimiento de las áreas urbanas por medio de los procesos de metropolitanización puede hacer pensar en la ciudad como una región multicentral en sí misma. Cada centro es un lugar central en aglomeración de actividades económicas de mayores ingresos marginales. En este instrumento teórico intervienen dos principios; la aglomeración, para cada área de mercado; y la competencia o accesibilidad, en el ajuste de las áreas y el servicio a todos los posibles consumidores. En un área urbana, esta idea es homogénea a la formación de redes de servicio, ya que cada nodo de la red corresponde a un área de mercado y por tanto a la atención de un conjunto de consumidores; esto determina la formación de redes en el área urbana. Sin embargo, los artífices de estas teorías carecen de rigor al relacionar la aglomeración con las redes, bajo el principio de accesibilidad.

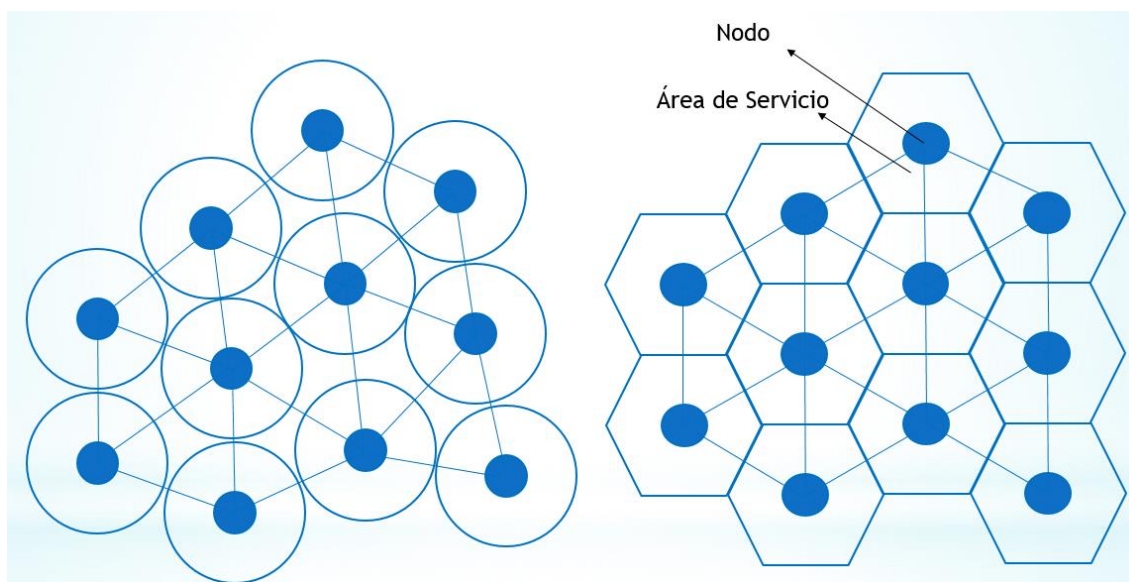
2.4 Del centro a la red urbana

La inquietud sobre las redes urbanas surge de las conclusiones sobre las áreas de mercado en las áreas urbanas, se da un avance significativo con el estudio del concepto de aglomeración y su relación con la formación de redes. Esto inicia cuando se asume, en palabras de Johansson & Quigley (2003), que la co-localización no siempre es posible, por tanto la aglomeración no siempre es necesaria para obtener externalidades de la interacción espacial, por esto se plantea que las redes son capaces de reemplazarla reduciendo los costos de transacción.

Johansson & Quigley son los primeros en expresar y categorizar esta posibilidad al interior de la economía espacial, pero las implicaciones que tiene su idea son más profundas. Ellos

expresan que las redes juegan un papel importante facilitando el intercambio tanto entre regiones como al interior de cada una, siendo cada región una aglomeración. La visión urbana que se ha trazado hasta aquí reconoce a lo urbano en sí mismo como una región, la cual a su vez puede tener aglomeraciones en su interior, por tanto la urbe es una aglomeración de aglomeraciones, donde, el lugar central se conforma por otros lugares centrales en su interior y las redes conectan estas aglomeraciones para asuntos intra-urbanos como el suministro de servicios. Se asume entonces, que en armonía con la teoría del lugar central y el surgimiento de áreas de mercado, cada aglomeración es un nodo en una red, y cada área de mercado es su área de servicio, por lo cual, las redes deben diseñarse de tal forma que sus áreas de servicio lleguen a ser hexagonales, dándose cubrimiento a la totalidad del área urbana, lo cual se ilustra en la Figura 2-3.

Figura 2-3: Las áreas de servicio y los nodos de las redes. Las redes de servicio se diseñarían con áreas de servicio que en el largo plazo toman forma de hexágono. Elaborado con base a Camagni (1993) y Johansson & Quigley (2003).



Sin embargo, según Williamson (1975), debe hacerse una distinción entre las redes físicas y las redes económicas, que matiza la diferencia ya expresada entre los bienes públicos y las funciones y responsabilidades del sector público en general y las inversiones de capital y los intereses de maximización de beneficio del productor. Toda red física se soporta en una red económica de relaciones entre actores con diferentes incentivos, existe una estructura de mercado y poderes de negociación y acción entre los diferentes productores o prestadores del servicio y los entes reguladores o administradores de los bienes públicos.

Es así, como no se puede pensar en una red física, como la red de puntos de recolección de residuos para actividades de logística inversa, sin pensar en una estructura económica que permita su funcionamiento aprovechando y modificando los hábitos de los individuos que son afectados o que usan la red. En consecuencia, los costos de establecer una red se ven afectados directamente por los costos de oportunidad en la sociedad dados por la aglomeración, y esto repercute directamente en la forma física de la red, es decir, en determinar dónde serán ubicados los nodos que prestarán el servicio.

Las responsabilidades del sector público y de los productores se evidencian en el carácter económico de las aglomeraciones, que determinan la efectividad de las redes. Las ideas de Johansson & Quigley (2003) permiten construir un marco de relaciones, donde las aglomeraciones tienen un carácter de bien público, ya que los residentes o las firmas en su área de mercado comparten sus externalidades y son gestionadas administrativamente por zonas con límites legales que las hacen agregadas³¹, entonces, las aglomeraciones implican la acción del gobierno, para proteger los intereses de los ciudadanos. Las redes económicas, en contraste, surgen por inversiones de capital con externalidades aprovechadas solo por los miembros de la red, quienes las han gestionado y pueden excluir a determinados actores o discriminar precios; estos, al ser parte de una agregación, se les permite actuar como una firma en competencia monopolística, o bien, si la red presta un servicio público, puede entenderse como la acción de un monopolio controlado por el gobierno. Se presenta un aprovechamiento deliberado de las externalidades positivas de las aglomeraciones en las redes privadas, y estas a su vez pueden aumentar el beneficio social de en la urbe, reflejando en sus precios sus posibles ahorros en costos.

Este encuentro de dos paradigmas aparentemente opuestos lleva a inferir que los gestores de las redes deben ser capaces de aprovechar las externalidades de las aglomeraciones, de tal forma que también se generen externalidades por su operación en red aprovechadas por la sociedad, sin que sean restringidas necesariamente para los miembros de la red. Este efecto se debe ver reflejado también en los precios de los bienes o servicios, internalizando externalidades para mantener precios competitivos o a través de regulación

³¹ A pesar de que no se tenga plena certeza de cómo o cuando surge una aglomeración más allá de lo que se conoce respecto al surgimiento de la urbe y de la ciudad (Fujita & Thisse, 1996).

del gobierno; es decir, el aprovechamiento de las aglomeraciones en el diseño de redes puede hacer que sus costos de transacción y de implementación se hagan menores. Entonces, la localización física de los nodos de las redes debe hacerse en la existencia de aglomeración, teniendo en cuenta que entre mayor sea la aglomeración, mayor debe ser la tasa de servicio y por lo tanto debe haber mayor densidad de nodos en esa área; por otro lado, existirán zonas urbanas con menores densidades, que no hacen parte de determinadas aglomeraciones, pero que al ubicarse en el área urbana tienen derecho a acceder a la red de servicio. Las áreas de servicio en la realidad pueden ser más grandes o más pequeñas, de tipo proteiforme³², ajustándose a la morfología urbana.

La academia ha buscado formas de estudiar de forma cada vez más precisa la existencia de redes en las ciudades, sin embargo, su estudio no siempre ha estado relacionado con la forma en cómo estas redes abordan el espacio y se extienden por las zonas de aglomeración urbana. El estudio de las redes carece de un tratamiento formal en el espacio; la Teoría del Lugar Central, pese a sus necesarias modificaciones y ampliaciones descritas, es un buen acercamiento, pero no refleja todo lo que se quiere expresar con el concepto de interacción espacial al interior de la economía urbana.

2.5 La interacción espacial

Si bien el concepto de accesibilidad se relaciona con las motivaciones que tienen los consumidores para desplazarse hacia algún destino, el concepto de interacción se relaciona más con las motivaciones de los productores para localizar una actividad económica en el espacio. La interacción espacial es la medición del potencial que tiene un espacio de tránsito de consumidores, lo cual es un aspecto importante para determinar la demanda potencial por localización que será atendida (Garrocho-Rangel, 2003). El consumidor toma la decisión de usar el nodo de la red de servicio a través del principio de accesibilidad, donde una localización competitiva es estar cerca de las aglomeraciones que le son útiles, o lugares en el espacio urbano donde pueda acceder a las redes de servicios necesarias para asegurar su calidad de vida. El productor, es decir, quien diseña

³² Alejándose de la simplificación ilustrativa del modelo conceptual económico, se refiere a áreas que no tienen una forma definida y que pueden cambiar según su ambiente, es decir, de acuerdo con la forma del área urbana, especialmente con la silueta y los tipos de actividades existentes en las zonas y aglomeraciones que la conforman.

las redes, o quien localiza los servicios en el espacio, toma la decisión de localización por medio de la demanda potencial que aprovecharía cada nodo en el espacio, por esto es más atractivo localizarlos donde hay alta interacción espacial. La localización económica, como se muestra en la Figura 2-1, depende de estos dos principios de la economía urbana, una vez desarrollado el principio de accesibilidad, a continuación se presenta el principio de interacción espacial, el cual respalda las decisiones de diseño de la red. Para abordar el concepto de interacción espacial se recoge el concepto de aglomeración, la teoría del lugar central, y se define la teoría de interacción espacial y de su uso en el estudio de la localización de nodos de una red urbana.

En una red, la densidad de los nodos localizados en las aglomeraciones es menor que la densidad de las actividades aglomeradas (Burger et al., 2009), es decir, los nodos en red son más eficientes cuando se localizan en la aglomeración y por tanto pueden tener más distancia los unos de los otros. Para lograr esto, se deben identificar cuáles áreas de mercado tienen mayor demanda, cuales también pueden exceder los beneficios esperados del productor provocando una dinámica de minimización de costos, y por tanto dejar a otras zonas urbanas sin servicio, imposibilitando el ajuste hexagonal que se propone desde Lösch (1940).

La teoría del lugar central y sus interpretaciones para las redes urbanas fallan al no tener en cuenta las zonas urbanas sin servicio asumiendo que rápidamente en el largo plazo habrá ajuste, aunque existan posiciones competitivas que puedan impedirlo como el bloqueo de nuevos nodos entrantes o la falta de factibilidad financiera para establecer nuevos puntos de servicio. Para Nakamura (2010) esto depende de lo que se denomina *Feasible Level of Distribution –FLD-* (Nivel de distribución factible), que, desde la perspectiva del productor, es el límite en distancia donde se puede prestar un servicio o distribuir un producto de manera óptima en un área de mercado, es decir, el radio del área de mercado de cada nodo, que determina su tamaño y por tanto la distancia y el nivel de conexión existente con los otros nodos. Este elemento tiene fuertes implicaciones en torno a la teoría del consumidor, especialmente en prospectiva a los consumidores que no están siendo atendidos por la red y sobre la forma en cómo nuevos nodos pueden acercarse a ellos, es decir, en la forma en cómo los consumidores que no están siendo atendidos podrían acceder al servicio. De esta manera, el transporte toma un papel protagónico en

el análisis de las redes urbanas como una variable para medir el beneficio social generado por la localización de los nodos en las aglomeraciones.

La teoría de la interacción espacial responde a suplir estas limitaciones de la teoría del lugar central. Basa su desarrollo en la teoría del consumidor en microeconomía, donde es suficiente cambiar en sus ecuaciones el precio nominal del producto³³ por el precio real, que incluye el costo del transporte. Sin embargo, el equilibrio obtenido en la interacción espacial es variable en el tiempo, ya que depende de los cambios en los costos del transporte y de las alteraciones en el atractivo de las actividades localizadas en las ciudades. Esta teoría tiene origen en el trabajo de Reilly (1931), que propone el principio de gravitación; este principio consiste en la minimización de los costos de transporte de los agentes que interactúan en el espacio económico, de tal manera que sus curvas de utilidad estén más alejadas del origen por la existencia de menores costos al consumidor (Camagni, 2005) (Garrocho-Rangel, 2003). Con base a este principio, se postula un modelo gravitacional sencillo sintetizado en la ecuación (2.3):

$$I = (P_i * P_j) / d_{ij}^2 \quad (2.3).$$

Siendo I es la intensidad de la interacción entre dos puntos en el espacio, P_i y P_j la población de los puntos de origen y destino respectivamente y d_{ij} la distancia entre los puntos. Sin embargo, esta propuesta solo basa la interacción espacial en la minimización de la distancia y no aborda el comportamiento de los consumidores, ya que solamente abstrae las conclusiones de la microeconomía básica, respecto a la búsqueda de la máxima satisfacción en el consumo. Tampoco se aborda una postura frente a medios de transporte existentes que hacen reducir esta distancia por tiempo de desplazamiento, ni un concepto completo de costos de transporte, como se expresa en la ecuación (2.1).

Complementando esta idea, Wilson (1980) propone que la intensidad o magnitud de los flujos de los consumidores atraída por una actividad comercial es directamente

³³ Para información detallada de la teoría del consumidor en microeconomía se puede consultar (Nicholson, 2001), para un enfoque de la teoría del consumidor desde la economía del transporte se puede consultar (De Rus & Campos, 2003).

proporcional a lo atractiva que resulta para los consumidores e indirectamente proporcional a los costos de transporte, esto genera una función de utilidad para los consumidores:

$$U_{ij} = W_j^a * C_{ij}^{-b} \quad (2.4)$$

Siendo U la utilidad del consumidor, W es una medida de atractividad del destino y C el costo del transporte del origen al destino, el parámetro b es la fricción de la distancia o espacial y recoge el modelo gravitacional. Esta función de utilidad agrega la atractividad por medio del parámetro a , este depende de la imagen de la firma, de la calidad, el precio, la variedad, y otros factores que mejoran la experiencia o facilitan las actividades a desarrolla (Garrocho-Rangel, 2003).

La interacción espacial depende de qué tan significativo es cada parámetro, por ejemplo, para un conseguir un producto especializado o de alto valor monetario, el parámetro a es más significativo, en cambio, para un producto de bajo valor monetario, fácilmente sustituible o de mayor oferta, como productos de la canasta familiar, el parámetro b es más significativo. Se puede concluir que la significancia de los parámetros puede depender de qué tan grande es el costo del transporte respecto al costo del bien a consumir, o de la actividad a realizar. Adicionalmente, se puede decir que el FLD es variable dependiendo del servicio a prestar, o el producto a comercializar; productos más especializados tienen un FLD más grande, por esto son más escasos en áreas de mercado más pequeñas, y quienes viven cerca de estos tienen una ventaja en localización si los requieren frecuentemente; por ejemplo, un estudiante que viva más cerca de la universidad o una persona que vive cerca de una estación del sistema de transporte masivo.

La teoría de lugar central tiene los mismos objetivos que la teoría de la interacción espacial, la diferencia consiste en su carácter determinístico al asumir que los consumidores siempre preferirán acceder a los lugares más cercanos para desarrollar sus actividades, siendo el costo del transporte el aspecto más importante a considerar para tomar la decisión de localización. En cambio, la teoría de la interacción espacial es del tipo probabilística, ya que se basa en la conducta y preferencias diversas de los consumidores, y diferencia cada caso particular de preferencia en localización e interacción por tipo de producto y por tipo de actividad. Respecto a esto y pese a su mayor tradición, se puede decir que la teoría del

lugar central es solo un caso particular de la teoría de la interacción espacial. Sin embargo, una visión integrada de estas dos configuraciones de red asegura tanto la accesibilidad necesaria para el consumidor-ciudadano, como la eficiencia en la implementación de la red por el aprovechamiento del principio de interacción espacial y la posibilidad de localizar menos nodos en las zonas que poseen alta demanda potencial.

En el diseño de una red de servicios públicos en el área urbana, los nodos no son firmas individuales, aunque su impacto en el territorio se analiza como tal. El surgimiento de nuevos nodos está determinado por la reducción de los costos, tanto de transacción como operativos de su localización, y la retribución que estos tienen en el corto y mediano plazo; por tanto, el costo de oportunidad de no atender a un consumidor es bajo y habitualmente las redes no tienen cubrimiento universal en el espacio urbano. Se asume que la mayor eficiencia de las redes se da con la ubicación de sus nodos en zonas de mayor interacción espacial, sin tener en cuenta los hábitos de las mismas o su orientación circunstancial a la demanda, por lo cual los recursos se concentran en atender zonas de mayor interacción espacial que pueden ser atendidas con menos nodos y se dejan otras zonas de la ciudad, por ejemplo, los suburbios³⁴, sin calidad en la atención.

El consumidor, o bien, el ciudadano, no es más que las personas que acceden al servicio; quienes desarrollan actividades y generan riqueza con ellas; debe existir una diferenciación entre la localización de las personas y la localización de las actividades (Torre & Rallet, 2005). La interacción espacial se da por las actividades económicas, que causan movimientos de las personas en el espacio, por tanto, son las actividades de los consumidores las que deben orientar el diseño de las redes, mas no la simple localización de las personas. Por ejemplo, es erróneo suponer que un negocio tendrá éxito en una ubicación cualquiera solo porque a su alrededor existe tránsito constante de personas; faltaría preguntarse cuál es la motivación del tránsito y si la función misional del negocio

³⁴ En los procesos de crecimiento de las ciudades, especialmente las norteamericanas, los lugares centrales tienen un crecimiento vertical de edificios más altos, mientras que la periferia, tanto zonas residenciales y la industria manufacturera fue empujada a la periferia, lo cual generó el desarrollo de zonas alejadas del centro, de baja densidad y poco transporte público, a estas zonas se les denomina suburbios (Fishman, 1990). Son zonas caracterizadas por actividad residencial de clase media o baja, que pueden no hacer parte de la ciudad pero que constituyen una extensión del área urbana, dado que cuentan con acceso a redes de servicios públicos.

está asociada con las necesidades de las personas que están transitando por la zona. En conclusión, es deseable que en el área urbana se localice la oferta de bienes y servicios de tal manera que no se excluya a ciertos consumidores del acceso a estos, y también existe una razón para ajustar la localización de la oferta (llámese los puntos o los nodos de la red) cerca de la aglomeración de ciertas actividades relacionadas directamente con un mayor nivel de interacción espacial, las cuales por circunstancia, harían atractiva la oferta para el consumidor³⁵. Esta visión es una configuración funcional de ciudad donde se rompe con la tradicional configuración de zonas por tipo de uso, muy aplicada en los Planes de Ordenamiento Territorial, que a la postre tienden a limitar la interacción en el espacio, haciendo aún más grandes las fricciones por distancia.

El FLD, entendido en el contexto de las redes de servicio puede significar una localización de nodos de tal forma que haya un acuerdo entre los intereses del productor y del consumidor. Sin embargo, poco se aborda el papel de las conexiones entre los nodos, pese a que la interacción espacial implica su existencia como las fuerzas que hacen que los nodos se localicen respecto a otros, configurando la red. Estas conexiones se conceptualizan en la estructura social, en donde las formas de ciudad y los hábitos de los ciudadanos son importantes para entender el desarrollo urbano como clave en el mejoramiento de vida de los habitantes.

El dialogo mostrado hasta ahora entre los intereses privados y públicos en la construcción de ciudad se ha entendido el marco de lo urbano, pero al tiempo el marco del beneficio social. En este texto, las interacciones en la urbe han sido analizadas bajo un marco relacionado con las operaciones logísticas, con la teoría económica que abstrae el estudio de las ciudades y su relación con el territorio, y en menor medida con la geografía urbana; sin embargo, un cuerpo teórico que completa el análisis se ubica en la sociología y el urbanismo. Se involucra el concepto de red en la construcción de ciudad por encima de la simple delimitación de funciones de suelo para entender a las interacciones urbanas desde el ámbito humano, del área urbana apropiada por la población, dominando el territorio a través del mallado. Es el mallado, en términos de Raffestin (1981), es una forma de

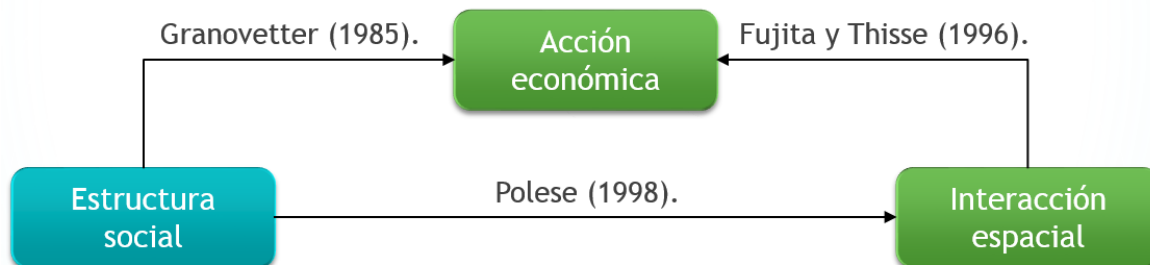
³⁵ En esta idea se incluyen respectivamente, las motivaciones de los consumidores para utilizar red urbana y las motivaciones del gestor de estas redes.

producir territorio, de generar interacciones en el espacio, es decir, la conexión entre los nodos. Lo urbano es ciudad por medio del derecho a acceder a la red, al servicio, al aseguramiento de bienestar; lo urbano en el marco del derecho a pertenecer se hace ciudad y se impone límites. Por tanto, la base de la interacción espacial es la estructura social.

2.6 La estructura social y el encaje de las redes en el territorio

El concepto de logística involucra las relaciones entre la aglomeración y las redes; se asume que la mejor ubicación es un balance entre carga-distancia, a mayores cargas deben haber menores distancias para que los costos unitarios de transporte sean menores, entonces se presenta un incentivo por estar más cerca, generando un punto o una zona central que da lugar a una aglomeración. El trabajo de Meijboom y Rongen (1995) se basa en este concepto, y el surgimiento de las aglomeraciones según Fujita y Thisse (1996) obedece al mismo fenómeno. Bajo este principio se puede inferir que es posible una efectividad en costos para el sistema de logística inversa con el aprovechamiento de aglomeraciones, identificando las actividades relacionadas con los habitantes, teniendo en cuenta que estas tienen, como se ha mostrado, todas las características de una red de servicios urbana. En otras palabras, se considera que la interacción espacial propicia que los consumidores y productores tomen decisiones y generen transacciones en un mercado.

Figura 2-4: Las relaciones entre la interacción espacial, la estructura social y la acción económica. Elaboración propia.

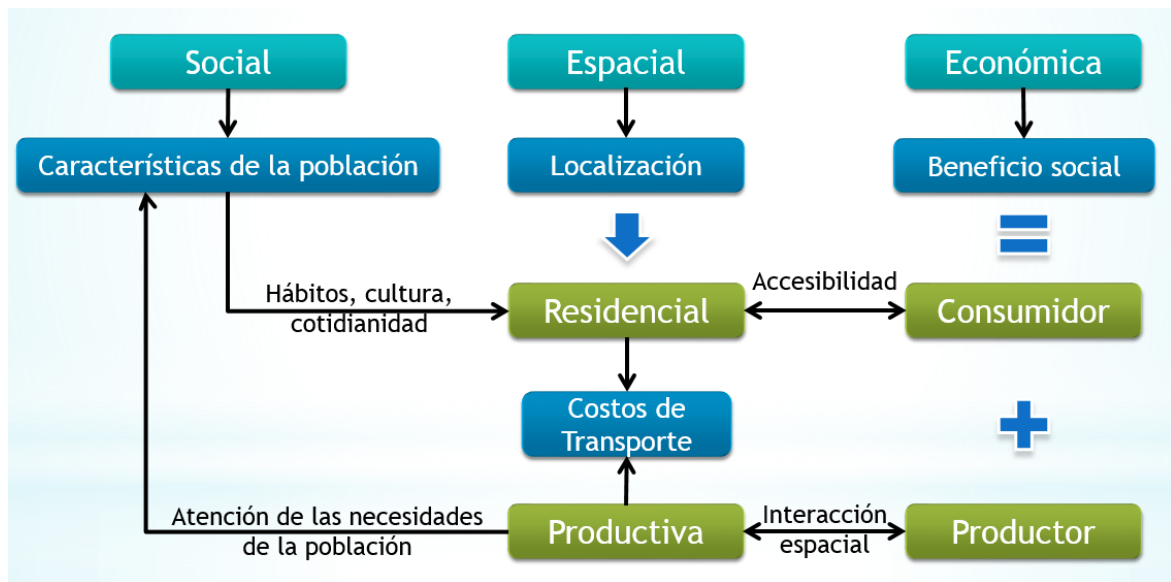


El acceso de la población a los sistemas en red distribuidos por la ciudad es un aspecto de interacción espacial, y para Polèse (1998), la estructura social implica interacción espacial. La acepción económica del espacio se establece por la distancia que determina el precio del desplazamiento, es la fricción espacial limitando interacciones entre nodos o

entre individuos alejados y privilegiando a los que están más cerca. Esto lleva a pensar que la relación de distancia entre uno y otro individuo, o agente en un mercado, responde a unas necesidades funcionales de aprovechamiento del beneficio de acuerdo con la localización. De esta forma, existen relaciones entre la estructura social y la interacción espacial, y a su vez con la acción económica estudiada por Granovetter (1985), mediadas por la relación entre interacción espacial y la acción económica; estas ideas se representan en la Figura 2-4.

La forma en como media la localización entre la estructura social y la acción económica es mostrada en la Figura 2-5. La localización ya ha sido ampliamente abordada en su relación con la interacción económica a través de las teorías que buscan entender la formación de las zonas urbanas, las ciudades y los incentivos que tienen las personas para establecerse en ellas, siendo el trabajo de Fujita y Thisse (1996) el máximo exponente de esta relación. Sin embargo, la estructura social se ha dejado a un lado y por lo general no es abordada formalmente para contribuir a las soluciones de los problemas de las ciudades, sino solo para entender los fundamentos de su existencia.

Figura 2-5: La localización como mediadora entre la estructura social y la acción económica. Elaboración propia



Simplificando, la acción económica es la transacción de bienes o servicios en un mercado para generar beneficio social, esta serie de decisiones propicia la formación de redes de

actores económicos que actúan con el incentivo de maximizar su propio beneficio. La interacción espacial es el potencial flujo de personas en un espacio que propicia la realización de actividades productivas y residenciales por medio de las relaciones existentes entre los habitantes de un territorio y sus incentivos para movilizarse, ponderando la accesibilidad al lugar con su nivel de atractividad y las ventajas por ahorro en costos de transporte que este representa. La estructura social es el conjunto de diferentes grupos de personas y sus actividades, que dan forma a una sociedad, le confieren características propias y por tanto configuraciones espaciales y hábitos de consumo; formando a la postre una red de relaciones sociales existentes (Gurvitch & Uribe Villegas, 1955).

En este marco se considera que el fin último es la generación de mayor beneficio social, que consiste en el mejoramiento de la calidad de vida de las personas que hacen parte de la sociedad por medio de la generación de riqueza (Garrocho-Rangel, 2003), para lograrlo se considera necesaria una minimización de los costos de transporte, es decir, un adecuado ajuste entre la localización de las actividades residenciales y las actividades productivas por medio de un conocimiento de los hábitos de consumo y la forma de generación de beneficio de los consumidores y, al tiempo, de la forma de tomar decisiones del productor respondiendo a las necesidades de la población y sus incentivos para la generación de beneficio.

La estructura social comprende diferentes poderes de negociación entre grupos, o clases sociales conformados por agentes económicos, que afectan la acción económica, por lo cual existen dificultades en algunos grupos sociales para mejorar su beneficio social. En la urbe, estas diferencias se ven reflejadas en la segregación espacial de los grupos sociales, por ejemplo, en la falta de inversión en los suburbios, la expansión de los medios de transporte en priorización de algunos grupos sociales y hasta en el nivel de disponibilidad de artículos de primera necesidad. La equidad toma un carácter espacial, especialmente en el ámbito urbano, donde ha existido un gran interés reciente, y se ha observado su potencial para entender los principales problemas sociales de las ciudades y su posible solución. Por tanto, si el concepto de equidad y los estudios sobre la desigualdad económica hacen parte de la interacción social que propicia interacciones económicas; la equidad espacial, y consecuentemente la desigualdad en el uso del

espacio, hace parte de la interacción espacial y de lo que se debe tener en cuenta al diseñar una red de servicios en la ciudad.

A continuación se presentará una forma de entender la localización económica, no solo a partir de la íntima relación teórica entre la interacción espacial y la acción económica, sino a partir de completar el espectro de análisis hasta lo social, en cómo la sociedad existe en la urbe, como una ciudad, donde tiene sentido plantear soluciones para la población, vista como ciudadanía y no solo como consumidores, es decir, como sujetos de derechos por pertenecer a la ciudad y por tanto a sus redes de servicio.

2.6.1 La estructura social y la acción económica

El diseño de redes en las áreas urbanas tiene una base social que debe ser reconocida para hacer efectiva la localización de los nodos, es decir, llegar a la localización económica. Esto implica aceptar que desde la sociología han existido acercamientos a las problemáticas entre la logística y la economía.

De manera homóloga en la economía, existe una *sociología del transporte* que ha llegado a conclusiones abiertas y puntuales respecto a cómo el transporte afecta las actividades en una sociedad y, a la vez, de cómo la sociedad modifica sus formas de transporte según sus necesidades. El trabajo de Yago (1983) se centra en el análisis del transporte en el contexto urbano, haciendo un debate con lo que hasta ese momento ha considerado la economía urbana³⁶. Se puede entender en estos fundamentos que no es suficiente con reconocer que la interacción espacial y la accesibilidad permiten hacer acercamientos respecto de los posibles comportamientos de los agentes económicos respecto a sus preferencias de uso de determinados nodos en redes urbanas, sino que se necesita identificar cómo se desarrollan las relaciones entre la actividad y su espacio, como un entendimiento de las operaciones necesarias para que las actividades, bien sean

³⁶ Donde se hace una correlación entre los usos del suelo, la población y los incentivos económicos, pero se falla en determinar cómo estos evolucionaron juntos, ya que la estadística no permite hacer estos análisis entre categorías sociales y espaciales, de cómo cada actividad en la ciudad se apropia de su localización y allí se determina el uso del espacio

residenciales o productivas, puedan seleccionar una localización específica y por tanto puedan ejercer acciones económicas.

De esta forma, si se hace una homologación de lo expuesto en la relación entre economía y logística, la relación entre la logística y la sociología se basa en que las relaciones entre nodos de red urbana y los ciudadanos dependen de cuáles circunstancias sociales son necesarias para que la red sea introducida al territorio y pueda generar acción económica dependiendo de la estructura social existente. Entender la estructura social en el diseño de redes de logística inversa en ciudades, es aceptar que los incentivos económicos que tienen los ciudadanos-consumidores para usar el servicio obedecen a su ubicación en la estructura social, que implica una serie de creencias, costumbres, hábitos y elementos de toma de decisiones que hacen atractivo o no tomar una decisión. Por otro lado, la estructura social en el diseño de redes de logística inversa en ciudades implica para el productor procurar la localización de los puntos de recolección de tal forma que sea atractivo para los consumidores su uso y este forme parte de sus hábitos de consumo, cumpliendo con las expectativas y los propósitos de la logística inversa, las cadenas de suministro de lazo cerrado y la responsabilidad extendida del productor (Dyckhoff, Lackes, & Reese, 2004), de tal forma que se genere una responsabilidad extendida del consumidor y una economía cíclica del material; esto es lo que le da sentido a una determinada configuración espacial de puntos de recolección, y es lo que se engloba en la Figura 2-5, en conjunto con lo mostrado en la Figura 2-1 para hacer posible los procesos mostrados en las Figuras 1-3 y 1-4.

El concepto de estructura social, se ajusta a una necesidad de buscar una sociología del orden mediante jerarquías, donde diferentes agrupamientos particulares, estratos y clases sociales tienen encuentro al interior de una misma estructura donde se concibe el orden de forma antinómica (Gurvitch & Uribe Villegas, 1955). Esto permite ver que el productor y el consumidor hacen parte de una misma estructura con lugar en la ciudad, pero que al tiempo todos son ciudadanos en derecho. Por otro lado, el concepto de estructura social implicó acabar con la falsa ruptura entre la sociología estática y dinámica, ya que se ha demostrado, desde que este concepto obtiene fuerte atención a mediados del siglo XX, que en numerosos campos de estudio ha habido un triunfo de los enfoques que apuestan por el largo plazo construido en cortos plazos (Miralles-Guasch, 2002), relaciones simbióticas o dialécticas que implican la construcción o deconstrucción de estructuras

sociales sin que necesariamente esto tenga relación directa con coyunturas económicas. Según Gurvitch (1955) hay coyunturas que pueden favorecer la desestructuración o el cambio de estructuras, así como hay otras que perpetúan las estructuras en las cuales surgen. Por tanto, aunque la estructura social no necesariamente propicie el surgimiento o el fin de alguna configuración espacial (entiéndase como coyuntura económico-espacial), sirve como base para entender si una configuración espacial es adecuada para un grupo social u otro.

Con posterioridad se ha estudiado como la acción económica está embebida en la estructura social, Granovetter (1985) utiliza los mismos términos que Gurvitch (1955) para referirse a la estructura social, pero discute acerca de la forma en como la economía institucionalista observa la estructura social con base en jerarquías de organizaciones al interior de un mercado, donde se anticipan decisiones internalizadas a través de la racionalidad limitada y se establece que los actores económicos están en una búsqueda constante de su propio beneficio (Williamson, 1975). Granovetter argumenta que no necesariamente todas las acciones económicas se dan en una estructura social que implique jerarquías, ya que no todas las organizaciones reducen sus costos de transacción por medio de la agrupación patrimonial, en vez de eso hay estructuras organizaciones de relaciones entre empresas en red que también aumentan su eficiencia, esta idea persiste en los posteriores estudios de Camagni (1993). Esta idea es totalmente homologable a la discusión mostrada entre aglomeración y red, ya que la mejora de eficiencia puede presentarse en estas dos formas de organización, que ahora más que espacial, se pueden entender socialmente.

La economía por sí sola no alcanza a entender las estructuras sociales en las cuales interviene, ya que los datos, el manejo econométrico y el modelamiento matemático las obvian en los parámetros y en los coeficientes calculados, entonces, si bien se pueden encontrar patrones en el espacio, no son claros los patrones sociales causantes de estos. Granovetter (1895) hace un llamado a no entender la acción económica a través de la atomización de los actores económicos o por el contrario a través de la sobre

socialización³⁷ de la toma de decisiones; sino a observar esta última a través de las relaciones entre grupos que forman parte de la estructura social, tanto en red como en jerarquía, considerando las relaciones personales no como fricciones sino como parte de la transacción que posibilita la apropiación social de las soluciones, en transporte como en Yago (1983) y Miralles-Guasch, (2002), en redes de servicios urbanos como en Dupuy (1992), específicamente en redes de recolección de residuos urbanos como en Robusté, Campos, & Galván (2000) y en un marco de logística inversa como en Dyckhoff, Lackes, & Reese (2004) y Aït-Kadi, Chouinard, Marcotte, & Riopel (2012) y en un marco de logística inversa-urbana como busca este trabajo.

A partir de las apreciaciones hechas en los últimos dos apartados, se puede inducir que el enfoque de redes se ha convertido en un paradigma de análisis importante, desde el entendimiento de las estructuras sociales, el uso del espacio, y las posibilidades de decisión y acción económicas. En lo urbano esto es evidente, como se ha insinuado con anterioridad, a través del urbanismo, donde se puede entender el ajuste de las redes urbanas al espacio y a la estructura social.

2.6.2 Acercamientos desde el urbanismo: el territorio y la acción económica

La organización espacial de la estructura social en un área urbana es la dominación del territorio en un conjunto de acciones económicas. El paradigma de las redes representa en el urbanismo una forma de ocupación y organización espacial que tiene mayor relevancia como concepto que como objeto. Los diferentes grupos sociales tienen diferentes formas de ocupar el espacio, por incentivos económicos de minimización de sus costos de transporte, por tener relaciones estrechas con otros grupos sociales, porque el manejo del espacio les permite mantener relaciones en red o por preferencias culturales

³⁷ Lo que se denomina en inglés *undersocialized and oversocialized visions*, el primero de ellos vienen de la economía clásica y neoclásica que asume que las decisiones individuales pueden ser fácilmente escalables a situaciones generales en la sociedad de consumo, la segunda de ellas, donde se asume que los patrones de comportamiento son internalizados por la sociedad en su conjunto y que las decisiones individuales y esporádicas no tienen mayor efecto en el comportamiento general; en otras palabras, en la primera visión se habla desde la economía neoclásica considerando que cada persona toma decisiones y que estas pueden tener patrones generalizables para el resto de la sociedad y en la segunda visión se habla desde la sociología como todas las formas en las cuales las personas no tienen que tomar decisiones.

no generalizables. Estos hechos y las nuevas formas de ciudad con grandes periferias, dan forma a la urbe que también es pensada en términos de redes, con enlaces lineales y cortos que construyen conexiones más largas entre diferentes conexiones (Sarfati, 1985).

Los cambios en la morfología urbana propician cambios en los usos del suelo y del transporte. La visión ideal de un solo centro se desvanece en el surgimiento de múltiples aglomeraciones fuera de los límites de las ciudades, las periferias empiezan a tener mayor importancia en la vida urbana y son capaces de suministrar servicios a los ciudadanos, de tal forma que se hace innecesario que estos accedan al centro principal de la ciudad. Como lo describe Frishman (1990), en las ciudades norteamericanas, de grandes periferias (suburbios), la forma habitual de desplazamiento es en automóvil, de tal forma que la ciudad para cada ciudadano se limita a las vías que transita y los destinos diarios. Es decir, la ciudad se convierte en una red muy sencilla de servicios a los cuales el ciudadano quiere acceder y para lo cual utiliza los medios de desplazamientos que le son posibles. En la ciudad latinoamericana el automóvil privado no está generalizado, sin embargo el acceso no deja de ser una prioridad y tiene en sí mismo un potencial de generación de interacción social, que implica la existencia de ciudades densas, pero al tiempo de grandes suburbios por la pobreza existente en gran parte de la población que no puede cubrir sus capacidades básicas.

Dupuy (1992) define dos concepciones opuestas de ciudad, la territorialidad aureolar, que consiste en una definición por zonas, límites y fronteras donde se ejerce el control, y se espera que los ciudadanos desarrollen sentido de pertenencia; por otro lado está la territorialidad reticular, donde interviene el urbanismo de las redes. Esto concuerda con lo expresado por Yago (1983) cuando afirma que los teóricos de la localización han ignorado la intervención gubernamental en el mercado urbano, que limita el desarrollo de la tierra que extiende los límites de la ciudad³⁸, es decir, el estado puede hacer que la morfología de la ciudad cambie, y esto no ha sido tenido en cuenta por las teorías relacionadas con la localización de las actividades.

³⁸ Por otro lado, esta idea también matiza las diferencias entre la ciudad y la urbe; el paradigma de las redes se ajusta a la visión de territorialidad reticular trasgrediendo los límites de la ciudad para atender las necesidades de la población en suburbios, es decir, la urbe completa.

El desarrollo de las redes técnicas urbanas está definido por el cambio de la estructura social y física de la ciudad. El paso de *pedestrian city* a *networked city* que describe Dupuy (1992) es otra forma de expresar el paradigma de las redes en el estudio de las ciudades. Por otro lado, las posibilidades de las redes técnicas urbanas están definidas por las formas en las que el gobierno decide cómo se usa el suelo en las ciudades, en un dilema de un urbanismo de zonificación (territorialidad aureolar) y un urbanismo de redes (reticular). Sin embargo, a pesar de la existencia de estas dos visiones, los Planes de Ordenamiento Territorial se reducen a la negociación entre el sector público y el privado de los derechos del uso del suelo, donde los ciudadanos pueden ser o no ser propietarios, quienes lo son tienen mayor poder de negociación en un reinado del uso y propiedad del suelo, que se olvida de la importancia de definir los flujos existentes en la ciudad, es decir, la interacción espacial, se olvida también de procurar herramientas para facilitar o adaptar la vida cotidiana de las estructuras sociales y en consecuencia se olvida que la urbe es un conjunto de redes formadas por individuos localizados en diferentes patrones de aglomeración en un territorio mallado.

El mallado, la retícula, además de reflejar la estructura social muestra los patrones espaciales, cuando la red es técnica de prestación de servicios, su forma impacta directamente a la cotidianidad de los ciudadanos. Estas redes técnicas pueden ser muy desarrolladas en servicios que son considerados casi universales como el suministro de electricidad y alumbrado público, agua, saneamiento, televisión, o poco desarrolladas como la recogida de residuos urbanos y la recolección de artículos en pos-consumo. Pese a esto, las redes son prácticamente ignoradas en los POT ya que su impacto sobre los usos del suelo se considera insignificante, o extienden los alcances de la ciudad y deben negociarse con otras jurisdicciones territoriales como es el caso de las áreas metropolitanas.

Entonces, el paso de una ciudad concebida para caminar a una gran urbe en red genera cambios en las formas de uso del suelo, de la movilidad, y por tanto en la localización de las actividades, como complementa Yago (1983). Es evidente que el crecimiento de las redes de servicio está a la par con el crecimiento de las áreas urbanas, indistintamente de

la motivación de la red³⁹, ya que el aumento de la demanda del servicio aumenta la cantidad de conexiones de la red, lo cual la hace ser más eficiente por economía de escala; generándose una relación entre las redes, la morfología de las ciudades y en sí la estructura social de los ciudadanos en su conjunto (Dupuy, 1992). En este contexto se puede considerar que el excesivo enfoque en las consideraciones de demanda y oferta ignoran las posibles alternativas de coordinación entre el desarrollo físico de las urbes y los patrones de preferencia de los desplazamientos de los ciudadanos.

El surgimiento de las redes técnicas en las ciudades debe contemplar que la tecnología en sí misma induce directamente a modelos de vida y estructuras sociales cambiantes, tal como lo plantea Salomón (1992), argumento que usa Miralles-Guasch (2002) para plantear que existe un desarrollo dialectico entre la movilidad⁴⁰ y el territorio urbano; donde se reconoce la importancia de involucrar a una red técnica de servicio en un contexto de evolución de políticas públicas de accesibilidad y derecho a la ciudad y no como proyectos aislados (Dupuy, 1992). Esta flexibilización de la técnica implica que el método de estudio de estos elementos urbanos debe ser de tipo cualitativo y ecléctico, donde las redes no solo se optimizan por efectividad sino también por eficacia, y el óptimo económico no se obtiene solo a través del equilibrio en precios al consumidor y costos del productor sino a través de un ajuste de las estructuras de consumo y las estructuras del productor, es decir, con base en la estructura social; surgiendo coherencia entre la red y el territorio que la contiene. Sobre esto, Miralles-Guasch (2002) agrega que los flujos (en su caso de transporte) se deben analizar dentro de marco socioeconómico que los hace exitosos según sus prioridades o conflictos.

En el ajuste de las redes técnicas de servicios a la morfología urbana, el tiempo juega un papel importante en el entendimiento de su desarrollo y la universalización del servicio. En

³⁹ Es decir, de su origen, si proviene por iniciativa del sector público como el caso francés del suministro de gas, en Colombia el suministro de agua, y en ambos países la recolección de residuos domiciliarios, o si la red tiene iniciativa privada, como la distribución de agua en Francia, o las redes de recolección de artículos en pos-consumo en actividades de logística inversa.

⁴⁰ La cual se conforma en parte por la red técnica de transporte y está en relación directa con los principios de accesibilidad e interacción espacial que son útiles para atender diferentes necesidades de desplazamiento de determinadas estructuras sociales.

el tiempo las estructuras sociales que soportan el desarrollo institucional y físico de las redes pueden cambiar, por acción de la regulación, o por su tendencia a generar monopolios para aprovechar las economías de escala resultantes de los procesos de expansión urbana. Sin embargo las redes no necesariamente son monopolios controlados por el sector público y en muchos casos se debe su desarrollo la iniciativa privada que instaló las redes inicialmente donde la demanda era solvente, como cuenta la historia para el caso de la red telefónica (Dupuy, 1992).

En este contexto, el ajuste territorial de las redes se enmarca no solo en la evolución conceptual del urbanismo, sino que se replica a su vez en el cambio de paradigma de la ciudad jerarquizada a la ciudad en red que describe más detalladamente Camagni (1993) y que es la base para las conclusiones de Johansson & Quigley (2003), en un marcado enfoque de economía urbana y en menor medida de economía espacial. La organización en el área urbana tiene tres enfoques lógicos, territorial, competitiva y en red⁴¹, que han ido evolucionando conforme se ha entendido a la urbe como el espacio donde tienen lugar determinadas acciones económicas. Estos enfoques de ciudad serán homologados con el desarrollo de las redes urbanas, bajo el principio de que estas tienen un desarrollo dialéctico a largo plazo.

El enfoque territorial-regional destaca que el desarrollo de la urbe y sus redes se basa en el aprovechamiento de las economías de escala, existe una marcada importancia de las relaciones jerárquicas en el espacio, dado que el principio de aglomeración es la base de la organización, esta visión se ajusta a la provista en la economía institucional con Williamson (1975) y conserva todas las características de la ciudad mono-céntrica diferenciada de las sub-urbes. El enfoque competitivo de las ciudades busca eficiencia a partir de la integración vertical y horizontal de las organizaciones a través de redes complementarias, se destaca que en este enfoque surge la planeación territorial a partir de zonas mono-funcionales, de especialización del uso de la tierra para lograr mayor

⁴¹ En términos de Camagni (1993) se hace una diferenciación entre el territorio y la red, ya que este no se enmarca en la concepción de territorio de los geógrafos y urbanistas como Dupuy (1992), Miralles-Gasch (2002) o Allain (2012). La lógica territorial de Camagni puede denominarse entonces como regional, donde la urbe crece de forma dependiente de los intercambios hechos con el territorio circundante, tal como se establece en los postulados iniciales de la teoría de la renta del suelo de Von Thünen en el siglo XIX y del lugar central de Chistaller (1933) y Lösch (1940)

eficiencia y organización física directa; evidentemente, este enfoque obvia de sus planeamientos la estructura social implícita en el enfoque territorial-regional, y pone toda su atención en la atracción de flujos de inversión que hagan a la ciudad más productiva y por ende más próspera, en palabras de Camagni (2005) se pone excesiva atención al principio de competitividad que se inscribe en la Teoría de la Base de Exportación. El enfoque de redes concibe a las áreas urbanas como la unión de varias ciudades, con la existencia de múltiples centros y una planeación territorial con zonas multifuncionales adaptadas a la vida cotidiana de los habitantes, la eficiencia se logra con base en el aprovechamiento de las externalidades de las redes y los principios clave son el de interacción espacial y el de accesibilidad.

Cualquier área urbana tiene elementos de los tres enfoques, sin embargo se observa que el enfoque de redes es el actual dominante, que define el desarrollo urbano y por tanto enmarca las decisiones de localización de cualquier actividad económica, bien sea residencial o productiva. Las redes técnicas de servicio urbanas hacen parte de la red urbana, el patrón de localización de sus nodos debe responder a los patrones de localización de la estructura social, pero al tiempo deben procurarse superar las desigualdades embebidas en esta estructura. Un análisis del ajuste al territorio con base en la acción económica de la localización no puede estar completo si no se abordan los aspectos referidos a la equidad, y a cómo esta puede ser importante en el diseño de las redes.

2.7 Localización económica y equidad

La literatura del diseño de redes de recolección de residuos, ni la relacionada con la economía urbana abordan de las posibles inequidades resultantes de la prestación de servicios en las ciudades. Estos elementos se entienden más recientemente en estudios relacionados con la distribución espacial, y de cómo esta puede mostrar indicios de segregación y por tanto de dificultades en el aseguramiento del derecho a la ciudad, sus servicios y su calidad de vida; de manera aún más reciente y novedosa, los urbanistas han entendido que la equidad urbana puede ser un instrumento y una oportunidad para generar mayor beneficio social para los habitantes.

Los planteamientos iniciales de este elemento de análisis se han hecho en torno a la accesibilidad en los sistemas de transporte público, como la principal red que pone de manifiesto el dominio del territorio urbano (Miralles-Guasch, 2002). La desigualdad en el transporte se manifiesta de varias maneras, la más evidente es dentro del mismo sistema. Por ejemplo, en Bogotá, Transmilenio ha tenido un efecto, presente en la mayoría de sistemas de transporte masivo del mundo, donde alrededor de las zonas con presencia de estaciones se genera una gran cantidad de tránsito de peatones, pero las zonas ubicadas entre dos estaciones se deterioran por la falta de tránsito y el alejamiento del comercio, por lo cual pueden volverse oscuras y peligrosas; esto bien ha sido abordado por Cervero (2013), anotando la necesidad de hacer más amigable el sistema para los ciudadanos de tal forma que estas zonas no desarrollen focos para la inseguridad y la indigencia. Este aspecto muestra que la separación de las estaciones, o nodos en la red de transporte público, afecta la accesibilidad al sistema y al tiempo genera zonas de alta interacción espacial, que propician aglomeraciones de determinadas actividades económicas, sin embargo, las zonas ubicadas entre estos puntos de alta atracción se deprimen, generando fraccionamientos en las zonas urbanas, restringiendo el acceso entre zonas e incluso desvalorizando el precio del suelo.

La equidad espacial en los sistemas de transporte se escapa de las consideraciones prioritarias en el diseño de las redes de servicio. Promover la equidad en el diseño de los sistemas de transporte es un elemento que ha sido ignorado, pero que se estipula como un principio fundamental en la planificación de la movilidad en las ciudades, inicialmente en los Estados Unidos (Welch & Mishra, 2013). Para otras redes –técnicas o no- de servicios urbanos este elemento se obvia, ya que no se concibe que como parte del derecho a la ciudad se incluya el acceso a los servicios que esta provee, por tanto podrían considerarse como lujos las redes de comunicación, como las telefónicas, de televisión, y de internet, y las redes de servicios básicos con cubrimiento universal están sujetas a pagos no progresivos. Así se introduce un elemento adicional para el desarrollo conceptual de *localización económica*, no solamente va a depender del ajuste al territorio en los marcos descritos, sino que también va a depender de la sostenibilidad financiera que esta tenga (UN-Hábitat, 2014).

Cuando se habla de equidad se establecen dos tipos, vertical y horizontal (Delbosc & Currie, 2011); equidad vertical se refiere a la inclusión, justicia social o ambiental, cuando

se busca que una red de servicio urbana pueda ser usada por todos los individuos sin importar su condición o clase social; la equidad horizontal hace referencia a la provisión por igual del servicio para todos los individuos o grupos de interés independientemente de sus necesidades, es decir, la provisión de un servicio universal, esta clase de equidad permite saber cómo los hogares se benefician de la red de servicio buscando que todos puedan hacer uso de él. Esos dos tipos de equidad responden, cada uno, a los dos principios de economía urbana sobre los cuales se basa la localización económica. Se puede relacionar a la equidad vertical con el principio de interacción económica, ya que al tratarse de un servicio público, el uso de uno de los nodos no debería ser restringido a ningún ciudadano por su origen o sus características sociales particulares, por lo cual, para cada nodo el servicio no tiene restricciones; la equidad horizontal puede relacionarse con el principio de accesibilidad, ya que este se enfoca en la necesidad de que todos los ciudadanos puedan tener beneficios por las externalidades de las redes, es decir, asegurar la universalidad del servicio el territorio urbano.

Para el caso del transporte, estos dos tipos de equidad reflejan dos perspectivas contrastantes en la planeación, ya que el enfoque de diseño se centra en la gestión de los flujos; la equidad vertical es llamada una perspectiva del transporte social, cuyo propósito es proveer transporte a quienes tengan mayor necesidad, como aquellos sin transporte privado, de bajos ingresos o minorías étnicas; la equidad horizontal hace referencia al movimiento de gran cantidad de personas, generalmente en viajes rutinarios a los principales centros de empleo, buscando reducir la congestión, esto es una visión horizontal encapsulada en una perspectiva de transporte de masas (Hay, 1993) (Delbosc & Currie, 2011). En contraste, en el caso las redes de recolección de artículos en pos-consumo, el diseño de redes se centra en la gestión de la localización de los nodos, por lo cual como se ha visto teóricamente puede existir convergencia en la planeación. La equidad vertical implica ofrecer servicio en las aglomeraciones para beneficiar a la mayor cantidad de personas, es decir, localizar los puntos de recolección donde la densidad poblacional es mayor, donde hay mayor interacción espacial asociada; la equidad horizontal implica universalizar el servicio extendiéndolo por todo el perímetro urbano, por lo cual, los puntos de recolección se localizarían de tal forma que sea posible para todos los ciudadanos acceder a la red. Esta afortunada complementación permite entender que sería sencillo diseñar redes de servicio, incluso para transporte público, orientando la

localización económica de los nodos, y respondiendo a los cambios de las demanda de flujos en el tiempo.

La equidad horizontal es mucho más estudiada por la academia que la equidad vertical (Delbosc & Currie, 2011); en transporte esta es más utilizada ya que se privilegia el derecho de todos los ciudadanos a usar la red, por otro lado, la equidad vertical se ve reflejada en el manejo de las capacidades del sistema en ciertas zonas de la ciudad, lo cual se asocia con la minimización de las congestiones y maximizar la cantidad de usuarios movilizados en horas pico. En las demás redes de servicios urbanos estos elementos no son estudiados regularmente en la literatura, más aun cuando la transferencia del concepto de red urbana desde el urbanismo no ha sido totalmente acuñada en la economía, en la sociología y en la ingeniería no se aborda como un elemento importante de diseño.

Las conclusiones sobre los problemas actuales de las áreas urbanas llaman a soluciones novedosas y de bajo costo para lograr universalidad en los servicios públicos, con un enfoque multidisciplinario donde se definen claramente las funciones que los ingenieros, los economistas, los sociólogos, los urbanistas y cualquier otro profesional debe ejercer, pero no se aborda un enfoque interdisciplinario o transdisciplinario de trabajo conjunto, aplicación de conceptos entre uno y otro campo de conocimiento o retroalimentación conjunta entre diferentes puntos de vista. Existe la posibilidad de brindar soluciones por medio de las redes de servicios urbanos que contribuyan a reducir la pobreza existente cuando el sector privado y el sector público reconozcan y acepten sus funciones en la sociedad, lo cual va más allá de acciones aisladas de los gobiernos y proyectos de Responsabilidad Social Empresarial.

3. Estudio de caso: la localización económica de los puntos de recolección de medicamentos vencidos en Bogotá

El concepto de localización económica se ha abordado desde los fundamentos de la economía, desde el transporte hasta lo urbano, pasando por el concepto de ciudad y sus diferencias, llegando consecuentemente a apreciaciones en la sociología y de manera transversal en el urbanismo y la geografía. Sin desconocer la sinergia que esta gran cantidad de enfoques genera en el esfuerzo por llegar a la interdisciplinariedad, este concepto tiene su base en la economía y son los principios identificados en la economía urbana los que rigen su aplicación en el diseño de redes urbanas.

Entre líneas se han mencionado algunos elementos de las implicaciones que tiene la localización económica en el diseño de redes de logística inversa. El propósito de este capítulo es plantear su potencial aplicación con base al análisis del estudio de caso de la red de recolección de medicamentos vencidos en Bogotá. Para ello, en primer lugar se hace un acercamiento del concepto desarrollado en el capítulo anterior a las particularidades de las redes de logística inversa, posteriormente se hace una descripción de la morfología urbana de Bogotá y de cómo esta tiene particularidades especiales respecto a las generalidades mostradas en la exposición, en seguida se muestran los orígenes de la red de recolección de medicamentos vencidos y su evolución en Bogotá, se muestra cómo esta red se ha ajustado a la morfología de la ciudad sin equilibrio entre consumidores y productores, colocándola en contraste con lo analizado en el concepto de localización económica. Finalmente se generan algunos comentarios respecto a la red de recolección y se describe cómo esta debería diseñarse para lograr mejorar el beneficio social y que esta logre cumplir su misión en el corto plazo con los puntos de recolección ya existentes.

3.1 La localización económica en las redes de logística inversa

Las redes de logística inversa tienen todos los elementos de las redes de servicio urbanas, con algunas particularidades propias en torno a los actores económicos que intervienen en su creación, en su expansión y en su sostenibilidad. La localización económica es la forma en cómo se puede intervenir un diseño, hasta ahora, eminentemente de ingeniería, para lograr diseño que pueda ser considerado de ingeniería económica.

Para hacer una traducción de los términos utilizados en el capítulo uno, se debe acotar que las redes de logística inversa son jerárquicas, es decir, cada uno de sus eslabones está en un nivel jerárquico superior cuando es más cercano al productor, e inferior cuando es más cercano al consumidor. Los flujos tienen dirección desde el consumidor al productor en diferentes eslabones que son controlados con el poder de negociación del productor, en su orden, de menor a mayor jerarquía serían los puntos de recolección de residuos, los centros de clasificación y los destinos de la clasificación (Fleischmann et al., 2010). Las decisiones de localización sobre las cuales recae la efectividad de la red aumentan al haber mayor cercanía con el consumidor, por tanto es el último eslabón de la cadena el más susceptible de introducir el concepto de localización económica.

El diseño de las redes de logística inversa puede ser en dos vías; vertical o jerárquica y horizontal o territorial. El diseño vertical o jerárquico busca determinar la localización óptima de los puntos de clasificación en relación con los puntos de recolección y los destinos finales de los residuos; se asume que la localización de los puntos de recolección depende de la minimización de los costos, independientemente si estos logran cubrir toda el área urbana, por otro lado, la localización de los destinos finales de la red habitualmente es fija ya que normalmente son servicios tercerizados a agentes ubicados de manera discreta en el espacio; como resultado de esta coyuntura, el interés en el diseño se centra en encontrar equilibrio al interior de la jerarquía; este es el paradigma bajo el cual ha funcionado la investigación en modelos de logística inversa, que se aleja de su potencial carácter de servicio público al poder complementar a las rutas de recolección de residuos urbanos. El diseño horizontal o territorial es un campo prácticamente inexplorado al interior de la logística inversa, solo se ha abordado a través de la confusión de las actividades de logística inversa con las rutas de recolección de residuos urbanos, como se muestra en el

apartado 1.3. La existencia de una regulación que promueva el adecuado cubrimiento territorial de la red de puntos de recolección facilitaría el diseño horizontal de las redes de logística inversa, esto implica que el interés estaría centrado no solamente en minimizar los costos, sino que se tiene como obligación seguir los principios de equidad que obligan a dar localización económica a los puntos de recolección.

El abordaje teórico para las redes de servicios urbanas no requiere de regulación que garantice el derecho a la red cuando por la prestación de estos servicios se obtienen pagos de los consumidores, de esta forma, el incentivo por lograr accesibilidad completa en el área urbana crece, las economías de escala aparecen para hacer cada vez más efectiva la red, en términos de alcanzar la máxima eficiencia al atender la mayor cantidad de ciudadanos con menos recursos, lo cual también es eficacia.

La dualidad en las posibilidades de diseño en las redes de logística inversa-urbana surge por la alta incertidumbre en los retornos obtenidos de la recolección de residuos; las redes de recolección de artículos pos-consumo con materiales reciclables tienen mayor posibilidad de tener un diseño territorial ya que los retornos tienen menor incertidumbre; pero las redes de recolección de artículos en pos-consumo con materiales peligrosos de tratamiento especial para su retorno al medio ambiente no cuentan con incentivo por retornos financieros y sus costos de funcionamiento se ven reflejados en los costos de operación, que en gran medida hace que los precios de venta de estos productos se eleven, se desincentive su uso volviéndolos menos competitivos por costo o se emprenda una búsqueda para utilizar materiales más amigables ambientalmente. Si la regulación no comprende el concepto de localización económica y lo asume como una obligación en el diseño de la red de recolección de artículos pos-consumo con materiales peligrosos el productor adopta una postura de diseño jerárquica.

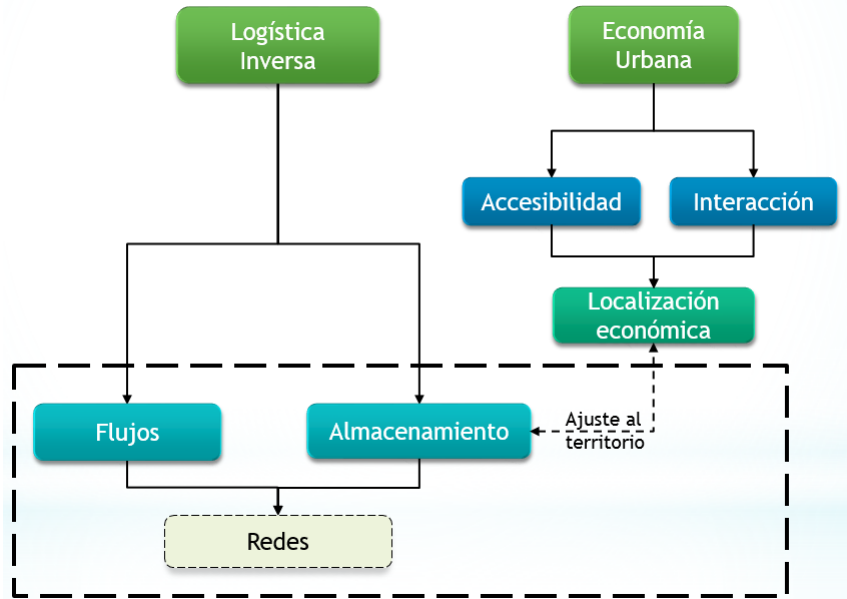
Es en este punto donde se establecen las responsabilidades, tanto del productor bajo el concepto REP, como del sector público representando el bien común. Si una red de recolección de artículos en pos-consumo con materiales peligrosos no tiene incentivo de extenderse económicamente a través del perímetro urbano, y si esta debe ser considerada como servicio público, entonces la responsabilidad extendida del productor aplica también para el consumidor y es el sector público quien debería apoyar estas iniciativas asegurando el derecho al acceso a la red de recolección, no solo a través de la regulación impositiva,

sino a través de la integración de los esquemas de recolección de residuos urbanos con base en los vertederos con las actividades de logística inversa; lo cual implica dineros públicos utilizados en modernizar la recolección de residuos urbanos, incentivando las actividades de logística inversa y haciendo posible que la localización económica se integre en el diseño de las redes de logística inversa a través de las redes de puntos de recolección usadas por los consumidores.

3.1.1 Convergencia en la localización económica

Bajo los requerimientos de entendimiento público-privado, se puede observar la utilidad de los principios de la economía urbana en la localización económica de los almacenamientos o nodos en una red de logística inversa, lo cual es mostrado esquemáticamente en la Figura 3-1, que es una ampliación del concepto de localización económica mostrado en la Figura 2-1. Se induce que la forma en que los nodos tienen localización económica en el área urbana es por medio del ajuste de la red al territorio, en el acuerdo de que la recolección de artículos en pos-consumo es un servicio público distribuido en red que requiere la participación tanto del consumidor como del productor para su funcionamiento.

Figura 3-1: El ajuste al territorio, conceptualización de la mejora en la eficiencia de una red de logística inversa por medio de la localización económica. Elaboración propia.



Aunque en la literatura en ingeniería se reconoce la importancia de la localización en las redes logísticas, no se identifica una línea que aborde el concepto de localización más allá

de las distancias y los costos de instalación embebidos, esta línea sí existe en el campo de la economía urbana y la teoría de la localización, en contextos espaciales generalizados como los plantea Isard (1949) en la Teoría General de la Localización o en las teorías aplicadas al territorio urbano y regional descritas en el capítulo 2 en Christaller (1933), Lösch (1940) y sus desarrollos posteriores especialmente en Camagni (1993 y 2005) y Johansson & Quigley (2003); de hecho, en lo descrito se muestra un leve acercamiento entre los dos campos en términos de una perspectiva investigativa que considera conceptos y modelos que tienen en cuenta la existencia de un balance entre la oferta del suministro y la demanda del servicio; con la diferencia del enfoque social carente en los modelos en ingeniería y presente en los modelos de economía.

Recientemente, los modelos para el diseño de las redes de logística inversa toman consciencia de la dimensión espacial a través de la medición de la distancia entre los puntos de recolección⁴², los de acopio y los destinos finales como en los trabajos de Aras & Aksen, (2008), Zhou & Wang (2008), Rogers, et al., (2012), en un enfoque de servicio jerárquico; pero son escasos los trabajos, como el de Bogh et al., (2014), donde se toman decisiones de localización con base en un acuerdo entre los datos y las observaciones del contexto, que requieren un enfoque horizontal detallando la relación de cada nivel jerárquico que la red con la población; es decir, no es común hacer un adecuado análisis espacial del territorio que determine el diseño de las redes. Puede considerarse entonces que el diseño de las redes de recolección debe tener una clara orientación a atender la demanda reduciendo los costos de transporte (o algún posible costo de transacción) en relación con los costos del productor en un equilibrio que optimice el beneficio económico y social generado por la operación del sistema.

La visión horizontal no reconoce como elemento esencial del diseño de las redes de logística inversa la doble optimización del productor implícita en los modelos del tipo jerárquicos que minimizan las actividades de recolección y maximizan el beneficio de la

⁴² De hecho, un aprendizaje útil para la logística inversa sería incluir al interior de sus datos de localización la toma de información GPS de los puntos de recolección, clasificación y disposición final, lo cual debe estar acompañado de un análisis cualitativo de la población que interactúa en ese territorio para entender adecuadamente la efectividad del sistema de logística inversa a implementar en una ciudad.

recuperación de valor, sino que reconoce una optimización del beneficio social para el sistema de logística inversa donde no se considera a los consumidores a través de una localización discreta en el espacio o como una restricción de máxima distancia como en los trabajos de Sasikumar & Kannan, (2008), Kim & Lee (2013), sino a través del reconocimiento del nivel territorial y de su localización espacial como en Bogh et al., (2014), traduciendo la máxima distancia en FLD como lo denominaría Nakamura (2010) y también en términos de la adaptación de la red al espacio, que implica aprovechar economías de aglomeración y economías de red (Boix, 2003) (Johansson & Quigley, 2004) (Camagni, 2005).

3.1.2 Implicaciones en el diseño de redes de recolección

Lo primero que debe reconocer el sistema de logística inversa es su dimensión territorial, en este caso urbana, por lo cual se contempla una relación directa con la logística urbana bajo un marco de referencia de formación de redes en tres etapas donde la red de recolección es la primera y la más importante porque se debe adaptar al consumidor. La relación conceptual de logística inversa y urbana apunta a una optimización completa de las actividades logísticas en la ciudad, tanto *forward* como *reverse*, ya que se rigen por los mismos principios. El diseño de la red de recolección es determinante, y su ajuste a las dinámicas urbanas permite observar una relación con los principios económicos que buscan entender a las ciudades.

La logística de flujos hacia adelante comparte principios con el estudio económico del transporte; cuando se reconoce la dimensión territorial se añade el componente económico de uso del espacio con sus implicaciones sociales por medio del estudio de la economía urbana. En este contexto, el aprovechamiento de las aglomeraciones en la ciudad genera mayores eficiencias también para el sistema de logística inversa bajo un enfoque de maximización del beneficio económico enfocando en el diseño de la red de puntos de recolección para el canal de consumo masivo. De esta forma, la toma de decisiones de localización en redes de recolección se basa en la ubicación de los consumidores, en sus hábitos y en el entendimiento de los incentivos existentes para separar y depositar en un punto de recolección un artículo en pos-consumo. La relación entre economía y logística, la localización económica de los puntos de almacenamiento, habla del aseguramiento de la accesibilidad y de la importancia de la interacción espacial para generar acciones

económicas en territorio urbano para el diseño de la red, donde el análisis de modelos cuantitativos y los argumentos analíticos cualitativos se complementan para tomar una decisión adecuada.

La red de recolección de artículos en pos-consumo se configura respecto del nivel de densidad de población existente, esto hace que el FLD de cada nodo de recolección dependa directamente de la densidad de la población en cada zona urbana, esto asegura la accesibilidad; en zonas donde la densidad de población residente es mayor existe mayor nivel de interacción espacial que favorece el uso de la red de recolección, por tanto es posible localizar una menor cantidad de nodos en proporción con la cantidad de personas que está siendo atendida; en términos de logística, teniendo en cuenta que una menor capacidad de almacenamiento implica una mayor cantidad de flujos de transporte, el aprovechamiento del potencial económico de la interacción espacial depende de qué tan costoso pueden ser los flujos para que mantengan el nivel de servicio adecuado, este análisis se hace de manera inicial, empírica y pionera en el trabajo de Bogh et al., (2014) a pesar de no tener un desarrollo conceptual como el que se ha buscado hacer en este trabajo.

En la construcción de esta forma de ver el diseño de las redes de recolección en logística inversa-urbana, la demanda no se presenta de manera discreta en el espacio como lo asume la mayor parte de los modelos en ingeniería, sino que se presenta continua en toda el área urbana. Existe una función de costo continuo planteada por Daganzo (1987, 2005) que se ha desarrollado con base a Newell (1971), a través de un *método de aproximación continua*, donde se reconoce la demanda por medio de una función de densidad⁴³. En simplificación de este método, Dekker (2010) establece que si la función de demanda y otros parámetros del sistema varían suficientemente poco en toda el área de servicio, se puede aproximar a través de promedios la población y así generar funciones simples en

⁴³ El método de aproximación continua no se explica directamente en este trabajo porque excede los propósitos del mismo, una descripción completa del mismo puede ser encontrada en Daganzo (2005), sin embargo nombrarlo es importante dado el potencial de investigación futura que este puede tener, En el trabajo de Daganzo (2005) también se puede encontrar un análisis de los efectos de la economía de escala de los flujos en la selección de rutas en logística tradicional, que puede ser útil como homóloga de la localización económica y las ventajas de la economía de la localización y aglomeración en el diseño de redes de logística inversa.

un limitado número de parámetros, a partir de lo cual el diseño de la estructura logística puede ser derivada.

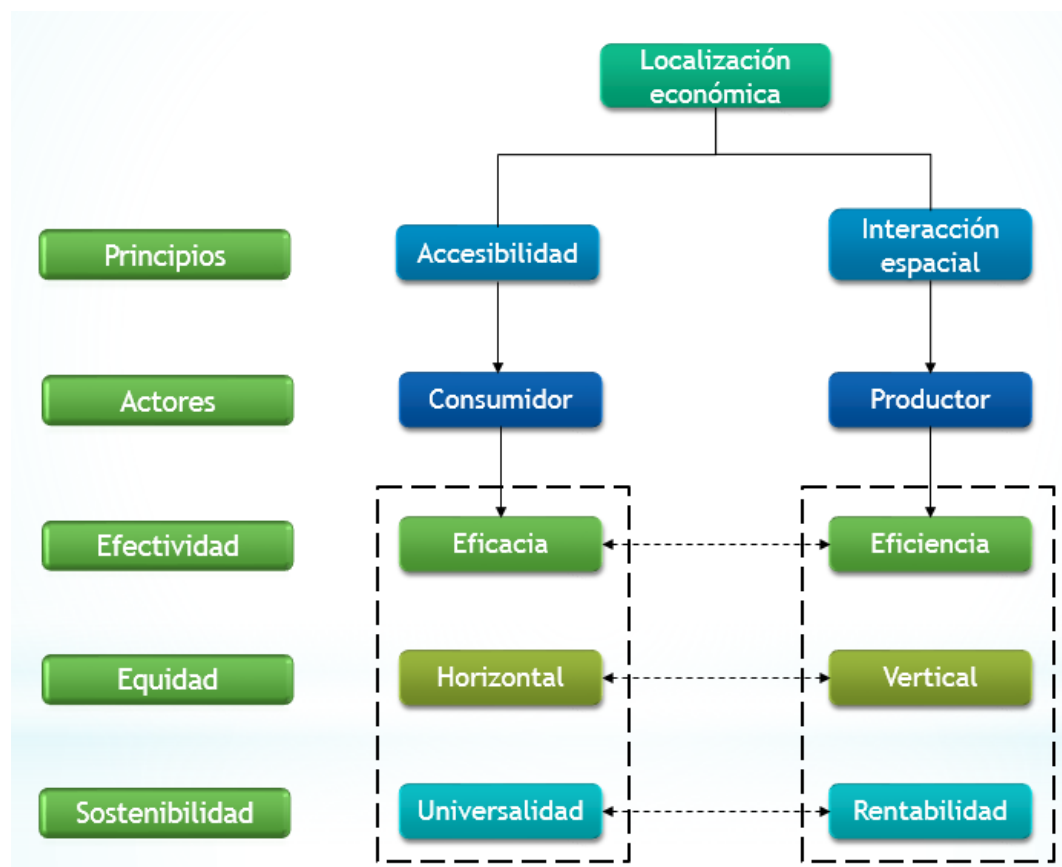
Este método ha tenido muy pocas aplicaciones, la más destacada ha sido precisamente en logística inversa con el trabajo de Wojanowski et al., (2007), como una forma de entender la localización de puntos de recolección de artículos en pos-consumo del canal de consumo masivo (*Retail-collection network*) en relación con los consumidores, donde se concluye que para redes de recolección que se basan en la regulación de las actividades de logística inversa se requiere condiciones de accesibilidad a los puntos de recolección más atractivos al consumidor para que sean eficaces. Esto se alinea con las apreciaciones basadas desde la localización económica de las redes de servicios urbanos; y pese al atractivo y la acogida que ha tenido esta propuesta en la literatura en logística inversa, no se ha encontrado una aplicación directa a la misma por su carencia de sustento conceptual y por las posibilidades de aumento en costos para el productor y gestor de la red, que es el fabricante de los productos a recolectar.

Parece haber un limitado entendimiento en la literatura del tema acerca de las implicaciones que esta idea tiene. En los estados del arte más importantes se le cataloga solo como un modelo adicional de localización de puntos de recolección (Pokharel & Mutha, 2009) (Jämsä, 2009) (Ilgin & Gupta, 2010) (Jayant, Gupta, & Garg, 2012), en los estudios más importantes que acogen la idea no la asumen como un elemento de análisis espacial o como una forma de ajustar la red al territorio aunque se alejan del enfoque jerárquico y analizan cada eslabón en relación del sistema de logística inversa respecto de la demanda que debe atender (Ma & Shi, 2009) (Yu & Wu, 2010) (Atasu et al., 2013) (Kim & Lee, 2013), y ni en Wojanowski et al., (2007) ni en Daganzo (2005) se observa el potencial que tiene esta herramienta para hacer diseños de redes más ajustados a lo que sería la localización económica de los nodos de las redes.

Esta configuración espacial de la red de tiene implicaciones en otros aspectos como se muestra en la Figura 3-2. La efectividad de la red, donde la eficacia está alineada con la accesibilidad y la eficiencia con la interacción espacial, aumenta si todos los ciudadanos pueden acceder a la red y si los beneficios de la mayor interacción espacial son aprovechados localizando mayores puntos de recolección, por tanto es necesario que los

gestores de la red incentiven la generación de eficacia en la localización de los puntos de recolección para aumentar los niveles de servicio.

Figura 3-2: Implicaciones de localización económica en las redes de servicio en áreas urbanas. Elaboración propia.



Por otro lado, se presentan implicaciones relacionadas en la equidad del sistema, en sus dos tipos, donde la equidad horizontal implica asegurar la accesibilidad, y la equidad vertical implica poder localizar los puntos de recolección según las preferencias de los consumidores de las zonas a atender. Por ejemplo, si en una zona se tienen mayores niveles de interacción espacial en establecimientos comerciales de grandes superficies puede ser útil concentrar los puntos de recolección de artículos en pos-consumo en estos lugares, lo cual evitaría que los mismos estuvieran repartidos en una mayor cantidad de puntos. En cambio, si una zona tiene mayores niveles de interacción espacial en pequeñas tiendas, y los hábitos de los consumidores se centran en preferir transitar cerca de estos establecimientos, los puntos de recolección deben localizarse en estos lugares, evidentemente la interacción espacial aumenta si la zona es densamente poblada, lo cual

haría efectivo los puntos de recolección ubicados en la zona. Esta adaptación es la equidad vertical que aprovecha la interacción espacial, y su ejecución en toda el área urbana es la accesibilidad que asegura la equidad horizontal.

Finalmente, las implicaciones descritas determinan la sostenibilidad de la red de recolección por medio de la universalidad del servicio que asegura la existencia de demanda en todo el territorio urbano y por medio de la rentabilidad de la recolección, que puede ser financiera si el material recolectado puede reintegrarse a la línea de producción o tiene algún valor para otros eslabones de la cadena productiva, o simplemente asegurar la continuidad de la operación a través del cumplimiento de la normatividad vigente. Es importante aclarar que el papel del sector público también debe ajustarse al mantenimiento de las redes de recolección, ya que al funcionar de manera conjunta con los sistemas de recolección de residuos tradicionales la gestión de residuos urbanos mejora al no depender exclusivamente de los vertederos como últimos destinos en el ciclo de vida de los productos.

3.2 La forma de Bogotá, el contexto de las redes de recolección de artículos en pos-consumo

El estudio de las ciudades y la economía urbana parten del concepto de aglomeración, donde se observa que al existir una cantidad de personas viviendo cerca una de la otra pueden suplir sus necesidades más eficientemente, a esto se le llama economía de la aglomeración (Camagni, 2005). En una ciudad, existen dos tipos básicos de actividades, residencial y productiva, que conforme crece, su localización se vuelve cada vez más compleja de acuerdo con los incentivos que tienen las personas con mayor poder adquisitivo para ubicarse en alguna zona de la ciudad y las posibilidades de los demás habitantes para encontrar un lugar donde vivir y trabajar.

La localización de las actividades en las ciudades se realiza de tal manera que económicamente gasten menos recursos llegando a sus destinos, para las personas con mayor poder adquisitivo el transporte privado juega un papel fundamental ya que ha permitido que, por medio de las autopistas, los tiempos de transporte se reduzcan, esto permite que se alejen del centro urbano eligiendo para vivir zonas amplias en áreas sub-urbanas; este comportamiento se ajusta al modelo de ciudad norteamericana. Sin

embargo, la ciudad se desarrolla de acuerdo con los hábitos y las posibilidades de transporte de las personas y el transporte a su vez contribuye al desarrollo de otros elementos urbanísticos de la ciudad (Miralles-Guasch, 2002), por lo tanto, una ciudad que basa la movilidad de sus ciudadanos a través del transporte público se ajusta más a la forma de la ciudad compacta europea (Allain, 2012). Se puede considerar que la principal red de servicio, por su impacto en el territorio es la red de transporte, público o privado, pero que en general las redes de servicio en la ciudad se ajustan a este contexto y tienen situaciones de dependencia dual con los dos sectores, público y privado, por esto es importante iniciar el estudio de caso con algunas apreciaciones generales relacionadas con la forma del área urbana que aloja la red a estudiar, Bogotá.

Bogotá es una ciudad de contrastes, diversa y segregada, para sus habitantes es natural una distinción entre el norte y el sur, entre acceso y no acceso, infraestructura y mobiliario urbano y la carencia de ello, es por tanto natural pensar en una ciudad al norte y otra al sur⁴⁴, aunque de todas maneras es una ciudad donde todas las clases sociales habitan, trabajan, aprenden y en general conviven y se integran. La dinámica del transporte en la ciudad es un indicio de su estructura misma, de las rutinas de las personas y de las interacciones necesarias para desarrollar sus actividades cotidianas, determinadas por el acceso espacial.

La capital del país tiene una población de 7.571.345 personas lo que representa el 16% de la población total de Colombia. Es una ciudad de personas jóvenes donde el 36.9% de la población es menor de 18 años y un 35.9% de la población tiene entre 19 y 39 años de edad. Bogotá cuenta con 20 localidades, 19 urbanas y 1 rural (Sumapaz), donde se distribuye la población de todos los estratos y clases sociales. Cada localidad tiene un nivel de desigualdad que expresado en el Coeficiente de Gini, se encuentra que las localidades donde se ubican las personas más ricas son también las localidades donde existe mayor desigualdad, y las ciudades con menor desigualdad es donde se concentra un alto nivel de pobreza⁴⁵ (Camara de Comercio de Bogotá, 2003) (Galvis, 2013).

⁴⁴ Una visión de ciudad ampliamente extendida entre los bogotanos que está reflejada en diferentes apreciaciones sobre las inversión pública desigual, por ejemplo en el caso de la valorización, las obras son financiadas por quienes pueden pagarla como describen Samad & Lozano-Garcia (2012).

⁴⁵ Usaquen con 0.53 y Chapinero con 0.52; Usme con 0.33

Esto permite hacer una primera afirmación en torno a que la localización de la pobreza en Bogotá no es una dinámica que corresponda a las localidades como entidades territoriales en una estructura administrativa, sino que corresponde con las condiciones de accesibilidad de la población a los lugares de la ciudad que le son necesarios o que le son posibles. La ciudad latinoamericana, como Bogotá, presenta características de la ciudad norteamericana para los sectores de la sociedad con mayor nivel de ingreso que requiere de vías anchas para sus desplazamientos en el norte del área urbana, presentándose una disparidad en la inversión pública ya que el mismo nivel de accesibilidad no se ve representado en términos de transporte público integrado a las necesidades de la mayoría de la población.

Como se ha descrito, Bogotá presenta una concentración de la población de mayores ingresos en unas pocas localidades⁴⁶, de ellas solo el estrato 4 se encuentra cerca del centro histórico de la ciudad y los estratos 5 y 6 se encuentran distribuidos en varias zonas de otras 3 localidades, en una de ellas se forma lo que se ha llamado el centro ampliado. Bogotá no tiene una ciudad estrictamente mono-céntrica, tiene un centro ampliado donde existe una alta densidad de actividades económicas, pero al caracterizar este gran centro se encuentra en realidad tres diferentes centros con diferentes usos del suelo y diferentes densidades, esto hace que la influencia del transporte público en la localización de las actividades sea más compleja.

Existen otros incentivos observados desde la teoría económica urbana para la ciudad europea, en la cual existe un *trade-off* entre el costo de la tierra y la distancia, el amplio uso de sistemas de transporte público, medios alternativos como las bicicletas y por tanto ciudades compactas y más densas, lo cual no riñe con el incentivo de la ciudad norteamericana pero que es notable según el contexto de la cada ciudad o incluso de cada parte segregada de la ciudad; como en Bogotá, que presenta rasgos de estas dos tendencias urbanas.

⁴⁶ Usaquen, Chapinero y Suba para los estratos 5 y 6, y además Teusaquillo para el estrato 4 (Camara de Comercio de Bogotá, 2003)

Se plantea que si una localización está más cerca al centro⁴⁷ el costo de la tierra es mayor y por lo tanto estas ubicaciones se vuelven exclusivas para quienes pueden adquirirlas, existen edificios más altos y mayor acceso a servicios lo cual motiva a un menor uso del transporte público o a viajes más cortos en el mismo, esto hace que el efecto de la aglomeración no se vea mermado por el transporte. Esta dinámica es parcialmente válida para Bogotá, en zonas ubicadas cerca al centro de negocios CBD (la zona financiera, inmediaciones de la calle 71 con carrera 7) ya que la tierra aldeaña al oriente está dedicada a actividad residencial es de una altura promedio mayor al resto de la ciudad, con la diferencia de que esta se aleja del acceso a los sistemas de transporte público (cuya ubicación está hacia el occidente) y se hacen viajes en transporte privado más cortos; por otro lado, el acceso de quienes no poseen carro al centro de negocios se hace a través de los sistemas de transporte masivo y colectivo, generando una alta concentración de viajes en una zona reducida de la ciudad.

Está misma dinámica es homóloga en el llamado centro internacional⁴⁸ donde se ubican los edificios más altos del área urbana. La dinámica histórica entre el centro internacional y el centro financiero es interesante por cuanto fue motivada por el desplazamiento de los sectores de la sociedad con mayor poder adquisitivo hacia el norte de la ciudad, lo cual generó que se formara un centro ampliado en Bogotá, con dos polos en principio, uno en cada CBD y un gradiente con dirección al norte en cuanto a importancia e influencia y unas dinámicas de aglomeración similares en interacción espacial pero diferentes en estructura social según el poder adquisitivo de las personas que se localizan en las inmediaciones de los polos. Esto ha hecho que los sistemas de transporte público basen su demanda de destinos de viaje en las mañanas principalmente a la zona entre los dos polos, con un

⁴⁷ Aunque pueden existir varios centros, el centro al que se refiere la teoría por lo general es al centro de negocios, CBD (Central Business District), este centro se caracteriza por localizar a las actividades productivas de mayor generación de riqueza, que no dependen del uso de la tierra para funcionar, como es el caso de los servicios financieros, de comunicaciones e incluso puede albergar a entidades gubernamentales, sedes administrativas de empresas manufactureras y en general cualquier entidad que, según la teoría, necesite cercanía espacial con otras empresas para estar mejor comunicado (Johansson & Quigley, 2003), pero según voces más pragmáticas el centro atrae a compañías que quieran mostrar exclusividad y prestigio, lo cual se puede ver claramente en la construcción de rascacielos en la historia de Nueva York, que fue motivado por el deseo de alcanzar el cielo por medio de los edificios, lo cual fue exacerbado con la invención del ascensor.

⁴⁸ El primer centro de negocios del tipo CBD que ha tenido Bogotá, ubicado en inmediaciones de la calle 26 con carrera 7.

notable crecimiento de viajes hacia el centro financiero, y en las tardes, la mayor demanda de origen de viajes surge en esta zona hacia el resto del área urbana (Samad & Lozano-García, 2012).

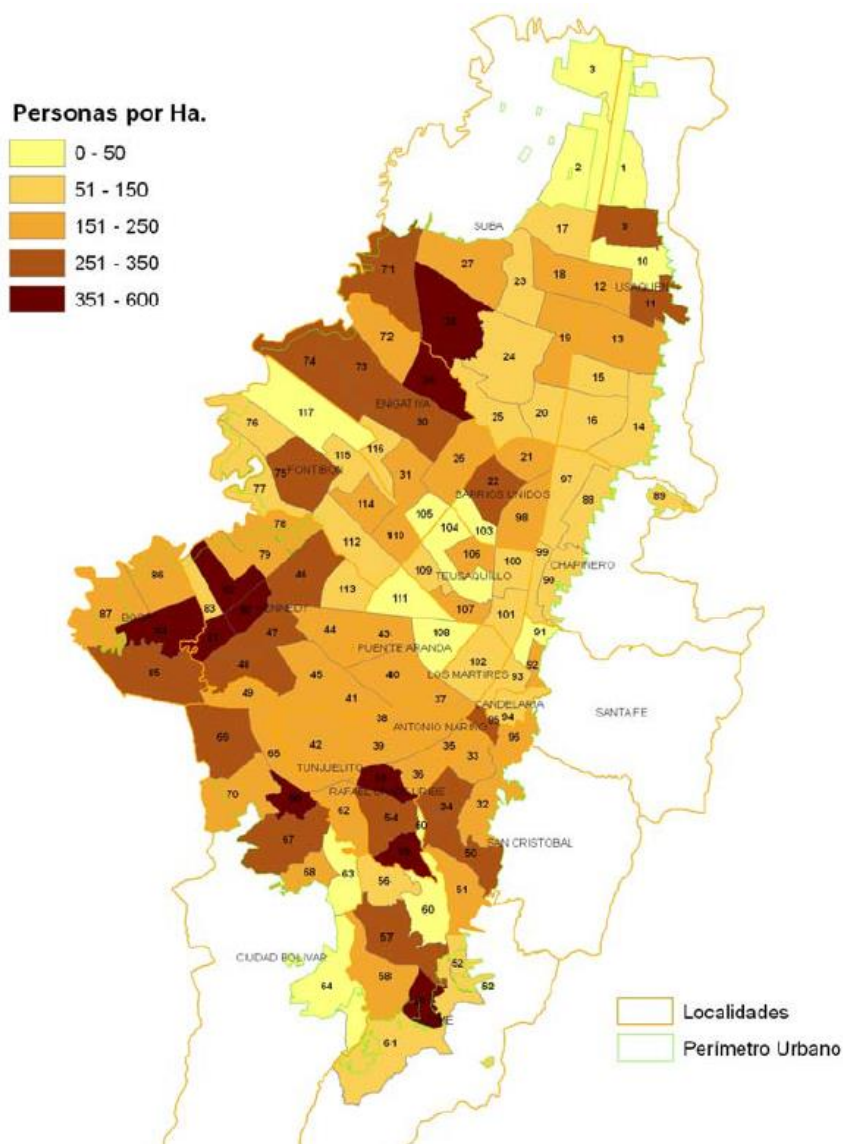
Este comportamiento urbano también puede ser verificado con las mismas características de transporte en lo que se podría catalogar como un nuevo CBD en la historia reciente de Bogotá en la zona de la calle 100 con autopista norte, donde la altura promedio de los edificios ha empezado a subir y una gran cantidad de viajes en una zona reducida de la ciudad sugieren que el centro ampliado ha seguido ampliándose aún más al norte. Esto hace de Bogotá una ciudad multi-centros, donde no hay suficientes razones para elevar los edificios más allá de donde sea económicamente eficiente, desincentivando la existencia de rascacielos a cambio de la posibilidad de elegir el centro tipo CBD más apropiado para localizar determinada actividad económica.

Sin embargo, el acceso de los habitantes de las zonas periféricas a los centros CBD de la ciudad está determinado por el acceso que se tenga a estos principalmente a través del transporte público, y aún más desde las localidades alejadas que hacen parte del área urbana. Los centros de negocios no tienen alta densidad poblacional ya que son sus zonas aledañas las que deberían presentarla. Sin embargo, el transporte tiene un papel importante al definir la forma de la ciudad ya que, como se muestra en la Figura 3-3, las zonas aledañas al centro ampliado no son las zonas más densamente pobladas, sino que son las zonas de la periferia; esto sucede por la existencia de transporte público que genera accesibilidad al centro y por tanto la fricción espacial se reduce, permitiendo a las personas vivir lejos del centro. Las tecnologías del transporte hicieron que la teoría del lugar central no fuera válida para explicar la silueta de la ciudad europea y latinoamericana.

La forma urbana está determinada por su silueta y área; la silueta, la verticalidad, ya ha sido explicada en términos de los CBS; el área de Bogotá en la historia también ha dependido de diferentes factores, legales, ambientales, políticos y administrativos solo por nombrar algunos. Originalmente el área urbana de Bogotá no comprendía las localidades que hoy hacen parte de la periferia, Suba, Usaquén, Fontibón, Bosa, Engativá, estas eran municipios independientes que hacían parte de la sabana de Bogotá. En el gobierno del General Rojas Pinilla, entre 1953 y 1957, se dio orden a la fusión administrativa entre los municipios mencionados y la ciudad capital, de la cual su perímetro urbano no llegaba sino

hasta la ciudad universitaria (Zambrano, 1999). El área que existía entre la capital y las nuevas localidades estaba conformado por haciendas, como El Salitre, que impedían la integración del área urbana; sin embargo, por medio de la construcción de vías, la comunicación entre los municipios y la posterior venta y urbanización de las haciendas se logra cubrimiento urbano completo, aunque en presencia de grandes lotes sobre los cuales la ciudad creció en área, pero no verticalmente.

Figura 3-3. Mapa de la densidad urbana de habitantes por Unidades de Planeación Zonal 2010 en Bogotá D.C. Fuente: Secretaria Distrital de Planeación (2010).



El desarrollo de la forma de Bogotá ha dependido del transporte como red de servicios principal que genera interacción espacial en toda el área urbana. Se ha asegurado el

suministro de todos los servicios públicos para la población, pero cada localidad desarrolló sus propios centros de intercambio, y su propia concentración de actividad residencial, por lo cual, las redes de origen privado podían o no hacer presencia en ciertas localidades por condiciones de accesibilidad a estas, entonces existen condiciones muy diversas de accesibilidad e interacción espacial para cada una de las localidades. Actualmente, con la llegada del transporte público masivo se ha dado paso a la concentración de la actividad residencial en las grandes estaciones, que están alejadas de los CBD, haciendo que las zonas que anteriormente eran haciendas tuvieran un ritmo de urbanización aún más lento, concentrando mayor densidad de población en las periferias. El mapa mostrado en la Figura 3-3 es el resultado de estas dinámicas sociales, que han dado lugar a la estructura social que se refleja en la segregación espacial de la población con mayor poder adquisitivo con relativo mejor acceso a los servicios de la ciudad (educación básica y superior de mejor calidad, hospitales, cubrimiento de redes de comunicaciones, entre otros) y de forma transversal a los medios de transporte económicamente menos costosos. Estas disparidades son estudiadas en el trabajo de Galvis (2013).

Además del transporte, las demás redes de servicios urbanos no tienen suficiente impacto en el territorio, de tal forma que se les permita actuar en dialéctica con el desarrollo urbano, más bien se ajustan al espacio establecido, aunque en el largo plazo pueden llegar a generar patrones de cambio en la morfología urbana, tal como lo insinúa Allain (2012) y lo asegura Dupuy (1992) y Miralles-Guasch (2002). El caso de Bogotá se ajusta a estas apreciaciones, por tanto se esperaría una mayor acción de las redes de servicios domésticos urbanos en el territorio mayor densamente poblado, mayor acción de las redes de servicios industriales, como abastecimiento de insumos, concentrados en las zonas industriales, mayor acción de las redes de distribución de las zonas de producción o de los canales de importación de las ciudades hasta los principales destinos de consumo; el caso de las redes de recolección de artículos en pos-consumo, incluyendo la red de recolección de medicamentos vencidos es catalogado como un servicio doméstico, ya que se enfoca al canal de consumo masivo, por lo cual la red debe tener mayor cantidad de nodos donde vive la población y donde hay mayor interacción espacial asociada a esta actividad.

3.3 La red de recolección de medicamentos vencidos “Punto Azul”

La tendencia actual en la regulación sobre la obligatoriedad en la adopción de medidas para el manejo de artículos que hayan cumplido su vida útil (especialmente los residuos considerados peligrosos como medicamentos vencidos, pilas o baterías, envases de plaguicidas, bombillas ahorradoras entre otros) aumenta la responsabilidad de organizaciones sobre el ciclo de vida de los productos y genera nuevas dinámicas para la ciudadanía, que debe devolver esos artículos en pos-consumo (caducados) para darles una disposición final adecuada. Estas actividades propician el surgimiento de las redes de recolección en los sistemas de logística inversa como un fenómeno urbano que se ha replicado en el mundo de acuerdo con las obligaciones y las restricciones presentes en la regulación. En la industria se observa un acercamiento a las prácticas de logística inversa simplemente por una orientación al cumplimiento de las disposiciones legales, lo cual genera que los sistemas existan sin agregar valor a la operación, este valor se podría generar a través de la recuperación de material y también por la existencia de un sentido de responsabilidad extendida en las organizaciones (Díaz Fernández, 2003).

El manejo de los medicamentos vencidos tiene una alta importancia desde una perspectiva mundial, donde se observa que cambios en la prescripción médica de los pacientes provoca que un 3% de los medicamentos prescritos no se consuma, esto se traduce aproximadamente en \$12 billones de dólares en pérdidas anuales, cuando el negocio de recolección de estos medicamentos puede mover alrededor de \$2.5 billones de dólares para los operadores logísticos y un estimado de \$5 billones de dólares en productos retornados para la industria farmacéutica (Kumar et al., 2009). Esta problemática expone a la población a riesgos de salud ligados al tráfico ilegal de medicamentos por desechar el producto junto con los residuos domésticos, envenenamiento accidental por su consumo cuando permanecen por periodos de tiempo que exceden su vida útil dentro de los botiquines de hogares e instituciones y contaminación al medio ambiente entre otros.

En Colombia existen múltiples instituciones que realizan recolección de medicamentos vencidos. La red construida bajo el programa Punto Azul es la red de logística inversa de medicamentos vencidos más grande del país, con presencia en las principales ciudades. El programa reúne a las empresas del sector farmacéutico agrupadas en la Cámara de la

Industria Farmacéutica de la Asociación Nacional de Empresarios de Colombia (ANDI), esta, a su vez hace parte del comité pos-consumo de la ANDI que lidera las labores de recolección de otros artículos en caducidad. La localización de los puntos de recolección de medicamentos vencidos se establece por medio de alianzas estratégicas con actores importantes al final de la cadena de suministros de la industria farmacéutica (Droguerías, supermercados de salud, almacenes de gran superficie entre otros) y de acuerdo a la disponibilidad de establecimientos se ubican los puntos, de tal manera que la población que hace uso de sus servicios conozca los puntos de recolección. Según esto, los puntos de recolección deben estar cerca de las personas para que sean usados y por tanto su localización debe ser estratégica respecto a la forma en cómo estas usen el sistema. Es esencial observar cómo el acceso de los consumidores a los puntos de recolección debe determinar su ubicación, generando un patrón de densidad de los mismos, lo cual, como se observará, guarda una relación estrecha con la estructura de la ciudad. Este enfoque se basa en la generación de beneficio social a través de la efectividad del sistema, tanto para los consumidores como para las empresas que lo gestionan (De Rus, 2003).

3.3.1 Antecedentes

La ciudad se concibe como un espacio económico donde los sistemas que atienden sus necesidades deben responder a la generación del mayor beneficio social posible por medio de la eficiencia en la distribución espacial (Galvis, 2013). Las actividades de logística tradicional se han analizado con una orientación de acercamiento al consumidor, en contraste, las actividades de logística inversa se han analizado con una orientación hacia el productor, se observa de manera relevante un distanciamiento entre el proceso logístico en sus diferentes etapas para caracterizar las actividades de transporte y almacenamiento y los aspectos espaciales o sociales del territorio sobre el cual se desarrollan.

Dekker et al. (2010) describen cómo las industrias electrónica, farmacéutica y de bebidas han sido forzadas a traer de regreso sus productos desde el consumidor final, especialmente por regulación ambiental en diferentes países de Europa, otras han sido motivadas por el valor potencial de sus productos usados. Sin embargo, la regulación no es la única motivación detrás de las actividades de logística inversa, también existe una motivación económica en las empresas a partir de la recuperación de valor de los productos en pos-consumo y desde el comportamiento de los ciudadanos que tienen cada

vez más conciencia ambiental y demandan este tipo de servicios de retorno de residuos, lo cual implica una necesidad de ofrecer accesibilidad (Fleischmann et al., 1997) (Dyckhoff et al., 2004).

Los referentes más importantes de los sistemas de logística inversa, específicamente de medicamentos en pos-consumo, son el caso español SIGRE en Madrid (2008) y el caso uruguayo Plan de Eliminación Segura de Medicamentos (PLESEM). En Colombia el desarrollo de la logística inversa ha surgido formalmente a partir de la regulación del manejo de artículos en pos-consumo por medio de la Resolución 0371 de 2009 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, que aplica responsabilidades de disposición final de residuos pos-consumo a la industria farmacéutica. En el país existen varias entidades que realizan actividades de recolección de medicamentos vencidos, dado que la regulación permite que esto lo pueda hacer cualquier fabricante o importador, cumpliendo con el principio de responsabilidad extendida del productor; los principales esfuerzos se han realizado por medio del mencionado programa Punto Azul.

En Colombia ha existido poco acercamiento académico indexado del tema, se destaca el trabajo realizado por Cruz Sandoval (2011) en un análisis de la localización de puntos de acopio del programa Punto Azul, en un análisis del segundo nivel en el proceso después de la recolección directa de los medicamentos vencidos, en un horizonte de tiempo por medio de un modelamiento con programación lineal entera mixta de redes de logística inversa. En cambio, este trabajo se ha enfocado en analizar directamente a la red de puntos de recolección.

Los antecedentes atienden a la implementación de una red de logística inversa, donde los modelos planteados cuentan con limitaciones propias y responden a criterios de minimización de costos y eficiencia operacional que las organizaciones desean para incrementar sus utilidades y prestar un buen servicio a los consumidores. El estudio de la recolección de medicamentos vendidos por medio de redes de logística inversa es muy escaso. Se destaca el trabajo de Lin, Gao, & Guo-Xuan (2010) que resalta las particularidades de esta red de recolección respecto de las tradicionales redes de recolección de material reciclable para el caso chino; en China, los puntos de recolección no son permanentes, son temporales de acuerdo a campañas de recolección existentes en las ciudades, esto a su vez le confiere a la red de recolección un carácter dinámico, ya

que las relaciones entre los nodos y los consumidores están cambiando permanentemente; por otro lado, la red es desechable, ya que puede usarse para la recolección de un medicamento específico y posteriormente puede retirarse cuando las metas de recolección se hayan cumplido. Sin embargo, al igual que las apreciaciones hasta ahora hechas sobre las redes de recolección en Colombia, hay muy pocas personas estudiando el tema en todas sus dimensiones, no solo para la recuperación de material en el canal de consumo masivo, sino también para el canal empresarial e institucional. El estudio tampoco hace apreciaciones sobre las características espaciales que tienen estas redes ni sobre la frecuencia con que estas se presentan, pero se puede inferir que las dinámicas entre una red de recolección desechable y una red fija obedecen a los mismos criterios de localización económica, salvo la capacidad de los puntos de recolección, toda vez para una red desechable el residuo puede haber permanecido por más tiempo en poder de los consumidores o pudo haber sido desechado antes de la implementación de la red.

La localización económica permite entender que el modelo logístico no debe solo responder a la maximización de las utilidades de las organizaciones que los gestionan, sino que también debe generar mayor beneficio social incluyendo la reducción de los costos de la participación de los consumidores en el sistema, en otras palabras, haciéndolo accesible.

3.3.2 El programa punto azul en Bogotá

Los sistemas de logística inversa enfocados en los productos de consumo masivo se basan en la existencia de una red conformada por contenedores donde los consumidores depositan el artículo en pos-consumo. El programa de recolección de medicamentos vencidos, Punto Azul, cuenta con una red de puntos de recolección en droguerías y establecimientos comerciales de gran superficie y a su vez con centros de clasificación y disposición final del material (Cruz Sandoval, 2011). Debido a que la mayor parte de este es objeto de incineración, la fase de clasificación se simplifica y se realiza en pocos centros e incluso en el lugar donde se hace la disposición final, para evitar la combinación de reactivos peligrosos en la incineración y asegurar la trazabilidad de los lotes de medicamentos que no fueron consumidos y van a ser desechados.

Para elementos pequeños como los medicamentos es común que las redes de logística inversa tengan una gran cantidad de puntos de recolección a lo largo de las ciudades dado que sus puntos (nodos de la red) pueden ocupar menos de 1m² de espacio, a diferencia de artículos más grandes como los electrodomésticos, donde se reduce la posibilidad física y financiera de las empresas para colocar puntos en toda la ciudad y deben ser sometidos a una clasificación que determine su retorno en el ciclo de vida, donde cada opción suele estar separada geográficamente (Herrera, 2013). Siguiendo la lógica de minimización de costos logísticos, el material de los puntos de recolección llenos debe ser desocupado, lo que genera costos de transporte para el fabricante de medicamentos, quien buscará o bien que los dispositivos tengan una alta capacidad para hacer viajes menos frecuentes o una alta densidad en determinados sectores de la ciudad para que estos no se llenen frecuentemente y donde tengan mayores facilidades de acceso al espacio, menores costos financieros y de transacción incluyendo el tiempo y el esfuerzo para colocar el contenedor.

La industria farmacéutica cuenta con los dos canales de distribución mencionados en el capítulo 1, el comercial que involucra a los medicamentos de consumo masivo, recetados y de venta libre expendido en las droguerías, y el institucional que corresponde a los hospitales y grandes distribuidores. El comportamiento en costos es variable dependiendo de los canales de distribución que atienda la red de logística inversa, El programa Punto Azul se ajusta a la recolección de medicamentos en el canal de consumo masivo; sin embargo, el canal institucional representa retos adicionales ya que una mayor cantidad y diversidad de medicamentos hace que el manejo de los residuos sea más complejo, ya que estos pueden incluir ocasionalmente residuos con riesgo biológico, lo cual incrementa los costos de clasificación y disposición final.

El programa Punto Azul tiene una política de no exclusión de las empresas de la industria farmacéutica, estén o no afiliados a la Cámara Farmacéutica, ya que de todas maneras el usuario no discrimina el medicamento por marca sino que simplemente lo deposita en el punto de recolección. El programa pretende entonces ser el único coordinador de esta función en el país para garantizar que no haya desacuerdos, descoordinación o dobles esfuerzos entre las empresas. Pese a esto, existen más redes de recolección menores y sin impacto importante en recordación de la ciudadanía; esto debió haberse previsto en la regulación, aunque la coordinación de la ANDI ha sido una respuesta adecuada por la eficiencia que representa para toda la industria.

La operación se hace por medio de operadores logísticos contratados por la ANDI, la financiación se hace a través de las empresas afiliadas al programa y los operadores se distribuyen por regiones para realizar la recolección y hacer la disposición final de los medicamentos. Existen diferencias entre los cobros realizados a las empresas de acuerdo con su tamaño, su operación no afecta el precio de los productos, respetando el principio de responsabilidad donde desde el diseño se prevé un costo que incluye estas operaciones, que para la agremiación, por su integración, son realmente pequeños en relación con sus ingresos (ANDI, 2013).

Los acuerdos con los actores de la cadena solo contemplan la ubicación de los dispositivos de recolección al interior de los establecimientos pero no contemplan la recolección de medicamentos vencidos en poder de las instituciones; los puntos de recolección sólo atienden a los consumidores de acuerdo con la restricción de no recolección de medicamentos vencidos a individuos o instituciones que generen más de 10 kg en residuos por vez (ANDI, 2013). El uso de los contenedores por parte de estos entes generadores se puede catalogar como una atención al segmento institucional que no está contemplado en el programa, esto haría que se llenen más rápido, por lo cual se deben hacer más viajes a un solo punto y se deje de atender a más población, se busca esencialmente mantener bajos los costos del sistema y a su vez una buena tasa de servicio.

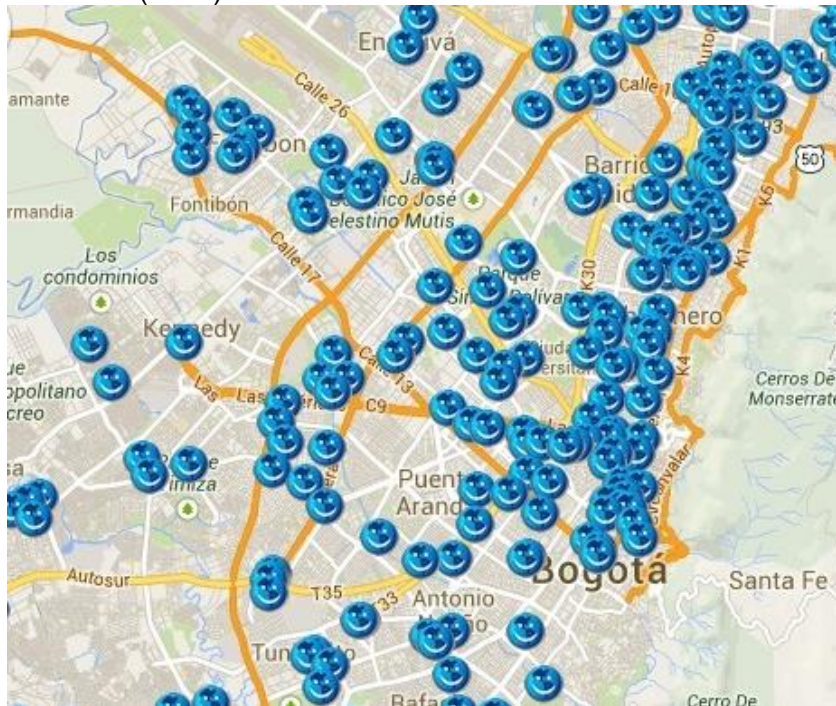
3.4 Localización de los puntos de recolección de medicamentos vencidos

El programa Punto Azul empezó en el año 2010 con una prueba piloto de 15 puntos ubicados en cuatro localidades, (Usaquén, Chapinero, Kennedy, Usme) como se muestra en la Figura 3-4. Con los años, la red de puntos de recolección se ha ido expandiendo rápidamente hasta llegar a un amplio cubrimiento en la ciudad. No obstante el gran crecimiento, los nuevos puntos de recolección son localizados por el gestor de la red según la capacidad de generar los convenios necesarios para ello y según las zonas que posiblemente le generarían un mayor cumplimiento de la ley, es decir, le permitirían cubrir una mayor cantidad de espacio y con un fácil acceso de las rutas de recolección, que no necesariamente son las mismas que las del consumidor.

Figura 3-4. Puntos de recolección de medicamentos vencidos en 2010. Fuente: Cruz Sandoval (2011).



Figura 3-5. Distribución de los puntos de recolección de medicamentos vencidos en Bogotá. Fuente: ANDI (2013)

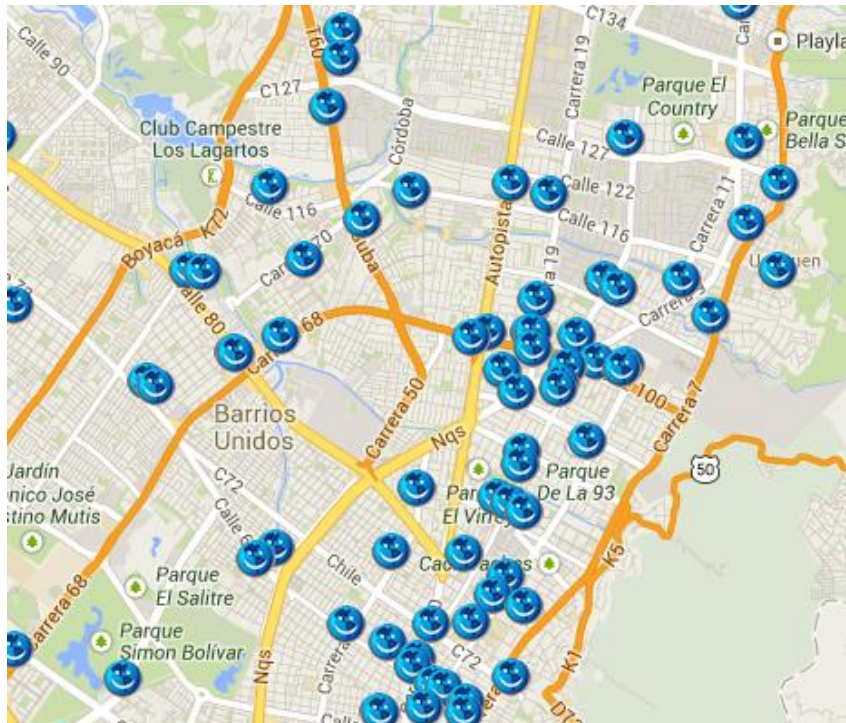


En la Figura 3-5 se observa la distribución actual de los puntos de recolección en la zona centro, occidente y sur de la ciudad. Se puede apreciar una baja densidad de puntos de recolección en localidades del sur como Rafael Uribe Uribe, Tunal y Antonio Nariño y en localidades periféricas al occidente como Bosa, Kennedy y Engativá; a su vez, se presenta

una alta concentración de puntos de recolección en el centro ampliado, especialmente en Chapinero, cerca de los centros de negocios en la calle 72 y en la calle 100, este contraste es mostrado en la Figura 3-6. La característica más notable de la distribución espacial de los puntos de recolección es la tendencia del gestor de la red a localizar los puntos de recolección donde existe un alto tránsito de personas en el día (centro ampliado), lo cual genera una baja densidad de puntos en las zonas residenciales.

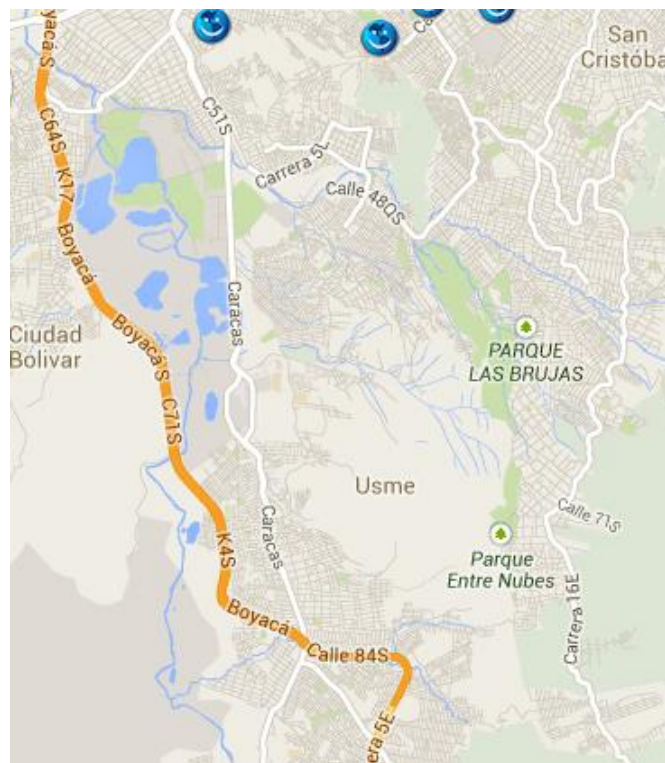
En la Figura 3-6, es muy notoria la diferencia de la densidad de los puntos de recolección en el centro ampliado y en Barrios Unidos, una de las localidades de mayor densidad de actividad residencial como se muestra en la Figura 3-2. Los habitantes de esta localidad deben desplazarse hasta los puntos de recolección en el centro ampliado o sobre la calle 80 con carrera 65 para hacer uso de estos, lo cual no es atractivo para lograr la acción económica que desea el sistema de logística inversa. La misma situación se observa en el área de Humedal Córdoba en la localidad de Suba, donde hay escasos puntos de recolección, localizados en los almacenes de grandes superficies pero alejados de las zonas residenciales.

Figura 3-6. Puntos de recolección de medicamentos vencidos al norte de la ciudad de Bogotá. Fuente: ANDI, (2013)



Se hace evidente también, que el proyecto piloto en el año 2010 con puntos de recolección no funcionó, dado que de los puntos iniciales, solo se conservaron los existentes al interior del centro ampliado. En la Figura 3-7 se observa la ausencia de la red de recolección en la localidad de Usme en el extremo sur de la ciudad, la cual también tiene una alta densidad de actividad residencial, soportada en la existencia de la troncal Caracas del transporte masivo Transmilenio. Finalmente, todas las apreciaciones mostradas pueden verse conjuntamente en la Figura 3-8, que es el mapa completo de la distribución de puntos de recolección de medicamentos vencidos en Bogotá.

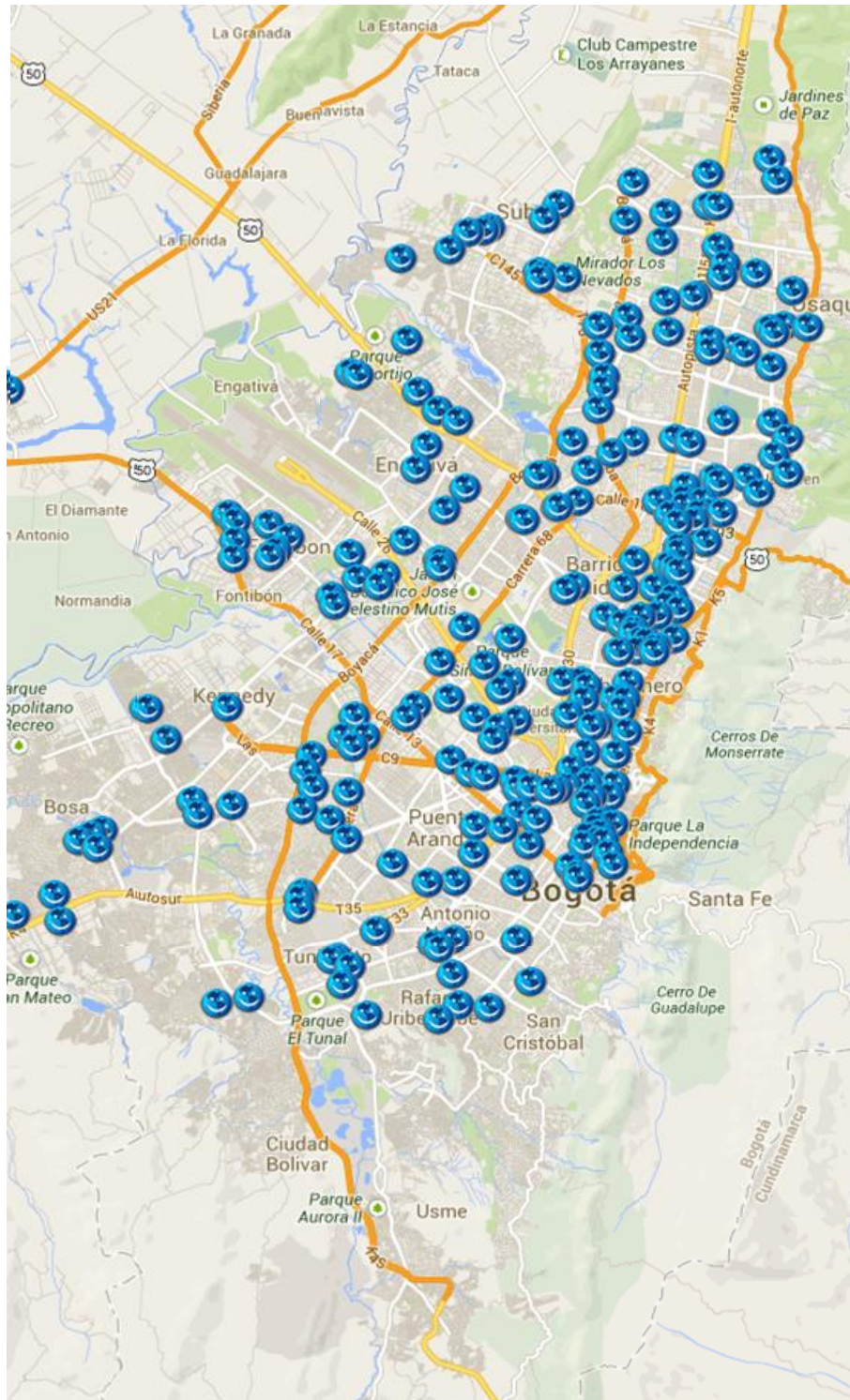
Figura 3-7. Puntos de recolección de medicamentos vencidos en la localidad de Usme. Fuente: ANDI (2013).



Estas observaciones permiten deducir que la localización de los puntos de recolección es atractiva para el productor en lugares de alta cantidad de actividad productiva, donde hay mayor tránsito de personas y mayor accesibilidad del transporte, debido a que es las droguerías, supermercados de superficie y de salud donde se localizan los puntos de recolección de medicamentos vencidos, y estos establecimientos a su vez tienen incentivos de localización económica para ubicarse cerca de la localización de actividades

productivas. Se puede deducir que el gestor de la red de logística inversa asume para la localización de los nodos que los incentivos del consumidor para comprar medicamentos son los mismos que para devolverlos una vez estos hayan vencido, lo cual no es coherente con los hábitos de consumo de los ciudadanos.

Figura 3.8 Distribución de los puntos de recolección de medicamentos vencidos en Bogotá a noviembre de 2013. Fuente: ANDI (2013)



3.5 Ajuste de la red de recolección a la ciudad.

Bogotá se caracteriza por zonas más densamente pobladas que no cuentan con edificios altos, es una densidad de baja altura causada por las condiciones socio-demográficas de la población, en estas zonas no existen equipamientos urbanos, suficiente espacio público ni espacio libre privado, es decir, se convive en condiciones de precariedad, además de un difícil acceso a los lugares de empleo ya que dependen de la capacidad del sistema de transporte masivo para poder acercarse a los demás servicios de la ciudad (Secretaría Distrital de Planeación, 2010).

En una red técnica, además de los aspectos de localización económica, determinar dónde colocar un punto de recolección depende de dos elementos fundamentales, su capacidad y el radio de influencia que cada uno de estos puede tener en el espacio que está determinado por la cantidad de personas que habitan en él y a las cuales van a servir, es decir, la densidad poblacional. Cuando la localización de los puntos de recolección depende de la población a atender, la red se ajusta a su aglomeración y es allí donde tendría una mayor densidad de puntos, que a su vez son garantía de accesibilidad al sistema. Es decir, la aglomeración de los puntos de recolección de medicamentos se ajusta a la aglomeración de la población. El hecho de hacer una ubicación diferenciada de los puntos de recolección por condición de accesibilidad e interacción espacial asegura un sistema que se irá modificando, y que refleja las preferencias del consumidor y una distribución espacial equitativa.

A partir del análisis espacial de la distribución de puntos de recolección de medicamentos en Bogotá se observa su aglomeración en el centro ampliado de la ciudad, lo cual responde a la ubicación de mayor cantidad de droguerías que los alojan por la facilidad de establecer acuerdos de instalación por la relación más cercana al gestor del sistema. Así mismo se observa una baja densidad de puntos de recolección en zonas residenciales de la ciudad, por lo cual se infiere que el sistema tiene un gran potencial de crecimiento medido en cantidad de material recolectado. La distribución espacial permite inducir también que los incentivos de compra de medicamentos en el consumidor no son los mismos que los existentes para utilizar una red de logística inversa, ya que el evento de comprar un medicamento puede hacerse en cualquier parte de la ciudad y en cualquier momento del día, en contraste, eliminar los medicamentos vencidos implica poseerlos, tener la

necesidad de desecharlos, saber que no es conveniente mezclarlos con residuos orgánicos o no reciclables y tener conciencia de la existencia de un punto cerca a la toma de decisión para que esta sea atractiva, es decir, cerca de los lugares de residencia. Entonces, pese a que los puntos de recolección se alojan en droguerías, sus dinámicas difieren y por tanto no se podría considerar útil un punto de recolección en cualquier droguería, ya que este no se ajusta a la estructura social de la comunidad.

Siendo el criterio más importante para el diseño de redes de logística inversa la localización en torno a su población objetivo, para los consumidores, tener cerca puntos de recolección hace familiar al sistema y tiene que ver con la equidad espacial, especialmente si estos se conciben desde la regulación como un servicio público. En este sentido los costos de desplazamiento de los consumidores se reducirían como una motivación para usar el sistema. El beneficio social aumenta con base en una reducción agregada de los costos de los consumidores a pesar de un posible aumento de los costos del gestor de la red, que se pueden ver suplidos por la existencia de una red de recuperación de valor más eficiente, reducción del riesgo de falsificación de medicamentos una mayor recordación de marca, o si la localización de los puntos de recolección se hace con recursos públicos en integración con los esquemas tradicionales de recolección de residuos urbanos.

Se puede decir que es necesario que la red de recolección de medicamentos vencidos en Bogotá se descentralice, acudiendo a una localización económica de puntos ajustada a la aglomeración residencial de la población, es decir, a la relación entre interacción espacial que propicie la acción económica. A su vez, es necesario trabajar a fondo en la concientización de la comunidad sobre la importancia del sistema, desde la separación de residuos hasta el conocimiento de la ubicación de puntos de recolección, acudiendo a la relación entre interacción espacial y estructura social, siempre respetando el principio de accesibilidad que garantiza que todos los ciudadanos-consumidores puedan desechar sus medicamentos vencidos, o cualquier otro residuo en pos-consumo.

4. Conclusiones y recomendaciones

El enfoque económico espacial y urbano de la localización y su aplicación en el diseño de redes de logística inversa no ha tenido acercamientos importantes en la academia; aunque la industria realiza actividades de logística inversa, el sector público se aleja de estas, regulándolas sin incentivos adecuados tanto para el productor como para el consumidor, a pesar de que tengan carácter de servicio público. En este apartado se presentan las conclusiones del estudio y algunas recomendaciones tanto para su continuidad como para la aplicación en las redes existentes.

4.1 Conclusiones

El desarrollo de la tesis se ha basado en la contrastación, comparación y definición conceptual del manejo del espacio como recurso que puede facilitar las actividades de logística inversa en contextos urbanos. Se constituye como un trabajo de tipo exploratorio donde se ha usado el estudio de caso como medio de comprobación de las hipótesis y como forma de aplicación de los conceptos para la mejora de las redes de recolección de artículos en pos-consumo como parte de las actividades de logística inversa realizadas por las empresas en el contexto colombiano. Se ha hecho un acercamiento conceptual que inicia preguntando por las relaciones entre logística inversa y logística urbana, por su coincidencia geográfica y metodológica, pese a que sus gestores difieren al existir una influencia diferenciada del sector público y del sector privado en la logística urbana, y se ha mostrado que las redes formadas por las actividades de logística inversa son también redes urbanas; posteriormente se ha hecho un desarrollo del concepto de localización económica en el contexto de las redes de servicios urbanos, enfocado a las redes de logística y tomando como base conceptual y de contraste los desarrollos realizados en el análisis del transporte urbano. Finalmente, el concepto de localización económica es aplicado a una red de recolección de medicamentos vencidos en Bogotá, donde se han tenido en cuenta factores sociales, espaciales y económicos en contraste con la red

existente y operada actualmente con miras a establecer recomendaciones para su mejoramiento.

La logística inversa como parte de la logística urbana tiene congruencia conceptual pese a que la literatura especializada no llegue a un acuerdo al respecto. Para lograr dimensionar a la logística inversa como un hecho de ciudad al interior de la logística urbana es necesario ubicar los flujos inversos en el espacio, dónde se dan, cuáles son las motivaciones y cuál es la relación entre el consumidor y el productor; estos dos enfoques logísticos coinciden en espacio geográfico donde se conforman redes de servicio, podrían utilizar las mismas herramientas de control y tener aprendizajes conjuntos con una adecuada coordinación de los flujos hacia adelante como de los flujos hacia atrás.

Este análisis permitió entender que se requiere de una mayor inherencia del sector público para generar sinergia entre los esfuerzos de clasificación hechos por los sistemas de recolección de residuos urbanos de carácter público y las actividades de logística inversa, esto tendría implicaciones en la forma de recolectar los residuos, en el aumento de materia prima reciclada, reducción del uso de los vertederos y su saneamiento, y en actividades específicas como la recolección de medicamentos se podría evitar la falsificación de los mismo con mayor control.

La literatura en logística inversa se esfuerza por estudiar los flujos provenientes del consumidor a la industria, pero no ha tenido en cuenta de manera preponderante que los flujos inversos también pueden provenir de otros eslabones de la cadena antes de su entrada en el mercado, que estos flujos inversos se asumen como costos relacionados con fallas en la calidad, excesos en el tamaño de pedidos sobredimensionados para conseguir mejores precios unitarios y unidades almacenadas que no pudieron salir al mercado y que los costos de estos flujos inversos internos en la cadena de suministro puede representar un costo aún más importante que los costos de los flujos inversos provenientes directamente de los consumidores por la finalización del ciclo de vida del producto por medio del consumo.

Los flujos de relaciones entre conceptos adaptados de la literatura existente contribuyen a generar mayor conciencia en el sector privado de sus responsabilidades sociales relacionadas con la logística inversa, y pueden ser usados en el futuro como base para

mejorar el costeo de estas actividades entendidas como una red de servicios en contextos urbanos.

La logística *forward* en contextos urbanos se enfoca en el estudio de los flujos en coordinación con la capacidad de los almacenamientos, la logística inversa se enfoca en estudiar las diferentes formas de recolección de artículos al final de su vida útil del consumidor, lo cual implica a su vez un enfoque en el estudio del almacenamiento por encima de los flujos de transporte; en el contexto urbano esto obliga a generar preguntas respecto de la adecuada localización de este almacenamiento y en general a la formación de redes de recolección en las ciudades, lo cual motiva el encuentro entre la logística y la economía. Se puede concluir a partir de esto, que la teoría económica puede ser usada no solo como parámetro de los modelos de actividades logísticas, sino que puede tomar un papel más activo en el diseño de los modelos por medio de la abstracción de los incentivos del productor y del consumidor para poder tener acción económica, es decir, para que los consumidores realicen también actividades de logística inversa, materializando en la práctica el incentivo de uso de la red por la cercanía de los puntos de recolección. Este incentivo requiere que los puntos de recolección sean ubicados teniendo en cuenta el concepto de localización económica

El concepto de localización económica no ha sido definido explícitamente en la literatura del uso del espacio en las ciudades. El estudio ha permitido concluir que los principios urbanos más importantes para definir la localización del nodo de una red de servicios en el espacio urbano son la accesibilidad y la interacción espacial. La accesibilidad garantiza el derecho a la red que tiene los ciudadanos en el marco de generación de un servicio universal para toda el área urbana, y a la postre es el principio que permite incentivar el uso de la red de recolección. La interacción espacial es el principio que motiva al productor a localizar un punto de recolección de manera eficiente en las aglomeraciones de consumidores interesados en utilizar la red.

Por lo tanto: *localización económica es la toma de decisiones de localización, buscando maximizar el beneficio social generado por una actividad, bajo los principios de accesibilidad e interacción espacial.*

El análisis de los incentivos de los gestores de redes de recolección de artículos permite concluir que los artículos recolectados cuyos materiales pueden ser integrados a las cadenas productivas tienen mayor incentivo de localizarse económicamente en el espacio urbano, ya que la red está orientada a una mayor recolección por medio de la accesibilidad. Las redes de recolección de artículos con materiales peligrosos que deben ser tratados por medio de incineración o enterramiento tienen menores incentivos para ser localizadas económicamente, por lo cual la acción del sector público debe motivar en mayor medida la implementación adecuada de estas redes de recolección.

De la misma manera, se concluye que para que haya uso de la red de recolección, esta debe reflejar en su distribución espacial elementos de la estructura social, es decir, la red de recolección debe ajustarse al territorio al cual que está sirviendo. Este ajuste debe tener en cuenta la accesibilidad de los consumidores a la red de recolección y al tiempo, la interacción espacial de la potencial localización del punto de recolección. La localización para la accesibilidad puede generar mayores costos en la implementación de la red para el productor, el uso de la interacción espacial puede reducir estos costos al localizar los puntos de recolección en lugares donde se puede servir a más ciudadanos con una menor cantidad de puntos de recolección. Esto permite inferir que la localización económica puede generar mayor efectividad de la red de logística inversa, al generar beneficio del consumidor en la reducción de sus desplazamientos a la red y beneficio del productor aumentando la cantidad de material recolectado o en respaldo con el sector público para evitar mayores afectaciones al ambiente.

Se ha concluido también, que el diseño de redes de logística inversa puede tener dos enfoques, el jerárquico enfocado en las relaciones entre diferentes actores de la actividad logística y sus etapas, y el horizontal enfocado en la distribución espacial de la red logística en sus diferentes etapas. Estos enfoques de diseño privilegian cada una a un tipo de equidad espacial particular y se relacionan con un principio de la localización económica; el diseño jerárquico a la equidad vertical relacionado con la eficiencia de las redes de servicios urbanos y el aprovechamiento de la interacción espacial, y el diseño horizontal a la equidad horizontal y se relacionan con los costos de acceso al servicio del consumidor.

El estudio de caso sobre la red de recolección de medicamentos vencidos en Bogotá ha permitido observar que el productor tiene incentivos de minimización del costo de

localización de los puntos de recolección, por lo cual los puntos de recolección se ubican en droguerías donde se puedan establecer convenios, asumiendo que una mayor cantidad de puntos de recolección sin importar su localización hace más efectiva la red. La distribución espacial muestra un patrón de aglomeración hacia el centro ampliado de la ciudad, y se puede concluir entonces que esta red de recolección no obedece al principio de accesibilidad y obedece al principio de interacción espacial de los establecimientos que son capaces de albergar el punto de recolección, pero no al principio de interacción espacial del punto como tal, teniendo en cuenta que no en todas las droguerías existen puntos de recolección. Por tanto, la interacción espacial del punto de recolección se confunde con la interacción espacial de las droguerías donde normalmente se hace su localización. Se desconoce, entonces, que los hábitos y las motivaciones del consumidor al comprar un medicamento no corresponden a los mismos hábitos y motivaciones para depositar un medicamento vencido en un punto de recolección y que esto último depende de su cercanía con los lugares de residencia de la población.

En consecuencia, la red de recolección de medicamentos vencidos debe tener una mayor aglomeración de puntos de recolección en las áreas más densamente pobladas de la ciudad, generando accesibilidad en toda el área urbana y aprovechando la interacción espacial en cada zona de la ciudad para economizar la localización de los puntos; esto es el ajuste de la red a la estructura urbana.

4.2 Recomendaciones

A partir de este estudio se plantean algunas recomendaciones tanto para la implementación de una red de logística inversa como para la continuidad de investigación en este campo.

Si bien la literatura en logística inversa no hace una diferencia explícita entre las redes de recolección de artículos en pos-consumo de aprovechamiento de valor y de residuos peligrosos, los incentivos en la conformación de redes de residuos peligrosos no son suficientes para localizar económicamente los puntos de recolección, aun con sus restricciones en cuanto al manejo del riesgo. Se requiere de la integración con el sector público para garantizar la adecuada prestación del servicio; esta debe empezar desde la

afinación de la regulación de las obligaciones del sector privado, pero debe pasar también por las motivaciones para ejecutar las actividades y para que los consumidores las adopten entre sus hábitos de separación de residuos desde el momento de venta del producto. Al respecto, se puede pensar en una participación del sector público definiendo la localización de los puntos de recolección, ofreciendo exenciones tributarias por cantidades recolectadas que incentiven la localización económica o invirtiendo directamente en estas actividades a través del servicio público de recolección de residuos urbanos, que también contempla esfuerzos paralelos en clasificación, pero no en retorno directo a la cadena productiva de las empresas.

Respecto a las recomendaciones para investigación futura, se hacen planteamientos en varios frentes.

Debe haber un mayor esfuerzo por incluir elementos cualitativos, como la estructura social, en el diseño de redes de servicios urbanos, incluyendo las redes de recolección de artículos en pos-consumo; el diseño debe involucrar principios económicos que aseguren el éxito del sistema de logística inversa ajustándose al territorio, y lo que esto implica socialmente.

El desarrollo del concepto de Responsabilidad Extendida del Productor (REP) es amplio, pero indirectamente se llega a que existe también una Responsabilidad Extendida del Consumidor (REC) respecto al manejo de los residuos, ya que depende del consumidor el uso de la red. Es importante lograr definir los límites de este concepto y los efectos que tendría en el diseño de redes de logística inversa a través de las áreas de influencia del tipo Nivel de Distribución Factible (*Feasible Level of Distribution*) de los nodos de recolección de redes urbanas.

La investigación en logística inversa se centra en los incentivos del productor para generar una red de recolección, es necesario también estudiar a fondo los incentivos del consumidor para generar prácticas de logística inversa, lo cual puede estar relacionado con el concepto de Responsabilidad Extendida del Consumidor aún en desarrollo.

Respecto a los modelos de logística inversa, estos deben considerar elementos cuantitativos que reflejen la demanda objetivo a través del concepto de Localización

Económica; lo que implica, a su vez, considerar la demanda como un aspecto presente continuamente en el espacio, para lo cual, los modelos pueden valerse de técnicas como el método de aproximación continua para reflejar la estructura social por medio de la densidad de población, o de agentes económicos relacionados, en el espacio y lograr determinar la localización económica en redes de servicios urbanos, que debe estar en dialéctica con el desarrollo urbano.

Finalmente, el diseño de redes urbanas desde ingeniería puede verse alimentada por técnicas en economía como la estadística y la econometría espacial, que pueden ayudar a mejorar los niveles de equidad por medio de la medición del impacto social que tiene la intervención en el espacio de las redes, en un proceso de adaptación a la estructura urbana. Se da pie para considerar una aplicación de modelos matemáticos y técnicas de análisis estadísticos, no solo para el diseño de redes de logística inversa, sino también para el diseño de otras redes de servicios existentes en las ciudades, que surgen paulatinamente con su desarrollo, como redes de bicicletas públicas, puntos de recarga de tarjetas de transporte públicos, y entre otras que representan una irrupción positiva de la tecnología en todos sus niveles sobre la calidad de vida de los ciudadanos.

Bibliografía

- Aït-Kadi, D., Chouinard, M., Marcotte, S., & Riopel, D. (2012). *Sustainable Reverse Logistics Network. Engineering and Management*. London; Hoboken, NJ: ISTE; Wiley.
- Allain, R. (2012). *Morphologie Urbaine: Géographie, aménagement et architecture de la ville*. París: Armand Colin.
- ANDI. (2013, octubre 05). *Programa Punto Azul*. Retrieved from Localización de puntos de recolección de medicamentos en pos-consumo.: www.ecopunto.com.co/puntoazul
- Antún, J. P. (2013). *Distribución urbana de mercancías: Estrategias con centros logísticos*. Banco Interamericano de Desarrollo - Departamento de Infraestructura y Medio Ambiente.
- Aras, N., & Aksen, D. (2008). Locating collection centers for distance and incentive-dependent returns. *International Journal of Production Economics*, 111(2), 316-366.
- Atasu, A., Özdemir, Ö., & Van Wassenhove, L. N. (2013). Stakeholder Perspectives on E-Waste Take-Back Legislation. *Production and Operation Management*, 22(2), 382-396.
- Ballou, R. (2004). *Logística, Administración de la cadena de suministro*. México: Pearson Education.
- Barker, T. J., & Zabinsky, Z. B. (2008). Reverse logistics network design: a conceptual framework for decision making. *International Journal of Sustainable Engineering*, 1(4), 250-260.
- Batten, D. (1994). The evolutionary network economy: Historical parallels form Europe and Japan. In B. Johanson, C. Karlsson, & W. Lars, *Patterns of a network economy* (pp. 91-98). Berlin: Springer.
- Bautista, J., & Pereira, J. (2006). Modeling the problem of locating collection areas for urban waste management . An application to the metropolitan area of Barcelona. *Omega*, 34, 617-629.

- Beckmann, M. (1968). *Location Theory*. New York: Random House.
- Beguín, H. (1992). Christaller's central place postulates. A commentary. *The Annals of Regional Science*, 26, 209-229.
- Benjelloun, A., & Crainic, T. G. (2009). Trends, Challenges, and Perspectives in City Logistics. *Transportation and Land Use Interaction Proceedings TRANSLU*, 269-284.
- Benjelloun, A., & Crainic, T. G. (2010). Towards a taxonomy of City Logistics projects. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 2(3), 6217-6228.
- Bogh, M. B., Mikkelsen, H., & Wøhlk, S. (2014). Collection of recyclables from cubes – A case study. *Socio-Economic Planning Sciences, In Press*, 1-8.
- Boix, R. (2003). *Redes de Ciudades y Externalidades*. Universitat Autònoma de Barcelona, Departament d'Economia Aplicada, Barcelona.
- Buhrkal, K., Larsen, A., & Ropke, S. (2012). The Waste Collection Vehicle Routing Problem with Time Windows in a City Logistics Context. *Procedia - Social and Behavioral*, 39, 241-254.
- Burger, M. J., Van Oort, F. G., Frenken, K., & Van Der Knaap, B. (2009). Networks and economic agglomerations: Introduction to the special issue. *Tijdschrift voor Economische en Sociale Geografie*, 100(2), 139-144.
- Camagni, R. (1993). From City Hierarchy to City Network: Reflections About an Emerging Paradigm. In L. T.R., & P. Nijkamp, *Structure and Change in the Space Economy* (pp. 66-84). Berlín: Springer.
- Camagni, R. (2005). *Economía Urbana*. Barcelona: Antoni Bosch.
- Camara de Comercio de Bogotá. (2003). *Bogotá Cómo Vamos: La pobreza en Bogotá*. Bogotá: Camara de Comercio de Bogotá.
- Camara de Comercio de Bogotá. (2004). *Observatorio Social: Pobreza y Calidad de Vida en Bogotá*. Bogotá: Camara de Comercio de Bogotá.
- Cervero, R. (2013). Linking urban transport and land use in developing countries. *Journal of transport and land use*, 6(1).
- Christaller, W. (1966). *Central places in southern Germany (traduction of: Die zentralen orte in Süddeutschland, 1933)*. (C. Baskin, Trans.) Englewood Cliffs: Prentice-Hall.
- Cruz Sandoval, L. (2011). *Tesis de Maestría: Localización de centros de acopio de medicamentos caducados para un horizonte de tiempo dado*. Guadalajara,

- Monterrey, México: Escuela de Graduados en Ingeniería y Arquitectura. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey.
- Dablanc, L. (1998). *Le transport de marchandises en ville*. Rueil-Malmaison: Éditions Liaisons.
- Dablanc, L. (2007). La notion de développement urbain durable appliquée au transport des marchandises. *Cahiers Scientifiques du Transport*, 51, 97-126.
- Daganzo, C. F. (1987). Increasing Model Precision Can Reduce Accuracy. *Operations Research Society of America*, 21(2), 100-105.
- Daganzo, C. F. (2005). *Logistics Systems Analysis* (4 ed.). Berlín: Springer.
- De Brito, M. P., & van der Laan, E. A. (2010). Supply Chain Management and Sustainability: Procrastinating Integration in Mainstream Research. *Sustainability*, 2(4), 859-857.
- De Brito, M., & Dekker, R. (2010). A Framework for Reverse Logistics. In R. Dekker, M. Fleischmann, K. Inderfurth, & L. N. Van Wassenhove, *Reverse Logistics. Quantitative Models for Closed-Loop Supply Chains* (pp. 3-27). Berlín: Springer.
- De Oliveria, L. (2007). *Tesis de Doctorado: Modelagem para Avaliar a Viabilidade da Implantação de um Sistema de Distribuição de Pequenas Encomendas dentro dos Conceitos de City Logistics*. Florianópolis, Santa Catarina, Brasil: Universidad Federal de Santa Catarina.
- De Rus, G., & Campos, J. (2003). *Economía del Transporte*. Barcelona: Antoni Bosch.
- Debo, L. G., Savaskan, R. C., & Van Wassenhove, L. N. (2010). Coordination in Closed-Loop Supply Chains. In R. Dekker, M. Fleischmann, K. Inderfurth, & L. N. Van Wassenhove, *Reverse Logistics. Quantitative Models for Closed-Loop Supply Chains* (pp. 275-311). Berlín: Springer.
- Dekker, R., Bloemhof-Ruwaard, J., Fleischmann, M., Van Nunen, J., Van der Laan, E., & Van Wassenhove, L. N. (1998). Operational Research in Reverse Logistics: Some Recent Contributions. *International Journal of Logistics Research and Applications: A Leading Journal of Supply Chain Management*, 1(2), 37-41.
- Dekker, R., Fleischmann, M., Inderfurth, K., & Van Wassenhove, L. N. (2010). Quantitative Models for Reverse Logistics Decision Making. In R. Dekker, M. Fleischmann, K. Inderfurth, & L. N. Van Wassenhove, *Reverse Logistics. Quantitative Models for Closed-Loop Supply Chains* (pp. 29-41). Berlín: Springer.
- Delbosc, A., & Currie, G. (2011). Using Lorenz curves to assess public transport equity. *Journal of Transport Geography*, 19, 1252-1259.

- Demeester, L., Mei, Q., & Van Wassenhove, L. N. (2013). Plant Networks for Processing Recyclable Materials. *Manufacturing & Service Operations Management*, 15(4), 670-688.
- Díaz Fernández, A., Alvarez Gil, M. J., & González Torres, P. (2004). *Logística inversa y medio ambiente*. (1 ed.). Madrid, España: McGraw-Hill.
- Dowlatshahi, S. (2000). Developing a theory of reverse logistics. *Interfaces*, 30(3), 143-155.
- Dowlatshahi, S. (2010). A cost-benefit analysis for the design and implementation of reverse logistics systems: case studies approach. *International Journal of Production Research*, 48(5), 1361-1380.
- Dupuy, G. (1992). *L'urbanisme des réseaux. Théories et méthodes*. París: Armand Colin Éditeur.
- Dyckhoff, H., Lackes, R., & Reese, J. (2004). *Supply Chain Management and Reverse Logistics*. Berlin: Springer.
- Fishman, R. (1990). Metropolis unbound: the new city of the twentieth century. *Flux*, 1, 43-55.
- Fleischmann, M., Bloemhof-Ruwaard, J. M., Beullens, P., & Dekker, R. (2010). Reverse Logistics Network Design. In R. Dekker, M. Fleischmann, K. Inderfurth, & L. N. Van Wassenhove, *Reverse Logistics. Quantitative Models for Closed-Loop Supply Chains* (pp. 65-94). Berlin: Springer.
- Fleischmann, M., Bloemhof-Ruwaard, J. M., Dekker, R., Van der Laan, E., Van Nunen, J. A., & Van Wassenhove, L. N. (1997). Quantitative models for reverse logistics: A review. *European Journal of Operational Research*, 103(1), 1-17.
- Fleischmann, M., Krikke, H. R., Dekker, R., & Flapper, S. D. (2000). A characterisation of logistics networks for product recovery. *Omega*, 28(6), 653-666.
- Fujita, M., & Thisse, J.-F. (1996). Economics of Agglomeration. *Journal of the Japanese and International Economies*, 10(21), 339-378.
- Fujita, M., Ogawa, H., & Thisse, J.-F. (1998). A spatial competition approach to central place theory: some basic principles. *Journal of Regional Science*, 28(4), 477-494.
- Galvis, L. A. (2013). *¿El triunfo de Bogotá?: desempeño reciente de la ciudad capital*. Cartagena, Colombia: Banco de la República.
- Garrocho-Rangel, C. (2003). La teoría de interacción espacial como síntesis de las teorías de localización de actividades comerciales y de servicios. *Economía, sociedad y territorio*, 4(14), 203-251.

- Glaeser, E., Matthew, E., & Kahn, J. (2008). Why do the poor live in cities? The role of public transportation. *Journal of Urban Economics*, 63(1), 1-24.
- González-Torre, P., Álvarez, M., Sarkis, J., & Adenso-Díaz, B. (2010). Barriers to the Implementation of Environmentally Oriented Reverse Logistics: Evidence from the Automotive Industry Sector. *British Journal of Management*, 21(4), 889-904.
- Granovetter, M. (1985). Economic Action and Social Structure : The Problem of Embeddedness. *American Journal of Sociology*, 91(3), 481-510.
- Guide, D., & Van Wassenhove, L. N. (2002, Febrero). The Reverse Supply Chain. *Harvard Business Review*, 25-26.
- Gungor, A., & Gupta, S. M. (1999). Issues in environmentally conscious manufacturing and product recovery: a survey. *Computers & Industrial Engineering*, 36, 811-853.
- Gurvitch, G., & Uribe Villegas, O. (1955). El Concepto de Estructura Social. *Revista Mexicana de Sociología*, 17(2/3), 299-343.
- Haig, R. (1926). Toward an Understanding of the Metropolis. *The Quarterly Journal of Economics*, 40(2), 179-208.
- Hay, A. (1993). Equity and welfare in the geography of public transport provision. *Journal of Transport Geography*, 1(2), 95-101.
- Herce Vallejo, M. (2009). *Sobre la Movilidad en la ciudad*. Barcelona: Editorial Reverté.
- Herrera, C. M. (2013, Junio 17). Residuos Posconsumo. *UN Análisis*. Bogotá, Colombia. Retrieved junio 2013, 17, from <http://www.unradio.unal.edu.co/detalle/cat/un-analisis/article/-98c255988f.html>
- Hesse, M., & Rodrigue, J.-P. (2004). The transport geography of logistics and freight distribution. *Journal of Transport Geography*, 12(3), 171-184.
- Ichinose, D., Yamamoto, M., & Yoshida, Y. (2013). Productive efficiency of public and private solid waste logistics and its implications for waste management policy. *IATSS Research*, 36(2), 98-105.
- Ilgin, M. A., & Gupta, S. M. (2010). Environmentally manufacturing and product recovery (ECMPRO): A review of the state of the art. *Journal of Environmental Management*, 91, 563-591.
- Isard, W. (1949). The General Theory of Location and Space-Economy. *The Quarterly Journal of Economics*, 6(4), 476-506.
- Jacobs, J. (1975). *La economía de las ciudades: historia, ciencia y sociedad*. Ediciones Peninsula.

- Jämsä, P. (2009). Opportunities for research in Reverse Logistics networks: A literature review. *International Journal of Management and Enterprise Development*, 6(4), 433-454.
- Jayant, A., Gupta, P., & Garg, S. K. (2012). Perspectives in Reverse Supply Chain Management (R-SCM): A State of the Art Literature Review. *Jordan Journal of Mechanical and Industrial Engineering*, 6(1), 87-102.
- Johansson, B., & Quigley, J. M. (2003). Agglomeration and networks in spatial economies. *Papers in Regional Science*, 83(1), 165-176.
- Kim, J.-S., & Lee, D.-H. (2013). A restricted dynamic model for refuse collection network design in reverse logistics. *Computers & Industrial Engineering*, 66(4), 1131-1137.
- Krikke, H. R., Pappis, C. P., Tsoufias, G. T., & Bloemhof-Ruwaard, J. B. (2001). Design Principles for Closed Loop Supply Chains. *ERIM Report Series Research in Management*, 62.
- Kumar, S., Dieveney, E., & Dieveney, A. (2009). Reverse logistic process control measures for the pharmaceutical industry supply chain. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 58(2), 188-204.
- Lewis, J. P. (1979). *Urban Economics: A self approach*. Londrés: Edward Arnold.
- Lidasan, H. (2011). City logistics: policy measures aimed at improvising urban environment through organization and efficiency in urban logistics systems in Asia. In *Sustainable Urban Freight Transport*. Transport and Communications Bulletin for Asia and the Pacific. United Nations.
- Lin, Z.-K., Gao, L.-L., & Guo-Xuan. (2010). The reverse logistics network design of drugs. *Proceedings of the Ninth International Conference on Machine Learning and Cybernetics*, 11-14.
- Lösch, A. (1954). *The economics of location (translation of: Die räumliche Ordnung der Wirtsschart, 1940)*. New Haven: Yale University Press.
- Lozano, A., Atún, J. P., Santos, C., Alarcón, R., Guzmán, L. A., & Hernández, R. (2008). *Propuestas de Centros Logísticos para el Valle de México*. Mexico DF: Instituto de Ingeniería UNAM.
- Ma, S., & Shi, Q. (2009). A Continuous Stochastics Model for Recycling Under Deposit Refunding. *Logistics: The Emerging Frontiers of Transportation and Development in China*, 994-1000.

- Mapaso, J. C. (2008). Experiencia española en el manejo posconsumo y lecciones para la aproximación a un modelo de logística en reversa para la cadena farmacéutica en Colombia. *XV Foro Farmacéutico Internacional*. Cartagena, Colombia.
- Meijboom, B. R., & Rongen, J. M. (1995). *Clustering, logistics, and spatial economics*. Tilburg University. Center for Economic Research.
- Meunier, D., & Quinet, E. (2012). Applications of transport economics and imperfect competition. *Research in Transportation Economics*, 36(1), 19-29.
- Miralles-Guasch, C. (2002). Transporte y territorio urbano: del paradigma de la causalidad al de la dialéctica. *Documents d'anàlisi geogràfica*, 41, 107-120.
- Mulligan, G. F., Partridge, M. D., & Carruthers, J. I. (2012). Central place theory and its reemergence in regional science. *The Annals of Regional Science*, 48(2), 405 - 431.
- Nakamura, D. (2010). Spatial competition and consumer exclusion: social welfare perspectives in central-place system. *Letters in Spatial and Resource Sciences*, 3(3), 101-110.
- Newell, G. F. (1971). Dispatching Policies for a Transportation Route. *Transportation Science*, 5(1), 95 - 105.
- Nicholson, W. (2001). *Teoría Microeconómica*. Madrid: McGraw-Hill.
- OECD. (2001). *Extended Producer Responsibility. A guidance manual for governments*. París: Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD Publications service).
- OECD. (2003). *Delivering the Goods. 21st Century Challenges to Urban Goods Transport*. París: Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD Publications service).
- OECD. (2004). *Economic Aspects of Extended Producer Responsibility*. París: Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD Publications service).
- Parr, J. (1981). Temporal change in a central place system. *Environment and Planning A*, 13, 97-113.
- Patier, D., & Browne, M. (2010). A methodology for the evaluation of urban logistics innovations. *Procedia Social and Behavioral Sciences*, 2, 6229-6241.
- Pokharel, S., & Mutha, A. (2009). Perspectives in reverse logistics: A review. *Resources, Conservation and Recycling*, 53(4), 175-182.

- Polése, M. (1998). *Economía Urbana y Regional: Introducción a la relación entre territorio y desarrollo*. Cartago, Costa Rica: Libro Universitario Regional.
- Porter, M. (1982). *Estrategia competitiva: Técnicas para el análisis de los sectores industriales y de la competencia*. México: Compañía Editorial Continental.
- Porter, M. (1991). *La ventaja competitiva de las naciones*. Vergara.
- Predöhl, A. (1928). The Theory of Location in Its Relation to General Economics. *Journal of Political Economy*, 36(3), 371-390.
- Raffestin, C. (1981). *Pour une géographie du pouvoir*. París: Litec.
- Reilly, W. (1931). *The law of retail gravitation*. Nueva York: Knickerbocker Press.
- Robusté, F., & Anton, F. R. (2005). *Logística del transporte*. Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya.
- Robusté, F., Campos, J. M., & Galván, D. (2000). Nace la logística urbana. In J. V. Colomer, & A. García, *Proceedings of the XXXII Annual Conference of the Operational Research Society of Italy*.
- Rogers, D. S., & Tibben-Lembke, R. (1999). *Going Bakwards; reverse logistics trends and practices*. Pittsburgh, PA: Reverse Logistics Executive Council.
- Rogers, D. S., & Tibben-Lembke, R. (2001). An examination of reverse logistics practices. *Journal of Business Logistics*, 22(2), 129-148.
- Rogers, D. S., Lambert, D. M., Croxton, K. L., & Garcia-Dastugue, S. (2004). The Returns Management Process. In D. M. Lambert, *Supply Chain Management. Processes, Partnertship, Performance* (pp. 146-166). Sarasota, Florida: Supply Chain Management Institute.
- Rogers, D. S., Melamed, B., & Lembke, R. (2012). Modelling and Analysis of Reverse Logistics. *Journal of Business Logistics*, 33(2), 107-117.
- Salomon, J.-J. (1992). *Le destin technologique*. París: Ballard.
- Samad, T., & Lozano-Garcia, N. (2012). *Colombia Urbanization Review*. Washington, D.C.: The World Bank.
- Sarfati, A. (1985). *Actuel*. Almanach Banlieue.
- Sasikumar, P., & Kannan, G. (2008). Issues in reverse supply chains, pat II: reverse distribution issues - an overview. *International Journal of Sustainable Engineering*, 1(4), 234-249.

- Secretaría Distrital de Planeación. (2010). *Bogotá, ciudad de estadísticas: Boletín No 22. Densidades urbanas, el caso de Bogotá*. Bogotá, Colombia: Alcaldía Mayor de Bogotá.
- Small, K., & Verhoef, E. (2007). *The Economics of Urban Transportation*. New York: Routledge.
- Srivastava, S. K. (2008). Network design for reverse logistics. *Omega*, 36(4), 535-548.
- Steven, M. (2004). Networks in Reverse Logistics. In H. Dyckhoff, R. Lackes, & J. Reese, *Supply Chain Management and Reverse Logistics* (pp. 163-180). Berlin: Springer.
- SULOGTRA (Supply Chain Management, Logistics and Transport). (2000-2001). *Deliverable Report D1, Analysis of Trends in Supply Chain Management*.
- Taniguchi, E., Thompson, R. G., & Yamada, T. (2003). Predicting the effects of city logistics schemes. *Transport Reviews: A Transnational Transdisciplinary Journal*, 23(4), 489-515.
- Taniguchi, E., Thompson, R. G., Yamada, T., Duin, V., & Ron. (2001). *City Logistics. Network Modelling and Intelligent Transport Systems*. Amsterdam: Pergamon.
- Tavasszy, A., L., Ruijgrok, ..., & Thissen, M. (2003). Emerging Global Logistics Networks: Implications for Transport Systems and Policies. *Growth and Change*, 34(4), 456-472.
- Torre, A., & Rallet, A. (2005). Proximity and Localization. *Regional Studies*, 39(1), 47-59.
- UN-Habitat. (2014, abril 05). *WUF7 UN-Habitat*. Retrieved from Sobre el Foro Urbano Mundial y WUF7 Medellín: <http://wuf7.unhabitat.org/theworldurbanforum-es>
- Vedin, B.-A. (1994). Lean Timing: Interdependencies Between Logistics Scope, Locus and Development. In B. Johanson, C. Karlsson, & W. Lars, *Patterns of a Network Economy* (pp. 53-69). Berlín: Springer.
- Walls, M. (2006). *Extended Producer Responsibility and Product Design: Economic Theory and Selected Case Studies*. París: Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD Publications service).
- Wang, B., & Linyan, S. (2005). A review of reverse logistics. *Applied Sciences*, 7, 16-29.
- Welch, T. F., & Mishra, S. (2013). A measure of equity for public transit connectivity. *Journal of Transport Geography*, 33, 29-41.
- Williamson, O. (1975). *Markets and hierarchies: Analysis and antitrust implications*. New York: Free Press.

- Wilson, & G., A. (1980). *Geografía y planeamiento urbano y regional*. Barcelona: Oikos-Tau.
- Wirth, L. (1938). Urbanism as a Way of Life. *American Journal of Sociology*, 24(1), 1-24.
- Wojanowski, R., Verter, V., & Boyaci, T. (2007). Retail-collection network design under deposit-refund. *Computers & Operations Research*, 34(2), 324-345.
- Yago, G. (1983). The sociology of transportation. *Annual Review of Sociology*, 9, 171-190.
- Yu, M.-C., & Wu, P.-S. (2010). A simulation study of the factors influencing the design of a waste collection channel in Taiwan. *International Journal of Logistics Research and Applications: A Leading Journal of Supply Chain Management*, 13(4), 57-271.
- Zambrano, F. (1999). La ciudad en la historia. In F. Zambrano, *La ciudad: Habitat de diversidad y complejidad*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Zhang, Y. M., Huang, G. H., & He, L. (2011). An inexact reverse logistics model for municipal solid waste management systems. *Journal of Environmental Management*, 92(3), 522-530.
- Zhou, Y., & Wang, S. (2008). Generic Model of Reverse Logistics Network Design. *Journal of Transportation Systems Engineering and Information Technology*, 8(3), 71-78.