

**UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA  
FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y SOCIALES  
COMISIÓN DE ESTUDIOS DE POSTGRADO  
DOCTORADO EN CIENCIAS SOCIALES**



***SMART CITY*: ESTUDIO DEL COMPLEJO FENÓMENO  
URBANO MEDIANTE UN MODELO INTEGRAL BASADO EN  
LAS TEORÍAS DE SISTEMA**

**Tesis Doctoral presentada ante la Universidad Central de Venezuela como  
requisito parcial para optar al título de Doctor en Ciencias Sociales**

**AUTOR: LIC. EDUARDO RAFAEL VIVAS URBÁEZ**

**TUTOR: DR. GUSTAVO HERNÁNDEZ DÍAZ**

Caracas, junio de 2024

## RESUMEN

La denominada modernidad líquida como etapa sociocultural recorrida por la sociedad actual crea un contexto propicio para el surgimiento del fenómeno urbano conocido como *smart city* o ciudad inteligente. La literatura científica acerca de esta propuesta urbana es abundante, pero al mismo tiempo incompleta e incluso contradictoria, especialmente en las omisiones relativas a las teorías urbanas precedentes, lo que genera una serie de vacíos teóricos considerables. En ese sentido, en esta disertación doctoral hemos propuesto una teoría original acerca de la *smart city* como sistema sociocultural complejo subrayando su vinculación con el concepto de ciudad, con la finalidad de reducir los problemas presentes en la literatura. La teoría formulada acerca de la *smart city* se expresa metodológicamente en el Modelo Integral del Sistema Urbano, destacando sus elementos —agentes, redes, conductas colectivas y espacio— y donde se expone la acción complementaria en dos niveles entre las teorías de sistemas y el marco sociocultural particular de las interacciones en la ciudad y cuya comprensión efectiva se desarrolla mediante la *verstehen*. La multiplicidad de escalas y la dimensión temporal en los procesos urbanos también son considerados por el modelo. En ese sentido, los patrones socioculturales subrayan la importancia de entender el origen de la ciudad y sus conductas emergentes signadas en la dicotomía *gemeinschaft-gesellschaft* como parte de la cultura urbana. La *smart city* y la ciudad se redefinen en torno a la perspectiva de las teorías de sistemas, y aquella se explica como una reorganización de las estructuras que componen a ésta. Asimismo, la información desempeña un rol especialmente ubicuo e inmersivo en la dinámica de la ciudad inteligente, llevando a una fusión de espacios geográficos e informacionales.

**Palabras clave:** *smart city*, teorías de sistemas, complejidad, teoría urbana, sistemas complejos.

## ABSTRACT

The so-called liquid modernity as a sociocultural stage gone down by today's society creates a favorable context for the emergence of a urban phenomenon known as smart city. The scientific literature on this urban proposal is abundant but at the same time incomplete and even contradictory, especially regarding the omissions related to previous urban theories, which generates a series of considerable theoretical gaps. Therefore, in this doctoral dissertation we have proposed an original theory concerning the smart city as a complex sociocultural system, emphasizing its relationship with the concept of city, in order to reduce the problems aforementioned in the literature. The theory posed about the smart city is methodologically expressed through the Integral Model of the Urban System, highlighting its elements —agents, networks, collective behaviors and space— where the complementary action on two levels of both systems theories and the sociocultural framework of interactions in the city is exposed, and whose effective understanding is developed through the verstehen. The multiplicity of scales and the temporal dimension in urban processes are also considered by the model. Hence, sociocultural patterns underline the importance of understanding the city origins and its emerging behaviors determined by the gemeinschaft-gesellschaft dichotomy as part of urban culture. The smart city and the city are redefined around the perspective of systems theories, and the former is explained as a reorganization of the structures that make up the latter. Likewise, information plays a particularly ubiquitous and immersive role in the dynamics of the smart city, leading to a fusion of geographic and informational spaces.

**Keywords:** smart city, systems theories, complexity, urban theory, complex systems.

## **RECONOCIMIENTOS**

A mis padres, por sus valiosas enseñanzas, tenaz motivación e incondicional apoyo en empresas de largo aliento y cuya guía perpetua continúa brindando los conocimientos, destrezas y actitudes para alcanzar la excelencia en todas las áreas de la vida.

Al profesor Gustavo Hernández Díaz, tutor de esta investigación y profesor en el Doctorado en Ciencias Sociales de la UCV, manifiesto un sincero agradecimiento por sus excelentes y amenas clases que han generado significativos insumos para esta tesis.

A la sabiduría inconmensurable de los tiempos, luz imperecedera que nos ha legado el conocimiento acumulado de incontables generaciones de mentes inquietas en la búsqueda de respuestas.

# ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	II
ABSTRACT	III
RECONOCIMIENTOS	IV
ÍNDICE GENERAL	V
ÍNDICE DE TABLAS	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS	IX
INTRODUCCIÓN	10

## **CAPÍTULO I** **14**

---

<b>1.1</b>	<b>DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA</b>	<b>14</b>
1.1.1	LA SOCIEDAD LÍQUIDA	14
1.1.2	CABLEADO GLOBAL DE INFORMACIÓN	19
1.1.3	ECONOMÍA DE SERVICIOS INFORMATIZADOS	23
1.1.4	CONCIENCIA ECOLÓGICA: EL RETO DE LA SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL	25
1.1.5	ELEVADA CONCENTRACIÓN POBLACIONAL EN ZONAS URBANAS	27
1.1.6	INNOVACIONES CONTEMPORÁNEAS EN EL ESPACIO URBANO	31
	1.1.6.1 <i>Ciudad sostenible</i>	33
	1.1.6.2 <i>Ciudad del conocimiento y el aprendizaje</i>	34
	1.1.6.3 <i>Ciudad ubicua</i>	34
1.1.7	PREDOMINIO DE LA SMART CITY	36
	1.1.7.1 <i>Organismos públicos multilaterales</i>	40
	1.1.7.2 <i>Corporaciones y empresas</i>	43
	1.1.7.3 <i>Universidades y centros de investigación</i>	45
	1.1.7.4 <i>Enfoque tecnocéntrico</i>	47
	1.1.7.5 <i>Enfoque sociocéntrico</i>	50
1.1.8	MODELO DE LAS 6 CARACTERÍSTICAS DE GIFFINGER ET AL.	53
	1.1.8.1 <i>Economía inteligente</i>	57
	1.1.8.2 <i>Gente inteligente</i>	58
	1.1.8.3 <i>Gobernanza inteligente</i>	58
	1.1.8.4 <i>Movilidad inteligente</i>	58
	1.1.8.5 <i>Ambiente inteligente</i>	59
	1.1.8.6 <i>Vida inteligente</i>	59
1.1.9	MODELO DE GIL-GARCÍA ET AL.	62
	1.1.9.1 <i>TIC y otras tecnologías</i>	66
	1.1.9.2 <i>Datos e información</i>	66
	1.1.9.3 <i>Entorno natural y sostenibilidad ecológica</i>	66
	1.1.9.4 <i>Entorno artificial e infraestructura de la ciudad</i>	67
	1.1.9.5 <i>Entorno pro-empresarial y economía del conocimiento</i>	67

1.1.9.6	<i>Capital humano y creatividad</i>	67
1.1.9.7	<i>Gobernanza, compromiso y colaboración</i>	68
1.1.9.8	<i>Disposiciones institucionales</i>	68
1.1.9.9	<i>Administración y gerencia de la ciudad</i>	68
1.1.9.10	<i>Servicios públicos</i>	69
<b>1.2</b>	<b>JUSTIFICACIÓN: LIMITACIONES EN EL ESTUDIO DE LA SMART CITY</b>	<b>71</b>
<b>1.3</b>	<b>OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN</b>	<b>74</b>
1.3.1	OBJETIVO GENERAL	75
1.3.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	75
 <b>CAPÍTULO II</b>		 <b>76</b>
<b>2.1</b>	<b>EVOLUCIÓN DE LAS TEORÍAS DE SISTEMAS</b>	<b>76</b>
<b>2.2</b>	<b>LA TERCERA OLA Y SU INFLUENCIA EN LA CIUDAD</b>	<b>81</b>
<b>2.3</b>	<b>LOS MODELOS SISTÉMICOS</b>	<b>84</b>
2.3.1	REDES	86
2.3.2	INTERACCIONES	87
2.3.3	APLICACIONES EN LAS CIENCIAS SOCIALES	88
<b>2.4</b>	<b>DISEÑO DE INVESTIGACIÓN</b>	<b>90</b>
2.4.1	APROXIMACIÓN EN DOS NIVELES	93
2.4.2	MODELO INTEGRAL DEL SISTEMA URBANO	96
 <b>CAPÍTULO III</b>		 <b>100</b>
<b>3.1</b>	<b>LA VERSTEHEN Y LA PRÁCTICA SOCIAL EN LA CIUDAD</b>	<b>100</b>
<b>3.2</b>	<b>LA CIUDAD TIENE UN ORIGEN</b>	<b>101</b>
3.2.1	LA CUEVA Y LA ORGANIZACIÓN SOCIAL	102
3.2.2	NUEVO HITO EN LA COMPLEJIDAD SOCIAL: LA AGRICULTURA	105
3.2.3	EMERGENTE PREURBANO: LA ALDEA NEOLÍTICA	108
<b>3.3</b>	<b>DE LA ALDEA NEOLÍTICA A LA CIUDAD</b>	<b>110</b>
<b>3.4</b>	<b>RASGOS URBANOS: UNA REEVALUACIÓN CONTEMPORÁNEA</b>	<b>112</b>
<b>3.5</b>	<b>RELACIÓN ENTRE LA DENSIDAD POBLACIONAL Y LA DIFERENCIACIÓN</b>	<b>113</b>
<b>3.6</b>	<b>LA CULTURA URBANA: BASE DE LAS INTERACCIONES EN LA CIUDAD</b>	<b>114</b>
3.6.1	CULTURA Y TECNOLOGÍA	115
3.6.2	EL ESPÍRITU URBANO	116
<b>3.7</b>	<b>LA OPERACIONALIZACIÓN DE LA CIUDAD</b>	<b>122</b>
<b>3.8</b>	<b>LA REGIÓN URBANA: IMPORTANCIA DEL CONTEXTO AMBIENTAL</b>	<b>123</b>
<b>3.9</b>	<b>LA EXPRESIÓN URBANA: GEMEINSCHAFT Y GESELLSCHAFT</b>	<b>124</b>

<b>4.1</b>	<b>CIUDAD Y SMART CITY: DEFINICIONES SISTÉMICAS</b>	<b>127</b>
<b>4.2</b>	<b>INFORMACIÓN COMO METAPRINCIPIO</b>	<b>130</b>
4.2.1	MACROESTADOS Y MICROESTADOS	131
4.2.2	LOS DOS SIGNIFICADOS DE LA INFORMACIÓN	134
4.2.3	LA COMPLEJIDAD Y LA INFORMACIÓN	139
<b>4.3</b>	<b>AGENTES: EL SER URBANO</b>	<b>143</b>
4.3.1	LAS INTERACCIONES NO LINEALES	145
4.3.2	REGLAS DE CONDUCTA	152
4.3.2.1	<i>Regla 1: significación de la identidad</i>	<i>153</i>
4.3.2.2	<i>Regla 2: decisiones basadas en una racionalidad limitada</i>	<i>157</i>
4.3.2.3	<i>Regla 3: asociación en múltiples niveles</i>	<i>159</i>
<b>4.4</b>	<b>REDES URBANAS</b>	<b>160</b>
4.4.1	EVOLUCIÓN DE LAS REDES URBANAS: DE LA ARROBA AL BIT	161
4.4.1.1	<i>Redes de materia prima</i>	<i>163</i>
4.4.1.2	<i>Redes de mano de obra</i>	<i>164</i>
4.4.1.3	<i>Redes de capital</i>	<i>164</i>
4.4.1.4	<i>Redes de información</i>	<i>167</i>
4.4.2	INSTITUCIONES Y SUBCULTURAS	169
4.4.2.1	<i>Makers</i>	<i>173</i>
4.4.2.2	<i>Hackers</i>	<i>175</i>
4.4.3	YUXTAPOSICIÓN Y TRANSFORMACIONES MULTIESCALA	176
<b>4.5</b>	<b>CONDUCTAS COLECTIVAS</b>	<b>178</b>
4.5.1	LA CULTURA COMO MACROESTADO DE INFORMACIÓN	178
4.5.2	PROCESOS DE AUTOORGANIZACIÓN	180
4.5.3	AMBIVALENCIA URBANA: AUTOORGANIZACIÓN Y TELEOLOGÍA	184
4.5.4	PROPIEDAD DE EMERGENCIA	186
4.5.5	COMPORTAMIENTOS CAÓTICOS	187
<b>4.6</b>	<b>ESPACIO URBANO: TECNOESTRUCTURA EMERGENTE</b>	<b>190</b>
4.6.1	LA CONSOLIDACIÓN DE LA INFOSFERA	191
4.6.2	LA HIPEREXPERIENCIA URBANA	193

## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. DEFINICIONES DE <i>SMART CITY</i> .....	39
TABLA 2. SELECCIÓN PARCIAL DE <i>SMART CITIES</i> EUROPEAS .....	60
TABLA 3. SELECCIÓN DE HERRAMIENTAS PARA EVALUAR Y CLASIFICAR <i>SMART CITIES</i>	64

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. USO DE INTERNET EN EL MUNDO. -----	21
FIGURA 2. PROMEDIO DEL USO MUNDIAL DE FUENTES DE ENERGÍA RENOVABLE, EN PORCENTAJE. -----	27
FIGURA 3. CRECIMIENTO DEMOGRÁFICO EN EL SIGLO XX. -----	29
FIGURA 4. POBLACIÓN URBANA RESPECTO A LA POBLACIÓN TOTAL, 1970-2020. -----	32
FIGURA 5. APARICIONES DE LOS TÉRMINOS DE PROPUESTAS URBANAS 2010-2021. ----	37
FIGURA 6. CARACTERÍSTICAS Y FACTORES DE LA <i>SMART CITY</i> .-----	57
FIGURA 7. COMPONENTES MEDULARES Y DIMENSIONES DE LA <i>SMART CITY</i> .-----	65
FIGURA 8. SÍNTESIS DE FENÓMENOS ESTUDIADOS EN LA TERCERA OLA DE LAS TEORÍAS DE SISTEMAS. -----	81
FIGURA 9. MODELO INTEGRAL DEL SISTEMA URBANO. -----	97
FIGURA 10. CONSTRUCCIÓN DE LA <i>COLUMN DE NELSON</i> , LONDRES EN 1841.-----	120
FIGURA 11. CALLE DE <i>PICCADILLY</i> , LONDRES EN 1941. -----	121
FIGURA 12. <i>LONDON EYE</i> , LONDRES EN LA ACTUALIDAD.-----	122
FIGURA 13. RELACIÓN ENTRE LA COMPLEJIDAD EFECTIVA Y EL CONTENIDO DE INFORMACIÓN. -----	142
FIGURA 14. SUBCULTURA DE LOS <i>COSPLAYER</i> EN EL COMIC-CON.-----	171
FIGURA 15. SUBCULTURA DE LOS CICLISTAS. -----	172
FIGURA 16. SUBCULTURA DE LOS <i>MAKERS</i> CON UNA IMPRESORA 3D. -----	174
FIGURA 17. BANDADA VOLANDO EN FORMACIÓN V. -----	182
FIGURA 18. CARDUMEN DE PECES.-----	183
FIGURA 19. DEPENDENCIA SENSIBLE A LAS CONDICIONES INICIALES. -----	188

## INTRODUCCIÓN

Visualicemos las primeras sociedades sedentarias del mundo. La domesticación vegetal y animal dio origen a la actividad agrícola y ganadera lo que permitió, por vez primera, reunir una producción excedente que más adelante sirviera a la aldea. La era de la planificación a largo plazo había nacido y con ella la capacidad de alimentar a más personas. Si se dispone de mayor fuerza de trabajo para las tareas básicas de subsistencia otras nuevas ocupaciones surgirán debido a la curiosidad de las personas, un rasgo innato de la especie humana. Las nuevas generaciones al independizarse del hogar familiar levantarán sus propias residencias y campos agrícolas a cierta distancia, surgiendo extensiones de la aldea original. Esta dispersión limitada se observa en numerosas sociedades.

Pero, y si la curiosidad y necesidad de generar nuevas ocupaciones ejercieran una fuerza mayor de concentración que el impulso de dispersión territorial, ¿qué sucedería? Estas nuevas actividades, por ejemplo, la artesanía y el comercio, captarían a más personas interesadas en desarrollarlas; y a mayor número de personas en ejercicio mayor apogeo de la actividad, afianzándose en un circuito de retroalimentación positiva. Los locales y áreas que sirven de asentamiento a las nuevas ocupaciones se convierten paulatinamente en centros transitados de gran importancia. Más y más caminos se construyen hacia estos lugares y gracias a las conversaciones y rumores como vector de información social son más personas las que se dirigen a visitar la cuadra de los artesanos o el distrito comercial. Con el paso del tiempo, estos patrones de organización se replican y expanden a lo largo de múltiples extensiones territoriales

fomentando la interrelación mediante flujos constantes de personas, bienes e ideas. Surge un paisaje diverso y al mismo tiempo interconectado y orgánico: la ciudad hace su aparición en la historia humana.

Sin embargo, la definición de la ciudad no es tarea fácil. Después de un atento examen de la literatura especializada podríamos identificar 4 factores característicos de la urbe, como la cantidad de habitantes; densidad o concentración de habitantes; especialización y diversificación; y función influyente en el entorno, ya sea esta económica, política o religiosa. Por tanto, es posible construir una definición de la ciudad como un asentamiento densamente poblado por una considerable cantidad de habitantes, cuyas actividades tienden a la diferenciación y especialización ejerciendo una influencia decisiva sobre la región circundante, tanto ambiental como sociopolítica. Esta idea funciona como una primera aproximación acerca de la ciudad, aunque deja en el aire una serie de interrogantes, por ejemplo: ¿qué impulsa la concentración y especialización en primer lugar? o ¿cuántos habitantes son necesarios para formar una ciudad? Para rellenar los vacíos teóricos se requiere un enfoque distinto que tome como punto de partida los elementos constitutivos e interactivos en lugar del producto final, es decir, la ciudad como entidad. Precisamente, esta noción convencional de la ciudad-entidad será cuestionada en las próximas líneas al recorrer los pasos para comprender la naturaleza de la ciudad como sistema complejo mediante la identificación y descripción de sus elementos, procesos y propiedades, con la finalidad de constituir un modelo integral que refleje los aspectos más determinantes del comportamiento urbano.

La *smart city* o ciudad inteligente constituye un signo distintivo del paisaje global en los últimos años. Legiones de empresas, ayuntamientos, instituciones, universidades y laboratorios trabajan activamente en torno a este fenómeno desde ámbitos muy

distintos, generándose sorprendentes cantidades de casos, informes, análisis y metaanálisis, estudios de campo, aplicaciones y programas, dispositivos y sensores que enriquecen una nueva área del conocimiento científico y tecnológico. La *smart city* exhibe características únicas que se entrelazan con atributos ya presentes en los primeros asentamientos urbanos a lo largo de una prolongada evolución que se extiende miles de años. En consecuencia, la ciudad inteligente debe entenderse como un objeto sociocultural resultante de un proceso evolutivo, donde las cualidades singulares emergen a partir de la interacción de componentes que han ido experimentando transformaciones a lo largo de los siglos mediante esquemas de autoorganización. La ciudad es una expresión de la sociedad que la habita, pero también la ciudad contribuye a darle forma a la sociedad.

En el primer capítulo de esta tesis doctoral se provee una base sólida acerca del problema de investigación, la ciudad inteligente, a través de una contextualización precisando las tendencias socioculturales que desencadenaron su origen. Se analizan aquellas propuestas urbanas emparentadas con la *smart city* y aquellos modelos que la definen en términos generales. Asimismo, se identifican las principales limitaciones en el estudio de la ciudad inteligente lo que ocasiona contradicciones y vacíos teóricos considerables. Enunciamos el propósito fundamental de la disertación conjuntamente con sus objetivos, esto es la formulación de teoría acerca de la *smart city* como fenómeno complejo, y forjando la inextricable relación ciudad-*smart city*.

En el segundo capítulo se proporciona el estado del arte acerca de las teorías de sistemas y los modelos sistémicos, como pieza clave en la comprensión de los isomorfismos presentes en numerosos fenómenos de distinta índole, ya sean naturales o culturales. Proponemos una aproximación en dos niveles entrelazados, uno asentado en las teorías de sistemas y otro especializado en la aprehensión social de la realidad

urbana a través de la *verstehen* como enfoque esclarecedor en la identificación de patrones dentro de la *smart city*. En consecuencia, surge el Modelo Integral del Sistema Urbano como herramienta metodológica necesaria para entender el fenómeno de estudio analizando sus propiedades complejas.

En el tercer capítulo de la disertación se determinan los patrones socioculturales que distinguen la ciudad, subrayando las interacciones autoorganizadas y extendidas de la cultura urbana como totalidad emergente que forja lazos identitarios entre los agentes y sus espacios y determina las estructuras que conforman el sistema. La pluralidad e interdisciplinariedad en una ponderación de la ciudad incrementa las posibilidades de obtener una visión más próxima a la realidad urbana al mismo tiempo que pone de manifiesto la relación indisoluble entre la ciudad y la *smart city*.

En el cuarto capítulo se redefinen la ciudad y la *smart city* en función de los sistemas complejos y sus características socioculturales. Se explora la naturaleza e importancia de la información en el tejido urbano de la ciudad inteligente destacando sus patrones más significativos, especialmente en la consolidación de las redes urbanas y la infosfera. Se analiza exhaustivamente cada uno de los elementos de la *smart city* —agentes, redes, conductas colectivas y espacio urbano— exponiendo sus características e interacciones enmarcadas en los linderos delineados por las propiedades de emergencia, autoorganización y no linealidad determinantes en el sistema urbano.

# CAPÍTULO I

## LA SMART CITY COMO PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

*La conexión de los conceptos elementales del pensamiento cotidiano con los complejos de experiencias sensoriales solo puede comprenderse intuitivamente y no es adaptable a una fijación científicamente lógica. La totalidad de estas conexiones, —ninguna de las cuales es expresable en términos nocionales— es lo único que diferencia el gran edificio que es la ciencia de un esquema de conceptos lógico pero vacío. Por medio de estas conexiones, los teoremas puramente nocionales de la ciencia se vuelven afirmaciones sobre complejos de experiencias sensoriales.*

Albert Einstein (1936)

### **1.1 Descripción del problema**

En la siguiente sección discutiremos los aspectos más relevantes que conforman el problema de investigación de esta disertación.

#### **1.1.1 La sociedad líquida**

Desde una perspectiva diacrónica, el examen de las últimas cinco décadas de la humanidad constituye un gran sobresalto. Las sucesivas revoluciones industriales con sus concomitantes transformaciones socioculturales remodelaron el paisaje global que, posteriormente, serviría de materia prima a una nueva metamorfosis cultural que se

extiende a nuestros días, una quizás más radical o al menos más vertiginosa. Marshall McLuhan (1962) relata que “the electro-magnetic discoveries have recreated the simultaneous ‘field’ in all human affairs so that the human family now exists under conditions of a ‘global village’. We live in a single constricted space resonant with tribal drums” (pág. 31). El potencial de propagación de mensajes a lo largo y ancho del globo; el paso de lo mediato a lo inmediato en una parte importante de las actividades cotidianas; la recopilación y difusión de hallazgos e información científica y humanística por medio de gigantescas bases de datos; y la digitalización de la identidad personal mediante la interacción en un espacio paralelo a la realidad —el ciberespacio— con miles o millones de personas, son algunos rasgos “triviales” de la época actual pero inexistentes hace cincuenta años. No han faltado denominaciones que identifiquen esta etapa de la humanidad: por ejemplo, para Alvin Toffler (1972) se trata del superindustrialismo, protagonizado por una sociedad compleja, post-industrial, altamente dependiente de una tecnología avanzada y cuya economía se fundamenta esencialmente en el sector servicios. Una década más tarde, comenzando los ochenta, John Naisbitt en su obra *Megatendencias: 10 nuevas direcciones que transforman nuestras vidas*, manifiesta que una de estas megatendencias es la transformación de la sociedad industrial en la sociedad de la información, y en consecuencia, “In the information age, the focus of manufacturing will shift from the physical to more intellectual functions on which the physical depends” (Naisbitt, 1984, pág. 31). Naisbitt define esta nueva etapa como la era de la Información, caracterizada por una aceleración en la dinámica social producto de las innovaciones en las tecnologías de comunicación y computación. De hecho, el rol de la comunicación es especialmente importante puesto que “The life channel of the information age is communication (...) introduction of increasingly sophisticated information technology has revolutionized that simple process. The net effect is a faster flow of information through the information channel, bringing sender and receiver closer together...” (Naisbitt, 1984, págs. 14-15). Por su parte, Manuel Castells (2010) discute sobre la era de la Información en su famosa obra homónima donde expone que “The convergence

of all these electronic technologies into the field of interactive communication led to the creation of the Internet, perhaps the most revolutionary technological medium of the Information Age” (pág. 45).

El panorama de la era de la Información no está exento de contradicciones. En abril de 2019, la red global de radiotelescopios astronómicos Event Horizon Telescope (EHT) publicaba un asombroso descubrimiento: la primera fotografía de un agujero negro, ubicado en el centro de la galaxia de Messier 87, a una distancia de 55 millones de años luz de la Tierra (Event Horizon Telescope, 2019). La hazaña supuso un formidable desafío tecnológico y logístico, puesto que no solo requirió de las técnicas e instrumentos más sofisticados en las áreas de óptica, procesamiento de imágenes y astrofísica; sino de una extraordinaria coordinación entre equipos de científicos, tecnólogos e ingenieros trabajando simultáneamente en diferentes partes del mundo para alcanzar una meta común. Sin embargo, la sociedad de la información que fotografía por vez primera un agujero negro es la misma que deposita su fe en horóscopos, reenvía mecánicamente cadenas de mensajes por WhatsApp<sup>1</sup> y acepta dócilmente intrincadas narrativas de conspiración sobre el cambio climático, las vacunas y seres extraterrestres. Este contraste no sería sorprendente en un contexto de educación limitada, donde el saber se encuentra atomizado, disgregado como islas en un inmenso océano, con escasas interacciones y al alcance únicamente de un reducido grupo de individuos. Sin embargo, nos encontramos en un mundo globalizado, interconectado de muchas formas y en el que se intercambian millares de existencias —tangibles e intangibles— a una velocidad vertiginosa, en concordancia con lo señalado por Naisbitt, donde la comunicación representa el corazón de esta nueva conducta social. La gran red de redes, Internet, es una super autopista que transmite

---

<sup>1</sup> Debido a que las noticias en WhatsApp provienen directamente de los contactos del usuario, el grado de credibilidad percibido es mayor. En 2018, la difusión de mensajes falsos desencadenó acontecimientos graves en India, México y Colombia con víctimas fatales. Véase Alonso (2019).

caudales de información entre las personas en una escala inimaginable hace un siglo. A pesar de todo ello, una premisa se revela a la luz de los hechos: la sociedad de la información no implica una sociedad de conocimiento.

Esto es sorprendente y al mismo tiempo desconcertante. En un artículo del 21 de enero de 1980, el prolífico escritor y científico Isaac Asimov, advertía sobre una tendencia en aumento en los Estados Unidos que podría resumirse con la frase “mi ignorancia vale tanto como tu conocimiento” (Asimov, 1980), justificando así cualquier opinión infundada como signo inequívoco de la libertad de expresión. Esta conducta no es exclusiva del pueblo estadounidense ni tampoco ha disminuido con el paso de los años, como lo muestra un estudio llevado a cabo por investigadores del MIT, el cual reveló que en Twitter, una de las redes sociales más utilizadas en todo el mundo, la información falsa se propaga más rápidamente que la verdadera: “The greater likelihood of people to retweet falsity more than the truth is what drives the spread of false news, despite network and individual factors that favor the truth” (Vosoughi, Roy, & Aral, 2018, pág. 1150). ¿Por qué sucede esto? Como primer paso en la búsqueda de la respuesta podríamos caracterizar filosóficamente esta actitud social, enmarcada en una posición radicalmente subjetivista donde el individuo construye sus marcos referenciales basado fundamentalmente en la *doxa* y no en la *episteme*, con la finalidad de aprehender la realidad<sup>2</sup>. Por lo tanto, las verdades obtenidas sobre el entorno —y sobre sí mismo— obedecen estrictamente a sus juicios personales. La progresiva importancia de la apreciación individual del sujeto se corresponde con otra situación patente en nuestra era de la Información: la personalización en la producción de bienes y servicios. La industrialización abrió el camino a la estandarización y la producción masiva dando lugar a un crecimiento sin precedentes en la historia humana. Mientras

---

<sup>2</sup> Con respecto a este punto, se recomienda al lector consultar el capítulo *La Frontera entre Ciencia y Especulación*, en la obra *Ciencia, Filosofía y Racionalidad*, del antropólogo y filósofo Jesús Mosterín (2013).

que en la era de la Información, observamos la oferta masiva de productos y servicios acompañada de un incremento en las opciones potenciales para los consumidores. Por ejemplo, un conjunto de personas puede adquirir el mismo modelo de teléfono celular pero cada una le instalará sus aplicaciones y aditamentos favoritos. Las parrillas de programación en TV, inicialmente limitadas a unos pocos canales, ahora rebosan de cientos de ellos orientados a diferentes segmentos (series, hogar, documentales, deportes, etc.) que compiten directamente con las más recientes propuestas digitales provenientes de plataformas de *streaming* como Netflix, Amazon Prime Video o Disney+ y redes de generación de contenido audiovisual masivo como YouTube, en cuyos canales puede encontrarse una increíble variedad.

La oferta masiva pero ajustada a las preferencias específicas de los individuos marca un nuevo hito en el comportamiento social subrayando la atención “hacia lo interno” y la apropiación subjetiva del mundo objetivo como guía conductual del individuo. Al respecto, Toffler (1972) argumenta que “Las mismas fuerzas desestandarizadoras que incrementan la opción individual con respecto a los productos materiales y culturales, están también desunificando nuestras estructuras sociales” (pág. 298). Los esquemas socioculturales altamente estructurados, como la religión, también experimentan esta transformación desde sus cimientos, pasando de dogmas monolíticos externalizados a pautas flexibles y ajustadas a la vivencia individual. La religión se personaliza, como nos relata Ascensio (2007) sobre la conocida “Nueva Era”, la cual “...es un producto típico de los tiempos actuales, de la posmodernidad, con su permisividad, su fragmentación, sus mezclas y amalgamas a veces insólitas y su carácter suave, ‘light’ que permite que gente muy diversa pueda adaptarse a su estilo” (pág. 118).

Precisamente, la fragmentación y extrema fluidez de la vida social son rasgos definitorios de la condición actual de la modernidad, *modernidad líquida* en palabras

de Zygmunt Bauman, donde “...la responsabilidad por la elección y sus consecuencias queda donde la ha situado la condición humana de la modernidad líquida: sobre los hombros del individuo, ahora designado gerente general y único ejecutor de su ‘política de vida’” (Bauman, 2013, pág. 17). Ni siquiera el discurso científico ha sido inmune a la corriente “subjetivadora” que considera al método de la ciencia como uno más entre muchos para comprender la realidad y cuya validez es tan significativa como podría ser la de cualquier otro. Al respecto, Feyerabend (1986) declara que “... la ciencia es mucho más semejante al mito de lo que cualquier filosofía científica está dispuesta a reconocer. La ciencia constituye una de las muchas formas de pensamiento desarrolladas por el hombre, pero no necesariamente la mejor” (pág. 289). O, en esa misma línea de pensamiento, la subjetivación del hecho y su existencia condicionada a la construcción previa por parte de los seres humanos, como postulan los enfoques constructivistas radicales, que incluso llegan al punto de afirmar que “...ningún hecho se da independientemente de las sociedades y sus necesidades e intereses contingentes” (Boghossian, 2009, pág. 48). Ambos planteamientos parecen confirmar la tesis sostenida por Asimov en 1980. Con base a lo expuesto, concluimos que información y conocimiento no son lo mismo, pero aquella es un pilar necesario para éste. La producción, tratamiento y difusión de la información, ahora más que en ningún otro momento de la historia, desempeñan un papel determinante en el porvenir de la humanidad contemporánea.

### **1.1.2 Cableado global de información**

Con la aparición de Internet a mediados de la década de 1990<sup>3</sup>, la trascendencia de la información como elemento definitorio de la sociedad se exagera. Por primera vez en

---

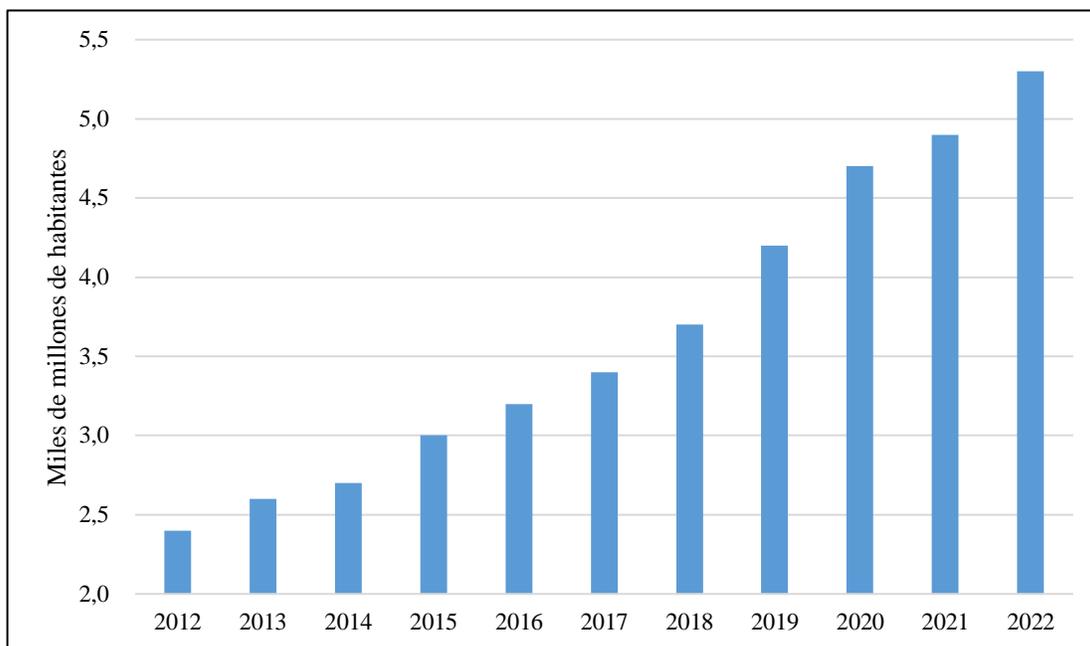
<sup>3</sup> Aunque el origen de Internet se remonta a la década de 1960, su apertura y masificación a todo el mundo se concretó a mediados de 1990. Para la observación de los hitos relevantes sobre el origen de Internet, consultar la obra de Manuel Castells (2001b), *La Galaxia Internet*, en la que emprende un fascinante y amplio recorrido sobre la historia de Internet.

la historia de la humanidad aparece una red masiva de acceso e intercambio de información con la potestad de interconectar a miles de millones de usuarios alrededor del globo. El vocablo *Internet*, acrónimo de interconectividad de redes en inglés, permite enlazar una computadora o un conjunto de computadoras asociadas localmente a una colosal red interconectada, razón por la cual se conoce a Internet como la red de redes (Laudon & Laudon, 2012). En virtud que no es propiedad de ninguna organización, gobierno o persona natural, Internet no cuenta con un órgano de dirección central que controle sus actividades o una institución política que determine sus filiaciones ideológicas, por lo tanto, es una plataforma de libre uso. Como aseveran O'Brien y Marakas (2011):

Anyone who can access the Internet can use it and the services it offers. Because the Internet cannot be accessed directly by individuals, we need to use the services of a company that specializes in providing easy access. An ISP, or Internet service provider, is a company that provides access to the Internet to individuals and organizations. For a monthly fee, the service provider gives you a software package, user name, password, and access phone number or access protocol. With this information (and some specialized hardware), you can then log onto the Internet, browse the World Wide Web, and send and receive e-mail. (págs. 225-226)

El alcance de Internet se ha expandido exponencialmente (véase figura 1) y ha ejercido una notable influencia sobre el crecimiento económico y la configuración general de las TIC (Katz, 2008). En un periodo de diez años se ha duplicado su uso alrededor del mundo. Aunque muchas iniciativas paralelas o anteriores a Internet, como los satélites o los teléfonos celulares, han contribuido a la situación actual de las comunicaciones globales donde "...las telecomunicaciones son uno de los principales motores del crecimiento y del desarrollo económico mundial..." (García, 2007, pág. 394), es innegable que la presencia de Internet ha trascendido los linderos de la tecnoestructura para convertirse en un fenómeno cultural de carácter global. Al respecto, Castells (2001) sostiene que "Esta economía tiene una base tecnológica de información y comunicación microelectrónicas y tiene una forma central de organización cada vez

mayor: Internet, que no es una tecnología, sino una forma de organización de la actividad...” (pág. 210). De tal manera que penetra todas las esferas de la actividad humana y concentra a su alrededor recursos financieros, tecnológicos, naturales e informacionales.



**Figura 1. Uso de Internet en el mundo.**

Fuente: Unión Internacional de Telecomunicaciones (2022)

Internet permite el desarrollo de una extendida gama de aplicaciones y herramientas que satisfacen las más variadas necesidades y deseos sin restricciones de carácter geográfico. *Cloud computing* o computación en nube representa una de estas herramientas, altamente difundida desde finales de la primera década del siglo XXI y que ha erigido un nuevo paradigma en la sociedad de la información. Según Joyanes (2010), la computación en nube puede definirse como:

...un nuevo modelo informático en el que los datos y las aplicaciones se reparten en nubes de máquinas, cientos de miles de servidores de ordenadores pertenecientes a los gigantes de internet, Google, Microsoft, IBM, Dell, Oracle, Amazon... y poco a poco a cientos de

grandes empresas, universidades, administraciones, que desean tener sus propios centros de datos a disposición de sus empleados, investigadores, doctorandos, etc. (pág. 112)

El uso de la computación en nube se extiende a organizaciones de diversa índole, por ejemplo: dependencias gubernamentales, asociaciones cívicas y educativas, empresas, medios de comunicación; y al público en general (Joyanes, 2010). El rol desempeñado por Internet es esencial para la existencia de la computación en nube “...since it represents either the medium or the platform through which many cloud computing services are delivered and made accessible...” (Buyya, Vecchiola, & Selvi, 2013, pág. 8).

La infraestructura construida a partir de Internet conecta a la sociedad contemporánea a un nivel global y profundo, promoviendo el intercambio masivo de datos, información, conocimiento, normas, bienes, existencias y recursos. El flujo de elementos compartido por los individuos —sistemas dinámicos abiertos—, dentro de un determinado marco sociocultural conforma redes locales. Estas a su vez se agrupan dentro de esquemas más y más amplios forjando sistemas con mayor grado de complejidad, hasta alcanzar el nivel global, en el cual toda la sociedad edifica su estructura interna en torno a las tecnologías de la información y comunicación, materializándose así una sociedad red de carácter global (Castells, 2009). A pesar de la ausencia de completa equidad dentro de las redes globales, puesto que parte de la humanidad no se encuentra integrada ni comparte los beneficios de las mismas, su influencia en el comportamiento y devenir de las personas es notable. En este sentido, Castells (2009) afirma:

The core activities that shape and control human life in every corner of the planet are organized in global networks: financial markets; transnational production, management, and the distribution of goods and services; highly skilled labor; science and technology, including higher education; the mass media; the Internet networks of interactive, multipurpose communication; culture; art;

entertainment; sports; international institutions managing the global economy and intergovernmental relations; religion; the criminal economy; and the transnational NGOs and social movements that assert the rights and values of a new, global civil society (...) Globalization is better understood as the networking of these socially decisive global networks. (pág. 25)

### **1.1.3 Economía de servicios informatizados**

La Primera Revolución Industrial, acaecida en la segunda mitad del siglo XVIII, reformuló desde los cimientos los paradigmas que moldeaban el comportamiento y las concepciones de la sociedad occidental. La especialización de las fuerzas productivas según la actividad requerida, la implementación de avances tecnológicos como el telar automático, las grandiosas mejoras en los procesos de la industria metalúrgica y carbonífera, un eficaz aprovechamiento del vapor como fuente de energía y la mecanización del proceso productivo mediante el uso de máquinas que sustituían la fuerza muscular del ser humano y los animales, dio como resultado un aumento sustancial en la actividad comercial. En *La Riqueza de las Naciones*, obra decimonónica de Adam Smith publicada en 1776, se evidencia un modelo sistemático de desarrollo económico enmarcado en el contexto político-ideológico de la tesis liberal (Samuelson & Nordhaus, 2010), lo que proporcionó las bases fundamentales de la ciencia económica moderna.

La consolidación de la sociedad industrial se materializó un siglo después, con el advenimiento de la Segunda Revolución Industrial. El surgimiento de parques industriales completos para la explotación de los combustibles fósiles y la electricidad como principales fuentes de energía dio pie al desarrollo de nuevas técnicas e instrumentos de producción. El crecimiento de la industria se tradujo en el crecimiento de las organizaciones, las cuales adoptaron complejas formas de asociación como los monopolios, las fusiones, los holdings y la vinculación estratégica empresa-banca, con

la finalidad de incrementar el capital para la inversión en las diferentes actividades manufactureras las cuales demandaban progresivamente mayores cantidades, dando origen al capitalismo financiero (Nuvolari, 2019). La expansión comercial iniciada en el siglo XVIII se multiplicó para finales del siglo XIX como resultado de la creación de sólidas redes de comunicación que interconectaban los nichos mercantiles del globo, movilizando un constante flujo de existencias y capitales. La sociedad industrial presenció un aumento sin precedentes en sus ingresos, medidos a través del promedio mundial del producto interior bruto per cápita. Desde finales del siglo XIX y a lo largo de todo el siglo XX, esta cifra creció en más de 650%. Por otra parte, los doscientos años precedentes al período industrial, experimentaron un incremento de apenas 50% (Ferguson, 2007).

El paradigma económico de la sociedad industrial se fundamenta en las actividades manufactureras pertenecientes al sector secundario de la economía, las cuales involucran la transformación de la materia prima en productos semi-terminados y terminados que serán incorporados al ecosistema de negocios. Sin embargo, los servicios, que tradicionalmente constituían una extensión intangible de los productos, ostentan actualmente una posición dominante dentro de la dinámica comercial. Los servicios no fundamentan su existencia en objetos físicos sino esencialmente en ideas, información y conocimiento que no pueden ser inventariados ni almacenados como un bien, puesto que técnicamente no existen hasta el momento en que el usuario los solicita (Daft, 2010). La industrialización desplazó el eje fundamental de la economía del sector primario, constituido esencialmente por las actividades agropecuarias y mineras, al sector secundario. La informatización desplazó nuevamente el núcleo de la actividad económica, esta vez hacia el sector terciario, cuya actividad básica consiste en la elaboración, distribución y comercialización de soluciones a partir de productos terminados. “Clearly, the new technologies of the ICT revolution seem to provide tremendous opportunities in terms of the processing and transmission of information

in many corporate contexts” (Nuvolari, 2019, pág. 41). La economía informatizada orientada al mercado es un sello distintivo de la mayoría de los espacios urbanos del mundo, revelando el incipiente paradigma post-industrial distintivo de la sociedad de la información.

#### **1.1.4 Conciencia ecológica: el reto de la sostenibilidad ambiental**

La relación individuo-naturaleza constituye un pilar básico en el desarrollo de todo organismo viviente. La capacidad de adaptación de las especies a las condiciones del ambiente determina la supervivencia de éstas y su éxito biológico. Durante la evolución del *Homo sapiens*, los avances tecnológicos otorgaron a la especie la posibilidad de alterar el ambiente para incrementar sus oportunidades de supervivencia, mediante la domesticación de animales y plantas, la fabricación de herramientas o la manipulación del fuego (Odum & Barrett, 2006). No obstante, dicha alteración puede producir efectos adversos al agotar los recursos naturales o deteriorar el ambiente hasta convertirlo en un escenario nocivo para la vida humana. En la década de 1970, se llevaron a cabo las Conferencias de las Naciones Unidas sobre el Entorno Humano y los Asentamientos Humanos, destacando la responsabilidad directa del ser humano sobre la preservación del ambiente para lograr su bienestar y garantizar su calidad de vida. Para 1987, la Comisión Mundial de las Naciones Unidas para el Ambiente y el Desarrollo publicó el informe *Nuestro Futuro Común*, que exponía entre sus puntos principales: el análisis y repercusión de las fuentes de energía renovables y no renovables; la optimización en la gestión de recursos por parte de las empresas; la preservación de las especies animales y su potencial económico; y la importancia de alcanzar el desarrollo sostenible para lograr un crecimiento económico y social en armonía con el ambiente.

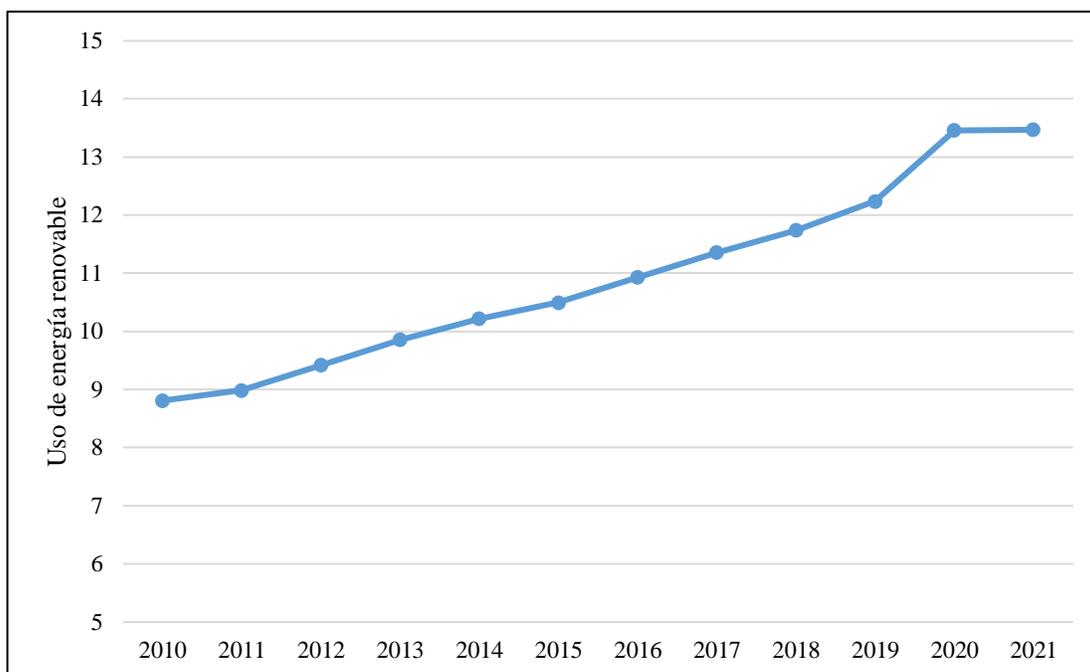
El concepto de desarrollo sostenible representa uno de los lineamientos paradigmáticos en la Era de la Información y fue acuñado en el mencionado informe *Nuestro Futuro Común* (Naciones Unidas, 1987), definiéndolo como:

...el desarrollo que satisface las necesidades de la generación presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades (...) Encierra en sí dos conceptos fundamentales: el concepto de "necesidades", en particular las necesidades esenciales de los pobres, a las que se debería otorgar prioridad preponderante; la idea de limitaciones impuestas por la capacidad del medio ambiente para satisfacer las necesidades presentes y futuras. (pág. 59)

Recorrer la senda del desarrollo sostenible exige una profunda transformación en las bases económicas y culturales de cada nación. La materialización del desarrollo humano en el tiempo implica un enfoque a largo plazo, la administración inteligente de los recursos en aras de garantizar el porvenir de la humanidad. La perspectiva centrada en el individuo deja entrever una nueva perspectiva centrada en la especie, destacando la importancia de las complejas y dinámicas relaciones establecidas entre los organismos y el ecosistema. La ecología, disciplina científica estudiosa de la interacción entre las personas y su entorno para lograr la supervivencia, a partir de la década de 1970, aborda temas como el crecimiento demográfico, la diversidad biológica, el consumo energético o la contaminación del ambiente. La ecología representa un nexo entre las ciencias naturales y las sociales (Odum & Barrett, 2006), la cual busca brindar a la especie humana mayores oportunidades de supervivencia y calidad de vida preservando las condiciones favorables del entorno.

La producción de energía primaria se ha duplicado en las últimas cuatro décadas y, aunque dominada en gran parte por los combustibles fósiles, la industria energética ha incrementado progresivamente la participación de las fuentes renovables al suministro mundial (Agencia Internacional de Energía, 2016). De hecho, la utilización de fuentes de energía renovable constituye una de las medidas más significativas en la

conservación del ambiente y manifiestan una tendencia creciente en términos absolutos, especialmente en la última década (véase figura 2). Diversas fuentes energéticas, como la solar, eólica, geotérmica, hidroeléctrica, suponen una alternativa viable en el mediano y largo plazo al combustible fósil, orientadas a satisfacer la demanda energética en ascenso de la humanidad mediante una manipulación eficiente y segura del ambiente.



**Figura 2. Promedio del uso mundial de fuentes de energía renovable, en porcentaje.**

Fuente: Our World in Data (2022)

### **1.1.5 Elevada concentración poblacional en zonas urbanas**

Desde las primeras ciudades fundadas al término del período neolítico hasta la Segunda Revolución Industrial, la población urbana mundial se mantuvo en ascenso hasta alcanzar un 13% de la población total (Naciones Unidas, 2006). Por lo tanto, durante más de 5 mil años se produjeron desplazamientos poblacionales desde las áreas rurales a las urbanas alcanzando un tope de 220 millones de habitantes al iniciar el siglo XX.

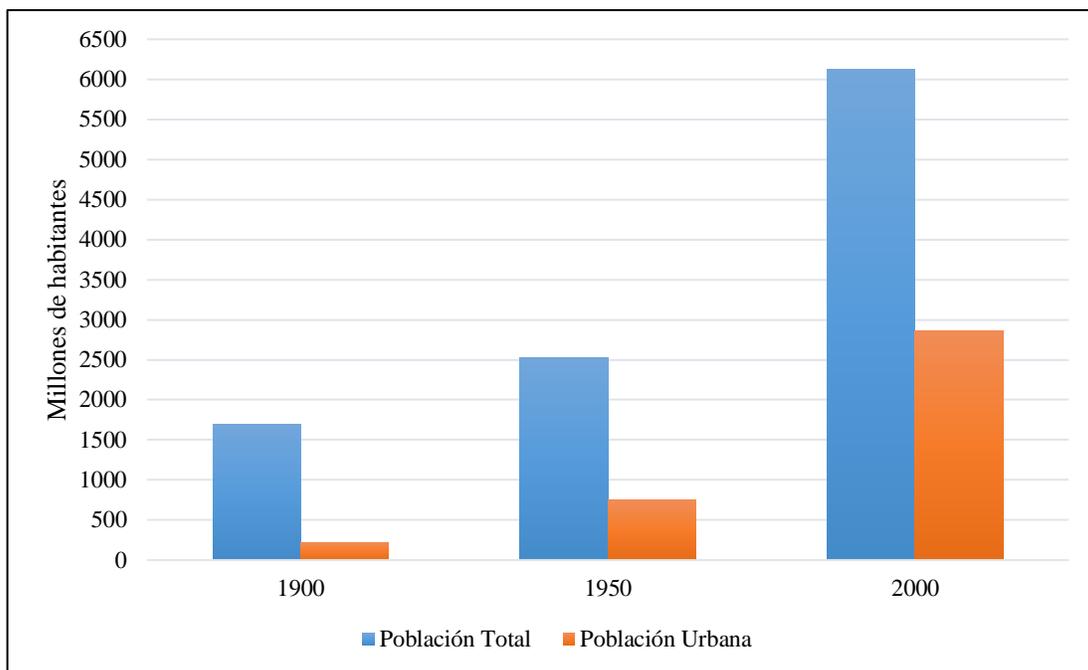
La primera mitad de esta centuria estuvo marcada por acontecimientos trágicos para la humanidad. La Primera Guerra Mundial, entre 1914 y 1918, reunió a las potencias del mundo en una confrontación de desgaste, lo que representó una pérdida masiva de vidas nunca antes vista en otro conflicto bélico. Poco después de la culminación de la guerra, otra catástrofe, esta vez de tipo biológico, azotó a la humanidad. La pandemia de influenza de 1918, conocida como la Gripe Española, atacó severamente a la población, en especial a los adultos jóvenes, alcanzándose una mortalidad de 5% a 10% en algunas localidades (Johnson & Mueller, 2002). La pandemia se esparció a lo largo de tres oleadas que, para finales de 1919, ya habían recorrido el mundo entero dejando tras de sí una huella de desolación y muerte. Respecto al número de víctimas, algunas estimaciones realizadas justo después de los hechos reflejan poco más de 20 millones de personas fallecidas. No obstante, investigaciones más recientes, como las realizadas por Johnson y Mueller, revelan que la extrema dificultad y hasta imposibilidad de recabar los datos en numerosas regiones afectadas distorsionan enormemente las cifras obtenidas, las cuales distan considerablemente de las reales. “Consequently, the real pandemic mortality may fall in the range of 50 to 100 million, but it would seem unlikely that a truly accurate figure can ever be calculated” (Johnson & Mueller, 2002, pág. 115).

La Segunda Guerra Mundial, entre 1939 y 1945, excedió con creces el horror y la destrucción traídos por su predecesora. La incorporación de nuevas tecnologías y armamento modificó diversos parámetros de la estrategia militar lo que conllevó al incremento de la potencia de fuego y la capacidad de aniquilación del enemigo a niveles inimaginables. El historiador Niall Ferguson (2007) señala:

En las dos guerras mundiales que dominaron el siglo murió un porcentaje de la población mundial significativamente mayor que el de cualquier conflicto anterior de magnitud geopolítica comparable (...) las dos guerras mundiales no tuvieron parangón ni en gravedad (número de muertos en el campo de batalla por año) ni en

concentración (número de muertos en el campo de batalla por nación y año). Desde cualquier ángulo, la Segunda Guerra Mundial constituyó la mayor catástrofe de origen humano de todos los tiempos (...) (pág. 36)

Aún con este terrible panorama, la población urbana mundial para 1950 (véase figura 3) se elevó a 730 millones de habitantes, lo que representaba un 29% de la población total del mundo. En otras palabras, la proporción de crecimiento urbano experimentada a lo largo de cinco milenios fue superada en los primeros 50 años del siglo XX. A pesar de la elevada mortalidad durante este período producto de guerras y enfermedades implacables, el crecimiento y la expansión en las ciudades arrojaron un altísimo saldo positivo.



**Figura 3. Crecimiento demográfico en el siglo XX.**

Fuente: Naciones Unidas (2019)

En la segunda mitad del siglo XX no se gestaron conflagraciones equivalentes a las guerras mundiales. Sin embargo, y a pesar del profundo impacto geopolítico y cultural de ambos conflictos, a lo largo del siglo se llevaron a cabo innumerables luchas

alrededor del globo cuya sistemática violencia diezmó a poblaciones enteras. En palabras de Ferguson (2007) “Los cien años transcurridos a partir de 1900 constituyeron sin duda el período más sangriento de la historia moderna, mucho más violento, tanto en términos relativos como absolutos, que cualquier época anterior” (pág. 36). No obstante, la cantidad de habitantes urbanos se incrementó considerablemente, desplazándose de 29% a 46% en todo el mundo. La tasa de crecimiento anual<sup>4</sup> de la población urbana alcanzó la cifra máxima de 2,63% durante la década de 1970, momento en que inició una desaceleración, y culminó la centuria con un valor de 2,20% (Naciones Unidas, 2015a). En suma, la población total cerró el siglo superando los 6 mil millones de habitantes.

Los primeros quince años del siglo XXI han mantenido una tendencia poblacional creciente. Al término de la primera década, el número de habitantes en las ciudades del mundo superó a los habitantes de las zonas rurales. Actualmente, esta proporción ha alcanzado un 54% de la población total del mundo y las proyecciones muestran cifras de 60% para 2030 y 66,4% para 2050 (Naciones Unidas, 2015a). No obstante, el grado de urbanización no se manifiesta en la misma magnitud en todo el mundo, como se evidencia en el Informe sobre Poblaciones Urbanas del Mundo, elaborado por Naciones Unidas (2015a):

There is significant diversity in the urbanization levels reached by different regions. The most urbanized regions include Northern America (82 per cent living in urban areas in 2014), Latin America and the Caribbean (80 per cent), and Europe (73 per cent). In contrast, Africa and Asia remain mostly rural, with 40 and 48 per cent of their respective populations living in urban areas. All regions are expected to urbanize further over the coming decades. (pág. XXI)

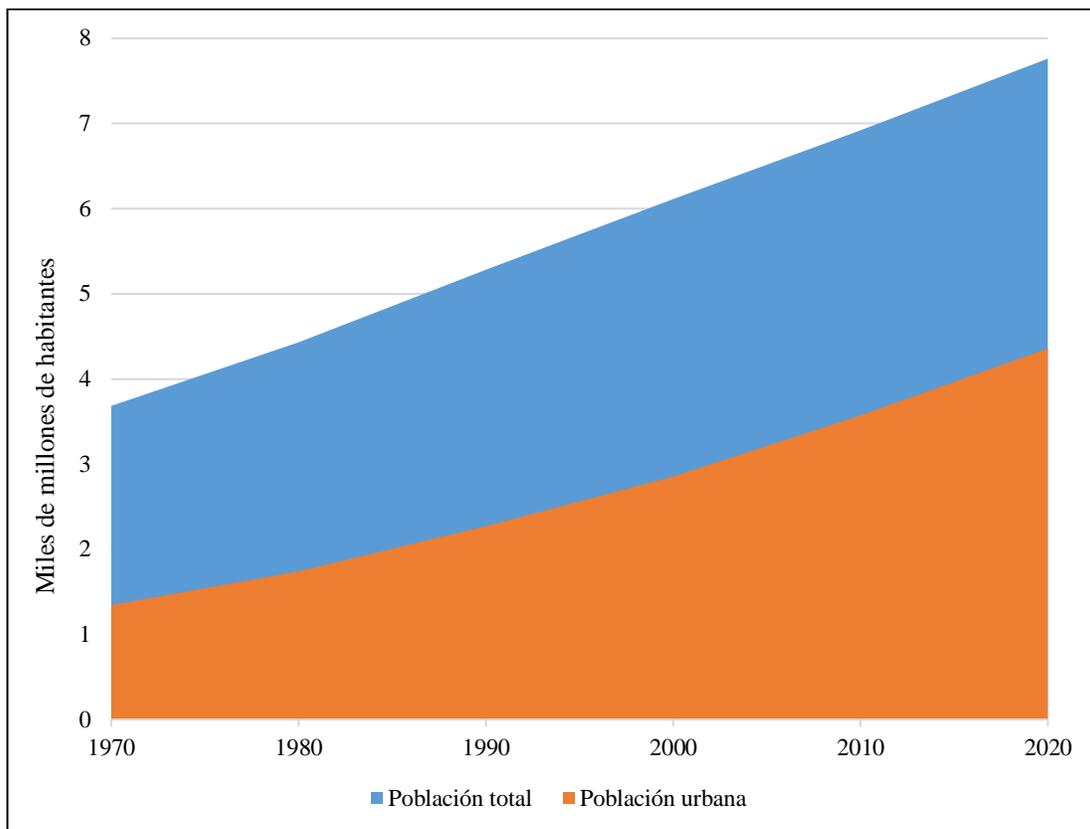
---

<sup>4</sup> Aunque continúa la vigencia del término, las Naciones Unidas prefiere utilizar el concepto de *ritmo de cambio*, puesto que la variación puede ser positiva o negativa y no tendría sentido hablar de un crecimiento negativo.

Se prevé que para los próximos 40 años África y Asia aportarán 1300 millones y 900 millones de habitantes, respectivamente, a la población el mundo (Naciones Unidas, 2015b). A pesar de la progresiva reducción del ritmo de cambio anual de la población mundial, la tendencia de crecimiento continuará a lo largo del siglo.

#### **1.1.6 Innovaciones contemporáneas en el espacio urbano**

Las ciudades han ejercido un importante rol como centros para la producción, difusión e intercambio de los bienes y valores en la sociedad, lo que se corresponde con una categórica tendencia de crecimiento desde su origen hace más de cinco milenios. No obstante, vale la pena concentrar la atención en el último medio siglo (véase figura 4). La cifra de habitantes urbanos pasó de poco más de mil millones de habitantes en 1970 a cuatro mil trescientos millones en 2020. Además, desde fines del decenio 2000-2010, más de la mitad de la población mundial habita en ciudades y la tendencia continúa en aumento, especialmente en aquellos países en vías de desarrollo.



**Figura 4. Población urbana respecto a la población total, 1970-2020.**

Fuente: Banco Mundial (2021) y Naciones Unidas (2019)

Con el despuntar del nuevo milenio se popularizaron numerosas iniciativas —a las que denominaremos propuestas urbanas— conducentes a la transformación del espacio urbano determinadas por el singular entorno sociotécnico de la era de la Información (Vivas, 2020). Unas se apoyan en la potenciación de las telecomunicaciones, otras en la formación educativa de los ciudadanos y algunas más proponen una importante participación de las dependencias gubernamentales. Ante estas diferencias, Nam y Pardo (2011) argumentan que cada propuesta urbana puede agruparse en 3 categorías según sea su orientación tecnológica, humana o institucional. En las próximas líneas se expondrán brevemente algunas de las propuestas urbanas más difundidas y con mayor trayectoria en la literatura académica y especializada.

### ***1.1.6.1 Ciudad sostenible***

La ciudad sostenible (*sustainable city*) es la primera de las propuestas urbanas y sus fundamentos derivan de las conclusiones del ya comentado informe *Nuestro Futuro Común* aprobado por la Asamblea General de Naciones Unidas en 1987. En este documento se acuñó el término de desarrollo sostenible definido como aquel que satisface las necesidades actuales de la humanidad sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras de satisfacer las suyas (Naciones Unidas, 1987) . Asimismo, el informe subraya la importancia de la protección del medio ambiente, asegurándose que las “...las economías en aumento continúan firmemente adheridas a sus raíces ecológicas y que estas raíces están protegidas y nutridas de manera que soporten el crecimiento durante largo período” (Naciones Unidas, 1987, pág. 56). En la siguiente década, y partiendo de estos postulados, emerge una adaptación ajustada a la realidad urbana, la ciudad sostenible, como un conjunto de “people and businesses continuously endeavour to improve their natural, built and cultural environments (...) whilst working in ways which always support the goal of global sustainable development” (Haughton & Hunter, 2003, pág. 26).

La ciudad sostenible considera la formulación de estrategias orientadas a la reducción del impacto negativo de las actividades humanas sobre el ambiente, específicamente el control de la contaminación o la exploración sistemática de fuentes de energía renovable como alternativas a las tradicionales basadas en combustibles fósiles. La factibilidad de un espacio urbano sostenible depende en gran medida del levantamiento de una infraestructura legal y administrativa que permita la puesta en marcha de planes y acciones en conjunto que involucren a diversos actores urbanos. En consecuencia, su orientación suele ser de carácter institucional. Camagni, Capello y Nijkamp (1998) argumentan que la sostenibilidad se alcanza a través de la interacción armónica y equilibrada entre los entornos físico, económico y social de la ciudad. En 2015, en el marco de los Objetivos del Desarrollo Sostenible (ODS) de la Agenda 2030 de las

Naciones Unidas, se formuló el objetivo 11 que contempla explícitamente las ciudades y comunidades sostenibles.

### ***1.1.6.2 Ciudad del conocimiento y el aprendizaje***

Las siguientes propuestas urbanas se alinean con la perspectiva humana, puesto que concentran su atención en el ciudadano y la forma en que éste interactúa con el espacio urbano. La ciudad del conocimiento (*knowledge city*) promueve “the continuous creation, sharing, evaluation, renewal and update of knowledge” (Ergazakis, Metaxiotis, & Psarras, 2004, pág. 7) a través de un modelo que integra los servicios básicos de la ciudad, el diseño urbano, una cultura basada en el conocimiento y la plataforma tecnológica de información y comunicación accesible a la ciudadanía. La ciudad del conocimiento, que reposa sobre una visión estructural del espacio urbano, encuentra su complemento en la ciudad del aprendizaje (*learning city*), con una aproximación centrada en la conducta y que apunta al desarrollo educativo del ciudadano. De acuerdo a la Comisión Europea, la ciudad del aprendizaje “creates a vibrant, participative, culturally aware and economically buoyant human environment through the provision, justification and active promotion of learning opportunities to enhance the potential of all its citizens” (Longworth & Osborne, pág. 374). Una de las actividades más importantes propiciadas por este entorno es el aprendizaje para toda la vida (*Long life learning*, LLL por sus siglas en inglés), mediante el cual el individuo se mantiene adquiriendo habilidades, destrezas y competencias en las áreas que más le interesan a lo largo de toda su vida —formal o informalmente— lo que contribuye activamente con el bienestar personal y social.

### ***1.1.6.3 Ciudad ubicua***

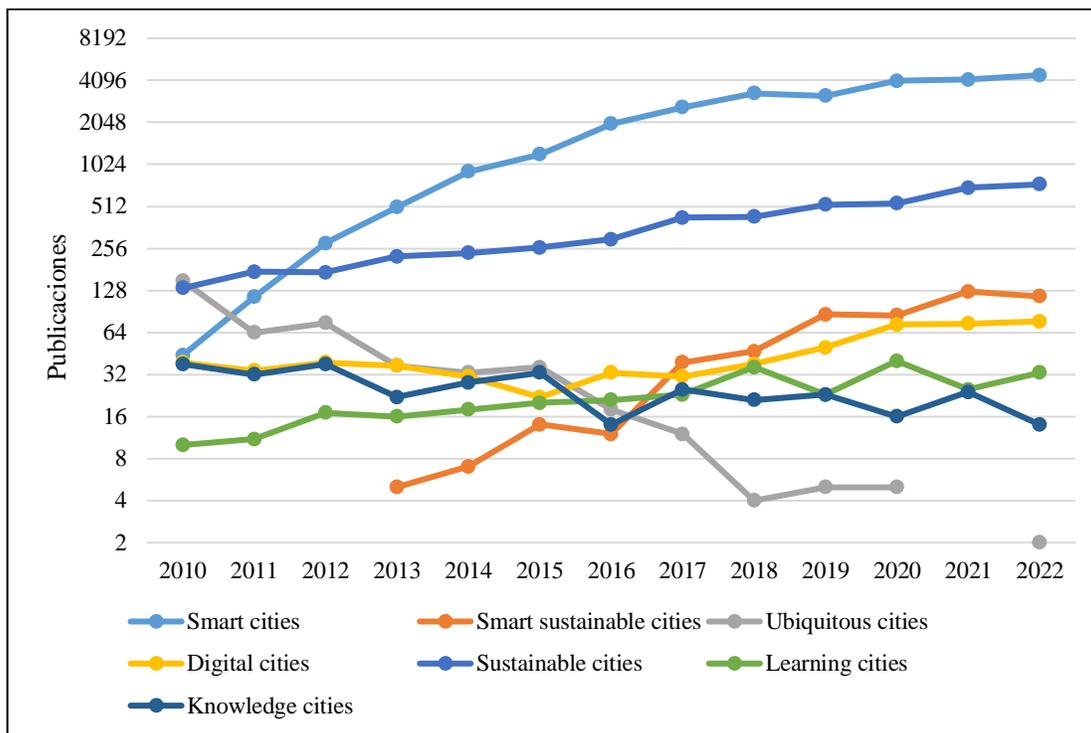
La ciudad ubicua, o *U-City*, destaca por su orientación tecnológica. En lo concerniente a la planificación y el diseño urbano, la disponibilidad de una amplia gama de servicios

dentro de la ciudad por parte de la ciudadanía representa una de las metas más importantes trazadas por la administración de la *U-City*. La premisa esencial consiste en la creación de un entorno accesible y eficiente que, mediante los dispositivos adecuados, ofrezca a los habitantes soluciones inmediatas a sus requerimientos, en cualquier momento y lugar dentro de la ciudad (Nam & Pardo, 2011). Esta propiedad es conocida como ubicuidad, aludiendo a la condición de “omnipresencia” exhibida por la infraestructura interconectada de servicios urbanos disponibles para los ciudadanos.

Corea del Sur ha realizado grandes esfuerzos en la construcción de una ciudad ubicua, evidenciándose en la creación de un instrumento legal en 2008, modificado posteriormente en 2013, denominado *Ley para la Construcción de Ciudades Ubicuas* (2013), el cual define a la ciudad ubicua como aquella que “...provides ubiquitous city services at any time in any place through the ubiquitous city infrastructure constructed by utilizing ubiquitous city technologies to enhance the competitiveness of the city and the quality of life therein”. Los servicios suministran información a los ciudadanos referente a ámbitos estratégicos de la ciudad. La infraestructura sirve de soporte material a los servicios y, a través de la concentración y dirección adecuada de los recursos, permite la prestación eficaz de aquellos a todos los usuarios. El Centro de Operaciones Integrado, como institución ejecutiva de planificación urbana responsable de monitorear y garantizar los servicios, es un claro ejemplo de la infraestructura en la ciudad ubicua. Por otra parte, la tecnología ubicua abarca el desarrollo del *know-how* y las innovaciones inherentes a las TIC, o a cualquier otra tecnología, necesarias para el levantamiento de la infraestructura ubicua y el ofrecimiento de los servicios a la ciudadanía (Jang & Suh, 2010). La relación armónica entre la infraestructura, la tecnología y los servicios materializa la ubicuidad dentro del espacio urbano.

### 1.1.7 Predominio de la *smart city*

La extraordinaria difusión de la noción de ciudad inteligente y su primacía con respecto a otras propuestas es un hecho significativo. Para verificar este argumento hemos realizado una investigación en la base de datos académica Google Scholar utilizando diversas propuestas urbanas como términos de búsqueda, específicamente: *smart cities*; *smart sustainable cities*; *ubiquitous cities*; *digital cities*; *sustainable cities*; *learning cities*; y *knowledge cities*. El periodo para la búsqueda de las publicaciones fue establecido entre 2010 y 2021. Además, los términos de búsqueda fueron considerados en singular y plural, excluyéndose citas y patentes. Un resumen de los resultados se observa en la figura 5. En 2022, la *smart city* alcanzó 4460 publicaciones en contraposición a las 736 publicaciones alcanzadas por la ciudad sostenible. En otras palabras, el término de ciudad inteligente supera a su más cercano rival en una proporción de 6:1. La propagación de la *smart city* ha coincidido con el declive e incluso desaparición de otras propuestas, como la ciudad digital o la ciudad de aprendizaje. Por ejemplo, la ciudad ubicua o *U-City* surgida en Corea del Sur, como se comentó en párrafos anteriores ha sido definitivamente reemplazada en 2018 con la promulgación de la ley 15372 (2018) acerca de la promoción del desarrollo de la *smart city* en el país asiático. Sin embargo, el gráfico nos revela que los otros términos han sido, en gran medida, subsumidos por el concepto de *smart city*. La fluidez y flexibilidad de su constitución, análoga a la modernidad líquida que define nuestra realidad contemporánea, admite la evolución e incorporación progresiva de otras propiedades y atributos que marcan referentes distintos en la transformación urbana pero que al mismo tiempo convergen hacia una base común.



**Figura 5. Apariciones de los términos de propuestas urbanas 2010-2021.**

Fuente: Elaboración propia

En este contexto diversificado y profundamente fluido emerge el concepto de *smart city* o ciudad inteligente, como una propuesta urbana que materializa aspiraciones, preocupaciones y valores distintivos de la sociedad global de la información, como la omnipresencia tecnológica o el creciente interés en las medidas amigables con el medio ambiente. En ese sentido, Gil-García, Pardo y Nam (2015) argumentan que la ciudad inteligente constituye “...a way to encompass very different initiatives related to urban innovation and the ways local governments are creatively dealing with pressing and dynamic urban problems...” (pág. 62). Justamente, la ciudad inteligente manifiesta una conducta ambivalente: por una parte, actúa como tejido cohesionador entre una miríada de proyectos e iniciativas que pretenden iniciar la transformación urbana desde su propia parcela de ejercicio técnico, social, económico o ambiental; y por otra parte, actúa como valor diferenciador en distinguir ámbitos de acción muy distintos —con

frecuencia divergentes— que se dan cita en el espacio urbano. Esta ambivalencia integración-diferenciación ha tornado escurridiza la definición del concepto, arrojando no pocas imprecisiones y ambigüedades. “The disparity among smart city definitions can be attributed to the varying and complementary perspectives with which they have been described throughout literature over time” (Sharifi, Srivastava, Singh, Tomar, & Raji, 2022, pág. 24). Son abundantes las publicaciones acerca de *smart cities* con secciones enteras dedicadas a la exposición de diversas definiciones propuestas por los especialistas debido a que existen decenas en la literatura, aunque como argumentan Srivastava y Sharifi (2022), “Despite the increasing number of publications and heavy popularity of the term, there is no single, universally accepted definition for it...” (pág. 46). No obstante, con el propósito de ofrecer una visión razonablemente clara acerca de la *smart city*, hemos seleccionado un conjunto de 5 definiciones existentes en la literatura (véase tabla 1) las cuales, a semejanza de los vértices de un pentágono, marcan los hitos del contorno semántico de la *smart city*. Además, se proporcionan comentarios explicativos que precisan el contenido y alcance de cada definición. Ciertamente la pluralidad de significados salta a la vista, aunque se distingue la identificación de categorías concretas sobre las cuales actuarán las diferentes iniciativas urbanas, la importancia de la presencia de tecnologías basadas en la información y comunicación y los atributos o valores que guiarán las transformaciones en el espacio urbano.

**Tabla 1. Definiciones de *smart city***

<b>Definición</b>	<b>Fuente</b>	<b>Aspectos relevantes</b>
“A Smart City is a city well performing in a forward-looking way in these six characteristics [economy, people, governance, mobility, environment, living], built on the ‘smart’ combination of endowments and activities of self-decisive, independent and aware citizens”	(Giffinger et al., 2007, pág. 11)	La <i>smart city</i> es una combinación de 6 características distintivas: economía, personas, gobernanza, movilidad, ambiente y calidad de vida. Dichas características sirven de base para numerosos estudios posteriores.
“A city connecting the physical infrastructure, the IT infrastructure, the social infrastructure, and the business infrastructure to leverage the collective intelligence of the city”	(Harrison et al., 2010, pág. 2)	La <i>smart city</i> es un conjunto de 4 infraestructuras: física, social, TIC y negocios; las cuales impulsan el crecimiento urbano mediante una interconexión permanente.
“The smart city is the one that has the larger cultural capital and is able to use its knowledge to choose the better solutions for the further development of the city quality. Investments in cultural initiatives are therefore welcome, but especially the city should use its awareness to promote sustainable development, equal economic growth and environmental quality in the urban areas.	(Dameri & Rosenthal-Sabroux, 2014, pág. 4)	La <i>smart city</i> es capital cultural: ideas y actitudes apalancadas en el conocimiento disponible para promover soluciones orientadas al desarrollo sostenible y la equidad económica.
The smart city deals with innovation (not necessarily but mainly ICT-based) in the urban space that aims to enhance the 6 city dimensions (people, economy, government, mobility, living and environment). This is a very broad	(Anthopoulos, 2016, pág. 89)	La <i>smart city</i> es un constructo multívoco que agrupa toda clase de innovaciones urbanas ampliamente sustentadas por las TIC, aunque en función de las 6 características expuestas por el equipo de Giffinger et al. (2007).

definition to cover the many and variety of initiatives in this field (...) As such smart cities are an umbrella term for all sorts of innovations in the urban environment.		
“Smart city is an urban environment where technology allows for an efficient relationship between data and its applications in order to provide an environment that is responsive, resilient, and healthy. The functional aspects of this relationship are that a smart city is more immediately responsive, predictive, adaptive, and is capable of learning”	(James et al., 2021, pág 6)	La <i>smart city</i> es un entorno donde la tecnología incrementa la eficiencia y promueve los atributos de adaptación, resiliencia, predictibilidad, capacidad de respuesta e incluso aprendizaje.

Fuente: Elaboración propia

### ***1.1.7.1 Organismos públicos multilaterales***

Por otro lado, la ciudad inteligente se ha convertido, especialmente durante la última década, en un tema recurrente de las agendas académicas, empresariales y gubernamentales alrededor del mundo. Basta con introducir el vocablo *smart city* en el buscador de Google y se presenciara, en menos de una décima de segundo, la aparición de 3.200 millones de resultados<sup>5</sup>. Asociaciones internacionales y organismos multilaterales se han dado a la tarea de examinar a la ciudad inteligente. La Unión Internacional de Telecomunicaciones, después de analizar exhaustivamente más de 116 definiciones sobre ciudades inteligentes y sostenibles provenientes de fuentes muy variadas, incluyendo las académicas, gubernamentales y corporativas; publicó un informe titulado *Smart sustainable cities: an analysis of definitions*, en el cual define a la ciudad inteligente como aquella que hace uso de las tecnologías de la información y

<sup>5</sup> Consulta realizada el 10 de febrero de 2023.

la comunicación para mejorar la calidad de vida de los ciudadanos y la eficiencia de las operaciones urbanas, al mismo tiempo que garantiza la sostenibilidad económica, social y ambiental (Unión Internacional de Telecomunicaciones, 2014). La Comisión de las Naciones Unidas de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (2016a) destaca la importancia de un proceso de urbanización inclusivo, sostenible y duradero para las próximas décadas, siendo las ciudades inteligentes eje fundamental para alcanzar dicha meta. Sostiene, además, que la *smart city* presenta una gama diferente de oportunidades para cada nación, según su condición de país desarrollado o en vías de desarrollo, y de acuerdo a las características propias de su sociedad. La infraestructura inteligente constituye el soporte fundamental sobre el cual reposa la ciudad inteligente, y se despliega en varias categorías, siendo algunas de ellas: movilidad inteligente, edificios inteligentes, agua inteligente, salud inteligente y energía inteligente (Naciones Unidas, 2016a).

Durante la Conferencia de las Naciones Unidas sobre la Vivienda y el Desarrollo Urbano Sostenible, Hábitat III, la cual se celebra cada veinte años, reunida en Quito, Ecuador, en octubre de 2016; aprobó la *Nueva Agenda Urbana*, la cual consta de un conjunto de normas, principios y estrategias para la planificación, construcción, gestión y desarrollo de las zonas urbanas del mundo. En ella destacan la importancia de las ciudades inteligentes como centros para impulsar el crecimiento económico sostenible y la eficacia en la prestación de servicios a los ciudadanos a través de la implementación de tecnologías innovadoras en las áreas de transporte, energía y ambiente (Naciones Unidas, 2016). Particularmente en el lineamiento 66 de la Agenda, los países miembros de las Naciones Unidas afirman que:

Nos comprometemos a adoptar un enfoque de ciudades inteligentes en el que se aprovechen las oportunidades de la digitalización, las energías y las tecnologías no contaminantes, así como las tecnologías de transporte innovadoras, de manera que los habitantes dispongan de opciones para tomar decisiones más inocuas para el medio

ambiente e impulsar el crecimiento económico sostenible y que las ciudades puedan mejorar su prestación de servicios. (Naciones Unidas, 2016b, pág. 22)

El Banco Interamericano de Desarrollo, en su publicación *La ruta hacia las smart cities: migrando de una gestión tradicional a la ciudad inteligente* explica que las ciudades inteligentes son aquellas donde el ser humano se encuentra en el centro de la planificación y el desarrollo, y como a través de distintas prácticas es posible enfrentar los complejos desafíos urbanos en una forma integral y, en consecuencia, transformar exitosamente una ciudad tradicional en una inteligente (Bouskela, Casseb, Bassi, De Luca, & Facchina, 2016). Desde la óptica de políticas públicas nacionales, el gobierno de Corea del Sur, a través del Ministerio de Tierra, Infraestructura y Transporte, promulgó en 2013 el ya mencionado instrumento legal para gestionar eficientemente los servicios urbanos y procurar el aumento progresivo de la calidad de vida de los ciudadanos, destacando, al mismo tiempo, la presencia indispensable del desarrollo sostenible en esta nueva visión. En este orden de ideas, la capital de la nación, Seúl, preparó la agenda Smart Seúl 2015 con la finalidad de revisar y mejorar las iniciativas de innovación urbana formuladas en la década anterior y encauzarlas hacia la transformación de Seúl en una ciudad inteligente. El documento señala tres rasgos esenciales que deben ser cumplidos por toda ciudad que se considere inteligente, a saber: la presencia de una infraestructura fundamentada en las TIC (tecnologías de la información y comunicación); un marco de trabajo integrado para la gestión de la ciudad y la promoción de usuarios inteligentes mediante el acceso a los servicios y la educación para los ciudadanos (Hwang & Han Choe, 2013). Más recientemente, la nueva ley 15732 comentada en la sección anterior y cuya entrada en vigencia fue en agosto de 2018, ha profundizado el recorrido por la senda de la *smart city*.

Al otro lado del mundo, el gobierno de la ciudad colombiana de Medellín, se trazó el objetivo de “Transformar a Medellín de Ciudad Digital a Ciudad Inteligente a través

de la innovación tecnológica y social” (Alcaldía de Medellín, 2013, pág. 39). Mientras que Santander, ciudad ubicada al norte de España, ha desarrollado el plan *Santander Smart City*, el cual abarca diversas áreas tales como la seguridad, vivienda e infraestructuras, transporte, juventud, participación ciudadana, entre otras con la finalidad de vincular proactivamente la innovación, la ciudadanía y la transparencia en la gestión del espacio urbano (Ayuntamiento de Santander, 2018).

### ***1.1.7.2 Corporaciones y empresas***

La ciudad inteligente también forma parte de la agenda de grandes y prestigiosas compañías en el mundo. Numerosas empresas, como IBM o Cisco Systems, rivalizan intensamente en la implementación de modelos y medidas basadas en las tecnologías de la información, las cuales, a través de redes de sensores interconectados, modifican la realidad urbana y ofrecen soluciones generales a las ciudades. Precisamente IBM Corporation, el gigante corporativo de la industria informática, ha destacado la importancia del rol ejercido por las tecnologías de la información en la constitución de la ciudad inteligente, lo cual ha servido como plataforma para otras organizaciones e instituciones alrededor del mundo. IBM destaca que en la *smart city* debe materializarse la interconexión de la infraestructura física, la infraestructura de las TIC, la infraestructura de negocios y la infraestructura social para incrementar la eficiencia de las operaciones llevadas a cabo en el espacio urbano (Harrison et al., 2010).

Alphabet Inc., conglomerado propietario de Google LLC, en cooperación con el gobierno de la ciudad canadiense de Toronto, han iniciado el proyecto *Sidewalk Toronto* para “combine forward-thinking urban design and new digital technology to create people-centred neighbourhoods that achieve precedent-setting levels of sustainability, affordability, mobility, and economic opportunity” (Sidewalk Toronto, 2018). Este proyecto pretende aprovechar las competencias distintivas de Google LLC

en materia de innovación tecnológica en telecomunicaciones e Internet y desarrollar un *know-how* que permita adaptarlas a la realidad urbana, empezando con la creación de *Quayside*, un vecindario completamente nuevo, al sureste de Toronto. Microsoft Corporation también incursiona en las ciudades inteligentes haciendo uso de su dilatada experiencia en la industria de sistemas operativos y ofimática. *Microsoft CityNext* surge como un conjunto de herramientas basadas en la nube para ofrecer soluciones más económicas y eficientes a los desafíos financieros, energéticos y demográficos a los cuales se enfrentan los gobiernos locales contemporáneos (Microsoft Corporation, 2018). Optimización de las vías de comunicación y transporte, red urbana de video vigilancia, administración eficaz de estacionamientos para vehículos particulares o eficiencia energética en edificios son algunas de las soluciones ofrecidas por la empresa.

En Europa, las innovaciones urbanas han aumentado formidablemente desde los primeros años del presente siglo. En consecuencia, no es casual que la puesta en marcha de proyectos para ciudades inteligentes haya encontrado en el continente europeo una expresión muy concreta y precisa (Giffinger et al., 2007). Telefónica S.A., empresa transnacional española de telecomunicaciones, con una significativa presencia europea y mundial, considera que la promoción de las *smart cities* es pieza clave para el crecimiento y mejoramiento de la infraestructura de servicios en el espacio urbano y aumentar así la calidad de vida del ciudadano. En ese sentido, Telefónica S.A. (2016) formuló el siguiente plan de acción:

- 1) Fomentar las ciudades inteligentes para desarrollar proyectos a gran escala y soluciones basadas en IoT (Internet de las cosas).
- 2) Potenciar una infraestructura de plataforma horizontal, con la finalidad de evitar las limitaciones presentadas por enfoques reduccionistas.

- 3) Apoyar el intercambio de datos y el uso de protocolos de datos abiertos (open data) entre los actores de la ciudad.
- 4) Impulsar los programas de apoyo y financiamiento a emprendimientos (start-ups) y PYMES (pequeñas y medianas empresas) relacionadas con IoT.
- 5) Estimular modelos innovadores para la relación efectiva entre el sector público y el sector privado.
- 6) Integrar las iniciativas dentro de la ciudad con miras a la formación de redes de intercambio de habilidades, prácticas y talento.

### ***1.1.7.3 Universidades y centros de investigación***

La ciudad constituye un fenómeno de gran interés para los académicos del mundo, y ha sido estudiado exhaustivamente desde diferentes ángulos por la arquitectura, la sociología, el urbanismo o la antropología desde el siglo XIX. Por consiguiente, la ciudad inteligente, como un exponente de la realidad socio-tecnológica del siglo XXI, ha despertado la fascinación —y la controversia— por parte del mundo académico contemporáneo, sumándose progresivamente más investigadores e instituciones al análisis profundo de sus características y consecuencias. Annalisa Cocchia, investigadora del departamento de Economía y Negocios de la Universidad de Génova, llevó a cabo un estudio diacrónico sobre el concepto de ciudad inteligente<sup>6</sup> en la literatura científica desde 1994 hasta 2012. Observó que las publicaciones sobre este tópico han experimentado una tendencia creciente, incrementándose aceleradamente en los últimos tres años, elevándose de 20 publicaciones en 2010 a 152 en 2012 (Cocchia, 2014). Cinco años después, las publicaciones científicas sobre las *smart cities* ya superaban los dos mil documentos (Colding & Barthel, 2017), manifestándose una tendencia de crecimiento en la investigación casi exponencial. En una extensa obra realizada por el profesor Anthopoulos, especialista en el estudio de las *smart cities*,

---

<sup>6</sup> El estudio hizo uso de los términos *smart cities* y *smart city*.

mediante el análisis de una considerable cantidad de publicaciones —de carácter teórico y también de casos empíricos— identifica un conjunto de componentes comunes que integran el ecosistema de la ciudad inteligente. Éstos son: infraestructura, transporte, ambiente, servicios, gobernanza, gente, vida y economía; los cuales se hallan interconectados y apoyados en una sólida estructura basada en las tecnologías de la información (Anthopoulos, 2017).

El MIT (Instituto de Tecnología de Massachusetts, por sus siglas en inglés), ha puesto en marcha el *Senseable City Lab*, encargado de observar y analizar el comportamiento urbano mediante el uso de las TIC. “The real-time city is real! As layers of networks and digital information blanket urban space, new approaches to the study of the built environment are emerging. The way we describe and understand cities is being radically transformed” (Massachusetts Institute of Technology, 2018). El laboratorio cuenta con más de una centena de proyectos en desarrollo (7 solamente en 2018), los cuales miden una extensa gama de variables en diferentes ciudades del mundo —desde la congestión vehicular en función de la hora del día hasta la correlación entre la geografía y la salud de los ciudadanos— resaltando, además, la importancia de una visión interdisciplinaria entre planificadores urbanos, ingenieros, científicos sociales, físicos y biólogos para lograr aprehender la realidad urbana.

Sin embargo, como ya hemos argumentado, la noción de *smart city* se torna difusa al momento de intentar generalizar una definición estándar aplicable universalmente. La razón principal estriba en que, usualmente, la ciudad inteligente es producto de iniciativas, proyectos y estrategias particulares pertenecientes a instituciones privadas y públicas, ajustadas al contexto específico de esa localidad (Dameri & Rosenthal-Sabroux, 2014). En consecuencia, se obtiene una amplia gama de lineamientos y cursos de acción definidos por una realidad urbana singular, no susceptible de ser

completamente generalizada. Sin embargo, las múltiples definiciones se identifican en dos categorías, dos enfoques que resaltan al momento de concebir y desarrollar la ciudad inteligente.

#### ***1.1.7.4 Enfoque tecnocéntrico***

Algunos autores e instituciones conciben la *smart city* enfocando su atención sobre las tecnologías de la información, los sistemas digitales, el comercio electrónico, el emprendimiento y la sostenibilidad ambiental, como elementos necesarios para la solución de casos concretos dentro del espacio urbano. Según Kummitha y Crutzen (2017), desde esta visión las ciudades inteligentes “...are networked places where deploying ICTs into each activity in the city would improve standards of life...” (pág. 43). En consecuencia, una ciudad inteligente está “...first and foremost characterized by the strategic, systematic, and coordinated implementation of modern ICT applications in a range of urban functional fields...” (Fromhold-Eisebith, 2017, pág. 3). Mientras que el Sistema de Información Estratégica de Tecnologías y Energías, (SETIS, por sus siglas en inglés) de la Unión Europea expresa que una ciudad inteligente debe hacer uso de tecnologías basadas en las comunicaciones móviles, la gestión energética avanzada y el reciclaje del agua para reducir el efecto negativo sobre el ambiente natural (Cocchia, 2014). Para Washburn et al. (2009), la ciudad inteligente existe en función de las tecnologías de computación inteligente empleadas sobre la infraestructura urbana que permitan interconectar los componentes y servicios de las diferentes áreas de la ciudad de forma eficiente. Siguiendo esta línea de pensamiento, la empresa española de telecomunicaciones Telefónica S.A. (2016) precisa que:

...el grado de digitalización de la economía y de la sociedad, y el uso de tecnologías digitales, influyen en los niveles de bienestar y desarrollo, así como en la productividad y la innovación, y tiene importantes efectos en términos de crecimiento, ingresos y empleo. La revolución digital está transformando la sociedad... (pág.14)

El enfoque tecnocéntrico de la *smart city* se observa más explícitamente con la definición anteriormente expuesta de IBM, una *smart city* consiste en “...connecting the physical infrastructure, the IT infrastructure, the social infrastructure, and the business infrastructure to leverage the collective intelligence of the city...” (Harrison et al., 2010, pág. 2). Estas cuatro estructuras interconectadas deben trabajar armónicamente para crear “...an integrated framework that will allow cities to gather, integrate, analyze, optimize, and make decisions based on detailed operational data...” (Harrison et al., 2010, pág. 2). En ese sentido, la capacidad de recolección y procesamiento de datos es fundamental en el desarrollo de la *smart city*, la cual necesitará de un despliegue masivo de sensores y sólidos sistemas de información que capten eficazmente el metabolismo urbano. Desde el enfoque tecnocéntrico, distinguimos 3 etapas: la instrumentación, la interconexión y la inteligencia

La instrumentación se observa en la dualidad hardware-software, mediante los grupos de sensores instalados en la ciudad y los programas diseñados específicamente para interpretar los datos arrojados por aquellos. Al respecto, Hancke, Carvalho y Hancke Jr (2012) refieren que “Using sensors to monitor public infrastructures, such as bridges, roads and buildings, provides awareness that enables a more efficient use of resources, based on the data collected by these sensors ...” (pág. 394). El nivel de percepción, la cantidad de datos procesados y la calidad de los mismos dependerá en gran medida del trabajo conjunto entre el sensor y el programa. De nada sirve un sensor altamente preciso sin un programa adecuado que permita interpretar eficazmente sus lecturas; o un software altamente complejo con un tablero para fijar diferentes configuraciones sin un sensor capaz de detectar los datos necesarios. En la arquitectura urbana, algunos de los instrumentos basados en las TIC más empleados corresponden a los sensores para medir la calidad del agua, cámaras de videovigilancia en tiempo real, estaciones base para teléfonos móviles, medidores del nivel de agua en los drenajes, o sistemas GPS instalados en transportes públicos y privados (Harrison et al., 2010).

La segunda etapa representa un préstamo proveniente del ámbito comercial, donde es muy estimada por los gerentes al momento de formular estrategias, tácticas y operaciones dentro de la empresa. Consiste en el establecimiento de redes alámbricas e inalámbricas que conecten los diversos sistemas de información, así como la plataforma de sensores distribuida en toda la ciudad. Es la segunda fase lógica una vez que se ha realizado la recolección y procesamiento de los datos por acción de una efectiva estructura de instrumentos. La interconexión extensiva permite el intercambio de información entre las distintas áreas de acción de la ciudad, incidiendo directamente sobre el proceso de toma de decisiones, suministrando mayores y más precisos insumos a los responsables de formular y ejecutar las políticas de gobierno de la ciudad.

Por último, la tercera etapa subraya la inteligencia. Esta implica “conciencia”, capacidad de entender e idear soluciones a situaciones complejas. Una vez que el sistema se encuentra interconectado eficazmente, el elevado flujo de información en conjunto con las experiencias adquiridas en situaciones anteriores y las relaciones establecidas entre los diferentes actores que interactúan dentro del sistema, se genera un aprendizaje, materializado en un cuerpo de conocimiento que se aprovechará para mejorar las condiciones actuales de la plataforma. En el caso urbano, “An intelligent system extends this model to analyzing, modeling, optimizing, and visualizing the operation of the service ...” (Harrison et al., 2010, pág. 6). Mediante el desarrollo de software más complejos se potencializa la ubicuidad de las funciones del sistema. Harrison et al. (2010) mencionan un ejemplo en el cual “...the intelligent system might look at the spatial correlation of light failures and note that there are districts in the city with unusually high failure rates (...) or it might find temporal correlations among such failures...” (pág. 6). En suma, el sistema es susceptible de discernir las condiciones especiales del entorno a partir de la información recibida y, en consecuencia, formular respuestas adecuadas al requerimiento presentado.

#### ***1.1.7.5 Enfoque sociocéntrico***

Otros autores, si bien destacan la importancia de la infraestructura basada en las TIC como pilar de la *smart city*, consideran que aquella no puede configurarse como el único indicador para determinar ésta, puesto que existen otras tecnologías igualmente relevantes indispensables para el desarrollo de la ciudad, además de otros factores de distinta índole. Es preciso recordar que la tecnología consiste en la aplicación sistemática del conocimiento científico, sea cual sea la disciplina, en la elaboración de soluciones materiales e inmateriales que satisfagan requerimientos de la sociedad. Los exponentes de este enfoque proponen que la esencia de la ciudad inteligente se encuentra en la producción de conocimiento de sus ciudadanos, es decir, el nivel de desarrollo cultural manifestado por la sociedad urbana. Los principios que rigen este enfoque que denominamos sociocéntrico, como relatan McFarlane y Söderström (2017), “...are not simple intellectual speculations: they are enacted by activists and scholars in many cities in the world...” (pág. 15). Aunque suele agruparse estas cualidades bajo la denominación de capital cultural, o en ocasiones capital intelectual, Dameri y Rosenthal-Sabroux (2014) sostienen que este concepto debe ser interpretado en forma amplia, contemplando:

...the culture of citizens, their educational level, their intellectual capability; but also the culture of companies, that is, trade marks, patents, know how, reputation on the market; and finally the city culture, represented by museums, theatres, cinemas, cultural events and everything could animate the cultural life in the city... (pág. 4)

La infraestructura de las tecnologías de la información representa una condición necesaria más no suficiente para la constitución de una *smart city*. Las soluciones a los complejos desafíos presentados por el escenario urbano provienen de la capacidad intelectual de los actores que forman parte del mismo, de su habilidad y voluntad de diseminar el conocimiento a través de las diferentes estructuras de la ciudad y de encauzar sus esfuerzos hacia la maximización de la calidad de vida. En ese orden de ideas, Caragliu, Del Bo y Nijkamp (2011) destacan que la inversión en capital social y

humano, junto con el transporte y las TIC, impulsan la calidad de vida y el progreso económico de la ciudad. Dameri (2013) apunta que en la *smart city*, la infraestructura de las TIC y la gestión energética y logística deben orientarse a “...cooperate to create benefits for citizens in terms of well-being, inclusion and participation, environmental quality, intelligent development; it is governed by a well-defined pool of subjects, able to state the rules and policy for the city government and development...” (pág. 2549). Asimismo, Simonofski, Asensio, De Smedt y Snoeck (2017) argumentan que la actuación del ciudadano en la gestión de la *smart city* es primordial, y se manifiesta a través de la participación democrática, la creación de soluciones y la utilización de las tecnologías de información. De manera que se evidencian variables específicas inherentes a la calidad de vida de los habitantes y la consecución de una sociedad más justa. Por lo tanto, el desarrollo de la actividad intelectual se extiende igualmente a los órganos de gobierno urbano, como entidades responsables de la formulación de estrategias y políticas acertadas para el bienestar de la ciudadanía.

Ambos enfoques sobre la *smart city* permiten apreciar la elevada complejidad epistémica en torno a la misma, producto de las singulares experiencias acaecidas en diferentes ciudades en las que se han manifestado las más variadas iniciativas y proyectos encaminados a mejorar la localidad y aumentar sus posibilidades de éxito cultural frente a las adversidades en la era de la Información. Gil-García et al. (2015) muy acertadamente recuerdan que “...The concept of smart city is still emerging and defining it, still a work in progress...” (pág. 63), por lo tanto, la enorme variedad determina la búsqueda de los elementos primarios que componen este complejo fenómeno. Podría afirmarse, con base en lo expuesto en estas líneas, que la *smart city* demanda la presencia de sólidas infraestructuras físicas, humanas y virtuales que operen armónica y eficientemente agrupando todos sus elementos en redes de información, actuando como un sistema interconectado que busque satisfacer los requerimientos de los ciudadanos mediante una arquitectura de servicios y utilidades

ubicua y efectiva. Por su parte, Hollands (2008) afirma categóricamente que “...First and foremost, progressive smart cities must seriously start with people and the human capital side of the equation, rather than blindly believing that IT itself can automatically transform and improve cities...” (pág. 315). En consecuencia, la ciudad inteligente debe desarrollar intensivamente la esfera tecnológica, especialmente las TIC, como requisito indispensable para la generación de soluciones en función de los requerimientos establecidos por la esfera humana.

Ya se trate de uno u otro enfoque, numerosas investigaciones han propuesto marcos referenciales con la finalidad de proporcionar una base teórica y metodológica acerca de los componentes y rasgos distintivos de la *smart city*. Se han concebido distintos modelos que determinan propiedades específicas susceptibles de medirse y analizarse, es decir, variables, las cuales pueden posteriormente someterse a estudios más exhaustivos. La caracterización de variables permite la comprensión de aspectos específicos de la ciudad inteligente mediante una metodología rigurosa lo que proporciona datos relevantes para diferentes disciplinas científicas e igualmente para los responsables de tomar las decisiones referentes a políticas urbanas, desde ayuntamientos y autoridades gubernamentales hasta la propia ciudadanía. En ese sentido, las representaciones e ideas concernientes a la *smart city* se materializan en conceptos susceptibles de ser planteados, observados, verificados, analizados y discutidos por los investigadores. La lista de modelos y estructuras de trabajo es tan variada como extensa. Por ejemplo, Angelidou (2015) presenta un marco de trabajo basado en la dinámica entre cuatro fuerzas, a saber: el gobierno, la construcción, el transporte y los servicios. Mientras que Hancke, Carvalho y Hancke Jr (2012) incluyen salud, infraestructura, vigilancia, atención médica, edificios, servicios, suministro eléctrico y distribución de agua. las etc. Sin embargo, debido a su enfoque general y multifactorial, evaluaremos dos modelos que exponen una visión de carácter holístico acerca de la *smart city*. Y los cuales serán explicados a continuación.

### **1.1.8 Modelo de las 6 características de Giffinger et al.**

A pesar de haberse formulado hace más de 15 años, es una referencia obligatoria en el área de estudio de las ciudades inteligentes. Este modelo continúa vigente y constituye un auténtico marco referencial para numerosas investigaciones empíricas posteriores interesadas en proveer una estructura general acerca de los componentes de la *smart city*. Las 6 características identificadas en el modelo son compartidas por propuestas más recientes de destacados investigadores como Anthopoulos (2016); Appio, Lima y Paroutis (2019); o Srivastava y Sharifi (2022). Incluso Allam y Dhunny (2019), cuya investigación versa sobre el ámbito específico de la implantación de tecnologías basadas en algoritmos de inteligencia artificial y *Big Data*, utilizan el modelo de Giffinger como punto de partida.

Este modelo surge del contexto europeo de los primeros años del siglo XXI y representa el primer gran intento de evaluar las ciudades desde una óptica sistemática, analítica y rigurosa. El cambio tecnológico propiciado por la difusión masiva de Internet y la implementación de políticas económicas de apertura y libre comercio como consecuencia de la globalización coinciden con una situación de carácter regional: el proceso de integración europeo, el cual venía desarrollándose desde comienzos de la década de los noventa. Giffinger et al. (2007) explican que la consolidación de la Unión Europea ha llevado a la creación de un mercado común y a la progresiva disminución en las diferencias entre las normas, regulaciones y condiciones impuestas por los países miembros. Por consiguiente, las ventajas particulares que una determinada localidad podía explotar ahora se ven reducidas debido a la homogenización de las condiciones, desencadenando una competencia entre las ciudades por convertirse en sitios atractivos para la inversión de capitales que incidan positivamente en su desarrollo. En ese sentido, “...Cities in Europe face the challenge of combining competitiveness and sustainable urban development simultaneously...” (Giffinger et al., 2007, pág. 5).

En este contexto altamente competitivo para las ciudades europeas, la Universidad de Tecnología de Viena (Giffinger, Fertner, Kramar y Kalasek), la Universidad de Liubliana (Pichler-Milanovic) y la Universidad de Tecnología de Delft (Evert) desarrollaron un amplio estudio empírico materializado en una tabla clasificatoria<sup>7</sup> de las ciudades más inteligentes en Europa. El uso de estas tablas permite destacar elementos significativos del comportamiento de la ciudad, compararlos con otras ciudades y fijar una jerarquía en función de criterios previamente establecidos. Por ejemplo, Godfrey y Zhou (1999) proponen una clasificación para las ciudades del mundo fundamentándose en el rol de las organizaciones transnacionales y su impacto sobre cada localidad, mediante variables muy específicas y cuantificables tanto en naciones desarrolladas como aquellas en vías de desarrollo. La importancia de formular tablas clasificatorias podría resumirse en dos grandes premisas, según los dos principales actores involucrados. Para los inversionistas, la información aportada por la tabla clasificatoria sirve como apoyo para decidir acertadamente sobre cuál ciudad es la más favorable para establecerse. Mientras que para las autoridades de la ciudad, la información contribuye con la generación de estrategias y políticas conducentes al desarrollo urbano mediante la identificación de las fortalezas y debilidades de la localidad (Giffinger & Gudrun, 2010). Esta aproximación sobre las ciudades inteligentes se propuso la elaboración de una tabla clasificatoria basada en 4 metas esenciales (Giffinger & Gudrun, 2010):

- 1) Una clasificación clara y definida sobre las ciudades europeas seleccionadas.
- 2) La determinación del perfil de cada ciudad según sus características específicas.
- 3) La promoción del benchmarking<sup>8</sup> entre las ciudades seleccionadas.

---

<sup>7</sup> El vocablo original en inglés es *ranking*.

<sup>8</sup> No posee traducción al castellano. Este concepto proviene de la disciplina gerencial y se define como la comparación sistemática, mediante métricas precisas, de los procesos y prácticas de una organización con aquellas empresas distinguidas como las mejores del mercado o industria en la ejecución de dichas actividades.

- 4) La identificación de las fortalezas y debilidades de cada ciudad a fin de preparar discusiones estratégicas sobre las mismas.

A diferencia de otras tablas clasificatorias orientadas a grandes metrópolis, el estudio considera únicamente aquellas ciudades de tamaño mediano, cuya población oscila entre 100.000 y 500.000 habitantes, debido a que un 40% de la población urbana europea se encuentra viviendo en las mencionadas ciudades (Giffinger et al., 2007). En consecuencia, las 586 ciudades de tamaño mediano en Europa “...figure as the engines of economic development in space. Because of their large number they are the most decisive actors in order to make Europe more competitive and at the same time to make spatial development more sustainable...” (Giffinger et al., 2007, pág. 19). La selección de las ciudades se realizó, tal como se ha mencionado anteriormente, según la cantidad de habitantes, cuya cifra debía encontrarse en el intervalo comprendido entre 100.000 y 500.000 habitantes. Sin embargo, una muestra de casi 600 ciudades se tornaba inviable para estudiarla adecuadamente, por lo que se incorporaron criterios adicionales acordes al objetivo del estudio, tales como la presencia de al menos una universidad dentro de la localidad, la autonomía funcional (que la ciudad se desarrolle en forma independiente sin la influencia de una ciudad cercana más grande) y la disponibilidad de los datos referentes a las variables propuestas en el estudio. Finalmente, las ciudades seleccionadas fueron 70, a partir de la muestra inicial de 586 ciudades.

Para la elaboración de la tabla de clasificación se estableció un primer conjunto de variables, denominado características, el cual contemplaría los aspectos más generales y distintivos en la ciudad inteligente, tomando en cuenta lo contemplado en la literatura especializada. Se identificaron 6 características, las cuales representan el soporte fundamental de este modelo. De acuerdo a Giffinger et al. (2007), las características actúan “...as a roof for the further elaboration of smart cities which should incorporate the findings but also allow an inclusion of additional factors...” (pág. 10). En ese

sentido, se obtuvieron una serie de factores que desarrollan la idea central contenida en cada característica, definiéndola y distinguiéndola dentro del espacio urbano. En la figura 6 se evidencian las 6 características y los factores definitorios (un total de 31) para cada una de ellas. Por ejemplo, la presencia de organizaciones empresariales en el ámbito de las TIC o que hagan un uso intensivo de éstas en sus procesos de negocio contribuyen con la generación de un entorno económico inteligente. De igual manera, la creación de nuevos canales de comunicación con el ciudadano que promuevan su participación activa en la gestión de la ciudad constituyen un signo de gobierno electrónico. Por otro lado, la incorporación de nuevas tecnologías sobre las conexiones de la ciudad, tanto en la infraestructura de transporte como en la infraestructura de telecomunicaciones, con el objetivo de incrementar el alcance, la velocidad y la eficiencia forman parte de una iniciativa de movilidad inteligente (Giffinger et al., 2007).

Por último, se formularon indicadores para medir cada uno de los factores, tales como cantidad de emprendimientos registrados, número de extranjeros en la ciudad, satisfacción con la burocracia gubernamental, cantidad de computadoras por hogar, satisfacción con el sistema educativo, entre otros, totalizando 70 indicadores. Veamos una síntesis de cada característica planteada por este modelo.

<p><b>Economía Inteligente (Competitividad)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Espíritu innovador</li> <li>• Emprendimiento</li> <li>• Marcas comerciales e imagen económica</li> <li>• Productividad</li> <li>• Flexibilidad del mercado laboral</li> <li>• Proyección internacional</li> </ul>	<p><b>Gente Inteligente (Capital social y humano)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nivel de cualificación</li> <li>• Afinidad al aprendizaje para toda la vida</li> <li>• Pluralidad social y étnica</li> <li>• Flexibilidad</li> <li>• Creatividad</li> <li>• Preferencia por la tolerancia y lo cosmopolita</li> <li>• Participación en la vida pública</li> </ul>
<p><b>Gobernanza Inteligente (Participación)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Participación en la toma de decisiones</li> <li>• Servicios públicos y sociales</li> <li>• Gobierno transparente</li> </ul>	<p><b>Movilidad Inteligente (Transporte y TIC)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Accesibilidad local</li> <li>• Accesibilidad nacional e internacional</li> <li>• Disponibilidad de infraestructura basada en las TIC</li> <li>• Sistemas de transporte seguros, innovadores y sostenibles</li> </ul>
<p><b>Ambiente Inteligente (Recursos naturales)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Atractivo de las condiciones naturales</li> <li>• Contaminación</li> <li>• Protección ambiental</li> <li>• Administración de recursos sostenible</li> </ul>	<p><b>Vida Inteligente (Calidad de vida)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Instalaciones culturales</li> <li>• Condiciones sanitarias</li> <li>• Seguridad individual</li> <li>• Calidad en el hogar</li> <li>• Instalaciones educativas</li> <li>• Atractivo turístico</li> <li>• Cohesión social</li> </ul>

**Figura 6. Características y factores de la smart city.**

Fuente: Giffinger et al. (2007)

### ***1.1.8.1 Economía inteligente***

Consiste en la construcción de un entorno amistoso al intercambio comercial y la iniciativa empresarial basado en la competitividad de las diferentes industrias que hacen vida en la ciudad. El emprendimiento y la innovación son esenciales en la materialización de dicho entorno, fomentando nuevas formas de satisfacer los requerimientos de los ciudadanos.

### ***1.1.8.2 Gente inteligente***

Esta característica incluye 2 grandes áreas: el transporte y las tecnologías de la comunicación y la información. En la primera área se mide la eficacia de la infraestructura del transporte urbano, tomando en cuenta las condiciones físicas de las diferentes arterias viales, y al mismo tiempo, las propiedades del sistema de transporte, como la eficiencia, las fuentes energéticas utilizadas, la calidad de servicio, entre otras. La segunda área se enfoca en la infraestructura de las TIC y su cobertura sobre la ciudad, lo que se observa, por ejemplo, en la posibilidad de realizar una transacción comercial en cualquier lugar mediante Internet.

### ***1.1.8.3 Gobernanza inteligente***

La acción gubernamental de las autoridades de la ciudad basada en un acercamiento permanente entre los ciudadanos y las instituciones gubernamentales, promoviendo una relación de participación y cooperación. Además, se enfatiza la función del gobierno en la prestación de servicios importantes para la ciudadanía mediante una gestión eficiente y transparente.

### ***1.1.8.4 Movilidad inteligente***

Esta característica incluye 2 grandes áreas: el transporte y las tecnologías de la comunicación y la información. En la primera área se mide la eficacia de la infraestructura del transporte urbano, tomando en cuenta las condiciones físicas de las diferentes arterias viales, y al mismo tiempo, las propiedades del sistema de transporte, como la eficiencia, las fuentes energéticas utilizadas, la calidad de servicio, entre otras. La segunda área se enfoca en la infraestructura de las TIC y su cobertura sobre la ciudad, lo que se observa, por ejemplo, en la posibilidad de realizar una transacción comercial en cualquier lugar mediante Internet.

#### ***1.1.8.5 Ambiente inteligente***

La identificación efectiva del grado de contaminación ambiental generada por la ciudad constituye el primer paso en la construcción de un ambiente inteligente. El segundo paso, se materializa con la implementación de un órgano rector que fije políticas sobre la gestión eficiente de los recursos urbanos y procure disminuir el impacto negativo sobre la naturaleza, lo que conllevará a mejores condiciones para el desarrollo de los habitantes de la ciudad. En ese sentido, los espacios verdes son estimados en el interior del espacio urbano.

#### ***1.1.8.6 Vida inteligente***

La última característica comprende una serie de elementos de la denominada *calidad de vida* (Giffinger et al., 2007), la cual se traduce en la satisfacción de las múltiples necesidades de los individuos y el grado de bienestar inherente a la vida cotidiana. La presencia de instalaciones educativas, sanitarias y culturales contribuyen en el incremento de la calidad de vida, de la misma manera, la garantía de la seguridad personal y un clima de estabilidad social representan factores considerados en de la vida inteligente.

La tabla clasificatoria propuesta por el equipo multidisciplinario liderado por el profesor Giffinger se enmarca en el contexto particular del proceso de integración de Europa materializado en la Unión Europea. El prototipo de ciudad seleccionada, cuya cantidad de habitantes oscila entre los 100.000 y 500.000 habitantes, excluye inmediatamente a las grandes capitales del continente, como París, Londres, Berlín o Madrid, las cuales presentan una realidad muy diferente debido a su alta densidad poblacional y la importancia estratégica de sus centros urbanos. Esencialmente, esta aproximación constituye un estudio empírico de carácter inductivo (Hernández-Sampieri & Mendoza, 2018), en el que las características halladas en la muestra

escogida de 70 ciudades podrían generalizarse a otras ciudades que compartan los mismos parámetros utilizados para la selección de la muestra. La elaboración de una tabla clasificatoria implica un criterio de ordenamiento, lo que conlleva a una jerarquización de los elementos evaluados y a una presentación visualmente atractiva y concisa. Por esta razón, las tablas clasificatorias suelen tener una gran repercusión mediática (Giffinger & Gudrun, 2010) y sus mediciones son rápidamente extendidas.

En la tabla 2 se observan 10 de las mencionadas ciudades y la posición que ocupan en la clasificación. Según cada una de las 6 características del modelo, la ciudad ostenta una posición, siendo 1 la mejor calificada y 70 la peor calificada. La suma algebraica de los valores resultantes en cada característica corresponde a la calificación final en la tabla de clasificación. Por consiguiente, aquella ciudad cuya suma total presente la cifra más baja ocupará la primera posición de la tabla de clasificación, y así sucesivamente hasta llegar a la última posición. Por ejemplo, Luxemburgo, la cual encabeza la tabla, presenta una suma total de 63. Mientras que la ciudad de Turku presenta una suma de 67 y se encuentra en tercer lugar.

**Tabla 2. Selección parcial de *smart cities* europeas**

<b>Ciudad</b>	<b>Econ.</b>	<b>Gente</b>	<b>Gob.</b>	<b>Mov.</b>	<b>Amb.</b>	<b>Vida</b>	<b>Posición</b>
Luxemburgo	1	12	13	6	25	6	<b>1</b>
Turku	16	8	2	21	11	9	<b>3</b>
Salzburgo	27	30	8	15	29	1	<b>10</b>
Liubliana	8	11	43	31	3	29	<b>17</b>
Brujas	23	20	29	18	44	2	<b>20</b>
Tréveris	21	44	19	10	18	33	<b>27</b>
Poitiers	48	37	28	33	8	15	<b>29</b>
Zagreb	34	24	32	39	36	42	<b>35</b>
Portsmouth	7	38	47	35	63	43	<b>38</b>
Pamplona	22	48	39	51	32	41	<b>41</b>

Fuente: Giffinger et al. (2007)

No obstante, las limitaciones de esta aproximación subyacen en su propia naturaleza metodológica, y esta se observa en el problema de la inducción. En palabras de Gutiérrez Pantoja (2000) la inducción proporciona resultados precisos de las observaciones realizadas pero, es incapaz de afirmar con absoluta certeza, que otras ciudades de parámetros similares manifiesten el comportamiento observado. Además, la selección de localidades únicamente europeas, plantea una realidad urbana muy específica sujeta a un contexto de integración política y económica único en el mundo, por lo que se hace sumamente difícil generalizar los resultados a otras áreas geográficas y a otros grupos culturales.

En suma, la Tabla Clasificatoria de Ciudades Inteligentes Europeas de Mediano Tamaño representa una completa investigación empírica realizada bajo rigurosos estándares metodológicos cuantitativos, que exhibe el grado de inteligencia alcanzado por la muestra de ciudades observadas y la posición relativa de cada una mediante una tabla jerarquizada. Con relación a la identificación de las variables, en este modelo impera la función comparativo-relativa fundamentada en un ordenamiento jerárquico para cada una de las ciudades. Por consiguiente, cada ciudad es clasificada en orden descendente según el resultado que arroje la medición de la variable en cuestión, ya sean las características, los factores o los indicadores. Por lo tanto, se observa una estructura vertical y rígida, de forma piramidal, en la construcción del grupo de variables, iniciando en la parte superior con las 6 características, luego con los 31 factores, y finalmente, los 70 indicadores en la base de la pirámide. Esto permite la utilización de una base comparativa efectiva entre las ciudades estudiadas. El arreglo de variables de corte evaluativo y jerárquico de Giffinger et al. (2007) arroja una visión inicial del fenómeno de la ciudad inteligente, lo que permite observar características presentes en el espacio urbano. No obstante, se muestran como una enumeración, una lista de atributos que pueden ser comparados y medidos a efectos de inmediata difusión masiva, pero carentes de la estructura explicativa que ahonda en su funcionamiento y

en su impacto sobre la ciudad. En consecuencia, no se determina la interacción entre los diferentes componentes de la ciudad inteligente.

### **1.1.9 Modelo de Gil-García et al.**

Gil-García et al. (2015) proponen un marco conceptual que ayuda a identificar y comprender la envergadura de la ciudad inteligente mediante una aproximación teórico-práctica y multidimensional. El estudio, realizado a mediados de la década pasada, recopila numerosas conceptualizaciones desarrolladas en los últimos años las cuales otorgan al vocablo de *smart city* un alcance mucho más amplio, a diferencia de aquellas definiciones de corte reduccionista enfocadas en soluciones específicas para los problemas de una ciudad. En los últimos años las investigaciones sobre las ciudades inteligentes se han multiplicado y, en consecuencia, sus definiciones, alcances y dimensiones. Por ejemplo, Hancke, Carvalho y Hancke Jr (2012) conciben a la ciudad inteligente desde el punto de vista de los sensores e instrumentos que permiten medir el metabolismo urbano, tales como el transporte, las edificaciones, el suministro energético o la vigilancia. Angelidou (2015) señala la importancia de los componentes económicos, sociales y espaciales sobre la evolución de cualquier ciudad y como la actual economía de la innovación y el conocimiento es decisiva para el surgimiento de la ciudad inteligente. Asimismo, destaca el papel de la tecnología al expresar que los “...technological advancements of recent years have made feasible the development of a vast array of solutions and products that seek to enable the smart city...” (Angelidou, 2015, pág. 99). Para IBM, la ciudad inteligente diseña un conjunto de infraestructuras que reúnen, analizan y procesan grandes cantidades de datos con la finalidad de tomar decisiones acertadas (Harrison et al., 2010). Dameri (2013) destaca la importancia del capital humano como signo distintivo de la ciudad inteligente, mediante la promoción de condiciones que potencialicen la creatividad y el conocimiento para idear nuevas soluciones a los problemas urbanos. Hollands (2008) apunta que la ciudad inteligente

debe construir un entorno equitativo y sostenible, donde las oportunidades creadas por la tecnología sean accesibles a la totalidad de los ciudadanos.

Iniciativas académicas y profesionales, cada una por su cuenta, han cubierto el fenómeno de la ciudad inteligente desde múltiples perspectivas. En consecuencia, el estudio se propuso realizar una investigación exhaustiva y sistemática de un conjunto de fuentes altamente utilizadas en la literatura sobre la ciudad inteligente, las cuales abarcaran los numerosos postulados pertenecientes a las diversas ideas sobre la ciudad inteligente, tanto aquellos enmarcados en el enfoque basado en las TIC como a los correspondientes al capital intelectual. En ese sentido, su objetivo principal se resumió en la formulación de un marco referencial integrado y exhaustivo sobre la *smart city* que contemplara los variados y complejos elementos que la componen. Adicionalmente, los autores examinaron fuentes teóricas (principios y fundamentos) y empíricas (hallazgos específicos producto de investigaciones de campo), a fin de proveer insumos de distinta naturaleza a la elaboración del marco referencial. Al respecto, Gil-García et al. (2015) comentan que:

The academic literature is used to create a robust framework based on previous research, while a review of practical tools has the purpose to identify specific elements or aspects that have not necessarily been treated in academic studies, but are essential to creating a more comprehensive conceptualization of smart city. (pág. 62)

El desarrollo de este modelo fue llevado a cabo en dos etapas. La primera, consistió en una profunda revisión de la literatura académica con la finalidad de identificar los componentes más relevantes dentro de la ciudad inteligente y los principios que rigen su funcionamiento. En la segunda etapa, se analizaron varias herramientas profesionales —tablas clasificatorias y evaluaciones urbanas— creadas para ayudar a las urbes a transitar el camino hacia la *smart city*. La selección de las herramientas obedeció fundamentalmente a criterios de visibilidad, popularidad, información

disponible sobre la metodología empleada y el grado de comprensión de los componentes y dimensiones listados sobre la ciudad inteligente (Gil-García et al., 2015). Finalmente, 6 herramientas fueron seleccionadas a fin de operacionalizar algunas de las variables encontradas en la literatura académica y detectar, a su vez, otras nuevas (véase tabla 3). Varias herramientas introducen conceptos y principios de aplicación general, actuando en forma deductiva. Tal es el caso de *IBM Smarter City Assessment Model*. Otras herramientas, como la *Agenda Hábitat de la ONU*, *Innovation Cities* y *Global City Indicators* exhiben características presentadas en numerosas ciudades alrededor del mundo, observándose un carácter global. La *Digital Cities Survey* y la *Smart Cities – European Medium Sized Cities* revelan elementos específicos de las ciudades estudiadas en EE. UU y Europa, respectivamente y constituyen una muestra de la realidad local. En suma, “...all the tools selected provide a series of variables and indicators related to desirable characteristics of a city...” (Gil-García et al., 2015, pág. 66).

**Tabla 3. Selección de herramientas para evaluar y clasificar *smart cities***

<b>Herramienta</b>	<b>Año</b>	<b>Alcance</b>	<b>Tipo</b>
IBM Smarter City Assessment Model	2009	General	Evaluación
ONU-Habitat Agenda Urban Indicators	2009	Global	Evaluación
Innovation Cities	2011	Global (330 ciudades)	Tabla clasificatoria
Global City Indicators	2008	Global (144 ciudades)	Evaluación
Smart Cities – European Medium Sized Cities	2007	Europa (70 ciudades)	Tabla clasificatoria
Digital Cities Survey	2011	EUA	Tabla clasificatoria

Fuente: Gil-García et al. (2015)

Partiendo de los datos recolectados en una extensa literatura académica y especializada, los autores determinan una serie de componentes medulares, un total de 10, que constituyen los cimientos sobre los cuales se edifica la ciudad inteligente. No obstante, se aclara que la mencionada clasificación atiende a un propósito estrictamente analítico, en consecuencia, no es una lista cerrada:

We acknowledge that some components could be combined and that some elements could be categorized into more than one component. However, for the purposes of this paper and to help clarify the core components of smart city as the basis for a comprehensive conceptualization, we treat each of the components separately (...)  
(Gil-García et al., 2015, pág. 69)

La conjunción de dichos componentes, de acuerdo a su naturaleza, da como resultado 4 grandes dimensiones, denominadas: entorno físico, sociedad, gobierno y tecnología y datos (véase figura 7). Esta última se localiza transversalmente a las anteriores en virtud de que la gestión de datos e información es indispensable en la constitución de una ciudad inteligente (Gil-García et al., 2015) y se manifiesta en todas sus actividades. Ahora, revisaremos cada componente.

<b>Tecnología y datos</b> TIC y otras tecnologías Data e información	Entorno natural y sostenibilidad ecológica.	<b>Entorno físico</b>
	Entorno artificial e infraestructura de la ciudad.	
	Entorno pro-empresarial y economía del conocimiento.	<b>Sociedad</b>
	Capital humano y creatividad.	
	Gobernanza, compromiso y colaboración.	
	Disposiciones institucionales.	<b>Gobierno</b>
	Administración y gerencia de la ciudad.	
	Servicios públicos.	
	Entorno natural y sostenibilidad ecológica.	

**Figura 7. Componentes medulares y dimensiones de la smart city.**

Fuente: Gil-García et al. (2015)

### ***1.1.9.1 TIC y otras tecnologías***

La importancia de las TIC se observa en la capacidad de la ciudad de generar plataformas eficaces para las comunicaciones inalámbricas y de banda ancha, que interconecten los diferentes componentes dentro del espacio urbano. Además, se da un paso adelante al contemplar el desarrollo de una arquitectura orientada a servicios (SOA, por sus siglas en inglés), la cual diseña soluciones computacionales basadas específicamente en los requerimientos de los ciudadanos.

### ***1.1.9.2 Datos e información***

La gestión de datos e información, destacando la búsqueda de precisión, integridad y eficiencia en todas las fases del proceso: adquisición, procesamiento, interpretación y diseminación dentro del espacio urbano. A la construcción de una infraestructura eficiente en el tratamiento de la información se le une el uso de ésta en el mejoramiento de los servicios a los ciudadanos.

### ***1.1.9.3 Entorno natural y sostenibilidad ecológica***

Abarca el monitoreo de las condiciones ambientales dentro de la ciudad a fin de garantizar un hábitat propicio para la actividad humana. Los dispositivos para la medición de la calidad del aire, el nivel de contaminación, o la cantidad de ozono forman parte de las herramientas usadas para evaluar el entorno natural. Además, la preservación del atractivo de las áreas verdes dentro de la ciudad, constituye un elemento significativo en la implantación de una relación de sostenibilidad con el ambiente natural.

#### ***1.1.9.4 Entorno artificial e infraestructura de la ciudad***

De la misma manera que la variable anterior contemplaba las condiciones naturales presentes en la ciudad, la presente variable examina los elementos que constituyen la infraestructura física urbana por excelencia, tales como las calles, residencias, complejos comerciales e industriales, zonas de esparcimiento, entre otros. Los componentes del entorno artificial deben cumplir con un doble criterio de sostenibilidad, por un lado, el ambiental, centrado en estructuras no contaminantes y energéticamente eficientes; y, por otro lado, el económico, tomando en cuenta la rentabilidad financiera según la actividad realizada en el inmueble. El atractivo arquitectónico constituye un importante criterio al momento de evaluar un entorno artificial.

#### ***1.1.9.5 Entorno pro-empresarial y economía del conocimiento***

La promoción de condiciones favorables para la constitución de empresas nuevas y el crecimiento de las ya existentes forma parte de una ciudad amigable a los negocios. El progreso dentro de la urbe se encuentra directamente relacionado con el grado de innovación, emprendimiento y creatividad industrial llevado a cabo por las organizaciones, las cuales aportarán soluciones esenciales para un próspero desarrollo urbano. La economía del conocimiento se emparenta con el crecimiento empresarial, en la medida que la primera suministra los insumos para la creación de innovaciones, y la segunda establece el campo de acción para la aplicación de las habilidades y destrezas en la solución de requerimientos específicos, constituyendo ambas una relación de interdependencia.

#### ***1.1.9.6 Capital humano y creatividad***

Abarca el desarrollo integral del individuo mediante una infraestructura social y educativa adecuada que potencialice sus habilidades cognitivas, académicas, técnicas

y sociales. Según Gil-García et al. (2015) esta variable es una de las más importantes encontradas en la literatura académica. Pone de manifiesto la trascendencia de las instituciones culturales sobre la formación del individuo, y de como un entorno basado en el aprendizaje y el intercambio de conocimiento son elementos cruciales en la constitución de una ciudad inteligente.

#### ***1.1.9.7 Gobernanza, compromiso y colaboración***

Examina los elementos de la acción gubernamental destacando la importancia de una red de relaciones de cooperación entre los ciudadanos, inversionistas y autoridades gubernamentales. La gobernanza se observa en las políticas de descentralización administrativa, las cuales empoderan las funciones de las autoridades locales; en el compromiso de los ciudadanos en cumplir las normativas legales vigentes y en la promoción permanente del uso de las tecnologías de la información y la comunicación en la acción de gobierno.

#### ***1.1.9.8 Disposiciones institucionales***

Contempla la estructura política, legal y administrativa desarrollada para ejercer la función gubernamental dentro de la ciudad en la que se fijan los parámetros para la ejecución de los diferentes procesos de la administración pública. La estructura se construye sobre dos pilares: el administrativo y el legal.

#### ***1.1.9.9 Administración y gerencia de la ciudad***

Esta variable se concentra en el componente gerencial de la acción de gobierno en la ciudad. Gil-García et al. (2015) expresan que el gobierno electrónico, la administración del rendimiento, el financiamiento, la asesoría, el liderazgo y las políticas constituyen los factores que distinguen a la administración pública de una ciudad inteligente. La

integración de las TIC en la gestión gubernamental se dirige a incrementar su capacidad operativa y a crear un escenario propicio para el diseño de iniciativas inteligentes dentro del espacio urbano.

#### ***1.1.9.10 Servicios públicos***

Comprende las necesidades elementales de la ciudadanía que deben ser satisfechas mediante el despliegue de infraestructuras adecuadas y eficaces por parte del gobierno urbano. Las áreas medulares contemplan el transporte, los servicios asistenciales y de salud, la seguridad pública, el suministro eléctrico y la gestión de energía; los servicios de emergencia, la cultura, educación y turismo; la administración de desechos, el suministro de agua y la construcción de viviendas.

La aproximación propuesta por Gil-García et al se desarrolla ocho años después de la investigación del equipo de Giffinger, en un contexto académico enriquecido por la gran cantidad de publicaciones referentes al fenómeno de la ciudad inteligente. La literatura incluye estudios de corte teórico, destinados a sentar los fundamentos para la *smart city*. Y estudios empíricos, concentrados en la aplicación de soluciones concretas a una ciudad en particular. Este modelo contempla una estructura integral, producto de la riqueza empírica obtenida por las medidas tecnológicas desarrolladas en ciudades específicas y la construcción teórica profunda, basada en la generación de principios y lineamientos obtenidos del quehacer científico, en especial del social, antropológico, ambiental y educativo. El modelo de Gil-García y sus colaboradores construye un puente entre ambas visiones sobre la ciudad inteligente, por una parte, realizando una extensa revisión de la literatura académica y, por otra parte, haciendo uso de importantes herramientas puestas en práctica en ciudades. Observamos una conjugación de fuerzas entre el trabajo científico, esencialmente explicativo y

normativo, y el trabajo tecnoeconómico, pragmático, eficiente y orientado al alcance de rentabilidad financiera

El marco conceptual de Gil-García et al. (2015) trabaja con una base de 10 componentes medulares dentro de la *smart city*, los cuales, como ya se ha dicho, constituyen los ladrillos de la infraestructura urbana. “Mapping the building blocks of a smart city involves identifying multiple components, their constituting elements, and their interactions...” (Gil-García et al., 2015, pág. 69). En ese sentido, se subraya la importancia de la multiplicidad de componentes y las interacciones producidas entre ellos, lo que da como resultado una totalidad —la ciudad inteligente— mayor a la suma de las acciones individuales de cada componente, presentándose entonces una conducta sinérgica inherente a un sistema. El arreglo de variables propuesto en este modelo obedece a una concepción sistémico-deductiva, en lugar de jerárquica, donde un conjunto de elementos con distintas características se relaciona armónicamente para lograr un objetivo superior. Esto coincide con la afirmación de los autores al expresar que la ciudad inteligente es multidimensional y multifacética (Gil-García et al., 2015) en la que cada elemento ejerce un rol definitorio sobre el sistema urbano, transformándose la rigidez de la jerarquía en una red flexible de relaciones e intercambio de insumos. En este orden de ideas, Schmitt (2015) plantea que la *smart city* se encuentra regida por la dinámica de existencias y flujos. La primera, entendida como nodos acumuladores de insumos (energía, información, personas, dinero); y la segunda, como el movimiento de dichos insumos a lo largo y ancho del espacio urbano en un proceso de intercambio constante. En conclusión, la ciudad inteligente se asemeja más a un organismo, con propiedades, funciones e interacciones entre sus componentes y su ambiente, por lo que sus elementos, más que un ordenamiento puramente evaluativo, constituyen un sistema dinámico complejo cuyo comportamiento es producto de las interrelaciones producidas en el interior del mismo

## **1.2 Justificación: limitaciones en el estudio de la smart city**

A pesar de la gran difusión de numerosas iniciativas de ciudades inteligentes en todo el mundo, se identifican dos grandes limitaciones en la comprensión y despliegue de la *smart city*. La primera hace referencia a la **ambigüedad** del concepto de *smart city* y su implementación. “Even though the SC [*smart city*] paradigm is a promising approach, there is little consensus on what characteristics or requirements define a SC or what should humans expect of a SC” (Sánchez-Corcuera et al., 2019, pág. 5), lo que conlleva a deformaciones e interpretaciones libres del concepto que se ajustan a los lineamientos particulares del actor que realiza la propuesta, como argumenta Fernández (2015):

Desde este punto de vista, la SC ha sido un cajón de sastre suficientemente amplio para adaptarse a diferentes agendas. De este modo ha sido posible asignar a la SC proyectos tan variados como redes inteligentes de producción y distribución energética, iniciativas de gobierno electrónico, portales de datos abiertos, automatización de equipamientos deportivos, plataformas de datos a modo de ‘sistemas operativos’ de la ciudad, centros demostradores de tecnologías, servicios online para atención a personas dependientes, sistemas de optimización de servicios de emergencias, implantación de redes de sensores, despliegue de cámaras de seguridad y otros sistemas de vigilancia, proyectos de automatización de flujos de tráfico rodado, hackathons y concursos de aplicaciones móviles,... hasta un sinnúmero de tipología. (págs. 130-131)

Esto es especialmente evidente al examinar los proyectos de *smart cities* que son tan numerosos como variados. Algunos provienen de entidades públicas, por ejemplo, el ayuntamiento de la ciudad de Melbourne, en Australia, utiliza el espacio *CityLab* para probar ideas de nuevos servicios y políticas creadas por los mismos ciudadanos en un esquema de participación directa de la comunidad en los asuntos urbanos (Sánchez-Corcuera et al., 2019). Otros forman parte de productos y soluciones concretas creados por empresas (IBM, Cisco, Google), como observamos en la ciudad griega de Tesalónica, con un programa de *open data* —datos abiertos— en donde “With IBM’s support, the city seeks to integrate diverse open data sources across the fields of governance, mobility, education, environment, and economy” (Komninos, Kakderi,

Panori, & Tsarchopoulos, 2019, pág. 11). Igualmente, las iniciativas de *smart cities* suelen concentrarse en aspectos muy específicos, como el despliegue de *Wi-Fi* gratuito en edificios públicos de la ciudad; la instalación de cámaras infrarrojas para advertir a los conductores de autobuses si un peatón cruza la vía; creación de foros digitales donde los ciudadanos proponen y comentan soluciones para problemáticas de su localidad; tecnologías basadas en IoT (Internet de las Cosas, por sus siglas en inglés) para agilizar actividades como la prevención de incendios o recolección de basura; y servicios de bicicletas compartidas para transporte libre de emisiones contaminantes mediante aplicaciones en el teléfono inteligente, por mencionar solo algunos.

La segunda limitación se relaciona con la **simplificación**, es decir, se pierde de vista el complejo fenómeno que es el sistema urbano. De hecho, la denominación sistémica de la ciudad suele ser más metafórica que otra cosa y se desvanece al no tomar en cuenta los marcos referenciales que forman las teorías de sistemas. Hay una ausencia de las consideraciones teóricas, metodológicas y axiológicas sobre los factores que definen la ciudad, aquellos que distinguen el sistema urbano como un producto cultural singular de la humanidad. En unos casos, los estudios se conforman con captar algún grupo de iniciativas (como las mencionadas en la primera limitación) y supeditar la totalidad de la realidad urbana a la restringida visión resultante de dichas iniciativas, atadas a sesgos e intereses concretos. En otros casos, se desarrolla una aproximación en extremo utilitarista que deja de lado el profundo mar de interacciones —económicas, políticas, tecnológicas, históricas, culturales, psicológicas, geográficas— que caracterizan a la ciudad. Incluso, podemos apreciar esta deficiencia en los diferentes modelos propuestos para comprender la *smart city* (Giffinger et al., 2007; Gil-García et al., 2015; Appio et al., 2019), en los que a pesar de analizar interesantes variables, no se trasciende al siguiente nivel de aprehensión teórica ni se profundiza en las causas subyacentes detrás del comportamiento urbano en la ciudad inteligente. Vale decir que estas concepciones sobre la *smart city* se pasean por las arenas adyacentes al océano

del fenómeno urbano, pero no se aventuran en él; en consecuencia, no se ahonda en el significado de la ciudad. No existe preocupación por su definición como concepto, pues no interesa más allá de servir como simple escenario a los productos e iniciativas de los agentes que las promueven. Así, la ciudad es un ente estático, como el espacio en el modelo newtoniano del universo, un escenario estático sobre el cual los diversos actores representarán la obra de las soluciones *smart*.

Si no existe claridad sobre el concepto y el significado de la ciudad, ni su relación con la *smart city*, ¿cómo puede medirse el efecto o el impacto de las iniciativas? ¿cómo puede saberse que están desplegándose a todo su potencial? ¿quiénes son los beneficiarios de las iniciativas? ¿existen efectos colaterales? En ese sentido, la *smart city* está desvinculada de la ciudad. Podríamos decir que estamos en presencia de una “*smart city* sin la *city*”. Sin embargo, aquella está indisolublemente unida a ésta, puesto que es una manifestación emergente de sus propias interacciones y de las condiciones socioculturales y ambientales que la rodean; por consiguiente, es indispensable forjar una perspectiva para comprender la ciudad y definirla en toda su extensión: entender la ciudad y así dilucidar la ciudad inteligente, creándose un puente inexistente en la literatura actual debido a que, cuando se estudia la ciudad, no se menciona a la *smart city*. Y cuando se estudia la *smart city*, se deja de lado todo lo relacionado con los fundamentos —culturales, económicos, ecológicos, históricos— de la ciudad provistos por la teoría urbana y se parte de una suerte de generación espontánea del concepto basado, principalmente, en las tecnologías de la información. Además, esta perspectiva resultaría especialmente provechosa para aquellas autoridades gubernamentales que aún no han contemplado las iniciativas de ciudad inteligente entre los planes de acción dentro de sus espacios urbanos, ya sea por genuina desconfianza en una aplicación eficaz debido a la abrumadora gama de opciones disponibles; o a un franco desinterés al considerar el fenómeno como poco más que una moda pasajera condenada al fracaso y a desaparecer prontamente en el olvido.

Es propósito de esta disertación elaborar una teoría original acerca del fenómeno de la *smart city* partiendo de los principios que rigen los sistemas complejos y ajustarlos a la ciudad con la finalidad de comprender su estructura más general al tiempo que se reducen las limitaciones teóricas actuales. Al examinar la dimensión sociocultural del sistema urbano y conectar los conceptos de ciudad y *smart city*, se obtendrá una base conceptual para determinar y analizar las múltiples interacciones que se producen en el tejido urbano y, dado que se trata de un sistema sociocultural y cuya esencia multifacética lo hace único, la ciudad es quizás el mejor ejemplo de necesidad interdisciplinaria que podamos encontrar, empleando conocimiento procedente de distintas ciencias, tales como la física, matemática, antropología, ecología, sociología, economía, psicología y geografía. Vale aclarar que no es intención de la investigación menoscabar los esfuerzos realizados por los especialistas en sus respectivas áreas de estudio. Al contrario, se pretende establecer una plataforma integral que sirva de interfaz entre los expertos, que fomente la comunicación y el intercambio de saberes indispensable para contribuir a arrojar luz sobre el comportamiento del fenómeno de la *smart city*. De esta manera, podremos enmarcar la ciudad inteligente en una estructura teórica más completa e incrementar sustantivamente nuestra comprensión sobre la misma al tiempo que se revelan situaciones desconocidas gracias a esta nueva perspectiva.

### **1.3 Objetivos de la investigación**

En el presente apartado se muestran los objetivos de la investigación, los cuales constituyen las vías a ser recorridas para la efectiva aprehensión del problema de estudio. El objetivo general será logrado mediante el despliegue de cuatro importantes actividades.

### **1.3.1 Objetivo general**

Formular una teoría acerca de la *smart city* como fenómeno complejo desde la mirada de las teorías de sistemas.

### **1.3.2 Objetivos específicos**

- a. Desarrollar un modelo integral del sistema urbano.
- b. Determinar la relación entre la ciudad y la *smart city*.
- c. Analizar los patrones socioculturales que distinguen la ciudad.
- d. Analizar la *smart city* como sistema complejo basado en la información.

## CAPÍTULO II

### CONSIDERACIONES TEÓRICAS Y METODOLÓGICAS

*Hay una gran falta de instrucción sobre cómo se pueden utilizar los conocimientos previamente adquiridos. Además, tenemos que conocer los objetos de nuestra experiencia como un todo para que nuestro conocimiento no forme un agregado sino más bien un sistema; en un sistema es el todo el que precede a las partes, mientras que en un agregado las partes son lo primero.*

Immanuel Kant (1970)

#### **2.1 Evolución de las teorías de sistemas**

El enfoque de sistemas, o pensamiento sistémico, ha experimentado grandes transformaciones a lo largo de su historia que bien vale la pena mencionar brevemente. El estudio de los sistemas es recurrente en la literatura contemporánea y es transversal a numerosas disciplinas agrupando una multitud de enfoques como la cibernética, las teorías de redes, la teoría de la información o los modelos basados en agentes, por mencionar sólo algunos. Un sistema consiste en un conjunto de partes que interactúan para constituir una totalidad. Así, un sistema se diferencia de un conglomerado puesto que en este último sus partes no se encuentran interactuando (Johansen, 1982). Ya en la década de los sesenta, el biólogo alemán Ludwig von Bertalanffy (1976) escribía que el concepto de sistema había “...invadido todos los campos de la ciencia y penetrado

en el pensamiento y el habla populares y en los medios de comunicación de masas. El razonamiento en términos de sistemas desempeña un papel dominante en muy variados campos...” (pág. 1). Por su parte, Sawyer (2005) explica que la trayectoria evolutiva del enfoque de sistemas, especialmente en el área social, puede dividirse en tres grandes olas. La primera de ellas tiene como epicentro a la teoría estructural-funcional de Talcott Parsons, formulada a fines de la década de los cuarenta del siglo XX, la cual se fundamenta ampliamente en los estudios sobre cibernética llevados a cabo por Norbert Wiener, específicamente en dos características: la visión del sistema como una estructura jerárquico-funcional y la modularidad. Esta última hace referencia a la capacidad de cada componente del sistema para actuar de manera independiente y, aunque actúan en conjunto para cumplir el propósito del sistema como totalidad, dicha acción en conjunto —o grado de influencia mutua— es limitada y claramente definida. “In such a system, the behavior of any part is intrinsically determined: it is possible to determine the component’s properties in isolation from the other components, despite the fact that they interact” (Sawyer, 2005, pág. 12). Posteriormente, en las décadas de los sesenta y setenta, se produjeron exhaustivos intentos para encauzar el enfoque sistémico hacia una posición epistemológicamente más sólida, desarrollando principios y fundamentos de aplicación general a las diferentes disciplinas científicas. La clasificación propuesta por Kenneth Boulding ilustra esta idea agrupando diversos tipos de sistemas de acuerdo a su nivel de complejidad en nueve categorías que, en orden ascendente, van desde los más simples a los más trascendentales. Johansen (1982) resume dicho ordenamiento así:

- Primer nivel: constituido por las estructuras estáticas. Ejemplo: la estructura de los electrones dentro del átomo.
- Segundo nivel: conformado por los sistemas dinámicos simples. Ejemplo: el sistema solar.
- Tercer nivel: integrado por los sistemas cibernéticos o de control. Ejemplo: un presostato.

- Cuarto nivel: compuesto por los sistemas abiertos. Ejemplo: las células.
- Quinto nivel: denominado genético social. Ejemplo: las plantas.
- Sexto nivel: conformado por los animales.
- Séptimo nivel: integrado únicamente por el ser humano.
- Octavo nivel: compuesto por las estructuras sociales. Ejemplo: una institución o una empresa.
- Noveno nivel: constituido por los sistemas trascendentes, aquellos que aún se desconocen.

Precisamente, la célebre obra de Bertalanffy titulada *Teoría General de Sistemas*, es completamente representativa de esta segunda ola formulando isomorfismos (del griego “formas iguales”), esto es, las pautas estructurales o de comportamiento similares que se encuentran en diferentes fenómenos no relacionados. Por ejemplo, el patrón descrito por la curva exponencial constituye un isomorfismo que explica fenómenos estudiados por disciplinas muy distintas. Al respecto, Bertalanffy (1976) argumenta:

En matemáticas, la ley exponencial se denomina "Ley de crecimiento natural", y con  $a_1 > 0$  es válida para el aumento del capital por interés compuesto. Biológicamente se aplica al crecimiento individual de ciertas bacterias y animales. Sociológicamente, es válida para la multiplicación sin restricciones de poblaciones vegetales o animales, en el caso más sencillo la multiplicación de bacterias al dividirse cada individuo en dos, que dan cuatro, etc. En la ciencia social se llama ley de Malthus y representa el crecimiento ilimitado de una población cuya tasa de natalidad es superior a la de mortalidad. (pág. 63)

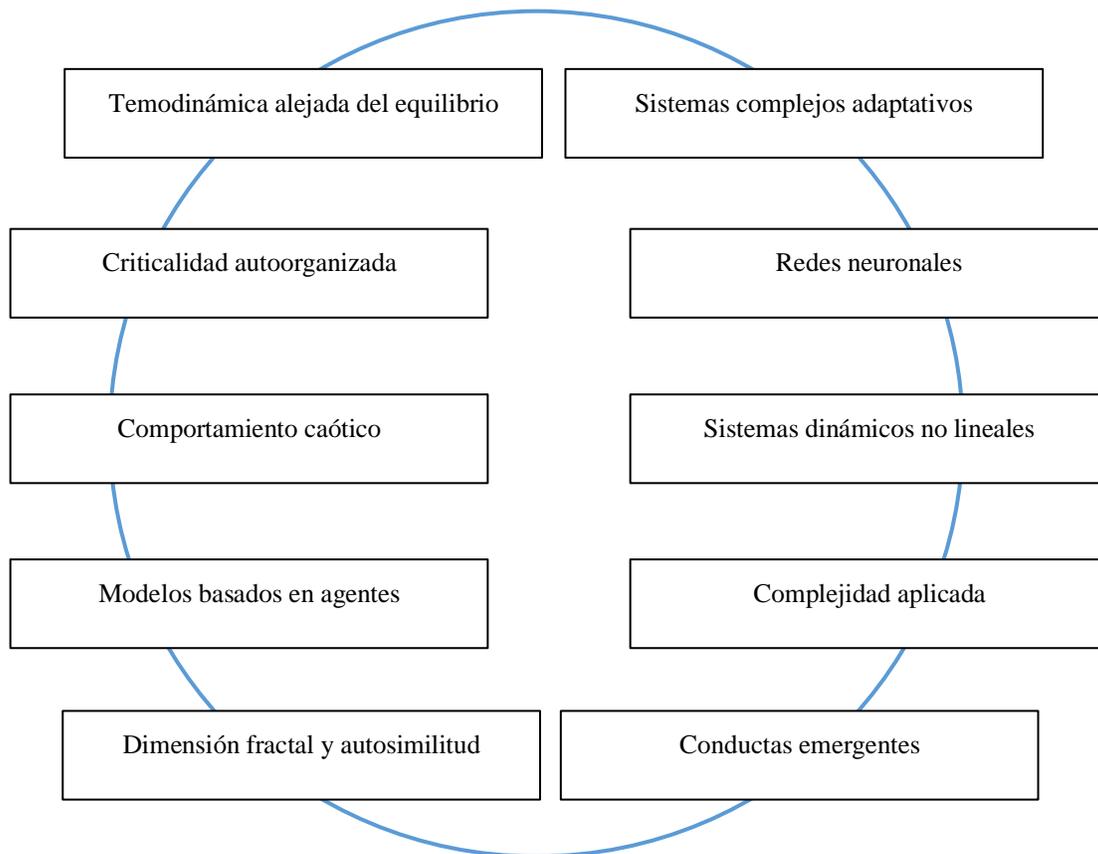
A diferencia de la anterior etapa del pensamiento sistémico concentrada en la estructura y la estabilidad del sistema, esta segunda ola enfoca su atención en el cambio y el carácter dinámico de los sistemas abiertos. Bertalanffy (1976) define este sistema abierto como aquel que se “...mantiene en continua incorporación y eliminación de materia, constituyendo y demoliendo componentes, sin alcanzar, mientras la vida dure, un estado de equilibrio químico y termodinámico, sino manteniéndose en un estado

llamado uniforme (*steady*) que difiere de aquél” (pág. 39). Concretamente en los sistemas sociales, Niklas Luhmann (1998) subraya la importancia de la comunicación y como “Las personas no pueden permanecer ni existir sin los sistemas sociales, y viceversa. La coevolución condujo hacia ese logro común que es utilizado por los sistemas tanto psíquicos como sociales” (pág. 77). En suma, esta segunda ola incorpora la interacción entre el sistema y su ambiente, el cambio constante, la noción de ausencia de equilibrio estable y la adición de los conceptos del caos y la complejidad, los cuales servirán de basamento para los trabajos ulteriores sobre las teorías de sistemas.

La tercera ola del pensamiento sistémico es la más reciente y su desarrollo se encuentra estrechamente vinculado a los avances en las tecnologías de la información, la informática y la teoría social contemporánea. Gharajedaghi (2011) argumenta que esta tercera ola del pensamiento sistémico se encuentra determinada por la interacción entre los conceptos de interdependencia, autoorganización y decisión en los sistemas socioculturales. Sawyer (2005) expresa que “What social scientists want to better understand is how successive symbolic interactions among autonomous individuals result in the emergence of collective phenomena” (págs. 21-22). En ese sentido, tanto el concepto de emergencia como el interés en observar sistemas sociales, pueden evidenciarse en las construcciones teórico-metodológicas en esta ola mediante la profundización del estudio de las interacciones entre los componentes del sistema, producidas en varios niveles; y las propiedades emergentes globales, que se manifiestan en la totalidad.

Estas aproximaciones se agrupan frecuentemente bajo los términos genéricos de “teoría de la complejidad” o “estudios de la complejidad”. Si bien es cierto que la noción de complejidad —y sistema complejo— es fundamental en el pensamiento sistémico contemporáneo, vale la pena advertir sobre sus implicaciones conceptuales, puesto que

dichos términos tienden a simplificar y reducir el alcance y los múltiples campos cubiertos por esta ola. A manera de ejemplos, podemos citar las redes neuronales como producto interdisciplinario de la neurociencia o la teoría de las redes y las catástrofes, siendo ambos enfoques diferentes y aplicados en campos distintos. Además, sobre el término de teoría de la complejidad, Sawyer (2005) agrega que "...this term conflates the second and third waves and elides important distinctions between modeling technologies such as nonlinear dynamical equations and multi-agent systems" (pág. 23). En suma, las ideas más relevantes de esta tercera ola son abundantes y altamente diversificadas y cuyo desarrollo persigue una orientación claramente interdisciplinaria y, en algunos casos, transdisciplinaria. "The field is inherently interdisciplinary, drawing from sociology, genetics, economics, ecology, immunology, city planning, mathematics, embryology, computer science, politics, and many other fields" (Tranquillo, 2019, pág. 5). Asimismo, tal interdisciplinaria constituye una gran fortaleza debido a que, como exponen Torres, Blevins, Bassett & Eliassi-Rad (2021) "we benefit from the creativity of those [frameworks] from a variety of disciplines, and the resulting myriad approaches make complexity science an adaptable and cutting-edge field" (pág. 437). Reynoso (2006) sintetiza algunas de las ideas más representativas al referirse a "...los sistemas alejados del equilibrio, las estructuras disipativas [...], la dinámica no lineal en la teoría del caos y luego todo eso junto, más o menos armonizado, por piezas enteras o en fragmentos, en el paradigma integral de la complejidad" (pág. 11). Algunos de los fenómenos estudiados en esta tercera ola se observan en la figura 8.



**Figura 8. Síntesis de fenómenos estudiados en la tercera ola de las teorías de sistemas.**  
Fuente: Elaboración propia

## **2.2 La tercera ola y su influencia en la ciudad**

Las ciudades, muy probablemente, son los productos culturales más complejos jamás desarrollados por la humanidad y, como cabría esperar, no han escapado al escrutinio de las teorías de sistemas. Embebida en los presupuestos teóricos de la tercera ola del pensamiento sistémico, ha surgido en las últimas décadas una nueva perspectiva que aspira construir un cuerpo coherente y verificable, o sea, conocimiento científico, sobre la ciudad. Algunos consideran este esfuerzo un primer y firme paso hacia la constitución de una “ciencia de las ciudades”. En un trabajo pionero, los especialistas Batty y Longley (1994) identifican la presencia de la geometría fractal en las ciudades

y su relación con el crecimiento poblacional, mientras que Allen (1996) explica como los procesos de autoorganización a lo largo del tiempo producen patrones bien diferenciados en los vecindarios, resultando en algunos de ellos concentraciones de actividades económicas, y en otros concentraciones de áreas residenciales. Por otra parte, Luis Bettencourt (2015) enuncia, muy brevemente, otras 5 propiedades que distinguen a la ciudad como un sistema complejo, a saber: heterogeneidad; interconectividad; escala; causalidad circular; y desarrollo. Los componentes de la ciudad son a su vez sistemas, por lo tanto, encontramos una jerarquía de múltiples niveles de sistemas interconectados en diferentes escalas, donde los cambios originados en alguno de ellos pueden desencadenar consecuencias imprevistas en los demás (Johnson, 2012). Los agentes en el sistema urbano persiguen sus propios objetivos y aspiraciones e interactúan en diferentes escalas, como argumenta Allen (2012), “Some are micro-agents, choosing where to live and work, while others operate at a higher level, deciding on changes to transport infrastructure or the location of a large organization” (pág. 68).

En los últimos años, otros hallazgos han revelado una serie de patrones insospechados como consecuencia de la complejidad en la ciudad. Por ejemplo, Bettencourt y West (2010) encontraron que existen relaciones no lineales entre diferentes ciudades, tales como Nueva York y Tokio, es decir, existen patrones en sus respectivas dimensiones, a pesar de estar cultural y geográficamente distantes. “These extraordinary regularities open a window on underlying mechanism, dynamics and structure common to all cities” (Bettencourt & West, pág. 913). A la sazón, Batty argumenta acerca de las redes y los patrones de localización que surgen en las ciudades, apuntando que “...a system such as a city is not something that is planned from the top down but emerges organically” (Batty, 2013). Además, agrega que “[de las ciudades] Their structure, in so far as we can understand and articulate it, emerges through countless decisions in

the context of physical constraints that limit the feasibility of certain patterns over others” (Batty, 2013).

El paisaje urbano actualmente alberga un 55% de la población mundial y, por increíble que parezca, el estudio sistemático de la ciudad es muy reciente, cercano a dos siglos. Y si tomamos en consideración la integración de diferentes enfoques como contrapartida a visiones monolíticas basadas en tradiciones academicistas, pero desafortunadamente desfasadas y en no pocos casos carentes de evidencia empírica, la ventana de estudio se reduce aún más. Incluso, muchos intelectuales expresan categóricamente que es necesaria la “fundación” de una ciencia de las ciudades, con referentes teóricos y metodológicos claros, que estudie exhaustivamente el fenómeno urbano en todas sus vertientes. En estos trabajos se evidencian generalmente altos grados de formalización matemática o elaborados métodos de simulación, que dan cuenta de situaciones concretas de la ciudad o revelan correlaciones entre variables. Sin embargo, adolecen de la comprensión exhaustiva que exigen los fenómenos sociales para alcanzar una visión más clara y cercana a su esencia real. Portugali (2011) reúne estas investigaciones bajo el enfoque de las CTC (Teorías de la Complejidad de las Ciudades, por sus siglas en inglés) y expone 4 argumentos precisos que ponen de manifiesto sus carencias y limitaciones:

What’s wrong is, firstly, that simulation models originally designed as media by which to study phenomena of complexity and self-organization become the message itself. Secondly, that CTC tend to overlook the fact that complexity theories form a new science that is critical of the first culture of cities. Thirdly, and as a consequence of the above, that most studies in the domain of CTC are silent about the qualitative message of complexity theories to cities. Fourthly, that students of CTC have indiscriminately applied to cities theories and models originally developed to deal with natural phenomena, ignoring the implications of the fact that cities are not natural phenomena but rather artifacts. (pág. 99)

Los argumentos precedentes confirman la premisa de que las ciudades, al ser sistemas sociales, presentan características exclusivas no compartidas con otros sistemas complejos naturales. Sawyer (2005) completa la idea de la exclusividad al referirse a los comportamientos emergentes en los sistemas sociales, donde las personas que componen el sistema también son agentes que generan, transmiten e interpretan signos en un contexto de comunicación simbólica, lo que reduce la posibilidad de trasladar las estructuras formales utilizadas en los estudios de sistemas naturales. En esa misma línea argumental, Portugali (2011) agrega que “Firstly, urban agents as the parts of the complex system ‘city’ are cognitively different from other animals as parts of organic systems and obviously from entities that form the parts of material complex systems. Secondly, cities are artifacts” (pág. 108).

### **2.3 Los modelos sistémicos**

Los sistemas complejos se encuentran presentes en numerosos fenómenos, tanto naturales como sociales, y por sus peculiares características constituyen una clase especial de problema. A mediados del siglo XX, Warren Weaver (1991) explicaba acertadamente que “They are all problems which involve dealing simultaneously with a sizable number of factors which are interrelated into an organic whole” (pág. 452), y los denominó problemas de complejidad organizada, los cuales son completamente distintos a las otras dos clases de problema existentes: los de simplicidad organizada y aquellos de complejidad desorganizada. La clasificación y criterios empleados por Weaver han resistido el paso del tiempo y constituyen un sólido pilar epistemológico al momento de problematizar situaciones que serán examinadas científicamente. Apoyándose en el trabajo de Weaver, el antropólogo Carlos Reynoso desarrolla una tipología integrada por los modelos mecánicos, estadísticos y sistémicos, con la finalidad de exponer los fundamentos y formulaciones de estos últimos, es decir, de aquellos problemas “...sobre complejidad organizada, lo cual involucra sistemas dinámicos, emergentes, aperiódicos, refractarios a la reducción, no lineales, así como

las herramientas y formalismos concomitantes” (Reynoso, 2006, pág. 8). En contraste con la primacía del análisis y la deducción en los modelos mecánicos, o de la síntesis y la inducción en los modelos estadísticos, los sistémicos se destacan por una aproximación totalizadora, holista y profundamente descriptiva, cuyo objetivo es identificar y caracterizar los elementos y propiedades del fenómeno estudiado distinguiendo las interacciones entre los mismos.

Reynoso también desmiente la creencia que equivale cualquier construcción teórica matemática con un modelo sistémico, puesto que “Existen, de hecho, numerosos modelos formales o axiomáticos que son más bien mecánicos o estadísticos, así como existen modelos sistémicos no cuantitativos” (Reynoso, 2006, págs. 17-18). La formalización matemática, ciertamente, proporciona grandes ventajas en la comprensión de un sistema y extiende sus posibilidades para la utilización de poderosas herramientas computacionales o técnicas de simulación. Mediante las matemáticas discretas y análisis computacionales se crean algoritmos muy eficaces que permiten estudiar las estructuras y comportamientos del sistema, desde una perspectiva de las redes que lo conforman (Torres et al., 2021). No obstante, no es indispensable la cuantificación matemática para elaborar un modelo de un sistema complejo. Ludwig von Bertalanffy (1976) argumentaba que “Quizás valga más tener primero algún modelo no matemático, con sus limitaciones, pero que exprese algún aspecto previamente inadvertido, en espera del surgimiento venidero de algún algoritmo apropiado...” (pág. 23). Los modelos sistémicos no cuantitativos “can capture important behavior patterns, automatically producing descriptions that are closer to the level of what people call insights about system behavior, making them useful for science, engineering, education and decision-support” (Forbus, 2008, pág. 361). Esta comprensión perspicaz —*insight*— sobre el fenómeno es particularmente útil en aproximaciones a sistemas de gran envergadura, que presentan elevados grados de libertad, rebosan de conceptos imprecisos y muestran interacciones muy diversas. En

estos casos, la cuantificación es contraproducente, como sostiene Coyle (2000), en virtud de que “...the determination always to quantify, derived from a viewpoint that diagrammatic models are inherently inferior, may lead to models that are so misleading as to be valueless, or even, when practical decisions are involved, damaging” (pág. 233).

### **2.3.1 Redes**

Una red consiste en un conjunto de elementos interconectados y dado que todo sistema está conformado por un conjunto de partes que interactúan entre sí, resulta muy útil su comprensión en términos de redes. El estudio científico de las redes, o teoría de las redes, no se ocupa tanto de los actores que las constituyen como de la estructura subyacente que forman; es decir, concentra su atención en la organización formal de los elementos y sus relaciones independientemente de los actores que componen la red. Neuronas, automóviles, ciudadanos, genes y empresas son entidades muy distintas que pertenecen a redes igualmente diferenciadas. No obstante, las interacciones entre estos elementos producen extraordinarios isomorfismos, estructuras análogas en sistemas distintos que revelan la emergencia de patrones de organización comunes. La visualización mediante redes permite detectar características importantes dentro de un sistema, razón por la cual, como ya comentaban Torres et al. (2021), es ampliamente utilizada en la formulación de modelos sistémicos. La representación de la red inicia con la identificación de los nodos, estos son los agentes o elementos activos que componen el sistema. Por ejemplo, las neuronas en el cerebro, las especies en un nicho ecológico o las empresas en el mercado de valores. Luego, se expresan las relaciones existentes entre los nodos mediante los conectores: las carreteras que conectan ciudades, la amistad entre un grupo de personas o las reacciones metabólicas dentro de una célula son ejemplos de conectores (Tranquillo, 2019). Los diagramas de redes se fundamentan en la teoría de grafos, representándose en su forma más sencilla a través de puntos (nodos) y líneas (conectores) que señalan las conexiones presentes.

Dependiendo del objetivo fijado, los diagramas de redes revelan estructuras de árbol-rama, organizaciones jerárquicas, nivel de agrupamiento (*clustering*) entre nodos o el grado de orden y aleatoriedad preponderante en la red.

### **2.3.2 Interacciones**

De acuerdo a Holland (2004) “...los nodos son los procesadores —agentes— mientras que los conectores son los que determinan las posibles interacciones” (pág. 38). En ese sentido, encontramos una relación causal importante: las interacciones en el sistema están determinadas por las conexiones establecidas entre los agentes. Y justamente debido a la importancia de las interacciones es preciso detenerse en su definición. Mario Bunge (2005) explica que “Dos cosas concretas interactúan *syss* [si y sólo si] cada una de ellas actúa sobre la otra” (pág. 113). Por lo tanto, definimos las interacciones como las mutuas perturbaciones de un nodo sobre otro, las cuales pueden producirse en muy distintas escalas, según se trate de una acción molecular, mecánica, biológica, social, económica, etc.

Además, la proporcionalidad no es una condición exigida por una interacción, debido a que la acción de un agente no implica una “respuesta” equivalente por parte del otro agente. De hecho, en numerosos campos, especialmente en biología y ciencias sociales, predominan “...acciones que no están acompañadas o seguidas de reacciones iguales” (Bunge, 2005, pág. 113). En los sistemas sociales, Castellani y Hafferty (2009) argumentan que las interacciones aluden a “...movements, behaviors, processes and interdependent actions of social practice, along with the actions of the agents and communication strategies of which a social practice is comprised” (pág. 39). En consecuencia, la dinámica de las interacciones sociales se inscribe en un contexto comunicacional y cultural dando lugar a expresiones muy variadas como la cooperación, el conflicto, la negociación o la dominación. Ahora, las interacciones

entre agentes se concretan mediante el paso de materia, energía o información, vale decir, el flujo de recursos entre los agentes. Elevados flujos fortalecerán las interacciones e incluso crearán nuevas. Por el contrario, flujos reducidos resultarán en interacciones débiles. En un nicho ecológico, las especies se encuentran conectadas por las cadenas alimentarias y mediante interacciones simbióticas, parasitarias o depredador-presa, se intercambian flujos de energía entre los agentes. Los sistemas complejos no están compuestos por una sola red sino por una multitud de redes. En suma, elevados flujos de recursos fortalecerán las interacciones e incluso crearán nuevas. Por el contrario, flujos reducidos resultarán en interacciones débiles.

### **2.3.3 Aplicaciones en las ciencias sociales**

Los modelos sistémicos se utilizan para abordar numerosos y variados hechos sociales, como el lenguaje, los ciclos de negocios en la economía, el mercado financiero o las redes sociales en Internet (Kwapien & Drozd, 2012). De hecho, las conexiones entre sistemas sociales y biológicos mediante los atributos de la autoorganización y emergencia no han pasado desapercibidas como objetos de estudio en las últimas décadas. “Biological systems primarily self-organize through genetic codes, and social systems selforganize through cultural codes. The DNA of social systems is their culture” (Gharajedaghi, 2011, pág. 16). La formulación de elaborados marcos teóricos y el desarrollo de técnicas e instrumentos más confiables en las ciencias sociales posibilitan ahora nuevas aproximaciones a fenómenos culturales de naturaleza compleja. Holland (2004) comenta que las conductas emergentes son responsables de “...la identidad proporcionada por diversos conjuntos de anticuerpos, o la espectacular coordinación de un organismo constituido por miríadas de tipos diferentes de células, e incluso de la coherencia y permanencia de una gran ciudad” (pág. 22).

Por ejemplo, el psicólogo y sociólogo R.K. Sawyer propone un modelo extensivo para estudiar la sociedad basándose en la cualidad compleja de la emergencia. El debate sociológico ha girado largamente en torno a la dicotomía de lo macro y lo micro, desarrollándose enfoques contrapuestos que exacerban el rol de la estructura social o del individuo, respectivamente. Sawyer (2005) argumenta que los fenómenos emergentes en la sociedad requieren "...a simultaneous focus on three levels of analysis: individuals, their interactional dynamics, and the socially emergent macroproperties of the group" (pág. 191). La comprensión de la sociedad como un sistema complejo exige una aproximación interdisciplinaria "In addition to sociology, I draw on other disciplines concerned with emergence: economics, psychology, philosophy of science, and multiagent simulation" (Sawyer, 2005, pág. 11).

En ese sentido, Sawyer (2005) propone un modelo basado en cinco niveles. El nivel A está compuesto por los individuos en su dimensión más exclusiva. De gran interés para la psicología, las propiedades analizadas incluyen la memoria, rasgos de la personalidad, habilidades para emprender acciones multitareas, entre otras. El nivel B corresponde a la interacción, destacándose tanto los patrones del discurso como las expresiones de negociación y colaboración. El nivel C incorpora los emergentes efímeros, aquellas estructuras que determinan la participación en las actividades sociales, asignaciones de rol y status; contexto y tópicos. El nivel D trabaja con los emergentes estables, integrados por las subculturas, la jerga grupal y las rutinas conversacionales; conjuntamente con las prácticas sociales compartidas y la memoria colectiva. Por último, el nivel E comprende la estructura social: textos escritos, como leyes y procedimientos. Pero también sistemas materiales e infraestructura en los que se añaden variables como la arquitectura, el diseño urbano, las redes de transporte y los procesos de comunicación generalizados.

## 2.4 Diseño de investigación

En las investigaciones sobre fenómenos sociales suele surgir la dicotomía filosófica y metodológica entre la perspectiva holista e individualista. Los holistas observan “el todo” y aunque la expresión parece sugerir una reveladora explicación, la verdad es que solo lleva a ambigüedades e imprecisiones que no son contrastables. No en vano, las propuestas del vitalismo —una clase de holismo— giraban en torno a este principio y requerían la existencia de una sustancia fundamental, un éter, que impregnara el universo y conectara todas las cosas. Esta idea supone graves problemas filosóficos, puesto que si todo se encuentra conectado por esta sustancia, ¿tendría sentido definir sistemas? ¿acaso todas las interacciones a través del éter poseen el mismo alcance? Por otra parte, los individualistas adoptan la posición opuesta. El centro de gravedad reside en el sujeto y todo se reduce al individuo, o a agregados de individuos, que finalmente son sumatorias de conductas. En las tesis individualistas, la clave la poseen los números, no las interacciones.

En cambio, las teorías de sistemas se concentran en las redes, los procesos de interconexión y el entorno. Comparte con el individualismo la importancia del individuo, éste es un componente necesario e indispensable dentro de la totalidad ejerciendo como agente de la estructura social. Sin embargo, se aleja del individualismo al postular que la importancia real del individuo se concreta al interactuar con sus pares y constituir redes, lo que da como resultado estructuras emergentes producto de relaciones, en su mayoría de carácter no lineal. Es importante destacar que en las teorías de sistemas se utiliza con frecuencia la expresión del “todo mayor a la suma de las partes” como un recurso para dar a entender la emergencia como proceso. En este caso, y a diferencia de los vitalistas, el todo no es una entidad o sustancia que se encuentra flotando en el cosmos e impregna a todo el sistema. El todo hace referencia a la propiedad de emergencia manifestada en un nivel superior —una

cualidad de superveniencia— a los componentes debido a las interacciones entre ellos. La ciudad, como se explicará a lo largo de esta disertación, constituye un conjunto de redes superpuestas e interconectadas integradas por agentes en permanente transformación, lo que se traduce en flujos de recursos que los conecta.

En la realidad nos encontramos con elementos e interacciones. El sistema es una construcción metodológica que aísla una porción de la realidad para comprender sus componentes, interacciones y relación con el ambiente. Esta afirmación puede confirmarse con un ejemplo sencillo. Imagínese el cuerpo humano, tradicionalmente descrito como un sistema debido a que está integrado por un conjunto de componentes que interactúan entre sí. Incluso, estos componentes son tan extensos y variados que a su vez también se agrupan en sistemas, y respecto a la totalidad del organismo son subsistemas. Por lo tanto, el cuerpo humano es un sistema de sistemas. Aunque valdría preguntarse, ¿acaso el organismo no demanda recursos externos para su supervivencia? Aire, agua y alimentos que se encuentran en el ambiente. Así, el ser humano interactúa con otros animales, plantas y componentes abióticos del medio. Entonces, ¿no sería otro sistema el compuesto por humano, animales, plantas y componentes abióticos? ¿dónde inicia un sistema y concluye otro?

Pero no nos dejemos engañar por un aparente indicio de constructivismo-relativismo tan de moda actualmente en el pensamiento posmoderno. Los elementos e interacciones tienen una existencia real, independientemente de las ideas del observador, éste no “construye” las relaciones ni los elementos son producto de ideas individuales o colectivas. La identificación del sistema y de sus fronteras obedece a un interés de investigación según el hecho que desee estudiarse. Para la fisiología humana y la medicina general representa gran interés el sistema constituido por el cuerpo humano y sus numerosos subsistemas. A la ecología le interesa el sistema conformado

por los individuos humanos, animales, plantas y componentes abióticos que se interrelacionan en un nicho ecológico. Para la economía, el sistema de interés está integrado por las personas que intercambian bienes y servicios en un mercado común de recursos y factores. Por lo tanto, la determinación de la escala y fronteras del sistema es una convención determinada en función del fenómeno que se desee estudiar. Nuevamente, la convención no es completamente arbitraria. Se encuentra sujeta a la existencia de interacciones entre los elementos seleccionados. La astrología proclama que existe una influencia entre los cuerpos celestes y las personas. Cuando expresa que el tránsito aparente de la luna por la constelación de Libra produce una determinada conducta en los individuos “nacidos bajo ese signo zodiacal” podría identificarse un sistema —aunque sin correspondencia con la realidad empírica— constituido por la luna, las estrellas de la constelación de Libra y los cientos de millones de personas nacidas entre el 23 de septiembre y el 23 de octubre. Sin embargo, no existe ninguna evidencia o siquiera indicio de interacciones entre estos elementos o cualquiera de los otros propuestos por la astrología. Así como los cometas no presagian acontecimientos funestos —como vaticinaban los astrólogos de antaño— tampoco las posiciones aparentes del sol, la luna y las constelaciones en la bóveda celeste influyen en la personalidad de la gente o en los eventos de sus vidas, como declaran los astrólogos actuales.

La ciudad es un sistema ciertamente exclusivo, tanto que incluso su definición no es una actividad trivial. El fenómeno urbano presenta numerosas aristas y niveles y consiste esencialmente en un conjunto de interacciones entre agentes sociales dentro de un espacio geográfico. En ese sentido, lo que existe materialmente son interacciones. Y su alcance puede delimitarse a través de un enfoque sistémico que ponga de manifiesto las conductas y consecuencias de dichas interacciones. Precisamente, en esta disertación doctoral desarrollamos una teoría original acerca de la *smart city* como un sistema sociocultural complejo, revelando mediante esta perspectiva interacciones

y patrones significativos que dan cuenta de su comportamiento. Además, dicha teoría vincula los conceptos de ciudad y *smart city*, tratados separadamente en la literatura. Los datos necesarios fueron recopilados obedeciendo una orientación profundamente interdisciplinaria, incluyendo fuentes pertenecientes a muy diversas áreas del saber como sociología, antropología, ciencias de la comunicación, psicología, arquitectura, biología, física, tecnología, ciencias de la computación, urbanismo, y por supuesto, teorías de sistemas. Debido a la relevancia y actualidad de los tópicos discutidos, la mayoría de las fuentes están publicadas en inglés.

Al tratarse de una investigación teórica su alcance es tanto descriptivo como explicativo (Hernández-Sampieri & Mendoza, 2018) dentro del contexto planteado por los modelos sistémicos anteriormente definidos, en atención a que identifica interacciones y analiza sus propiedades a fin de desarrollar explicaciones acerca de los patrones distintivos del sistema. La formulación de teoría pretende rellenar importantes vacíos semánticos en el estudio de la ciudad inteligente y contribuir con la apertura de un nuevo *insight* sobre el fenómeno que promueva la búsqueda de conocimiento en posteriores investigaciones.

#### **2.4.1 Aproximación en dos niveles**

Llevamos a cabo una aproximación metodológica en dos niveles con el objetivo de aprehender el fenómeno de estudio según la perspectiva sistémica. El primer nivel está constituido por el sustrato teórico perteneciente a las teorías de sistemas, específicamente el subdominio de las ciencias de la complejidad, y representa la aproximación metodológica principal sobre la cual se levanta la labor investigativa. Esto es, la comprensión de los sistemas complejos como aquellos que exhiben una serie de propiedades distintivas —emergencia, autoorganización, no linealidad, adaptabilidad, sensibilidad a las condiciones iniciales, entre otras— y cuya existencia

se observa tanto en fenómenos naturales como sociales. Justamente, debido a su extraordinario radio de acción, el estudio de los sistemas complejos se ha consolidado sosteniendo una fuerte posición interdisciplinaria, como comenta Tranquillo (2019), “The field [ciencias de la complejidad] is inherently interdisciplinary, drawing from sociology, genetics, economics, ecology, immunology, city planning, mathematics, embryology, computer science, politics, and many other fields” (pág. 5). El modelado de un sistema persigue organizar la complejidad que lo define mediante una descripción exhaustiva de su estructura, lo que permitirá, eventualmente, descubrir propiedades, plantear hipótesis o implementar simulaciones que den cuenta de su comportamiento (Reynoso, 2006).

Un elemento importante al abordar un sistema es la consideración de la escala que se desea utilizar puesto que “...siempre es necesario acotar el grado de detalle en la descripción del sistema, ignorando los detalles más finos. Los físicos llaman a esto resolución” (Gell-Mann, 2003, pág. 46). La resolución permite definir el grado de detalle de los componentes e interacciones analizadas en el sistema, de la misma manera que, y valga esta analogía didáctica, al tomar una fotografía con una resolución de 4K (3840 x 2160 pixeles) capturaremos mayor detalle que en la misma fotografía con una resolución de 720p (1280 x 720 pixeles). En el caso de los sistemas sociales, específicamente la ciudad inteligente, las redes de interacción y la potencial diversidad en función de un determinado contexto cultural es tan vasta que obtener una resolución razonable, en términos generales, supone un gran desafío. “Said another way, social systems are more than just agents following rules. They are agents involved in the coupling of social practice” (Castellani & Hafferty, 2009, pág. 46).

En consecuencia, surge el segundo nivel, integrado por aquellos cuerpos teóricos que se han dado a la tarea de analizar el fenómeno urbano desde múltiples ópticas y

partiendo de referentes distintos, lo que se traduce en una visión exhaustiva y comprensiva sobre la ciudad. “The city may well be the most complex of all human creations. As a result, it cannot be understood using any single point of view” (Macionis & Parrillo, 2017, pág. 10). Esta premisa se ajusta adecuadamente a la cualidad interdisciplinaria propia del estudio de los sistemas complejos. En este nivel, las teorías de sistemas y las ciencias sociales trabajan en conjunto; aquellas proporcionan la estructura general para analizar la ciudad mientras que éstas proveen la perspectiva teórico-práctica de la vida urbana, profundizando en la práctica social a pequeña escala (aspiraciones y determinantes culturales de los pequeños grupos), y a gran escala, (la economía, los marcos legales y las relaciones de gobernabilidad). Por ejemplo, los ciudadanos construyen sus representaciones mentales sobre la ciudad considerando un conjunto común de elementos como las sendas, bordes, distritos, nodos e hitos (Lynch, 1998); que toman en cuenta las significaciones identitarias asociadas a determinados espacios (Portugali, 2011). O a los patrones culturales singulares que una sociedad desarrolla en condiciones urbanas y sobre los cuales, los sociólogos Macionis y Parrillo (2017), argumentan que “The city does not create a way of life all its own but, rather, provides the setting where any way of life, any cultural tradition, can intensify and re-create itself in a manner not possible in other settings” (pág. 233).

Recordando la tesis epistemológica del intelectualismo, propuesta por Aristóteles, y a modo metafórico, ilustramos la relación entre estos niveles de aproximación metodológica. Según la doctrina aristotélica, tanto experiencia como razón ejercen una función en la producción del conocimiento humano, presentando una opción mediadora ante el intenso antagonismo entre las posiciones empirista y racionalista. En un primer momento, el sujeto capta a los objetos del universo mediante sus sentidos, cuyas percepciones sirven de insumo para obtener las imágenes sobre dichos objetos. Es decir, la experiencia sensible es responsable de la imagen producida por el sujeto, proporciona la forma de lo captado, y equivaldría en este ejemplo a las teorías de

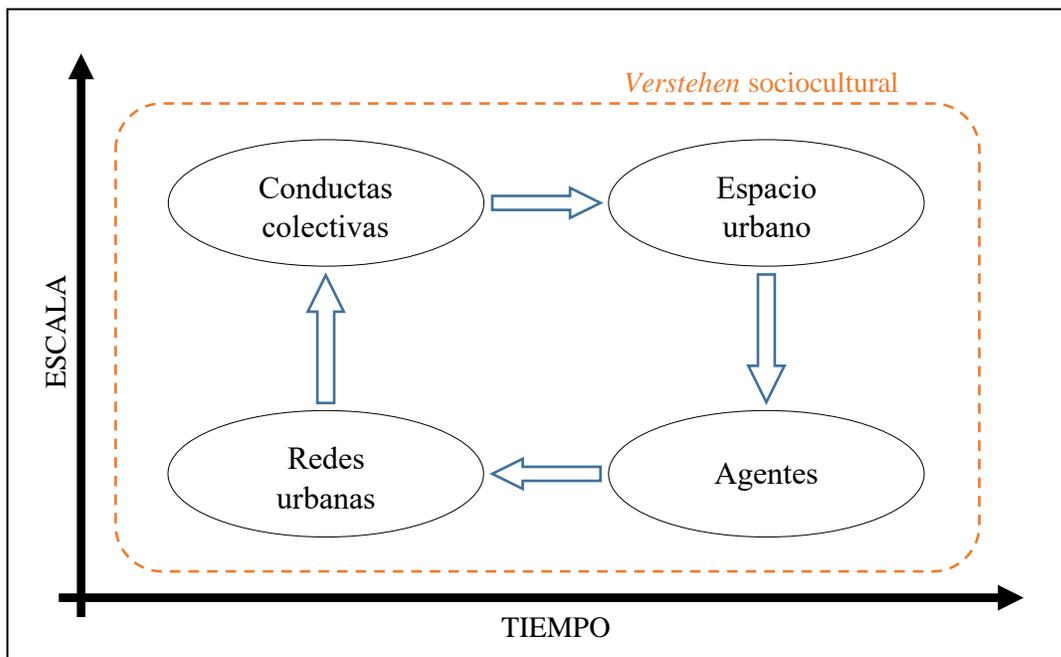
sistemas. Sin embargo, resta todavía extraer la esencia del objeto contenida en la imagen, acción que no es posible realizar empíricamente sino racionalmente. A través de la intervención de la razón —el entendimiento como lo denominaba Aristóteles— la imagen es “iluminada” revelando así la idea fundamental del objeto, distinguiendo el contenido de la forma. De este manera actúan los distintos cuerpos teóricos de las ciencias sociales sobre la conceptualización sistémica de la ciudad, enriqueciendo sus lecturas y confiriéndoles sentido mediante la puesta en marcha de la *verstehen*, incrementando la resolución y revelando elementos, interacciones y emergentes que permanecían ocultos previamente y, sin los cuales, la comprensión del objeto urbano queda incompleta.

#### **2.4.2 Modelo Integral del Sistema Urbano**

La formulación de teoría acerca de la *smart city* como fenómeno parte de las siguientes premisas:

1. La ciudad es un sistema complejo adaptativo de naturaleza sociocultural, esto es el sistema urbano.
2. La *smart city* es una reorganización específica del sistema urbano.

Por consiguiente, ciudad y *smart city* con conceptos inseparables. La comprensión de ésta se condiciona al entendimiento de aquella como sistema, en su adecuada descripción e interpretación exhaustiva como fenómeno sociocultural. En ese sentido, proponemos como aspecto medular de esta disertación el Modelo Integral del Sistema Urbano, diagramado en la figura 9, una herramienta para la formulación de la teoría acerca de la ciudad inteligente. “Un modelo es una representación idealizada de una clase de objetos reales” (Bunge, 2004, pág. 337). Este modelo nos permite identificar y describir los elementos e interacciones del sistema urbano.



**Figura 9. Modelo Integral del Sistema Urbano.**

Fuente: Elaboración propia

El primer elemento lo integran los agentes, los sujetos cuya existencia y actuación definen y transforman la realidad de la ciudad. Sus experiencias y valores están indisolublemente unidos al paisaje de la urbe, razón por la cual los definimos como “seres urbanos” y representan la unidad sistémica compleja mínima que hace vida en la ciudad. El segundo elemento lo constituyen las redes urbanas, como producto de las variadas interacciones posibles entre los agentes y cuyas conexiones generan flujos de toda clase de recursos. La estructura de las redes en la ciudad determina tendencias y patrones probables en el sistema. El tercer elemento viene dado por las conductas colectivas: pautas de comportamiento compuestas por ideas, valores, normas y esquemas de acción social que caracterizan a una red en particular y cuyas propiedades son supervinientes, es decir, solo están presentes al nivel de la estructura global colectiva y no en los agentes individuales que la componen. El cuarto y último elemento está definido por el espacio urbano, integrado por los objetos y artefactos

materiales fabricados por las personas —como edificios y calles, o vale decir la infraestructura— donde tienen lugar las innumerables escenas que se producen en la ciudad. El espacio urbano, como tecnología emergente, no es una creación independiente de los ciudadanos sino una co-creación colectiva resultante de las interacciones entre las redes urbanas. La imagen general acerca del significado de ciudad suele girar en torno a la infraestructura como factor determinante, desdibujando u omitiendo otros factores. Precisamente, una de las ventajas del modelo propuesto es la identificación clara del rol de agentes, redes y conductas como procesos que generan colectivamente el espacio urbano. Esto conduce a una definición de ciudad que presentaremos en el capítulo IV.

Las relaciones entre cada elemento están esencialmente definidas por la emergencia y los circuitos de retroalimentación, ya sea esta positiva o negativa. Las interacciones como parte de la práctica social entre los agentes dan origen a redes con rasgos específicos que coexisten a distintas escalas en la urbe. Justamente, los hechos urbanos se producen en diferentes niveles de acción y es lo que denota el eje vertical. Por otra parte, los elementos e interacciones del sistema experimentan cambios con el paso del tiempo y es lo considerado por el eje horizontal. Numerosos patrones solo se hacen evidentes al tomar en cuenta el aspecto temporal. Por último, las relaciones entre los elementos del sistema se enmarcan en la ya mencionada práctica social, cuyas apreciaciones se revelan a través de una comprensión profunda —la *verstehen*— de los significantes que la componen y así interpretar su sentido dentro del sistema. En consecuencia, se produce una acción complementaria entre la descripción sistémica y el entendimiento interpretativo de la realidad urbana.

Aunque en esta disertación nos concentramos en la *smart city* y la comprendemos como un sistema complejo adaptativo de naturaleza socioecultural, se trata igualmente de un

sistema abierto y, por consiguiente, recibe flujos de entrada provenientes del ambiente, tales como energía, recursos, personas, materia prima, capital e información necesarios para mantenerse funcionando. De la misma manera, como producto de sus actividades, envía al entorno flujos resultantes —también denominado *output*— compuestos por bienes, soluciones, servicios, información, entre otros, conformándose así una suerte de dinámica metabólica. En palabras de Schmitt (2015), “The metaphor of an urban metabolism and the concept of stocks and flows are helpful to understand and define the factors that shape the city and make it prospering over a long period of time” (pág. 145). El ambiente de la ciudad se compone de sistemas mayores, como el supersistema sociocultural que agrupa a las instituciones de gobierno, economía e historia compartidas por una sociedad que dan origen al estado-nación, las cuales influyen sobre la ciudad. Por ejemplo, una política tributaria implementada por el gobierno nacional afectará el comportamiento de la urbe. Desde un punto de vista geosocial, el área rural circundante también es un componente importante del entorno del sistema urbano, y lo ha sido desde el surgimiento de las primeras ciudades hace más de cinco mil años puesto que representaba la fuente principal de recursos. Con el paso del tiempo y la evolución de las ciudades en sistemas cada vez más complejos, la relación con el área rural circundante se tornó recíproca e interdependiente, como argumentan Macionis y Parrillo (2017):

The relationship between the city and its countryside involves much more than just the dynamics of migration, however. The resources that each provides create a reciprocal dependence (...) Many of the specialty occupations of the city, such as weaving or steel manufacturing, depend on the countryside's raw materials. Conversely, the countryside obtains many of its goods—the clothes made by weavers, the tractors made with the steel—from the city. (pág. 229)

## CAPÍTULO III

### **PATRONES SOCIOCULTURALES DISTINTIVOS DE LA CIUDAD**

*La ciencia, sin duda alguna uno de los mayores logros del conocimiento humano, puede progresar sólo mediante estudios individuales y conectando todos los fenómenos y producciones sobre la superficie de la tierra. En esta gran cadena de causas y efectos, ningún hecho puede ser considerado aisladamente.*

Alexander von Humboldt (2009)

#### **3.1 La verstehen y la práctica social en la ciudad**

En una modelización sistémica, la formulación de teoría inicia con la determinación de los patrones que rigen el sistema en cuestión, en este caso la ciudad. Ahora bien, la identificación de dichas pautas de comportamiento se ajusta a la interpretación de los rasgos singulares inherentes a la realidad de las agrupaciones urbanas basadas en su práctica social. Tal como sugieren Castellani y Hafferty (2009) “Like a form of sociological DNA, social practices can be combined to form just about every possible ‘manifestation’ of social reality, including social systems” (pág. 55). Dicha práctica social proporciona un referente acerca de la actuación de los agentes en el sistema y las guías conductuales presentes en sus interacciones. Vale acotar que ya en la segunda década del siglo XX, Max Weber (1966) argumentaba que la “Social life is a structure of interaction, not a structure of stone, steel, cement, asphalt, etc” (pág. 29), destacando la

importancia de las interacciones en la práctica social urbana. Asimismo, la complejidad subyacente a los agentes urbanos (y en general a todos los seres humanos) abre un conjunto de dimensiones socioculturales que es omitida en los modelos sistémicos de la CTC. En términos de la visión aristotélica acerca del conocimiento, diríamos que obtenemos formas sin contenido. Estructuras carentes de la sustancia suministrada por la comprensión exhaustiva de la práctica social.

Adoptamos esta comprensión en su connotación weberiana, una genuina *verstehen*, esto es una interpretación o entendimiento acerca del hecho urbano en el contexto definido por sus interacciones. La actuación metodológica de la razón interpretativa ofrecida por la *verstehen* y la descripción exhaustiva planteada por las teorías de sistemas no es contradictoria sino complementaria, como argumentan Turco y Zuckerman (2017), la “...*verstehen* plays an important role in advancing causal validity in models of collective emergence—in other words, how *verstehen* is complementary to, not a diversion from, the pursuit of causal validity” (pág. 1276). En consecuencia, el entendimiento de las interacciones del sistema ilumina las formas de la realidad urbana y brinda sentido a los significantes culturales que se encuentran condicionados a los procesos y principios estudiados por las teorías de sistemas, revelando así patrones de comportamiento. En las secciones siguientes, los examinaremos.

### **3.2 La ciudad tiene un origen**

La ciudad es el fenómeno resultante de una sucesión de transformaciones ambientales, geográficas y culturales durante la evolución del ser humano. El *Homo sapiens*, exponente actual de la especie humana, marca su aparición en la biósfera terrestre hace unos 195 mil años, fecha más antigua hasta el momento según la datación de los restos sedimentarios de Omo Kibish en Etiopía (Diez, 2009). Durante la mayor parte de este

período las poblaciones de *Homo sapiens* enfrentaron innumerables desafíos impuestos por el ambiente. Desde extremas temperaturas a cataclismos sísmicos y volcánicos significativos, sumado a la escasez de alimentos y la presencia de peligrosos depredadores constantemente al acecho. Sumido en un entorno con evidentes características hostiles, el *Homo sapiens* partió de su África natal y se propagó a lo largo y ancho del globo siendo la primera especie humana en acometer tal hazaña, sorteando colosales barreras geográficas y adaptándose a nuevos y muy variados ecosistemas

### **3.2.1 La cueva y la organización social**

El surgimiento del *Homo sapiens* aconteció, desde una óptica geológica, durante el período Cuaternario, específicamente en la época del Pleistoceno, que inició hace 2 millones de años y culminó hace 11 mil años, aproximadamente. A lo largo de esta etapa sobrevinieron variaciones climáticas considerables en toda La Tierra, presentando momentos templados sucedidos por períodos de gran disminución en la temperatura general terrestre, conocidos como glaciaciones. Cuatro principales glaciaciones se produjeron durante la época del Pleistoceno y se denominan según los nombres de los afluentes fluviales donde fue hallada la evidencia paleontológica de su existencia por vez primera: Günz, Mindel, Riss y Würm (Barba et al., 2001); mientras que los momentos cálidos se producen entre las glaciaciones y se designan como períodos interglaciares. La última glaciación, Würm, también conocida como Era del Hielo, “...empezó hace unos 115.000 años y terminó hace 11.800 años; siempre es más lento y gradual el comienzo que el final: el deshielo suele ser rápido, cuestión de tan solo unos pocos miles de años...” (Arsuaga, 2006, pág. 28). Este período glacial provocó el congelamiento de muchas masas de agua, convirtiendo la infranqueable barrera hídrica en una sólida plataforma de hielo que fue aprovechada por los grupos humanos para diseminarse hacia nuevas tierras, como sucedió con el Mar de Bering, que sirvió de puente para los movimientos migratorios desde Asia a América.

Desde una óptica cultural, el tránsito del *Homo sapiens*, al igual que el de gran parte de las especies humanas que lo precedieron, estuvo caracterizado por la elaboración y uso de instrumentos en piedra tallada, conociéndose este período como Paleolítico. Durante esta fase de la prehistoria humana, gran cantidad de acontecimientos definieron el paso del *Homo sapiens* sobre La Tierra. La necesidad de fabricar artefactos que proyectaran las exiguas destrezas biológicas en un entorno agresivo, dio pie al desarrollo de innovadoras habilidades en áreas muy diferentes, desde la elaboración de vasijas para almacenar líquidos a la preparación de sustancias colorantes en las pinturas rupestres. Un ejemplo se observa en la evolución de la lanza, el propulsor y posteriormente el arco, objetos determinantes en las actividades de supervivencia de las poblaciones *Homo sapiens*. Las mejoras alcanzadas en la habilidad de proyectar y extender la fuerza mecánica de las extremidades humanas originaron una nueva relación técnica-instrumento, que proveyó a los humanos de una efectividad en la cacería inimaginable hasta entonces, ahorrando la cantidad de energía empleada y disminuyendo el número de individuos necesario para la operación (Machado-Allison, 2008). El refinamiento en la cacería permitió a las poblaciones *sapiens* dirigir su atención a otras actividades, como la fabricación de una creciente gama de herramientas y artefactos de hueso y marfil (hachas, agujas de coser, cuchillos), de barro (vasijas, estatuillas), y el desarrollo de manifestaciones simbólicas más complejas, como los motivos de carácter artístico en figuras e instrumentos —que claramente trascienden un objetivo estrictamente funcional— o los rituales mágico-religiosos compartidos por los miembros del grupo tribal. Esta expansión masiva de las capacidades culturales del *Homo sapiens* aumentó sus probabilidades de supervivencia, así como la posibilidad de adaptación a las condiciones del ambiente, lo que sería crucial en el posterior desarrollo de la especie.

Durante estos cien mil años, la organización social practicada por los *sapiens* consistía en grupos reducidos de individuos que constituirían asociaciones familiares extendidas

“...pequeños grupos que formaban clanes en asociaciones familiares extendidas...” (Diez, 2009, pág. 212). Estas agrupaciones, cuyo número no excedía de sesenta individuos, se movilizaban a aquellos lugares donde existiera una dotación suficiente de recursos, como agua, frutos y animales para cazar. No obstante, los desplazamientos, los cuales podían extenderse a cientos de kilómetros, también se producían con la finalidad de intercambiar productos e ideas, tejiéndose así una elaborada red de intercambio de mercancías y conocimiento que, con el tiempo, moldearía una identidad cultural entre los grupos participantes.

Observamos la circulación de materias primas, de objetos y de técnicas entre zonas remotas entre sí: la obsidiana (una roca volcánica de textura similar al vidrio) era muy apreciada por sus magníficas cualidades para la talla y sus potentes filos y, por tanto, constituye un bien de intercambio que, en África por ejemplo, viaja distancias de más de 300 km (...) Lo más impresionante de este trasiego, de esta primera gran red de comunicación a gran escala, es que las ideas también viajan y se comparten, formando amplias comunidades de grupos sometidos a condiciones de vida muy diferentes pero que, no obstante, comparten las mismas ideas estéticas y los mismos códigos simbólicos: la elaboración de estatuillas femeninas, las famosas Venus del Paleolítico europeo (...) se extiende desde Francia hasta Ucrania, uniendo bajo la misma convención artística (los mismos modos de expresión) y, por tanto, la misma identidad cultural a las gentes situadas a lo largo de más de dos mil kilómetros de entornos ecológicos muy dispares. (Diez, 2009, págs. 212-213)

Sin embargo, en épocas cuando la temperatura disminuía en extremo y las condiciones ambientales eran sumamente hostiles para el tránsito de personas a lo largo de vastas extensiones de tierra, la vida de la población podía girar en torno a la cueva. Machado-Allison (2008) señala que “...una vez ubicada una cueva y adaptada para su uso, ésta pasaba a constituir el pivote central de todas las actividades por generaciones...” (pág. 20), de tal manera que la cueva representa uno de los primeros asentamientos del *Homo sapiens* con carácter de permanencia. La influencia de la cueva sobre el crecimiento cultural de la especie es notable, en virtud de que su función no se limitaba al uso estrictamente doméstico sino ritual y simbólico. Pasajes estrechos y tortuosos, muros

decorados con espléndidas pinturas alusivas a animales y personas convertían estos paisajes en sitios especiales para la ejecución de ceremonias. Incluso, algunas cuevas como las de Lascaux (Dordoña, Francia) y Altamira (Cantabria, España) parecían servir a este único propósito puesto que la evidencia arqueológica demuestra que no se encontraban habitadas (Mumford, 2012).

### **3.2.2 Nuevo hito en la complejidad social: la agricultura**

La era glacial de Würm finalizó hace más de 11 mil años, dando pie a un nuevo período interglaciar y a una nueva época geológica, el Holoceno, que se extiende hasta nuestros días. Sin embargo, numerosos científicos argumentan que actualmente nos hallamos en los albores de otra etapa geológica, el Antropoceno, debido a que la “Human activity is now global and is the dominant cause of most contemporary environmental change. The impacts of human activity will probably be observable in the geological stratigraphic record for millions of years into the future...” (Lewis & Maslin, 2015, pág. 171). Aunque no hay un consenso acerca del comienzo de una actividad humana globalizada y ecológicamente sistemática y duradera sobre el ambiente, las fechas más prometedoras para situar el comienzo del Antropoceno oscilan entre los inicios del siglo XVII y la mitad del siglo XX.

Retornando a la glaciación, la fusión de las masas de hielo conllevó a la elevación del nivel del mar, sumergiéndose las tierras bajas que anteriormente se encontraban en la superficie (Barba et al., 2001). En el transcurso de unos cientos de años, a un ritmo de 50 metros por año, las capas de hielo se replegaron hacia el norte (Morris, 1972) emergiendo el nuevo paisaje geológico cuya forma se mantiene hasta la actualidad. Los grupos humanos, acostumbrados a la abundante cacería de grandes mamíferos, repentinamente se encontraron con que “...el aumento de la temperatura determinó la migración hacia el norte de Europa, o la extinción, de los grandes animales

característicos del clima frío” (Barba et al., 2001, pág. 24). En consecuencia, debieron explorar nuevas formas de alimentación diferentes a la cacería. La recolección, no sólo de alimentos terrestres sino aquellos provenientes del lecho marino, como crustáceos y moluscos, dirigió a muchas bandas de *sapiens* a la formalización y sistematización ulterior de la pesca como actividad, para aquellos grupos que se hallaban cerca de espacios acuáticos.

En esta incansable búsqueda de fuentes alimentarias, el anhelado hallazgo no provino de frutos arbóreos, peces u otros mamíferos, sino de una combinación entre la tierra y el ingenio humano. La domesticación, quizás uno de los ejemplos más antiguo de selección artificial<sup>9</sup>, fijó los cimientos de la civilización humana y consolidó una revolución tecnológica sin igual que alteró para siempre el comportamiento del *Homo sapiens*. En primera instancia, la domesticación vegetal, materializada en la agricultura. En segunda instancia y derivada de la anterior, la animal, como la cría de reses, cerdos, ovejas y cabras para satisfacer necesidades humanas. “...Con toda probabilidad, los animales fueron atraídos primero por los cultivos, acudieron a comer y se quedaron luego para ser alimentados y comidos ellos mismos” (Morris, 1972, pág. 14). Luego, el pastoreo vendría también a añadirse a este conjunto de actividades propiciadas por la agricultura.

En el período comprendido entre los años 7.500 a.C. y 5.000 a.C. inició en gran parte del globo el período Neolítico, donde la actividad agrícola floreció en todo el mundo mediante la siembra de rubros como el trigo en la región del Creciente Fértil (actual Turquía, Irak, parte norte de la Península Arábiga, el Delta y el Valle del Nilo), arroz en la zona central de China, maíz y papa en América (Baker, 2008). La actividad

---

<sup>9</sup> Aquella que permite la adaptación de plantas y animales a los requerimientos de un grupo social (Odum & Barrett, 2006).

agrícola contribuyó a que cada grupo humano forjara una identidad cultural singular en torno a los productos cultivados, tejiéndose nuevos paradigmas geoculturales. No obstante, la aventura agrícola no avanzó al mismo paso en todos los grupos humanos e, inclusive, estuvo ausente para muchos de ellos. Esto se debe a la importancia de las condiciones naturales que rodean a un grupo humano y la influencia sobre su devenir, cristalizada en la interacción Hombre-Ambiente estudiada por la ecología. En otras palabras, las tecnologías creadas por un pueblo para la proyección de sus capacidades biológicas y la satisfacción de sus necesidades dependen de las condiciones presentes en el entorno natural. Machado-Allison (2008) explica que:

Como todos los grandes eventos tecnológicos, la agricultura es una solución a un problema reconocido con precisión. Algunos pueblos, en particular aquellos ubicados en zonas geográficas con clima uniforme, agua abundante y rica fauna y flora, nunca se hicieron del todo agricultores o pastores. Más aún, persisten algunas culturas aisladas que no fueron alcanzadas por este gran evento. (pág. 23)

El almacenamiento de los productos cosechados se convirtió en una de las grandes preocupaciones durante la etapa neolítica. La construcción de recipientes y vasijas para guardar el grano y mantenerlo a salvo de la humedad y pequeños animales, alcanzó un notable progreso al entenderse que "...la cocción en un horno podía endurecer el recipiente de manera definitiva, haciéndolo mucho más funcional" (Barba et al., 2001, pág. 26). La utilización de la arcilla secada al sol dio paso a la cerámica, más resistente y duradera, cuya trascendencia es evidente en las incontables manifestaciones tecnológicas y artísticas de numerosas civilizaciones que han llegado a nuestros días. La capacidad de almacenamiento en grandes cantidades promovió un excedente alimentario contrario a las ajustadas raciones para consumo inmediato resultantes de la cacería y la recolección. Las poblaciones *sapiens* experimentaron un destacado incremento, triplicándose en muchos casos (Machado-Allison, 2008), lo que modificó su comportamiento social puesto que, por primera vez, no era indispensable que todos los individuos se involucraran en las tareas de cacería o recolección, sino a otras actividades inherentes a una tribu más numerosa. Éstas demandaban esfuerzo y tiempo,

no se trataban de, como explica Desmond Morris, (1972) “...tareas ocasionales, supeditadas a las primordiales exigencias de la búsqueda de alimentos, sino actividades de plena dedicación que podían florecer y desarrollarse por derecho propio. Había nacido una era de especialización” (pág. 15). El *Homo sapiens* se especializa y se diversifica erigiendo, por una parte, un conjunto nuevo de relaciones con sus pares y, por otra, una nueva interacción ecológica con el entorno natural.

### **3.2.3 Emergente preurbano: la aldea neolítica**

La actividad agrícola en toda su extensión (desde la siembra hasta el almacenamiento), exige la concentración de los individuos en torno a los campos. La cacería y la recolección sólo pueden procurar la alimentación de 4 personas por kilómetro cuadrado (Mumford, 2012), razón por la cual dichas actividades requieren de enormes extensiones de terreno para lograr sostener un grupo humano. La conducta nómada esencial para la caza y manifestada por las tribus *sapiens* durante más de cien mil años resultaba incompatible con la nueva dinámica agrícola. “La táctica de la caza tuvo que convertirse en estrategia agropecuaria...” (Morris, 1972, pág. 16), materializándose así los primeros asentamientos humanos con carácter permanente.

La aldea representa el primero de estos asentamientos permanentes, constituye la concreción de un sistema de ideas y valores que se remontan a la cueva paleolítica. La necesidad de un lugar común al cual volver, donde se compartían experiencias cotidianas, pero también vivencias especiales de carácter ritual, encendían el atractivo de la cueva en la mente de los individuos. Los valores de cooperación y lealtad, tan necesarios en la cacería, conformaban principios de cohesión entre los individuos de la tribu y se veían reforzados en el espacio común de la cueva. La aldea es el resultado, material e ideológico, de este conjunto de actitudes, ideas y principios exhibidos por los individuos de las tribus *sapiens*. De acuerdo a Mumford (2012), la definimos como

un reducido “...conglomerado de familias que oscilan entre una docena y unas setenta, cada una con su propio hogar, su propio dios doméstico, su propio altar, su parcela propia para los entierros, dentro de la casa o en algún cementerio colectivo” (pág. 34). En suma, la aldea construye una identidad particular que la distingue del resto, un rasgo esencial de las futuras ciudades.

La actividad agrícola realizada por los aldeanos suponía un cambio de enfoque respecto de la cacería. El coraje y la intrepidez habían sido sustituidos por la paciencia y el esfuerzo continuo. Mumford (2012) argumenta sobre este cambio que incluso la elaboración de instrumentos de piedra pulida (de ahí la designación de este período como Neolítico), exigía un esfuerzo sostenido y sistemático, estilización y precisión; en contraste con la piedra tallada del paleolítico o la propia cacería. La alfarería, el tejido y la cestería también representan oficios que exaltan la precisión y refinamiento, alcanzando notables avances durante esta época. “El tiempo adquiere un sentido distinto y la rítmica secuencia de siembra y cosecha abre unos espacios, a veces prolongados, que quedan disponibles para pensar, para buscar soluciones a los problemas más pertinentes...” (Machado-Allison, 2008, pág. 27). Sin embargo, las actitudes moldeadas durante milenios de continua actividad de caza no desaparecen inmediatamente debido a que las transformaciones biológicas son sumamente lentas en comparación con las culturales. Los individuos que no podían ya dedicarse a la cacería, progresivamente ejercieron una función de vigilancia y protección, tal como explica Mumford (2012).

...el cazador desempeñaba un papel útil en la economía neolítica. Con su dominio de las armas y su destreza en la lanza, podía proteger la aldea de sus enemigos más serios, probablemente los únicos que tenía: el león, el tigre, el lobo y el cocodrilo. El cazador siempre sabía cómo acechar y dar muerte a esas bestias, en tanto que es posible que el aldeano careciera de las armas necesarias y, más aún, de la audacia para cazarlas. Con el trascurso de los siglos, tal vez la seguridad hizo al aldeano pasivo y tímido. (pág. 41)

Con el paso de los siglos las aldeas primigenias se transformaron en sólidos asentamientos. La replicación de dichos asentamientos en diferentes regiones del mundo inconexas entre sí evidencia el éxito de la nueva disposición geosocial propiciada por la revolución agrícola. No obstante, el incremento demográfico planteó nuevos desafíos a la recientemente formada aldea. Uno de ellos es esbozado por Machado-Allison (2008) con las siguientes palabras “...doscientas personas, requieren alrededor de 600 kilogramos de alimentos y bebidas por persona y año, es decir 120 mil toneladas anuales. Para suplirlas, conservarlas y distribuirlas es menester una compleja organización social...” (pág. 25). Las actitudes de liderazgo, disciplina, organización, y determinación, esenciales en la cacería, fueron necesarias para garantizar la conducción de grupos humanos cada vez más numerosos. El rol del cazador se modificó nuevamente, sumándole a su función de vigilancia y protección la de dirección y gobierno. Al paisaje de la aldea, integrado por las casas familiares, campos de cultivo, rebaños de animales, un santuario en honor a alguna deidad y las sepulturas para los muertos, se le sumaba la fortaleza, como símbolo de dominio y control sobre todo el asentamiento (Mumford, 2012). Así, la aldea es el resultado de la interacción entre las culturas neolítica y paleolítica, entrelazándose sus esencias en la construcción de una entidad mucho más compleja. La emergencia de la ciudad, siglos después, procede de la fusión definitiva de ambos paradigmas, cuya acción en solitario no habría sido suficiente para lograr tal empresa. En palabras de Mumford (2012), ni los agricultores, ni los ganaderos, ni los cazadores, ni los mineros, por sí solos, habrían tenido la capacidad de identificar y aprovechar las potencialidades de la ciudad.

### **3.3 De la aldea neolítica a la ciudad**

Estos asentamientos pre-urbanos ya presentaban algunos componentes que posteriormente formarían parte del paisaje urbano, incrementando sus dimensiones y complejidad. En consecuencia, la aldea se transformó en el moderno concepto de nación, que se refiere a un grupo de personas que comparten una cultura singular,

formada por historias, tradiciones, tecnologías, deidades y valores que influyen en las relaciones funcionales entre los individuos. La fuente de agua derivó en estructuras más complejas como los pozos o los acueductos, responsables de transportar el vital líquido desde lugares lejanos hasta la ciudad. La diversificación económica provocó una situación similar respecto a los alimentos debido a que éstos no se producían dentro de la ciudad, por lo tanto, debían ser transportados desde otras localizaciones para su distribución y consumo. El santuario cobró mayor auge y significado dentro de las ciudades. El primigenio altar y los sencillos rituales dieron paso a ostentosos templos y elaboradas manifestaciones religiosas. En numerosos casos, los sacerdotes se convirtieron en una poderosa clase social con elevada injerencia sobre los asuntos de la ciudad. El mercado experimentó una separación funcional, más no geográfica, al menos en los primeros desarrollos urbanos. La función de intercambio comercial, inherente al mercado en sí mismo, progresó exponencialmente después de incorporar el uso de la moneda (Toro Hardy, 2006) y la naturaleza y cantidad de existencias comercializadas se incrementó en gran medida. La función de reunión e información se materializó en el ágora de los griegos o el foro de los romanos: la plaza como espacio céntrico de la ciudad. Ésta servía como sitio de reunión y difusión de eventos relevantes para la comunidad, desde noticias hasta espectáculos. La fortaleza evolucionó en la sede de la dirección política, el lugar empleado por la clase gobernante para dictar el curso de acción emprendido por la ciudad. La rústica fortaleza impulsada por el liderazgo tribal de los cazadores dio pie al posterior concepto de gobierno, como entidad política de dirección de un estado centralizado. Mumford (2012) concluye proponiendo la siguiente definición sobre la ciudad:

A partir de sus orígenes, la ciudad puede describirse como una estructura equipada especialmente para almacenar y transmitir los bienes de la civilización, suficientemente condensada para proporcionar la cantidad máxima de facilidades en un espacio mínimo, pero capaz también de un ensanche estructural que le permita encontrar lugar para las nuevas necesidades y las formas más complejas de una sociedad en crecimiento y su legado social acumulativo. (pág. 55)

Desde este punto de vista, la ciudad es concebida como una estructura, un conjunto de elementos ordenados según un patrón específico. Dicha estructura presenta la cualidad de almacenar bienes, una extensión cultural proveniente de la conducta neolítica de guardar el grano y el agua en recipientes para su consumo posterior. Además, la capacidad de transmitir dichos bienes distingue a la ciudad como una entidad dinámica en vez de estática, susceptible de ir transformándose a sí misma.

### **3.4 Rasgos urbanos: una reevaluación contemporánea**

En un famoso artículo publicado en 1950, el arqueólogo británico V. Gordon Childe, formuló 10 rasgos que describían a las primeras ciudades surgidas en la humanidad basado en la evidencia arqueológica del momento, diferenciándolas sistemáticamente de sus contrapartes rurales. A la luz de nuevos hallazgos y elaboraciones teóricas, el arqueólogo Michael Smith (2009) llevó a cabo una revisión crítica de los rasgos propuestos por Childe concluyendo que la mitad de ellos son eficaces en la definición de la ciudad<sup>10</sup>. El primer rasgo sugiere que los primeros estados consolidados necesariamente estuvieron integrados por sociedades urbanas y cuyos asentamientos se encontraban densamente poblados. El segundo rasgo indica que una compleja división y especialización del trabajo diferenciaba a las ciudades. El tercer rasgo hace referencia a la generación de un superávit agrícola que era captado por la clase gobernante y posteriormente redistribuido, resultando en una estructura económica sustancialmente más compleja, como comentan Heilbroner y Millberg (2012) puesto que “The cities were the vessels of civilization, but as centers of economic activity, they were separated by a wide gulf from the country, making them enclaves of economic life rather than nourishing components of integrated rural–urban economies” (págs. 16-17). El quinto rasgo apunta a la estratificación de la sociedad, la aparición de clases sociales claramente diferenciadas como producto de esta nueva dinámica

---

<sup>10</sup> Primero, segundo, tercero, quinto y décimo rasgo son apropiados, de acuerdo a la investigación de Smith.

política y económica. Por último, el décimo rasgo considera la emergencia del estado como figura de organización política, dirigido por un gobierno centralizado, lo que marca decisivamente el tránsito de un asentamiento rural a uno urbano.

### **3.5 Relación entre la densidad poblacional y la diferenciación**

Por otra parte, en un reconocido trabajo, el sociólogo Louis Wirth (1938) argumenta que “For sociological purposes a city may be defined as a relatively large, dense, and permanent settlement of socially heterogeneous individuals...” (pág. 8). Como efecto directo de una gran población se deriva una mayor diferenciación entre sus habitantes, en consecuencia, la probabilidad de manifestar ideas, visiones y conductas distintas aumenta. La densidad poblacional, como señala Wirth (1938), refuerza el impacto producido por la numerosa población sobre la ciudad, diferenciación y especialización, aunque también amplifica la competencia y las fricciones entre los individuos concentrados dentro de un espacio reducido. La diversidad o heterogeneidad modifica la estructura jerárquica de la sociedad, tornándola más compleja y dinámica, evidenciándose la presencia de subgrupos dentro de la población separados entre sí según categorías fundamentadas en las variaciones fenotípicas, el grupo étnico, el lenguaje o el nivel de ingreso económico, entre otras (Wirth, 1938).

Precisamente, la vida urbana presenta un mosaico de personas con ascendencias, conductas y valores diferenciados que coexisten en un espacio común. La estratificación emerge en el sistema urbano dando origen a nuevas relaciones enmarcadas en dinámicas de interacción social progresivamente más complejas. La figura del estado, que ya hemos comentado, surge con la ciudad. Los patrones de organización sociopolítica necesarios para proveer servicios esenciales como transporte, educación, agua potable o vivienda se han manifestado en las antiguas ciudades de Sumer, Egipto y Grecia; y hoy en día hacen lo propio en las modernas

urbes de Buenos Aires, Lima y París. Los parámetros de estratificación, como el ingreso, nivel educativo o la profesión desempeñada constituyen linderos que delimitan capas en el sistema urbano. El vibrante movimiento del centro urbano motoriza tanto la concentración como el crecimiento de actividades económicas que, en un circuito de retroalimentación positiva, se refuerzan mutuamente erigiendo una infraestructura más sólida. En consecuencia, la densidad poblacional es un factor fundamental en la complejidad de las ciudades.

### **3.6 La cultura urbana: base de las interacciones en la ciudad**

La cultura como concepto ha sido sujeto de debate y variadas interpretaciones de acuerdo a los enfoques que guían su interpretación. La gran diversidad experimentada por los diferentes grupos humanos en el mundo puede llevar a pensar que sintetizar la cultura en una única definición es simplemente imposible. ¿Qué semejanzas podrían hallarse entre el pueblo Masái del sur de Kenia, la etnia Yanomami de Venezuela y Brasil, y los habitantes de la ciudad de París? Aspectos como la alimentación, la jerarquía social, el gobierno, las tradiciones y la religión se manifestarán de forma singular en cada una de estas sociedades, sin embargo, las categorías para agrupar dichas manifestaciones pueden universalizarse. Malinowski (1984) señala que las expresiones culturales de las agrupaciones humanas son distintas, aunque "...con el fin de comprender las divergencias, es indispensable una clara y común medida de comparación..." (pág. 60). Las actividades destinadas a satisfacer las necesidades básicas de supervivencia, la división social específica para lograr una sólida organización política y económica, y los valores que condicionan la concepción del universo de la sociedad corresponden a un patrón universal (Harris, 1998). En un sentido amplio, la cultura establece categorías que estudian las distintas manifestaciones de la actividad humana. Edward Tylor, uno de los primeros antropólogos académicos, define la cultura como "...ese todo complejo que comprende conocimientos, creencias, arte, moral, derecho, costumbres y cualesquiera otras

capacidades y hábitos adquiridos por el hombre en tanto que miembro de la sociedad...” (Harris, 1998, pág. 20).

### **3.6.1 Cultura y tecnología**

La cultura es adquirida, por consiguiente, constituye un conjunto de conocimientos aprendidos por los individuos dentro del grupo social que determina su conducta dentro de la sociedad. No obstante, esta determinación sobre la conducta humana no es exclusiva de la cultura, cuya naturaleza es, como ya se ha visto, no biológica. Leslie White (1949) explica que el comportamiento se encuentra compuesto por dos factores, uno biológico, basado en las condiciones fisiológicas del cuerpo humano (muscular, nerviosa, respiratoria, entre otras); y otro cultural, de corte supra biológico. Esta relación entre ambos factores estriba en la interacción llevada a cabo por el individuo con su espacio natural. Como ya se ha señalado, el ser humano depende de la naturaleza y de sus diferentes elementos, los cuales transforma en recursos con la finalidad de garantizar su supervivencia. Para ello, y a semejanza de los demás organismos, el ser humano emplea sus cualidades biológicas: sus sentidos para orientarse en la realidad, los pulmones para absorber el oxígeno del aire, la fuerza muscular en sus piernas para desplazarse y la fina motricidad de sus manos para obtener frutos de los árboles. La efectiva adaptación al ambiente determina la supervivencia de la especie. Sin embargo, el ser humano, también modifica el ambiente en función de sus necesidades. Asigna nombres a las cosas, fabrica herramientas y formula estrategias, posicionándose claramente en un plano más allá del biológico y perteneciente al cultural.

These are the languages, beliefs, customs, tools, dwellings, works of art, etc., that collectively we call culture. They are supra-biological in the sense that they are transmitted by the mechanisms of social heredity; they are extra-somatic in the sense that they have an existence independent of any individual organism and act upon it from the outside just as meteorologic forces do. Every individual of the human species is born into a cultural environment as well as a

natural one. And the culture into which he is born embraces him and conditions his behavior. (White, 1949, pág. 122)

En una aproximación que sintetiza lo expuesto hasta ahora, Malinowski (1984) observa la cultura como “...el conjunto integral constituido por los utensilios y bienes de los consumidores, por el cuerpo de normas que rige los diversos grupos sociales, por las ideas y artesanías, creencias y costumbres...” (pág. 56). La cultura es, en suma, un conjunto de conocimientos supra biológicos inherentes a un grupo social, y compartido por sus integrantes, que moldea su estilo de vida, mediante valores, tradiciones, normas y actitudes esenciales para la construcción del paradigma rector en el desarrollo de tecnologías y la fabricación de objetos, instrumentos y artefactos que proyecten las capacidades biológicas de los individuos y materialicen la cosmovisión del grupo social.

### **3.6.2 El espíritu urbano**

Cada ciudad, como parte de una sociedad mayor, refleja características de ésta en las diversas dimensiones de su desarrollo. Sin embargo, la cultura no es estática, se transforma en función de las condiciones particulares de la realidad urbana, ajustando sus patrones, tradiciones y normas; en consecuencia, forjando un nuevo estilo de vida. “...cities intensify the effects of class, race, ethnicity, gender, and power, because they concentrate everything human in a small space...” (Macionis & Parrillo, 2017, pág. 9). Salvando las peculiaridades inherentes a cada grupo social, es posible hallar patrones generales que caracterizan a los espacios urbanos y distinguen el comportamiento de sus habitantes. Esta cultura urbana, la cual puede tildarse como espíritu ciudadano colectivo, encuentra un hito importante con la polis griega, cuya esencia cultural moldeó los patrones urbanos de la civilización occidental. El surgimiento de la ciudad griega se remonta al período conocido como Medioevo griego, entre los siglos XV y VIII a.C. El gobierno se fundamentaba en un régimen monárquico, presidido por “...el Wanax, el Basileus, el ‘pastor del pueblo’, el más valiente y rico de los hombres, héroe

o semidiós...” (Pareti, Brezzi, & Petech, 1981, pág. 148). Este vivía en un sólido palacio que se alzaba en la localidad más elevada del asentamiento rodeado por edificaciones gubernamentales, comerciales y militares. Durante este agitado período, numerosos grupos humanos invadieron la península griega, así que este complejo de edificios servía como refugio en caso de guerra. Montanelli (1963) relata que “Estas cimas se llamaron *acrópolis* que, literalmente quiere decir ‘ciudad alta’. Fortificadas se convirtieron en el primer núcleo de la ciudad, que fue un expediente estratégico” (pág. 35).

Esta proto-ciudad, denominación que utilizaremos para distinguirla de la polis, presentaba una configuración híbrida, un núcleo urbano primigenio cercado por una periferia rural, que se adaptaba a las condiciones de la geografía griega, pequeños valles rodeados por montañas (Martin, 2013). El paisaje rural estaba compuesto por 3 grupos humanos diferentes: los asentados en las faldas de las montañas del valle, otros en la llanura y aquellos adyacentes a la costa. Cada una de estas agrupaciones manifestaba sus rasgos culturales propios, definidos por su *modus vivendi* y el territorio que habitaban.

Con la abolición de la monarquía hacia el siglo IX a.C. y su sustitución por una aristocracia integrada por los nobles, la distribución de la acrópolis se modificó sustancialmente. El palacio del antiguo monarca era destruido, como símbolo material del surgimiento de un nuevo orden. Además, la acrópolis, continuaba como un sitio “...donde todos pudieran refugiarse en época de guerra. Este lugar sería también un centro para el comercio exterior e interno, al que los mercaderes llegarían por tierra y mar; [la acrópolis] alojaría también a magistrados, asambleas y tribunales...” (Pareti et al., 1981, pág. 162). Esta función adicional a la de protección se debía a una prolífica actividad comercial donde “...prosperan y aumentan los artesanos, mercaderes,

empresarios, portadores de una riqueza móvil...” (Durando, 2007, pág. 23). Esta prosperidad comercial continuó en aumento, surgiendo así, la polis, que reúne los atributos propios de una ciudad fundamentados en los cambios conductuales producidos en sus habitantes y dando origen a una real cultura urbana.

El ágora, gran espacio abierto que servía de plaza central de la polis, se hallaba rodeada por importantes instituciones como el *bouleuterion*, lugar para la reunión de la *boulé* o asamblea ciudadanos que regían la polis; y la *stoa*, gran pórtico y pasillo que servía de asentamiento al mercado. Templos, teatros, baños públicos y puertos se sumaban al paisaje urbano en el interior de la polis, que actuaba como centro político, económico y social de la región. El atractivo de la ciudad ejercía una poderosa influencia sobre las personas, en vista que representaba complejidad, esplendor y progreso. Los terratenientes de la aristocracia gobernante, en lugar de fijar residencia en sus tierras de la periferia, habitaban con más lujo y pomposidad dentro de la ciudad (Pareti et al., 1981). Mercaderes y artesanos residían en la polis, junto a los mercados, puertos y espacios públicos donde pudieran encontrar potenciales compradores. Los grupos de pescadores, pastores y agricultores vivían en pequeñas aldeas en las afueras de la polis, donde practicaban su actividad económica, no obstante, mantenían un contacto permanente con la ciudad.

La polis almacenaba, trasladaba e intercambiaba toda clase de rubros necesarios para la supervivencia de sus habitantes, pero, además, concentraba en su espacio una complejidad sin precedentes. Como explica Mumford (2012), la cohabitación de grupos humanos con diferentes tecnologías, tradiciones y lenguas condujo a un mestizaje cultural que dio fin al aislamiento y monotonía propias de la aldea. Había nacido un nuevo estilo de vida, sostenido en la diversidad, vitalidad y dinamismo. Aunque no todos eran ciudadanos en sentido estricto —con derechos de participación

política en la gestión de la polis— sus habitantes desarrollaron una identidad singular, un sentido de propiedad y una actitud exclusivista hacia el espacio urbano, donde transcurría la mayor parte de sus vidas. Estas características constituyen los fundamentos básicos del estilo de vida en la ciudad, la cultura urbana que observamos en más de la mitad de la población mundial.

Los múltiples modelos de organización urbana exhibidos por distintas civilizaciones a lo largo de varios milenios evidencian las grandes transformaciones experimentadas por la humanidad. Innovaciones tecnológicas como los canales de riego y el concreto determinaron las organizaciones urbanas de Uruk y Roma, respectivamente. Modificaciones sobre los esquemas de posición y rol de los individuos dentro de un grupo social también constituyen factores determinantes en la dinámica de las ciudades, como el ascenso de la clase burguesa en la sociedad renacentista de Florencia, el cual definió un modelo urbano diferente al medieval. En efecto, las alteraciones, ya sean naturales o culturales, sobre el espacio urbano, material e inmaterial, pueden tener distinto origen. Londres, fundada por los romanos en el año 43 D.C., aunque habitada por tribus celtas desde siglos atrás (Tournier, 2009), ha sido testigo del ascenso y caída de innumerables gobiernos, de conflictos entre facciones religiosas, de la creación de avanzadas tecnologías, de mortíferas plagas e incendios devastadores; en fin, de lo que, en palabras de Mumford, representa el drama urbano. El desarrollo cultural de Londres es único, cada instante de su devenir está determinado por circunstancias especiales asociadas a su momento histórico (véase figuras 10, 11 y 12), marcando la conducta de instituciones e individuos, pero, al mismo tiempo, en una relación completamente bilateral, los individuos también modifican estas instituciones, las destruyen y erigen otras, formulan nuevas conductas catalizadoras de eventos que alteran el curso actual de la ciudad llevándola hacia otro rumbo. No obstante, sigue tratándose de Londres. Igualmente sucede con cualquier ciudad del mundo, debido a que la cultura surgida en su espacio a lo largo de su existencia constituye una singular combinación de elementos

geográficos, ambientales y humanos que forjan una identidad propia, dinámica e irrepetible. El devenir de una ciudad no puede dibujarse en línea recta sino en formas irregulares y curvas que ascienden y descienden obedeciendo a su propio ritmo cultural.



© The British Library Board  
**Figura 10. Construcción de la *Columna de Nelson*, Londres en 1841.**  
Fuente: Fox (1844)



**Figura 11. Calle de Piccadilly, Londres en 1941.**  
Fuente: London Historian (1941)



**Figura 12. *London Eye*, Londres en la actualidad.**  
Fuente: Pixabay (2017)

### **3.7 La operacionalización de la ciudad**

La División de Población de las Naciones Unidas (2015a) señala un conjunto de criterios considerados actualmente por los países para determinar cuáles de sus asentamientos son ciudades. Estos son: la clasificación administrativa como ciudad por parte del país; una cantidad mínima de habitantes; la densidad poblacional; la proporción de individuos empleados en actividades no agrícolas (la cifra debe superar el 50%); la presencia de una infraestructura funcional, como calles pavimentadas, sistema eléctrico, red de tuberías de aguas blancas y aguas servidas; y, finalmente, la presencia de servicios educativos y de salud. Los criterios tomados en cuenta por las Naciones Unidas añaden la importancia de ciertas estructuras de servicio como

determinantes en la ciudad moderna, aunque vale destacar que la calidad y alcance de las mismas se encuentran condicionados a los parámetros establecidos por los gobiernos de cada país. Por otra parte, si bien no ofrece una definición estandarizada de lo que es un asentamiento urbano, Naciones Unidas (2019) distingue tres áreas geográficas aplicables al estudio urbano: “‘city proper’, defined by administrative boundaries (...) ‘Urban agglomeration’ refers to the population contained within the contours of a contiguous territory inhabited at urban levels of residential density. ‘Metropolitan area’ comprises an urban agglomeration and surrounding areas...” (pág. 5).

### **3.8 La región urbana: importancia del contexto ambiental**

Con el objetivo de comprender la realidad socioeconómica en torno a la ciudad —no únicamente dentro de ella— y que suele ser opacada al emplear otros criterios territoriales y administrativos, la OCDE y la Unión Europea acuñaron el término de Región Urbana Funcional (FUA, por sus siglas en inglés), definida como aquella “...composed of a ‘city’ and its surrounding, less densely populated local units that are part of the city’s labour market (‘commuting zone’)” (Dijkstra, Poelman, & Veneri, 2019, pág. 4). Específicamente, las FUA consideran aquellas localidades o unidades administrativas (parroquias, municipios, condados, etc.) periféricas cuya población, en al menos 15%, se encuentre empleada en actividades económicas dentro de la ciudad. Las relaciones entre dichas localidades y la urbe frecuentemente superan la naturaleza estrictamente laboral, dando origen a nuevas interacciones: “Commuting flows are based on travel to work (...) However, commuting flows also capture some of the flows to access education, health, culture, sports or shops” (Dijkstra et al., 2019, pág. 4). En ese orden de ideas, desde una perspectiva de la ecología urbana, Forman (2014) argumenta que cada ciudad se encuentra en el centro de su propia *región urbana*, y entre ambas se desarrolla una relación de interdependencia marcada por intercambios de toda clase. “Urban region is the area of active interactions between a city and its

surroundings...” (Forman, 2014, pág. 6), mientras que, una megaciudad o megalópolis, sería aquella entidad formada por un conjunto de regiones urbanas sucesivas.

### **3.9 La expresión urbana: *gemeinschaft* y *gesellschaft***

La relación entre la ciudad y su entorno fundamentalmente campestre ha sido observada en no pocas ocasiones como un gradiente entre lo rural y lo urbano, emergiendo conceptos contrapuestos sobre el comportamiento social predominante en uno u otro ambiente. A finales del siglo XIX, Emile Durkheim (2007) introdujo los conceptos de solidaridad mecánica —o por semejanzas— y solidaridad orgánica —o debida a la división del trabajo—. El primero alude a los valores y tradiciones primordiales que unen a la comunidad, de manera casi automática, y donde la conciencia de cada individuo es dependiente de la conciencia colectiva, resultando en conductas semejantes entre los individuos. El segundo considera los lazos sociales surgidos por la división del trabajo en la sociedad, lo que se traduce en esferas de acción propias para cada persona según la actividad desempeñada, incrementando la prevalencia de la conciencia individual sobre la colectiva. Así, “...en las grandes ciudades, el individuo se encuentra mucho más libre del yugo colectivo” (Durkheim, 2007, pág. 314).

Por su parte, Ferdinand Tönnies (2001), coetáneo a Durkheim, argumenta que existen dos grandes categorías de organización social, a las cuales denominó *gemeinschaft* —comunidad— y *gesellschaft* —sociedad—. El sociólogo alemán explica que esta comunidad está definida por el parentesco y las costumbres ancestrales, donde la memoria colectiva y los hábitos, producto de la transmisión intergeneracional y la cooperación, marcan un ritmo social pausado. Existe un profundo sentimiento de unidad, que no desaparece incluso cuando los individuos se encuentran lejos. Además, dicha unidad gira en torno a ideales colectivos representados en la familia, la tribu o el

pueblo. La *gemeinschaft* es el modo predeterminado de organización en cualquier agrupación social y puede adquirir numerosos matices, como lo indica Tönnies (2001), “In practice there are many gradations, lower and higher, which are not amenable to legalistic formulae” (pág. 254). Por el contrario, la *gesellschaft* traslada el centro de gravedad de lo colectivo a lo individual, y aunque evidentemente existen referentes institucionales grupales, estos son reinterpretados con cierta cualidad impersonal anteponiendo las voluntades individuales a los lazos comunitarios. Conceptos como estado, opinión pública o sociedad civil emergen de tal reinterpretación caracterizada por una multiplicidad de esferas de actividad claramente definidas. Al respecto, Tönnies (2001) sostiene que la “*Gesellschaft* may therefore be imagined as consisting of separate individuals who *en masse* work on behalf of Society in general, while appearing to work for themselves, and who are working for themselves while appearing to work for Society” (págs. 56-57). A lo largo de la historia, al menos para la mayor parte de la humanidad, se observa un claro desplazamiento de la *gemeinschaft* a la *gesellschaft*, materializado precisamente en las ciudades. “The big city is the archetype of pure *Gesellschaft*” (Tönnies, 2001, pág. 253). Esto no significa que la ciudad carezca de las interacciones y valores comunitarios distintivos de la *gemeinschaft*, de hecho, puede encontrarse tanta cantidad de *gemeinschaft* como en asentamientos no urbanos (Macionis & Parrillo, 2017).

Un examen de la conducta a pequeña escala de los residentes de una urbe revela el establecimiento de relaciones acorde a valores sociales compartidos y obedeciendo patrones identitarios colectivos semejantes. Las unidades territoriales más reducidas, como vecindarios y parroquias, usualmente se encuentran moldeadas por este tipo de relaciones comunitarias. En el caso de la ciudad de Caracas, capital venezolana con alrededor de dos millones de habitantes, es común apreciar en muchas de sus parroquias la tendencia de los residentes a realizar las compras de alimentos y demás suministros en abastos y pequeñas tiendas, con cuyos encargados interactúan directamente y donde

se crea un espacio más propicio para el contacto con otros vecinos, en lugar de hacerlas en las grandes cadenas de supermercados, de corte más impersonal y que corresponden a una conducta *gesellschaft*. Otro ejemplo se observa con la constitución de las agrupaciones de inmigrantes que, con el paso del tiempo, han devenido en auténticas comunidades muy distintivas en el paisaje urbano caraqueño, tales como la española, la portuguesa o la italiana. En ellas prevalece un fuerte lazo de unidad basado en la nacionalidad que, como explicaba Tönnies, no desaparece con la separación de sus miembros. En suma, la dicotomía *gemeinschaft-gesellschaft* proporciona un marco referencial que permite ubicar las configuraciones societales a lo largo de un gradiente. En palabras de Macionis y Parrillo (2017) “Using such a formulation [*gemeinschaft-gesellschaft*], one could classify any actual settlement at some point along the continuum as having a certain measure of *gemeinschaft* and a certain degree of *gesellschaft*” (pág. 120).

## CAPÍTULO IV

### **SMART CITY: RECODIFICACIÓN SOCIOCULTURAL EN TORNO A LA INFORMACIÓN**

*En cuanto a nosotros, todo no ha sido escrito; no estamos afantasmándonos. Recorremos los pasillos, buscando en las estanterías y reordenándolas, tratando de encontrar unas líneas con significado en medio de leguas y leguas de cacofonías e incoherencias, leyendo la historia del pasado y del futuro, compilando nuestros pensamientos y compilando los pensamientos ajenos, y de vez en cuando vislumbrando unos espejos en los que probablemente reconozcamos reflejadas a algunas criaturas de la información.*

James Gleick (2012)

#### **4.1 Ciudad y smart city: definiciones sistémicas**

Partiendo del Modelo Integral del Sistema Urbano enmarcado en las teorías de sistemas, procederemos en las siguientes páginas a la formulación de una teoría original acerca de la *smart city* como fenómeno complejo, mediante las descripciones exhaustivas de las interacciones entre agentes, redes urbanas, conductas colectivas y espacio urbano considerando la vinculación entre los conceptos de ciudad y *smart city*.

Precisamente, los enfoques urbanos planteados en el capítulo anterior constituyen una conjugación de intensión o connotación acerca del concepto de ciudad como paso indispensable para su definición. Por tanto, la intensión alude a las propiedades y relaciones intrínsecas agrupadas en este concepto (Bunge, 2004) y que determinan la acción interpretativa del fenómeno urbano en el contexto de las teorías de sistemas. Así, definimos la ciudad como el conjunto de redes de agentes que interactúan y se yuxtaponen en diferentes escalas a lo largo del tiempo dentro de un espacio geográfico concentrado creado colectivamente en función de patrones socioculturales como resultado de dinámicas no lineales y emergentes entre las redes y su ambiente. La estructura global que denominamos ciudad está integrada, a manera de células, por diversas agrupaciones que manifiestan sus características básicas. Es decir, interactúan intensamente incrementando la complejidad de sus conductas mediante el establecimiento de mayores conexiones y cuya acción de retroalimentación promueve la aparición de nuevas clases de interacciones.

Los flujos de recursos entre los agentes dan forma a las estructuras que distinguen el paisaje urbano y las cuales van replanteándose y reconstituyéndose con el paso del tiempo, reemplazando sus componentes parcialmente, lo que preserva la totalidad orgánica del sistema e impide su colapso. Haciendo uso de una analogía con otro sistema, el cuerpo humano, las células nacen y mueren constantemente, a diferentes ritmos y obedeciendo patrones bioquímicos concretos en una permanente actividad metabólica que sostiene la estructura global. En el sistema urbano, el espacio no es un ente estático sobre el cual actúa una agrupación social, sino un producto emergente de las relaciones entre los agentes cuyas propiedades se definen y redefinen según evolucionan las dinámicas interaccionales de las redes. Espacio y agentes están inextricablemente entrelazados en tanto que no concebimos una ciudad sin una expresión territorial sobre la cual erigirse, pero que en ningún momento puede reducirse a ésta. La “creación” del espacio geográfico dista mucho de la visión

simplista y profundamente determinista que magnifica el poder subjetivo de un “superagente” individual o colectivo responsable de las características de ese espacio. En consecuencia, entendemos esta creación como una imbricación de procesos autoorganizados entre agentes complejos con atributos diferenciados de identidad, voluntad e intención, los cuales contribuyen a la consolidación de un tejido sociocultural específico y cuyas propiedades, en un circuito de retroalimentación, influirán a su vez sobre ellos.

Ya se ha discutido acerca de los obstáculos para definir el concepto de *smart city* y la ausencia de consenso hasta el momento. Al respecto, Camero y Alba (2019) apuntan que “...maybe a Smart City is not a conceptual object, a goal or a status. Or maybe it is an iterative procedure where cities get smarter in time (...) most definitions encompass the same concepts of a holistic vision of subfields” (pág. 93). No obstante, partiendo de las premisas fijadas en esta disertación, definimos la ciudad inteligente como una reorganización del sistema urbano en torno a una nueva codificación de patrones de conducta basados en los flujos de información entre los agentes, lo que se traduce en la transformación de las conexiones existentes. La *smart city* se presenta como una conducta colectiva esencialmente fluida y extremadamente adaptativa que emerge de interacciones diversas entre las redes urbanas y las cuales dan pie a reformas sustanciales del espacio urbano codificadas en términos de información. La ciudad inteligente aparece como la propuesta de reformulación urbana distintiva de una sociedad líquida y altamente diversa, cuyos valores primigenios se interpretan y reinterpretan ante la exposición continua de experiencias sobreestimulantes definidas por la multiplicidad de interacciones entre redes claramente diferenciadas, pero considerablemente interconectadas.

Por tanto, la *smart city* no se reduce a una lista de indicadores ni a un programa de recomendaciones urbanas. Tampoco es un patrimonio discursivo perteneciente a algunas corporaciones, agencias gubernamentales y ONG. La *smart city* agrupa tendencias emergentes en el espacio urbano contemporáneo que producen desde cambios incrementales a verdaderas metamorfosis en las diferentes manifestaciones de la ciudad. Se trata de una transformación social en progreso proveniente de nuevos esquemas de interacción entre los agentes urbanos. En ese sentido, la irrupción de la ciudad inteligente se asemeja a procesos socioculturales emergentes a gran escala como la Revolución Industrial a finales del siglo XVIII o el Renacimiento durante los siglos XV y XVI. Dichos procesos se replican y amoldan según las características de la sociedad particular, razón por la cual algunos patrones son disminuidos mientras que otros son acentuados. En efecto, la ciudad inteligente ha emergido en todo el mundo, desde naciones con elevados grados de industrialización (Kim et al., 2022) hasta localidades pertenecientes a países en vías de desarrollo (Bouskela et al., 2016).

#### **4.2 Información como metaprincipio**

En la ciudad inteligente, la información se erige como una estructura fundamental de primer orden en la concepción de las formas, interacciones y contenidos que se originan en el interior del sistema. Conexiones y demás relaciones entre los elementos se apoyan implícitamente en la creación, transmisión y procesamiento de información. Desde la producción de energía hasta la habilitación de servidores para alojar las aulas virtuales de una universidad, la ciudad genera extraordinarias cantidades de información cada día. Más que una simple abstracción, la información supone una existencia real expresada en tendencias, datos procesados, intenciones, planes, recursos, valores y estímulos cuyo efecto tangible es observable e incluso medible. Por ejemplo, en un innovador estudio llevado a cabo en 2011, Hilbert y López (2011) hallaron que la producción total de información por parte de la humanidad alcanzaba los  $2,4 \times 10^{21}$  *bits*. En ese orden de ideas, Schmitt (2015) argumenta que la ciudad inteligente se

“...becomes an information organism that at the same time generates data, turns it into information, and displays information in real-time. The visualisation of this information creates new knowledge about the city and is fundamentally different from previous knowledge...” (pág. 29).

#### **4.2.1 Macroestados y microestados**

Es conveniente señalar que el estudio sistemático de la información ha sido el foco de vibrantes debates y teorizaciones a lo largo del siglo pasado, y aún del presente, cautivando la atención de especialistas y científicos de áreas muy diversas. Y, justamente como objeto de interés científico, la información irrumpió en el epicentro del área de la física conocida como la termodinámica, la cual se ocupa del “estudio de las transformaciones de energía donde intervienen calor, trabajo mecánico y otros aspectos de la energía, así como la relación entre estas transformaciones y las propiedades de la materia” (Young & Freedman, 2009, pág. 570). La energía posee una propiedad especial: no puede crearse ni destruirse, sólo transformarse de un tipo a otro. Cuando se hornean unas galletas caseras, la energía eléctrica se transforma en la energía térmica que calienta las galletas, pero nunca desaparece o se extingue. Esta propiedad de conservación de la energía queda expresada en la Primera Ley de la Termodinámica.

Otro importante tópico contemplado por la termodinámica es la relación entre trabajo y energía, la cual puede ilustrarse con un ejemplo: una persona se encuentra redecorando su oficina (cuya superficie es un cuadrado de  $20 \text{ m}^2$ ) y decide mover un pesado estante, que se encuentra apoyado en una pared, a fin de situarlo en la pared opuesta. Para lograr su cometido esta persona deberá realizar un trabajo, esto es, aplicar una cantidad de fuerza sobre el estante a lo largo de la distancia que separa ambas

paredes. En términos físicos, el trabajo<sup>11</sup> es la cantidad de fuerza ejercida sobre un objeto para desplazarlo. Pero, ¿qué sucede con la energía? Al momento de empujar el estante, la persona transforma la energía almacenada en su cuerpo en energía cinética sobre el estante, es decir, en movimiento. Sin embargo, no toda la energía es utilizada para mover el estante, o sea, no toda la energía es transformada en trabajo. Esa porción se disipa en forma de calor —el calentamiento del cuerpo producto del esfuerzo junto a la fricción entre el estante y el suelo— y se cataloga como una pérdida dentro de este sistema constituido por la persona, el estante y el suelo. La medida de esta energía que no puede transformarse en trabajo se conoce como entropía (Mitchell, 2009). El concepto de entropía es fundamental en la formulación de la Segunda Ley de la Termodinámica, la cual enuncia que aquella siempre se incrementa hasta que alcanza un valor máximo. La entropía alcanzada no disminuirá a menos que un agente externo al sistema realice un trabajo que logre reducirla. Además, la entropía implica una interesante noción: la irreversibilidad<sup>12</sup>. Ésta establece la existencia de procesos cuyo desarrollo sucede en una escala temporal que no puede ser revertida. Al respecto, Mitchell (2009) argumenta que “The second law of thermodynamics is said to define the ‘arrow of time,’ in that it proves there are processes that cannot be reversed in time (...) The ‘future’ is defined as the direction of time in which entropy increases” (pág. 43). La flecha del tiempo fija dos momentos, pasado y futuro, y muestra que los procesos fluyen hacia adelante, desde el pasado hacia el futuro. Por ejemplo, el calor emanado por una nevera como producto residual debido al trabajo de enfriar los víveres que se encuentran en su interior no puede ingresar nuevamente al sistema y realimentarlo en un circuito cerrado y eterno. El calor producido es una consecuencia

---

<sup>11</sup> La fuerza se mide en *newtons* (N) y la distancia en metros (m). Así, el trabajo consiste en la multiplicación de la fuerza aplicada por la distancia recorrida, sea esto Nm. 1 Nm = 1 *joule* (J), que es la unidad física empleada para medir el trabajo.

<sup>12</sup> La Segunda Ley de la Termodinámica es la única ley fundamental en la física que, a través de la irreversibilidad de los procesos, distingue entre pasado y futuro.

inmediata del trabajo realizado, conduciendo al sistema de un estado de baja entropía (pasado) a uno de alta entropía (futuro).

Posteriormente, el exhaustivo trabajo del físico austríaco Ludwig Boltzmann abrió el camino a una nueva disciplina de la física, la mecánica estadística, cuya principal premisa es que el comportamiento de los fenómenos macroscópicos proviene de los promedios de las fluctuaciones en los parámetros de las entidades microscópicas. La mecánica clásica —que incluye la termodinámica clásica ya mencionada— se ocupa de las propiedades individuales de cada partícula o entidad, como su posición, velocidad o estado futuro. Por su parte, la mecánica estadística trabaja con millones de partículas o entidades, y se vale de los promedios y probabilidades para establecer tendencias de comportamiento para estos grandes grupos.

Esta interacción entre lo microscópico y macroscópico se observa más claramente con los términos de *microestado* y *macroestado*. El microestado representa la configuración microscópica específica basada en las probabilidades dentro de un sistema. En el juego del póker, que consta de 52 cartas, cada una (as de diamantes, rey de corazones, siete de espadas, reina de trébol, etc.) constituye un microestado, pues cada uno posee una probabilidad de aparecer en el sistema. El macroestado involucra grupos de diferentes microestados y representa la configuración macroscópica del sistema. En una mano de póker, un par, un trío, un *full* o una escalera real son ejemplos de macroestados, en vista de que están constituidos por una agrupación específica de diferentes microestados. Un par consiste en dos cartas con igual número (dos microestados); un trío consiste en tres cartas con igual número (tres microestados); mientras que un *full* es una combinación de un par y un trío (cinco microestados). Partiendo de estos términos inherentes a la mecánica estadística, Boltzmann interpretó la Segunda Ley de la Termodinámica de la siguiente manera: un sistema aislado (sin

interacción con el ambiente) buscará encontrarse en el macroestado más probable en vez de en uno menos probable. La entropía de un macroestado se define como una función del número de microestados que son susceptibles de originar dicho macroestado. Esto implica que la entropía irá en aumento, desde un macroestado menos probable, hasta que se alcance el macroestado más probable, aquel con la entropía más alta posible.

Supongamos que nos encontramos en nuestro hogar y súbitamente se produce una fuga del gas doméstico utilizado para cocinar. Éste comenzará a propagarse ocupando toda la habitación, relleno progresivamente hasta los espacios más reducidos. Afortunadamente, podemos advertir la fuga gracias al penetrante aroma agregado artificialmente al gas, pero su comportamiento se ajusta perfectamente a lo establecido por la Segunda Ley de la Termodinámica: las moléculas del gas se distribuyen uniformemente ocupando la totalidad del espacio, siendo este el macroestado más probable. Que las moléculas del gas se queden amontonadas en una esquina o en un punto específico —como la abertura en la tubería, por ejemplo— sería lo menos probable. Por lo tanto, la distribución total y uniforme del gas en una habitación es el macroestado con mayor entropía, por cuanto es el más probable. En el caso de la mano de póker, las configuraciones de pares, tríos o escaleras reales son ciertamente menos probables —poseen menor entropía— que la aparición de cartas al azar que no cumplan ninguna configuración específica.

#### **4.2.2 Los dos significados de la información**

Hemos explicado que la entropía continuará en aumento hasta alcanzar el macroestado más probable. No obstante, ¿hay alguna forma de impedir esto? El físico Leo Szilard encontró la respuesta entrelazando por primera vez los conceptos de entropía e información. Es un hecho que, en la mano de póker, la repartición de las cartas tenderá

al macroestado más probable, esto es, una distribución aleatoria. Pero, supongamos que al momento de aparecer cada carta se identifique si ésta pertenece al conjunto rojo (diamantes y corazones) o negro (espadas y tréboles) y, posteriormente, se vayan clasificando. Al concluir el reparto, obtendremos dos grandes grupos de 26 cartas cada uno (rojo y negro) resultando un macroestado ordenado y poco probable, por tanto, con menor entropía. En este caso, se llevó a cabo el “trabajo” de identificar el contenido de cada microestado —cada carta— para determinar una de sus propiedades. Szilard (1964) argumenta que el proceso de medición —esto es, identificar si la carta pertenece al color rojo o negro y clasificarla— requiere un consumo de energía, lo cual inevitablemente produce una cantidad de entropía. Sin embargo, al mismo tiempo, el proceso de medición “informa” sobre la carta en cuestión —su color— clasificándola, y así, la entropía generada es compensada por una magnitud igual, pero en sentido opuesto; ésta es la información y se representa mediante *bits*.

El *bit* proviene de la expresión *dígito binario* y se define como “...the maximal amount of information you can obtain from a yes/no question (...) (or ‘1/0’ or ‘true/false’)” (Harremoës & Topsøe, 2008, pág. 176). Así, la respuesta a la pregunta ¿es la carta roja o negra? Sólo tiene dos resultados posibles, por lo tanto, la respuesta representa un *bit* de información. Matemáticamente, esto se expresa como  $2^n$  siendo  $n$  el número de *bits*. En este caso, al tratarse de una sola pregunta, se obtendría  $2^1 = 2$ , o sea, dos estados posibles: carta roja o carta negra. Podría agregarse al proceso de medición otra pregunta: ¿es la carta un número par o impar? De esta manera, la expresión sería  $2^2 = 4$ , definiendo cuatro estados posibles: carta roja par, carta roja impar, carta negra par y carta negra impar.

En consecuencia, información y entropía son conceptos inversos. A mayor información en un sistema, menor entropía; y viceversa. El físico francés Léon Brillouin, basándose

en los hallazgos de Szilard, acuñó el concepto de *negentropía* o entropía negativa para referirse a la información (Reynoso, 2006). En ese sentido, mediante esta generación de negentropía, es posible conducir al sistema a un macroestado distinto al más probable. Del mismo modo, Johansen (1982) expresa que:

...la expresión "entropía negativa" (o neguentropía) es en sí una medida de orden. De este modo, el mecanismo mediante el cual el organismo se mantiene estacionario y a un nivel bastante alto de ordenamiento (es decir, a un nivel bajo de entropía) realmente consiste en extraer continuamente orden (u organización) de su medio. (pág. 98)

No obstante, desde otra perspectiva, el significado de la información es completamente diferente, de hecho, es opuesto. El matemático Claude Shannon, padre de la teoría de la información contemporánea, en la década de los cuarenta del siglo XX, concentró su investigación en un problema trascendental para las telecomunicaciones: el envío rápido y confiable de mensajes desde un emisor hasta un receptor a través de un canal mecánico (líneas de telégrafo, teléfono y ondas electromagnéticas). En su célebre artículo, Shannon (1948) explica que el proceso de la comunicación se encuentra integrado por cinco componentes:

- a) La fuente de información, que produce una secuencia de mensajes constituida por un conjunto de signos.
- b) El transmisor, encargado de transformar el mensaje en una señal adecuada para enviarla mediante el canal. Por ejemplo, en telegrafía, el mensaje es transformado en una secuencia equivalente de puntos y rayas; en un teléfono, la vocalización de las palabras se convierte en impulsos eléctricos correspondientes al mensaje.
- c) El canal, es el medio físico —cables, ondas electromagnéticas— utilizado para transportar el mensaje desde el transmisor hasta el receptor.
- d) El receptor, encargado de reconstruir el mensaje partiendo de la señal enviada por el transmisor.

e) El destinatario, es la persona o ente a la cual se dirige el mensaje.

El interés primordial de la teoría de la información propuesta por Shannon consiste en calcular las probabilidades de transmisión de un mensaje en un canal determinado, sin tomar en consideración el contenido semántico de dicho mensaje, o sea, su significado. Sobre la teoría de Shannon, Reynoso (2006) afirma que “...se trata de un abordaje que analiza cosas tales como las formas más óptimas de codificación, la cantidad de redundancia que hay que introducir para compensar el ruido, y, en especial, la ‘medida de la información’” (pág. 19). En ese sentido, la información para Shannon consiste en la totalidad de mensajes posibles que un emisor puede enviar a través de un canal en función de los signos que componen dichos mensajes. La cantidad de información (H)<sup>13</sup> puede medirse utilizando la siguiente ecuación, la cual surge de considerar el mensaje transmitido (M) y la noción de *bit* previamente comentada:

$$H = \log_2 M$$

La información se define como el logaritmo binario —recuérdese que cada pregunta sólo posee dos resultados posibles— de la cantidad de combinaciones y patrones que pueden construirse con los signos que componen el mensaje. Mitchell (2009) explica esto con un ilustrativo ejemplo: supongamos que un niño se encuentra en el proceso de iniciar su expresión verbal y apenas logra articular la palabra “da”, la cual carece de significado en castellano pero es utilizada por el pequeño para intentar expresar sus emociones e identificar su entorno, por lo tanto, todas sus vocalizaciones son secuencias de “da”.

$$\log_2 1 = 0$$

En vista de que sólo existe un signo (microestado) posible, la cantidad total de información es igual a cero<sup>14</sup>. Ahora, consideremos otro niño un par de años mayor que

---

<sup>13</sup> La información se representa generalmente con la letra H en honor a Ralph Hartley, pionero en el desarrollo de los estudios sobre la información.

<sup>14</sup> El logaritmo de la unidad, sin importar la base, es igual a cero.

el primero, cuya capacidad cognitiva ha tenido más tiempo para desarrollarse y su nivel de expresión oral comprende un vocabulario de un millar de palabras.

$$\log_2 1000 = 9,97 \text{ bits}$$

La cantidad de información generada es significativamente mayor, e irá incrementándose en la medida que el repertorio de signos aumente. Análogamente a como la entropía de un macroestado se encuentra en función del número de microestados que son susceptibles de originar dicho macroestado, y va siempre en aumento, la información producida por un emisor depende directamente del número de combinaciones entre los signos (microestados) del repertorio o alfabeto que permite codificar cualquier mensaje. Por consiguiente, desde la concepción de Shannon, la información y la entropía son conceptos semejantes y no inversos. "...the entropy (and thus information content) of a source is defined in terms of message probabilities and is not concerned with the 'meaning' of a message" (Mitchell, 2009, pág. 54). Asimismo, considerando que todos los microestados son equiprobables, a mayor cantidad de éstos, mayor será el nivel de incertidumbre. La potencial construcción de expresiones lingüísticas de un niño con un repertorio de cien palabras arroja un grado de incertidumbre menor que el de un adolescente con un vocabulario de miles de palabras. En el segundo caso, hay más de donde elegir y la probabilidad de que cada microestado aparezca es menor, por lo tanto, la incertidumbre del mensaje a ser construido es considerablemente mayor. Por añadidura, sería lícito acotar que un sistema es tanto más complejo como contenido de información posea. La capacidad de expresión verbal del niño —con cerca de 10 *bits*— es claramente más compleja que el reparto de las cartas de póker. Y la distribución de los miles de millones de moléculas de un gas en una habitación sería infinitamente más compleja que las decenas de miles de palabras empleadas por un adulto instruido.

En suma, la información posee dos significados fundamentales, como expone el distinguido semiólogo Umberto Eco (2000): “(a) significa una propiedad estadística de la fuente, es decir, designa la cantidad de información que *puede transmitirse*; (b) significa una cantidad precisa de información seleccionada que *se ha transmitido y recibido efectivamente*” (pág. 71). En el primer significado, hace referencia a la probabilidad de combinaciones posibles en un mensaje en función de los elementos del mismo —un signo, una palabra, un impulso— sin considerar su contenido semántico. Además, su magnitud es directamente proporcional a la entropía del sistema. En el segundo significado, la información se considera también como negentropía y es inversamente proporcional a la entropía debido a que se toma en cuenta sólo aquella porción que transmite un contenido semánticamente válido, la cual sirve para reducir la incertidumbre en el sistema.

#### **4.2.3 La complejidad y la información**

De acuerdo a la teoría de la información de Shannon, la complejidad de un mensaje se incrementa en la misma proporción que lo hace su contenido de información, o, lo que sería equivalente, su entropía. Sin embargo, cabría preguntarse si esta interpretación de la complejidad es útil al momento de aprehender la esencia de determinados sistemas, incluyendo la *smart city*. El lenguaje como sistema significativo establece un conjunto de reglas que determinan las relaciones entre los signos y las correspondencias entre significantes y significados. Por ejemplo, en la lengua castellana, el repertorio consta de 27 signos —fonemas— que se relacionan según una estructura específica. El significante *ratón* —compuesto por la integración de los cinco signos r/a/t/o/n— exhibe un significado: el mamífero roedor de pequeño tamaño. Pero también puede asociarse con otro significado: el dispositivo conectado a una computadora para controlar el cursor en la pantalla. Ahora veamos la expresión *jdkef* —también compuesta por cinco signos— y que carece de significado alguno pues no obedece las reglas del sistema lingüístico y, de hecho, es una construcción totalmente aleatoria. Mientras el termino

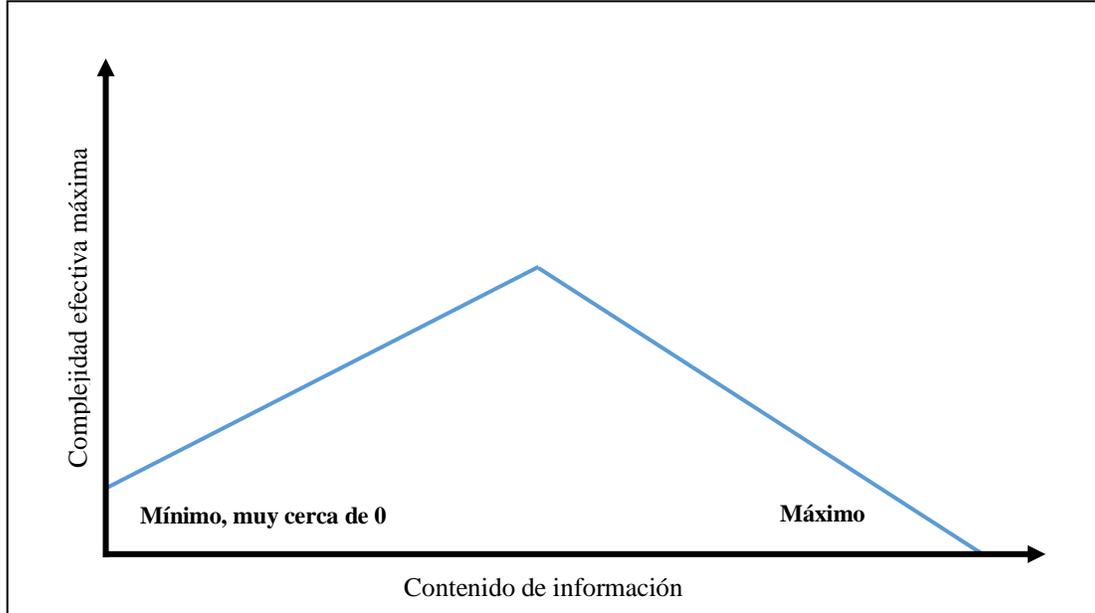
*ratón* forma parte del léxico castellano, cercano a 93 mil palabras<sup>15</sup>, la expresión *jdkef* representa una de las más de 14 millones de combinaciones posibles en el repertorio. Evidentemente, la probabilidad de formular una expresión meramente aleatoria —con elevadísima entropía— es considerablemente mayor a la de encontrar un término semánticamente válido, en consecuencia, la expresión aleatoria posee una mayor complejidad de acuerdo a la interpretación de Shannon. No obstante, para el estudio de un sistema cultural como el lenguaje cuyo propósito es la comunicación entre los individuos, la selección de signos al azar desvinculada de las pautas estructurales del lenguaje carece de sentido. Por consiguiente, es necesaria una interpretación distinta de la complejidad que capture la esencia del comportamiento y atributos del sistema.

En efecto, no existe una forma exclusiva de interpretar o medir la complejidad. Seth Lloyd (2001) explica que según se trate de una u otra disciplina científica —biología, computación, economía, sistemas dinámicos, etc.— los investigadores han desarrollado nociones específicas de la complejidad ajustadas a cada campo de estudio. Sin embargo, a pesar de las obvias particularidades en cada área de conocimiento, las diversas aproximaciones presentan algunos rasgos comunes debido a que las inquietudes y premisas fundamentales son las mismas. Variables como repertorio, grado de aleatoriedad, eficacia de los mensajes transmitidos o entropía son igualmente relevantes para cualquier sistema sin importar su naturaleza. Al respecto, Lloyd (2001) determina tres grandes categorías en las que pueden insertarse las variadas nociones sobre la complejidad. La primera de ellas considera el nivel de dificultad existente cuando se intenta describir un sistema. La segunda toma en cuenta el nivel de dificultad al momento de crear o duplicar un sistema. Y la tercera se concentra en el grado de organización del sistema en función de su estructura y esquemas de interacciones.

---

<sup>15</sup> El otrora *Diccionario de la Real Academia Española*, ahora, en su 23.<sup>a</sup> edición, se denomina *Diccionario de la Lengua Española* (DLE). Consta de 93.111 entradas y fue publicado en 2014.

La evaluación de la organización de un sistema supone un enfoque interesante, puesto que destaca rasgos cualitativos referentes a su composición y, además, revela patrones de interacción tanto con sus propios componentes como con su entorno. La identificación de acciones recurrentes o patrones sirve de insumo para la deducción de reglas generales que describan el comportamiento del sistema. En ese orden de ideas, Murray Gell-Mann (2003) formula la noción de *complejidad efectiva*, definida como “...la longitud de una descripción concisa de las regularidades de dicho sistema o cadena” (pág. 66). Partiendo de esta episteme, es el conjunto de patrones y estructuras recurrentes en un sistema lo que determina su complejidad, en lugar de sus atributos azarosos. En la figura 13 se observa la relación entre el contenido de información presente en el sistema y su complejidad efectiva. Como ya se ha señalado, según la teoría de Shannon, en la medida que aumenta la cantidad de información el grado de aleatoriedad del sistema también se incrementa. Un escenario de máxima aleatoriedad equivale a decir que no existen regularidades dentro del sistema, en otras palabras, éste carece de patrones y pautas de comportamiento susceptibles de expresarse mediante reglas. Por consiguiente, aunque un sistema completamente aleatorio manifiesta un contenido de información máximo (máxima complejidad según la teoría de Shannon), al no contar con ninguna regularidad o patrón su complejidad efectiva es inexistente, o sea, cero. Retomando el ejemplo mencionado anteriormente, la expresión *jdkef* de carácter estrictamente aleatorio carece de complejidad efectiva. En cambio, las palabras que integran el léxico castellano obedecen a las pautas establecidas por la gramática y responden a patrones morfológicos, sintácticos y semánticos específicos dentro del sistema lingüístico.



**Figura 13. Relación entre la complejidad efectiva y el contenido de información.**

Fuente: Adaptado de Gell-Mann (2003)

Por otra parte, cuando la cantidad de información en el sistema es pequeña implica que la longitud de la descripción de sus patrones de comportamiento también es reducida, debido a que se trata de un sistema cuyas regularidades lo vuelven determinista. Valdría decir que las interacciones en su interior son limitadas. Supóngase un equipo de aire acondicionado, el cual se enciende para enfriar el aire y reducir la temperatura de la habitación hasta alcanzar el valor ingresado por el usuario, por ejemplo, 20° C. Una vez alcanzada esta temperatura, el termostato en el interior del dispositivo realiza las compensaciones necesarias que permiten mantener dicha temperatura. Por lo tanto, en una habitación muy calurosa, las compensaciones serán mayores. Podríamos afirmar que el comportamiento del equipo de aire acondicionado es completamente regular y puede ser descrito así: el dispositivo se enciende hasta alcanzar la temperatura programada por el usuario y, una vez alcanzada esta, realiza las compensaciones necesarias (ciclos de encendido y apagado) para mantener la temperatura deseada. La reducida cantidad de información en este sistema permite formular una descripción

precisa de las reglas que rigen su comportamiento, el cual carece de procesos aleatorios. En ese sentido, y dada la relativa sencillez con la que puede describirse el sistema, la complejidad efectiva posee un valor cercano a cero.

Pero, ¿dónde alcanza la complejidad efectiva sus valores más altos? Gell-Mann (2003) argumenta que los sistemas más interesantes se encuentran precisamente en esta zona intermedia, donde existe un alto contenido de información pero sin aproximarse a su punto máximo —donde se torna enteramente aleatorio— y, además, la complejidad efectiva alcanza sus más altos valores. Esto significa que el sistema desarrolla una gran cantidad de interacciones entre sus componentes ocasionando una elevada presencia de patrones en su comportamiento y que son susceptibles de describirse mediante reglas generales. Precisamente, esto es lo que sucede en la ciudad inteligente al identificar sus elementos y poner de manifiesto las interacciones emergentes, revelándose una complejidad efectiva elevada. De hecho, Prato y Pardo (2013) subrayan la importancia de esta idea en tanto que las “Cities are hubs of cultural and ethnic interaction as well...” (pág. 100).

### **4.3 Agentes: el ser urbano**

Los componentes en un sistema complejo, como ya se ha comentado, se denominan agentes debido a su capacidad para procesar información del entorno y seguidamente tomar decisiones. La identificación de los agentes constituye el primer paso en la creación de un modelo sistémico, puesto que representan las piezas fundamentales de cuyas interacciones emergerán los patrones y conductas que definirán el comportamiento del sistema. Por tanto, este primer elemento se concentra en la cualidad de identidad y acción sobre la cual se edificará la *smart city*. En la ciudad participan millares de actores: instituciones gubernamentales, escuelas, partidos políticos, empresas de servicios, asociaciones de vecinos, profesionales de la salud,

comerciantes, familias y muchos más en un contexto sociocultural específico. Sería un ejercicio fútil nombrarlos a todos considerando no solo la cantidad sino la extraordinaria variedad que se encuentra sólo en una ciudad pequeña. En consecuencia, la selección de agentes debe obedecer un criterio de simplificación significativa, es decir, tomar en cuenta la cantidad de información relevante para el modelo al mismo tiempo que se excluye aquella que no lo es. Así, obtenemos que la mínima unidad informativa común a todos los actores de la ciudad la conforman sus habitantes, las personas, independientemente de sus roles dentro de la urbe.

Cada ciudadano genera, procesa y disemina información de formas muy variadas. Y es que esta cualidad es más importante de lo que salta a la vista puesto que presenta una diferencia categórica en relación a otros sistemas. Examinemos brevemente dos ejemplos para ilustrar este argumento. En una bandada de pájaros, aunque cada ave del grupo es un ser adaptativo y multifuncional, la organización compleja proviene de conductas individuales muy simples, entendiendo la simplicidad como una cantidad limitada de información, es decir, un comportamiento individual restringido. Prestando atención al propio sistema nervioso central humano notamos que obedece también a esta premisa: las neuronas, células altamente especializadas, provocan “disparos” de sustancias químicas hacia otras neuronas propiciando o inhibiendo determinadas reacciones según se produzca o no el disparo. En general, la conducta de la neurona individual está restringida a un número limitado de configuraciones, en otras palabras, procesa una cantidad limitada de información. Sin embargo, la totalidad es algo completamente diferente, pues producto de las interacciones de cerca de 100 mil millones de neuronas emerge la conciencia humana como una estructura global increíblemente compleja y, hasta donde sabemos, única. A pesar de sus extraordinarias propiedades emergentes, incluso el sistema nervioso humano está conformado por las interacciones de neuronas de acción simple. La complejidad de la totalidad emergente

a partir de las interacciones de componentes relativamente simples es esquematizada por Portugali (2011) como una relación *Simple*  $\rightarrow$  *Complejo*.

#### 4.3.1 Las interacciones no lineales

La noción de linealidad es medular en el estudio de los sistemas dinámicos y su origen se halla también en la disciplina matemática. En una función lineal la propiedad aditiva se cumple, esto es:  $f(kx) = kf(x)$  lo que implica que la variación en el tiempo de la función es proporcional, dando como resultado una línea recta si decidiera graficarse. ¿Qué consecuencias genera esto en un sistema concreto? Mitchell (2009) lo explica claramente al afirmar que “A linear system is one you can understand by understanding its parts individually and then putting them together. [...] The whole is equal to the sum of the parts” (págs. 22-23). Mientras que Feldman (2012) añade “...for a function to be linear it must be the case that if  $A$  is a solution then  $cA$  is as well, where  $c$  is any number” (pág. 151). De manera que, en un sistema lineal, la interacción entre los componentes puede expresarse como un conjunto de agregados, siendo la totalidad una sumatoria de las interacciones entre los componentes. En consecuencia, la modularidad es una característica presente en los sistemas lineales.

En cambio, en una función no lineal las variaciones en el tiempo no son proporcionales. Respecto a este planteamiento, Pérez (2015) acota que “...en una función no lineal la función de una suma no es la suma de las funciones. El ejemplo más sencillo de función no lineal es  $x^2$ , ya que  $(x_1 + x_2)^2 \neq x_1^2 + x_2^2$ ” (pág. 94). Por tanto, en una función no lineal la propiedad aditiva no se cumple. En ese orden de ideas, Mitchell (2009) señala que “A nonlinear system is one in which the whole is different from the sum of the parts” (pág. 23). La relación de interdependencia entre los componentes impide que el sistema pueda descomponerse en sus partes y expresarse como la sumatoria de las mismas (Feldman, 2012), por lo tanto, la modularidad en estos sistemas es muy

reducida o inexistente. Podría suceder que pequeñas interacciones entre los componentes den lugar a profundos cambios en la totalidad, o viceversa, violentas relaciones entre los componentes apenas alteran la totalidad del sistema. Un caso especial se produce cuando la totalidad del sistema manifiesta propiedades únicas y exclusivas —de orden superior— que no pueden ser reproducidas por sus componentes —de orden inferior— confiriéndole al sistema un comportamiento singular. Estos son los sistemas complejos, aquellos donde la totalidad es expresada como una estructura emergente y mayor a la suma de los componentes del sistema.

Esta noción de no linealidad es fundamental para los estudios tanto de complejidad como del caos, puesto que los sistemas escrutados por ambos manifiestan dicha propiedad. Todo sistema complejo y caótico presenta un comportamiento no lineal, no obstante, el recíproco lógico no aplica, puesto que no todo comportamiento no lineal implica la existencia de un sistema complejo o caótico. Por ejemplo, el ya mencionado sistema dinámico de la función cuadrática  $x^2$  exhibe un comportamiento no lineal pero no caótico. Es importante subrayar un aspecto sobre la linealidad que ha sido ampliamente difundido en cierta literatura académica y de divulgación, “...en el área de influencia de la filosofía de corte posmoderno tergiversar la idea de no-linealidad se ha vuelto un lugar común, tan común que las desmentidas correspondientes han devenido un pujante género literario” (Reynoso, 2009, pág. 21). Ciertamente, se ha desarrollado una narrativa concentrada en la asignación de otro significado al concepto de linealidad, y éste consiste en una clase particular de razonamiento sobre la realidad o un enfoque específico para enfrentar una situación. Al respecto, Feldman (2012) argumenta:

But there is a somewhat more metaphorical and less literal sense in which “linear” and “nonlinear” are used to describe ways of thinking and approaches to problems. In this usage, a linear approach is often associated with reductionism, while nonlinear approaches are associated with less reductive or holistic views. (pág. 148)

Desde esta perspectiva, la relación linealidad-reduccionismo se convierte en un adversario indeseable que empaña la acción cognitiva y distorsiona la percepción de los fenómenos en su totalidad. En uno de sus conocidos textos, el sociólogo Edgar Morin afirma que esta visión simplifica considerablemente la realidad y que sólo mediante el desarrollo de la complejidad se logran suprimir las “...consecuencias mutilantes, reduccionistas, unidimensionalizantes y finalmente cegadoras de una simplificación que se toma por reflejo de aquello que hubiere de real en la realidad” (Morin, 1990, pág. 11). El “pensamiento lineal” es así concebido como un obstáculo al conocimiento, un remanente retrógrado del paradigma reduccionista que, aunque dio origen a la ciencia tal como la conocemos hoy en día, se muestra insuficiente y obsoleto para explicar los fenómenos actuales, a juicio de estos autores asociados al enfoque posmoderno. El filósofo Miguel Martínez sintetiza la esencia de esta perspectiva con gran precisión en el siguiente párrafo:

El método científico tradicional ha seguido la lógica lineal unidireccional, ya sea en una “línea” deductiva como en una inductiva. La mayor debilidad de la lógica lineal es su irrealidad, es decir, su lejanía de la realidad concreta, especialmente si se trata de problemas de las ciencias humanas, donde no se da únicamente una variable independiente, una dependiente y una relación de causalidad, sino que siempre entran en juego docenas de variables que no son lineales, ni unidireccionales, ni solamente causales, sino variables que interactúan mutuamente y entre las cuales se da toda clase y tipo de relaciones: de causa, condición, contexto, soporte, aval, secuencia, asociación, propiedad, contradicción, función, justificación, medio, etcétera. (Martínez, 2009, pág. 78)

Puesto que nos encontramos analizando las implicaciones de conceptos importantes para la teoría de sistemas es menester aclarar estas tergiversaciones, especialmente en un término medular como la linealidad. El argumento de Martínez sostiene que la linealidad ha definido al método científico tradicional como si se tratara de un enfoque o aproximación epistemológica. Ya se ha comentado que la linealidad es una propiedad manifestada por un sistema —sea este físico, biológico, social o mecánico— que explica el grado de interdependencia entre la totalidad y los componentes. Si el sistema

puede explicarse como la suma de las interacciones entre los componentes, es lineal. Por el contrario, si dicho sistema no puede explicarse como la suma de los componentes, entonces no es lineal. En consecuencia, la linealidad no es una aproximación epistemológica ni mucho menos una lógica de pensamiento particular.

Implícita en las ideas de Martínez y explícita en el planteamiento de Morin, se encuentra una profunda crítica al enfoque reduccionista, también denominado atomista o mecanicista, el cual fundamenta su acción en el análisis de los componentes y la formulación de leyes que explican su comportamiento para comprender la totalidad del fenómeno en estudio. Como contrapartida al reduccionismo surgió el holismo, definido como el enfoque “...that there are some complex systemic phenomena that must be studied in their own terms; that mechanistic, reductionist methods are not applicable to such systems; and that no part can be understood except in its relation to the entire system” (Sawyer, 2005, pág. 28). Las limitaciones del reduccionismo son confirmadas por las palabras de Bertalanffy (1976) “La tecnología y la sociedad modernas se han vuelto tan complejas que los caminos y medios tradicionales no son ya suficientes, y se imponen actitudes de naturaleza holista, o de sistemas, y generalista, o interdisciplinaria” (pág. xiv). Entonces, ¿se justifica la condena al reduccionismo de obsoleto e insuficiente? ¿es el enfoque sistémico el holismo contemporáneo? Cuando se estudian sistemas no lineales como el tiempo atmosférico o la economía de una ciudad, donde la totalidad no es una suma de los componentes, sus interacciones particulares producen interesantes comportamientos generalmente contraintuitivos.

El tiempo atmosférico es extremadamente sensible a las condiciones de presión, temperatura y humedad presentes en su estado inicial —como se verá más adelante— y la economía refleja grandes redes de intercambio de bienes, dinero e información que afectan las decisiones individuales de cientos de miles o quizás millones de habitantes.

No obstante, el análisis como herramienta figura en ambos casos. Para generar un pronóstico meteorológico es necesario llevar a cabo una revisión minuciosa del área en cuestión, analizando a fondo sus componentes geográficos, hidrológicos, físicos, e incluso geofísicos, con la finalidad de construir una descripción razonable del sistema. De la misma manera, no se puede llegar a comprender el efecto producido por las grandes redes de interacción económica en una ciudad sin antes estudiar los actores y estructuras que integran dichas redes. Empresas, consumidores, entidades gubernamentales, bancos, industrias manufactureras, intermediarios y proveedores actúan dentro de un marco técnico-jurídico ajustado a reglas específicas, las cuales se determinan y analizan para entender el rol de cada elemento dentro del sistema completo que representa la economía. Coincidimos con Feldman (2012) cuando argumenta que “While reductionism should be approached with caution, I nevertheless think there is much good that can be said about reductive approaches. The reductive approach that has characterized much of modern physical science has been unarguably successful” (pág. 149). Y no únicamente en la física, pues toda la ciencia ha desplegado su potencial para descifrar los más escurridizos misterios de la naturaleza y la cultura en sus variadas disciplinas, naturales y sociales respectivamente. En ese sentido, el enfoque reduccionista no se encuentra obsoleto, sino que forma parte esencial del pensamiento sistémico contemporáneo junto con el enfoque holista —o emergente— que observa las propiedades de la totalidad global. Así, abandonando las posiciones extremas y fundamentalistas, ambos enfoques, más que antagónicos, son complementarios en la comprensión de los sistemas. El propio Bertalanffy (1976) advertía de los efectos desastrosos producidos por estos radicalismos intransigentes sobre la actividad científica:

O, hablando más en general, el tipo analítico de mente, ocupado en lo que se llaman interpretaciones «moleculares» —la resolución, la reducción de fenómenos a componentes de índole elemental-, y el tipo holista, que labora con interpretaciones «molares» —que se interesa en las leyes que rigen el fenómeno como un todo. Mucho ha sido dañada la ciencia a fuerza de oponer un aspecto al otro, y así, en el enfoque «elementalista», desdeñar y negar caracteres ostensibles

y de lo más importantes, o, en el caso holista, rechazar la importancia y necesidad fundamental del análisis. (pág. 250)

En el planteamiento de Martínez se hace referencia a la relación entre linealidad, número de variables y multicausalidad. Que un fenómeno sea producido por una o varias causas no tiene que ver en absoluto con la propiedad de la linealidad. Ni la unicausalidad ni la multicausalidad se correlacionan con la linealidad. Además, en dicho argumento se evidencia una utilización imprecisa del concepto de variable, el cual parece asociarse, por una parte, a los eventos que condicionan el comportamiento del sistema y, por otra, a los componentes de éste que interactúan mutuamente. Vale aclarar que son los componentes —o elementos— aquellos que interactúan dentro del sistema y son susceptibles de manifestar atributos. Las variables y las constantes forman parte de los atributos de un sistema, esto es, las propiedades que lo distinguen. “Los atributos invariantes o constantes son los que permanecen en el tiempo y espacio objeto de estudio, mientras los variables son los que cambian con el tiempo y/o espacio” (Thonon, 2014, pág. 55).

Otra noción compartida en la narrativa posmoderna es que un comportamiento no lineal implica muchos elementos y relaciones dentro del sistema, mientras que la “simplicidad” de las conductas lineales no admite tales interacciones. De hecho, una enorme cantidad de elementos no implica de ninguna manera un comportamiento no lineal. El famoso problema de los tres cuerpos constituye un ilustrativo ejemplo. “El problema de los tres cuerpos consiste en encontrar las trayectorias de tres cuerpos masivos sometidos a mutua atracción gravitatoria” (Pérez, 2015, pág. 19). Las órbitas descritas por los planetas del sistema solar manifiestan esta situación viéndose afectadas sus trayectorias debido a las interacciones gravitacionales entre, por ejemplo, dos planetas y el sol. Con el paso del tiempo, la suma de las variaciones en las órbitas en cuestión no da como resultado una trayectoria proporcional a dichas variaciones, en su lugar, el sistema presenta un comportamiento completamente diferente, el cual no

atiende a la propiedad de la linealidad y provoca efectos aparentemente erráticos e incluso aleatorios. No obstante, estos efectos son ciertamente aparentes, puesto que el comportamiento del sistema se ajusta a unas reglas establecidas por la dinámica no lineal y caótica. Al respecto, Pérez (2015) explica “Y esas trayectorias no regulares impedían resolver de manera general el problema de los tres cuerpos y, por extensión, el del sistema solar como un todo. Hoy en día llamaríamos caóticas a estas soluciones” (pág. 20).

Por lo visto, un sistema con sólo tres elementos puede manifestar una conducta no lineal. Examinemos ahora como otro sistema con una cantidad algo mayor de elementos puede exhibir una conducta completamente lineal. Un teléfono celular actual es un sistema diseñado para desempeñar una amplia gama de funciones, las cuales van desde transmitir y recibir todo tipo de mensajes (voz, texto, imágenes, videos) hasta calcular la posición geográfica y sincronizar datos en tiempo real. Para ello, el dispositivo está constituido por un cúmulo de totalidades interdependientes y que cuentan a su vez con elementos, relaciones y propiedades específicas. Thonon (2014) argumenta que “...para que un sistema  $\sigma'$  sea un subsistema de  $\sigma$ , es necesario que los elementos y las relaciones de  $\sigma'$  sean también elementos y relaciones de  $\sigma$ , y que el ambiente de  $\sigma'$  incluya el ambiente de  $\sigma$ ” (pág. 45). Por lo tanto, dichas totalidades las trataremos como subsistemas. En este caso de estudio, el teléfono celular *Samsung Galaxy S3 GT-I9300* está integrado por los siguientes subsistemas: encendido, procesador y memoria, *Wi-Fi*, radio FM, programa de audio, transmisión y recepción, control de periféricos, sensores (magnético, acelerómetro, barómetro, giroscopio y procesamiento de imagen RGB), micrófono, posicionamiento geográfico (GPS), NFC<sup>16</sup>, pantalla LCD, cámara principal y cámara secundaria (Samsung Electronics,

---

<sup>16</sup> NFC o Comunicación de Campo Cercano por sus siglas en inglés, es una tecnología inalámbrica que permite al teléfono celular intercambiar datos mediante radiofrecuencia (RF), sin necesidad de utilizar Internet.

2012). De acuerdo a los datos suministrados en el manual de servicio del modelo estudiado, un total aproximado de 900 partes discretas y circuitos integrados se encuentran contenidos en este sistema. No obstante, cabe acotar que un circuito integrado puede contener desde unos pocos componentes hasta miles de ellos, por lo que esa cifra puede incrementarse a millares o incluso decenas de miles de componentes. De tal manera que cada subsistema se encuentra conformado por una considerable cantidad de elementos, con atributos y relaciones muy diversas entre ellos. En ese sentido, el teléfono celular es un sistema altamente sofisticado, extraordinariamente variado y compuesto por un increíble número de elementos, pero que puede ser comprendido a partir de la sumatoria de todos sus componentes; por lo tanto, es un sistema lineal. Para concluir sobre este punto, Reynoso (2009) expresa que “La linealidad no es inherente a una mecánica simplista ni es el estigma de una inteligencia inferior; tampoco la no linealidad identifica a lo complejo, ni siquiera en las acepciones laxas de la palabra” (pág. 20).

#### **4.3.2 Reglas de conducta**

Regresando a la ciudad, cada componente del sistema es a su vez un subsistema complejo adaptativo, una conciencia que percibe, reflexiona, pronostica, siente, imagina y toma decisiones considerando, consciente e inconscientemente, numerosos parámetros; de ahí el denominarlo “ser urbano”. Por lo tanto, el comportamiento de los agentes urbanos es muy diferente y la clave se encuentra en el procesamiento de información. Los atributos humanos de reflexionar, imaginar o sentir agregan corrientes de información al individuo y, recordando nuevamente las implicaciones de la teoría, a mayor cantidad de información mayor complejidad se obtendrá en el sistema. En ese sentido, siguiendo la esquematización de Portugali (2011) hallamos en el sistema urbano la relación *Complejo* → *Complejo*, una totalidad extraordinariamente compleja que surge como resultado de interacciones entre individuos también complejos. No obstante, la ingente cantidad de información en los agentes no

necesariamente acarrea una conducta totalmente aleatoria e incapaz de comprenderse o modelarse. Es posible la identificación de patrones justamente debido a la propia naturaleza del ciudadano, a sus atributos, los cuales favorecen ciertas conductas y desalientan otras. Además, una persona no permanece aislada; interactúa con otras personas o con objetos de su entorno y como resultado de esa mutua perturbación, interpreta su experiencia definiéndola de acuerdo a referentes psicológicos y culturales. Pero al mismo tiempo, la experiencia de la interacción la autodefine alterando sus referentes en función de lo vivido, transformando parcialmente su esencia y, hasta cierto punto, condicionándola.

Por consiguiente, al conocer los atributos del ser urbano y las interacciones en el entorno donde se desenvuelve se logra delimitar escenarios probables dentro del océano de posibilidades. Dicho en otras palabras, se ha obtenido información con significado —la segunda orientación de la definición de información— que arroja pistas sobre la conducta de los agentes y permite deducir unas reglas básicas que rigen su actuación en el sistema. “...the rules are embedded within an individual agent, and those rules tell that agent how to interact with other agents (Tranquillo, 2019, pág. 47). En la siguiente sección, recorreremos cada una de estas reglas.

#### ***4.3.2.1 Regla 1: significación de la identidad***

La identidad es un rasgo intensamente valorado por los seres humanos y cuya ponderación puede realizarse desde diferentes perspectivas. Aristóteles reflexionaba acerca de la identidad en términos ontológicos como una “...cierta unidad del ser, bien de una pluralidad, bien de algo considerado como una pluralidad” (Aristóteles, pág. 228), lo que apunta a una idea de distinción del objeto al mismo tiempo que lo diferencia de otros entes del universo. Específicamente en sistemas humanos, la identidad de las personas y grupos sociales está definida por las relaciones

diferenciadas que mantienen con sus semejantes (Jenkins, 2014), esto es, que la identidad requiere la existencia del “otro” para su concreción mediante alguna clase de interacción. Jenkins (2014) agrega que la identidad “...can only be understood as a process of ‘being’ or ‘becoming’. One’s identity – one’s identities, indeed, for who we are is always multi-dimensional, singular and plural – is never a final or settled matter” (pág. 18). La multidimensionalidad de la identidad profundiza la noción de pluralidad previamente planteada por Aristóteles, y representa un atributo de gran importancia puesto que conlleva al desarrollo de múltiples y simultáneas formas de expresión identitaria por parte del individuo.

De acuerdo a Cheshmehzangi (2015), la identidad se compone de cuatro dimensiones. La primera es la personal, materializada en la percepción individual de la realidad que da origen a la imagen del “yo” y a la cual están conectadas las demás identidades. La segunda es la social, que se fundamenta en las relaciones forjadas con otras personas en función de estructuras y roles dentro de la sociedad a la que pertenece el individuo. La tercera es la cultural, cuya expresión considera aspectos significativos emergentes como la lengua, nacionalidad, historia o religión compartidos por el grupo social. Por último, la de ubicación o locacional, un producto identitario que surge a raíz de las dimensiones anteriores y subraya la relación entre la cultura y el lugar, la conciencia del “yo” dentro de un territorio determinado por condiciones ambientales particulares que sirven de escenario para la producción de asociaciones y significaciones por parte del individuo. En ese orden de ideas, la vida en el espacio urbano ilustra y amplía este cuadro, dado que no solo tienen cabida numerosas significaciones cultura-lugar, sino que actúa como medio catalizador y replicador de variadas interacciones exclusivas que se manifiestan a diferentes escalas originando una nueva gama de memorias, imágenes, significaciones y experiencias que enriquecen la conducta del individuo y, consecuentemente, forjan una identidad urbana. De hecho, la construcción de una relación de “apropiación” con los elementos urbanos no es únicamente simbólica sino

psicológica, pues, como comenta Cheshmehzangi (2015), esta identidad se materializa en un sentido de personalización y espiritualidad en torno y hacia “el lugar” al cual el individuo le ha adjudicado la propiedad de entidad; por tanto, al conferir significado a las imágenes percibidas en *su* ciudad, estas ofrecen distinción y exclusividad, rasgos potentes de diferenciación si se les compara con imágenes de otras localidades.

Los procesos identitarios experimentados por los seres urbanos son numerosos, cualitativamente diversos y constituyen una pauta que encauza su conducta. Los ciudadanos identifican y se identifican con determinadas actitudes e ideas dentro del proceso multidimensional de identidad que, como ya precisaba Jenkins, involucra la transformación permanente en un recorrido de autorrealización del individuo con relación al contexto sociocultural y ambiental del espacio urbano que habita. El característico y enrevesado mar de significaciones que se produce en la ciudad producto de las interacciones entre sus habitantes permite la emergencia de sorprendentes comportamientos colectivos, como ya tratamos brevemente en el capítulo anterior, y ejemplifica Montanelli (1963) con “El espíritu de la *polis*, o sea, aquella fuerza coagulante que hace de cada griego un ciudadano tan sensible a lo que sucede dentro y tan indiferente a todo aquello que sucede fuera de su ciudad...” (pág. 35). Además, casi dos milenios antes de la consolidación de las urbes griegas, encontramos otro signo distintivo del espíritu ciudadano alrededor del siglo XXV a.C. en la ciudad sumeria de Lagash, donde “Los ciudadanos de Lagash tenían bien arraigado el sentimiento de sus derechos y desconfiaban de toda acción gubernamental que tendiese a atentar contra la libertad de sus negocios y de sus personas” (Kramer, 1985, pág. 47). En consecuencia, la construcción multidimensional de la identidad del agente está definida en gran medida por las múltiples interacciones que desarrolla a diferentes escalas en el contexto de la ciudad, de la cual forma parte y a la cual contribuye a formar.

En la ciudad inteligente este sentido de identidad se amplifica ante la emergencia de un “espacio extendido” al considerado tradicionalmente, donde los medios digitales facilitan nuevas interacciones entre los agentes. La “identidad virtual” se posiciona como una categoría de gran relevancia en la *smart city*, la cual es expresada y promovida mediante las diversas plataformas en línea, redes sociales digitales y aplicaciones con contenido social. La determinación de identidad inevitablemente conduce al ser urbano a formular y reformular las conexiones con “el otro” y los lugares que frecuenta, que define como parte de su cotidianeidad. En consecuencia, la identidad urbana introduce a su vez el concepto de ciudadanía, que adopta configuraciones singulares en la *smart city*. Desde una perspectiva locacional, la difusión de las tecnologías digitales incrementa la movilidad, accesibilidad, seguridad y confort en los espacios físicos y estructuras. Concretamente, los programas instalados en los edificios ajustan su consumo energético basado en patrones de ocupación identificando la presencia o ausencia de personas. De esta manera, se aumenta la eficiencia en el uso de los recursos al mismo tiempo que se reduce la huella ambiental. Por otra parte, aunque hablaremos más adelante de ello, los sistemas de transporte —ya sean públicos, privados, masivos o particulares— proveen información en tiempo real acerca del status de sus unidades (rutas, destinos, condiciones climatológicas), ofreciendo a los usuarios la posibilidad de tomar decisiones informadas.

Desde una perspectiva sociocultural, las conexiones entre los agentes de la ciudad inteligente son magnificadas con múltiples procesos comunicacionales apoyados en diferentes vectores que ocurren simultáneamente. En otras palabras, una persona puede interactuar con su ayuntamiento, la compañía de seguros, su restaurante favorito o su mejor amigo a través de canales distintos basados en medios digitales, como Instagram, YouTube, Facebook, WhatsApp, Tik-Tok, correo electrónico o aplicaciones particulares. Incluso, aunque ya hemos dicho que la identidad se manifiesta como una pluralidad multidimensional, en la *smart city* adquiere un curioso significado en la

medida que el ser urbano revela y exterioriza atributos de su personalidad en función de si se encuentra en un medio u otro. La conducta puede diferenciarse según la interacción se produzca entre cuentas de Facebook o de WhatsApp, exhibiendo matices de la identidad personal del agente. Aquellas célebres palabras de McLuhan (1962) acerca de que el medio es el mensaje nunca habían sido tan certeras. Además, los medios digitales fomentan nuevos esquemas de participación, tanto en términos institucionales y comerciales, como de gobernanza, dada la ubicuidad de las opciones de acceso.

#### ***4.3.2.2 Regla 2: decisiones basadas en una racionalidad limitada***

Los agentes urbanos poseen una capacidad muy elevada para procesar información. Cada estímulo presente en el espacio urbano (palabras, sonidos, gestos, documentos, señales de tránsito) constituyen fuentes de información. Sin embargo, la percepción de su entorno es distorsionada por diversos factores, como la capacidad fisiológica de computar información, la agudeza de los sentidos y los marcos referenciales psicológicos y socioculturales de cada ciudadano; cuyo proceso cognitivo está supeditado a la conceptualización de la realidad en términos de lo que puede ser comprendido, al menos parcialmente, y utilizado como insumo para la toma de decisiones. Esta naturaleza pragmática en la aprehensión de la realidad objetiva revela que la capacidad de procesamiento de información no implica la facultad de discernimiento óptimo en función de la información recibida. En otras palabras, la cantidad de información adquirida podría ser muy superior a la capacidad cognitiva de interpretación del sujeto, lo que conduciría a tomar una decisión sin haber considerado la totalidad de insumos disponibles. Por otra parte, podría adquirirse una cantidad de información insuficiente, consciente o inconscientemente, e igualmente tomar una decisión basada en datos incompletos. En ambos casos, la anhelada acción racional durante el proceso de toma de decisiones por parte de los agentes urbanos no es consistente con la realidad. No hablamos de actuaciones completamente irreflexivas

pero si racionalmente restringidas y condicionadas, concretamente una *racionalidad limitada* en palabras de Herbert Simon, en la cual las limitaciones cognitivas y ambientales afectan el ejercicio racional del agente.

Una actitud racional completa exige “...complete knowledge and anticipation of the consequences that will follow on each choice” (Simon, 1997, pág. 93), lo que no sucede en el sistema urbano. Cada agente requeriría conocer todas las decisiones posibles y sus correspondientes respuestas o reacciones por parte de los otros agentes involucrados a los fines de adoptar el curso de acción óptimo acorde a sus intereses. Sería necesario predecir innumerables intenciones, voluntades y preferencias dependientes de cadenas de interacciones particulares dentro de cada red urbana conjuntamente con los cambios ambientales de un entorno dinámico. Si bien los seres urbanos están expuestos a caudales de información —y al margen de las limitaciones inherentes a sus capacidades cognitivas— gran parte de ésta no es adecuada o relevante para la toma de decisiones, figura como ruido en la experiencia cotidiana del agente que debe ser depurado por acción de su facultad de discernimiento. Finalmente, la porción de información “exacta” que da cuenta de las condiciones del sistema jamás es completa, solo parcial; ningún agente conoce la totalidad de estados posibles y en tiempo real de sus pares o de las redes a las que pertenece, ni qué decir del sistema en conjunto. La famosa aspiración del eminente matemático francés Pierre Laplace acerca de una predicción determinista de los estados de cada partícula en un sistema no es posible, más aún en sistemas complejos. En estas circunstancias, “...it is virtually impossible for an agent to adopt a truly ‘rational’ strategy” (Tranquillo, 2019, pág. 278).

Ante este panorama de incertidumbre, la selección de información relevante y la acción de discernimiento de los seres urbanos se basa ampliamente en actitudes parcialmente

racionales, como argumenta Simon (1997), “Since these consequences lie in the future, imagination must supply the lack of experienced feeling in attaching value to them” (pág. 93). Y junto a la imaginación, la intuición ejerce un rol importante identificando patrones en las experiencias previas de los agentes con la finalidad de promover la creación de modelos de conducta que ofrezcan mayores probabilidades de éxito, de cara a futuras decisiones con relación a situaciones similares. Estos modelos basados en una premisa de racionalidad limitada deben “...permitir al agente anticiparse a las consecuencias que se generan cuando el mismo patrón (u otro similar) vuelve a ser encontrado” (Holland, 2004, pág. 47). Después de numerosos recorridos caminando dos rutas distintas entre dos lugares, una persona logra determinar elevaciones y grietas en el pavimento, cantidad aproximada de gente en la acera según la hora del día, obstáculos en el suelo, presencia de comercios ambulantes, seguridad del camino, cruces peligrosos, entre otros datos. Y aunque se desconocen las condiciones exactas de cada ruta en un momento dado, los patrones identificados conforman los insumos para generar un modelo de conducta que permita al agente tomar una decisión acerca de cuál de las dos rutas debe elegir. En consecuencia, la identificación de patrones en un sistema partiendo de fuentes de información limitada constituye una valiosa habilidad no solamente para los seres urbanos, sino para la mayoría de agentes en un sistema de alta complejidad.

#### ***4.3.2.3 Regla 3: asociación en múltiples niveles***

La interacción entre agentes complejos y adaptativos —como los seres humanos— produce totalidades emergentes más complejas y organizadas, con mayor contenido de información. Holland (2004) denomina a estas totalidades agregados, los cuales “...pueden a su vez actuar como agentes a un nivel superior (meta-agentes)” (pág. 27), por tanto, los emergentes de un nivel actúan como los componentes del siguiente. Esta cualidad de agregación es típica en los sistemas complejos, ya sean de naturaleza física, bioquímica o social y constituye una garantía de adaptación del sistema ante

potenciales cambios en el ambiente por medio de la generación de nuevas conexiones y, por consiguiente, nuevas interacciones que fomenten la circulación de recursos e información. “Los meta-agentes pueden, por supuesto, agregarse y, a su vez, producir meta-meta-agentes. Cuando este proceso se repite varias veces llegamos a la organización jerárquica típica de los SCA [sistemas complejos y adaptativos]” (Holland, 2004, pág. 27). Sumado a esto, los seres humanos manifiestan una conducta social increíblemente avanzada, incluso entre los primates. La infancia extendida como un valioso tiempo para el aprendizaje de sofisticadas normas sociales; las enormes dimensiones del cerebro que permiten la elaboración de operaciones complejas; y una sexualidad sin periodo de celo que fomenta la reproducción y, sobre todo, la unión afectiva, constituyen factores determinantes en la riqueza social humana (Diez, 2009). Esta conducta se amplifica considerablemente en el espacio urbano, debido a sus particulares características propicias para la aparición y crecimiento de formas complejas de socialización. Así surge la extraordinaria variedad de organizaciones sociales: la familia, la empresa o la asociación de vecinos, las cuales actúan como agentes en ciertos niveles de la ciudad y, a su vez, interactúan produciendo sus correspondientes emergentes.

#### **4.4 Redes urbanas**

Las redes están compuestas de agentes interconectados. Cada agente representa un nodo y sus relaciones son las conexiones que determinan las posibles interacciones entre ellos generándose flujos de energía, materia e información a través de dichas conexiones. Las interacciones y el flujo de recursos se relacionan estrechamente; si la interacción entre agentes es débil, el flujo entre ambos será escaso. Por otra parte, si la interacción es fuerte, el flujo será abundante. Además, las conexiones en numerosos sistemas pueden ser redundantes, habilitando mayores flujos de recursos entre los agentes y confiriendo mayor robustez a la red. Por ejemplo, Internet posee numerosas

conexiones redundantes que mantienen el flujo de información ante potenciales interrupciones (Tranquillo, 2019).

A diferencia de otros sistemas donde se produce exclusivamente un intercambio de materia o energía, en los sistemas sociales, como las ciudades, tal actividad incorpora una particularidad entre los agentes que añade abundante complejidad: el acto de la comunicación basado en el lenguaje simbólico como hecho fundamental que define las relaciones en las redes sociales. La cualidad simbólica de las lenguas humanas se debe a que “...no hay ninguna motivación externa que nos haga asociar los sonidos de la palabra perro al significado ‘perro’ (...) Puesto que la relación es convencional, un símbolo sólo puede interpretarse cuando se conoce el sistema de equivalencias al que pertenece” (Escandell, 2011, págs. 55-56). Asimismo, el acto comunicacional como práctica social está indisolublemente atado al contexto, el marco sociocultural que ejerce una marcada influencia en las interacciones entre los agentes y condiciona la emergencia de las redes en un grupo social determinado. En suma, ya el acto de la comunicación *per se* como manifestación cultural agrega información significativa a las interacciones sociales. Y ¿qué intercambian los agentes en las redes sociales? En términos generales, Serrat (2017) ofrece una ilustrativa enumeración que incluye “...shared values, visions, and ideas; social contacts; kinship; conflict; financial exchanges; trade; joint membership in organizations; and group participation in events, among numerous other aspects of human relationships” (págs. 39-40).

#### **4.4.1 Evolución de las redes urbanas: de la arroba al *bit***

A lo largo del tiempo, la estructura de las redes urbanas ha sido objeto de extraordinarias variaciones mediante una reorganización de su dinámica de flujos, conllevando a la caracterización de singularidades en la ciudad como sistema según el momento de la historia. La noción del *zeitgeist* nos permite profundizar este argumento,

dado que representa un factor fundamental en la constitución de las redes urbanas. “...we understand zeitgeist as a hypothesis for a pattern in meaningful practices that is specific to a particular historical time-period, links different realms of social life and social groups, and extends across geographical contexts” (Krause, 2019, pág. 1). Precisamente, el conjunto de valores, tradiciones y modelos culturales producidos, transmitidos y reproducidos por una sociedad durante un periodo histórico específico influyen decisivamente en la conducta de los individuos y las interacciones con sus pares. En consecuencia, el desarrollo de las redes urbanas se encuentra inextricablemente unido a este “espíritu de los tiempos”, desde sus actividades económicas básicas hasta los esquemas de utilización, transferencia y difusión tecnológica de un núcleo urbano.

En la siguiente sección se examinarán las grandes transformaciones experimentadas por las redes de las ciudades en cuatro etapas. Aunque presentamos dichas etapas como una sucesión a lo largo de una línea temporal, en realidad, y como sucede con la mayoría de los procesos históricos, éstas se solapan e incluso coexisten en proporciones variadas. El sistema urbano rebosa de múltiples patrones simultáneos y estructuras redundantes. Dos nodos interconectados de una red pueden desarrollar interacciones muy diferentes según los flujos que intercambian. Dos lugares significativos de la ciudad pueden conectarse inicialmente mediante una sencilla ruta pavimentada. Con la mayor cantidad de flujos de recursos y el fortalecimiento de las interacciones se agrega un servicio de autobuses. Posteriormente, se añade el transporte subterráneo. Los medios no son mutuamente excluyentes y coexisten durante un tiempo según la función desempeñada, la calidad de las conexiones entre los nodos y las condiciones de los subsistemas relacionados. No obstante, en las redes urbanas la preponderancia de unos patrones sobre otros se manifiesta claramente, más aún al transcurrir el tiempo, y cuya principal evidencia se observa en la determinación de los flujos de las interacciones entre los agentes involucrados.

#### **4.4.1.1 *Redes de materia prima***

La disponibilidad de recursos naturales ha sido indispensable para las ciudades desde su surgimiento, incluyendo el acceso a fuentes de agua; tierras fértiles para el cultivo y pastoreo; madera para la construcción y diversos minerales. En la medida que la complejidad de la ciudad aumenta, igualmente lo hace la demanda de materia prima requerida para la elaboración de bienes que satisfagan a la creciente población. Por ejemplo, la fundación de la ciudad de Roma no obedeció a motivos religiosos ni heroicos como tan elocuentemente relata el célebre poeta Virgilio en *La Eneida*. Su localización toma en consideración razones estrictamente materialistas y socioecológicas, en las adyacencias del río Tíber como recurso hidrológico destinado a numerosos propósitos, entre ellos la irrigación de los cultivos o la provisión de una ruta para transporte de mercancías. Por supuesto, el agua no representa la única materia prima requerida por una ciudad. La misma urbe romana dependía de los flujos de enormes cantidades de grano proveniente de Egipto y otras regiones del Norte de África para alimentar a sus cientos de miles de habitantes. O de flujos de metales, madera y piedra para la construcción de calles, viviendas, plazas, edificios y obras públicas.

El crecimiento de la actividad comercial dio como resultado un incremento significativo de las redes urbanas en todo el mundo, lo que permitió establecer conexiones con una mayor cantidad de nodos en otros asentamientos que, a la larga, se tradujo en un aumento de los flujos de numerosos rubros. Podríamos decir que la cuantificación de elevados flujos mediante unidades de medida, como la arroba —y cuyo símbolo es tan relevante y ubicuo en nuestros tiempos, aunque con otra connotación—, constituía evidencia de un sistema próspero. En suma, mucho le debe el surgimiento y consolidación del sistema urbano a la concreción de extensas redes de materia prima. De hecho, la interrupción del flujo de estos recursos solía producir efectos catastróficos en una ciudad y devenir en intensas alteraciones sociopolíticas.

#### ***4.4.1.2 Redes de mano de obra***

La mayoría de las personas vivía en áreas rurales y desarrollaban las tradicionales actividades agrícolas, ganaderas, pesqueras y mineras. Sin embargo, la realidad en la ciudad era muy diferente. El paisaje urbano se distinguía por la vivacidad, un ritmo de vida ajetreado y la presencia de actividades basadas en la artesanía, producción de bienes a pequeña escala y el comercio, las cuales demandaban individuos con habilidades especializadas. En consecuencia, se produjeron sucesivas oleadas migratorias de los campos a las ciudades, en la búsqueda de posibilidades de ascenso social y económico inexistentes en la rigidez del contexto rural. Paulatinamente, las redes urbanas se reajustaron en torno a una nueva clase de flujos, esta vez no de recursos sino de habilidades proporcionadas por una mano de obra calificada para trabajos específicos. La especialización de los agentes ofrecía garantías de movilidad y mayores beneficios, como sucedía en las ciudades europeas con los arquitectos y constructores en la segunda mitad de la Edad Media, especialmente a partir del siglo XII, cuyas destrezas profesionales eran muy valoradas debido a la creciente demanda para la construcción de las imponentes catedrales góticas. La prosperidad de las ciudades dependía en gran medida de la efectividad de sus redes en ofrecer condiciones favorables de empleo y alojamiento que resultaran atractivas a los trabajadores especializados y así incrementar el flujo de mano de obra. La interrupción de los flujos de la mano de obra se traducían en períodos de desempleo generalizado que podían generar zozobra social e inestabilidad política, perjudicando intensamente a la totalidad del sistema.

#### ***4.4.1.3 Redes de capital***

La mayoría de redes urbanas contemporáneas se encuentran en esta etapa aunque sumergidas en profundos procesos de transformación y reajuste hacia una nueva estructura. El advenimiento y consolidación de la industrialización, en sus diferentes fases desde finales del siglo XVIII hasta los albores del siglo XX, estuvo caracterizado

por una propensión profundamente arraigada hacia la innovación y que contribuyó a definir las relaciones en el sistema urbano. Al margen de las contradicciones y el choque sociocultural entre los movimientos de Ilustración y Contrailustración, neoclasicismo y romanticismo, el *zeitgeist* imperante apuntaba a modelos de conducta basados en la eficiencia y la productividad. El pragmatismo ganaba terreno en la filosofía y su ideario resonaría a lo largo y ancho de un mundo tecnológicamente más amplio y geográficamente más reducido. Inmersas en este efervescente panorama, las ciudades habían alcanzado dimensiones considerables, tanto en tamaño como en prosperidad y calidad de vida para sus habitantes. La emergente y exitosa clase de comerciantes e inversionistas encontraban en la ciudad la capacidad de incrementar sus beneficios en el mediano y largo plazo, a través de inversiones directas en las cada vez más diversas actividades tecnológicas, propulsadas a una escala sin precedentes por la revolución científica. El desarrollo tecnológico forjó una nueva demanda por capital de inversión —posteriormente el capital industrial— que hallaba su contrapartida en la oferta de acaudalados inversionistas dispuestos a emprender aventuras comerciales. Una vez más, las redes urbanas experimentaban una transformación, ahora en torno a los flujos de capital —dinero en diferentes formatos conducente a la generación de recursos, no a su consumo— los cuales requerían dos propiedades estructurales muy particulares: la capacidad de absorción de innovaciones y la facultad de crecimiento rápido y sostenido en el tiempo. Por tanto, una sinergia entre solidez y adaptabilidad emergía en las redes de las urbes basadas en el capital. Haciendo uso de una metáfora, podríamos comparar la estructura de estas redes con los ladrillos empleados en la construcción, rígidos y de composición duradera pero suficientemente maleables como para unirse en grandes cantidades de acuerdo al patrón exigido para toda clase de edificaciones, desde modestas casas hasta imponentes rascacielos.

Los flujos de capital transformaron las ciudades en auténticos *hubs* industriales y comerciales, centros neurálgicos a los que muchos nodos de una red se encuentran

conectados. Surgieron numerosos agentes inclinados hacia valores y actitudes significativamente distintos de las generaciones precedentes y que cristalizaron en nuevas interacciones dentro del sistema, aumentando considerablemente las redes urbanas existentes y al mismo tiempo creándose otro tanto. Las bolsas de valores, bancos, sociedades de crédito y demás instituciones financieras representan un claro ejemplo de esta dinámica social. Es cierto que la banca, el crédito y la compañía empresarial han formado parte de numerosos sistemas urbanos, incluso desde la antigüedad. Por ejemplo, en la ciudad de Assur, capital del imperio Asirio alrededor de los siglos XIX y XVIII a.C., la complejidad de las interacciones había dado origen a toda clase de agentes que solemos considerar de tiempos más recientes, como empresarios (*tamkarum*) e inversionistas (*ummianum*); pero también patrones extendidos de organización comercial como líneas de crédito y compañías por participaciones (*naruqqum*). Veenhof (2010) explica que el comercio “...was the preferred, most efficient, and presumably also the cheapest way of obtaining the materials essential for its highly developed and urbanized culture. It was practiced in the form of interregional exchange, via entrepreneurs” (págs. 41-42). No obstante, dichas conductas se encontraban enmarcadas y determinadas por las características de las redes de sus respectivas urbes y cuyos flujos estaban constituidos por materias primas.

Retornando a las redes de capital, el crecimiento industrial dio lugar a oportunidades laborales que motivaron nuevas oleadas de migración proveniente de trabajadores del campo, aunque también de pequeñas ciudades, con la expectativa de aumentar su nivel socioeconómico e incrementar sus posibilidades de prosperidad. Nuevamente, los sistemas urbanos exitosos eran aquellos que contaban con grandes redes capaces de generar elevados flujos de capitales, promoviendo entornos favorables para las inversiones. La vertiginosa rapidez de estas transformaciones, especialmente durante las primeras décadas, trajo condiciones extremadamente desfavorables para una

considerable cantidad de trabajadores y profundizó asimetrías en los niveles de ingresos. Sin embargo, con el incremento de la productividad este efecto se reduciría y permitiría ofrecer opciones no disponibles hasta ese momento a precios más bajos (Heilbroner & Millberg, 2012). Precisamente, el escenario de crecimiento inició un circuito de retroalimentación positiva donde las redes urbanas aumentaron en cantidad y complejidad, emergiendo nuevas interacciones y niveles materializados en un ecosistema de redes imbricadas con agentes de extraordinaria diversidad. Esa tendencia da cuenta de la mayoría de las redes urbanas contemporáneas.

#### ***4.4.1.4 Redes de información***

La transición hacia una nueva estructura en las redes urbanas es uno de los atributos que distingue a la *smart city*. Aunque la presencia de la plataforma industrial es indiscutible, la difusión masiva de las tecnologías de la información, los espacios de interacción basados en Internet y otros derivados tecnológicos dan paso a la reconfiguración de las redes urbanas forjando nuevos patrones de comunicación, colaboración e innovación. La solidez y adaptabilidad son insuficientes para un manejo efectivo de los flujos de información, razón por la cual la estructura emergente debe incorporar otras propiedades acordes a una realidad distinta, por ejemplo, la de conectar miles y hasta millones de agentes dentro del sistema o con otros sistemas urbanos en un tiempo reducido. Justamente, el espíritu de nuestro tiempo destaca los valores de la innovación conjuntamente con la conectividad y la colaboración. En esta dinámica de coexistencia líquida donde las estructuras se bambolean ante un panorama extremadamente voluble, las redes urbanas de las ciudades inteligentes se inclinan hacia la flexibilidad, la diversidad y la resiliencia, como propiedades fundamentales que promuevan la emergencia y permanencia de redes aún más variadas que sean capaces de procesar los inmensos caudales de información en el sistema.

Las redes dentro de la *smart city* operan con la suficiente robustez para resistir perturbaciones sin que las actividades medulares de cada una se vean afectadas, manifestando una clara cualidad de resiliencia. Debido a los elevados flujos de información, —resultando el bit como unidad de medida— la habilidad de anticipación representa una poderosa ventaja al momento de prever posibles fallas. Además, la redundancia es significativamente incrementada en la ciudad inteligente. La presencia de conexiones y funciones redundantes compensan los efectos de las perturbaciones y aminoran sus consecuencias. Piénsese en las múltiples alternativas de transporte, público y particular, para trasladarse de una localidad a otra de la urbe. O las diferentes posibilidades de pago disponibles para pagar los bienes consumidos. La deliberada redundancia en los procesos de la *smart city* incrementa las posibilidades de que la totalidad del sistema, o gran parte de éste, no colapse debido a interrupciones en los flujos de algunas redes. En ese sentido, la interdependencia de los agentes es un factor que contribuye positivamente a la generación de interacciones redundantes. Así observamos que los procesos naturales de concentración y autoorganización en las ciudades son magnificados en las ciudades inteligentes, alejando la conducta orientada a la centralización de los recursos o el poder político. El fortalecimiento de las comunidades dentro de sus respectivas localidades profundiza el sentido identitario de lo “local cercano” sobre lo “global lejano”. Se torna la mirada hacia la concreción de las relaciones tangibles en el espacio urbano en lugar de la abstracción acerca de las aspiraciones de un espacio urbano idealizado e inescrutable. En consecuencia, en la *smart city* prevalece una inclinación policentrista materializada en la emergencia de numerosos *hubs* que integran las redes de comunidades concretas.

Por otro lado, las redes urbanas en la ciudad inteligente destacan por la flexibilidad, esta habilidad de adaptación a las condiciones dinámicas y diversas que emergen en el sistema o su entorno. En ese sentido, los elementos de la *smart city* presentan una elevada propensión a la reorganización fluida en función de la situación que atraviesen

en un momento determinado. Más que en ningún otro momento de la historia, esta habilidad de reorganización requiere una predilección por la aceptación tecnológica y la integración de nuevos conocimientos con fines prácticos. No debe confundirse esta actitud de los agentes de la *smart city* con una incesante práctica del quehacer científico y humanístico; o de una cultivación del saber en su dimensión más elevada. El procesamiento de elevados flujos de información exige habilidades técnicas, esto es énfasis en la *techne*, no en habilidades teoréticas, la *scientia*. Podríamos sintetizar esta relación con la afirmación: sabemos cómo hacerlo, pero no porqué lo hacemos. Justamente, la adaptación exitosa a situaciones extraordinariamente variadas demanda la apropiación del conocimiento preciso para responder adecuadamente ante las perturbaciones e incertidumbres del sistema. La habilidad de seleccionar la información oportuna entre miles de *bits* de opciones disponibles, en un marco de racionalidad limitada, constituye una ventaja indiscutible y un rasgo replicable a lo largo y ancho de las redes de agentes.

#### **4.4.2 Instituciones y subculturas**

Cada agente forma parte de un considerable número de redes debido a la enorme diversidad de la vida en la ciudad. Una persona forma parte de la red familiar, pero al mismo tiempo integra las redes de la oficina, el gimnasio, un grupo de amigos y el edificio donde reside. Las redes urbanas son numerosas, dinámicas, heterogéneas y exhiben características variadas según su composición, dimensión y propósito. Son las estructuras complejas emergentes de las actividades de interacción entre agentes y en ese sentido representan el corazón del sistema urbano. Al respecto, Pflieger y Rozenblat (2010) afirman que las “...cities exist through the networks that create them and the development of these networks is contingent on the characteristics of the urban space (...) Individuals, networks and spaces are part-and-parcel of shared processes...” (pág. 2724). Las instituciones también son redes cuyos integrantes se encuentran vinculados por conexiones formales, ya sea de parentesco, como es el caso de la

familia, o de contratos legales reconocidos en el ordenamiento jurídico como las empresas, clubes, ONG, partidos políticos, asociaciones profesionales, universidades, juntas de condominio y demás organizaciones con una finalidad social, política o económica en las que obligaciones y derechos así como las relaciones de status y rol entre los agentes se encuentran formalmente codificadas. Aunque, como precisan Macionis y Parrillo (2017) “As we shall see, urban networks may or may not involve organized social groups...” (pág. 211), lo que extiende considerablemente su cantidad e impacto puesto que las redes informales —carentes de una organización codificada explícitamente— permean la totalidad del espacio urbano y ejercen una notable influencia en los patrones distintivos de una ciudad. Sus conexiones se basan en los valores y actitudes compartidos, las construcciones identitarias —principalmente en las dimensiones cultural y social— y la diferenciación respecto al “otro”, “Bricolage of style, rituals and symbolic objects is used to form unity within the group and show differentiating values...” (Hoor, 2020, pág. 4). De manera que las subculturas urbanas o también denominadas tribus urbanas (véase figuras 14 y 15), con sus valores diferenciados y particularidades estilísticas en su modo de vida representan el ejemplo por excelencia de las redes informales. Las personas aficionadas al ciclismo o al ejercicio en el gimnasio; aquellos que recrean los personajes de sus historias favoritas con elaborados disfraces o los más convencidos e irreverentes roqueros son algunas subculturas que hacen vida en la ciudad.



**Figura 14. Subcultura de los *cosplayer* en el Comic-Con.**  
Fuente: Universidad Estatal de Arizona (2017)



**Figura 15. Subcultura de los ciclistas.**  
Fuente: Pixabay (2019)

#### 4.4.2.1 *Makers*

En las ciudades inteligentes, el reforzamiento de las identidades colectivas mediante la exteriorización simbólica continúa presente, incluso se agudiza ante la posibilidad de un mayor número de redes disponibles a las cuales adherirse. Sin embargo, un hecho aún más relevante se produce como consecuencia de la magnificación del tejido informacional y es la aparición de valores e intereses en torno a los medios digitales como actitud diferenciadora en el surgimiento —o consolidación— de nuevas subculturas. Aquí hallamos el caso de los *maker* o fabricantes, cuyos agentes se distinguen por la utilización de diferentes dispositivos tecnológicos para modelar, crear y compartir toda clase de objetos producidos por ellos mismos. El gran crecimiento de esta subcultura se debe ampliamente a dos innovaciones surgidas recientemente: las impresoras 3D y las cortadoras láser, las cuales permiten una manufactura ágil, personalizada y muy económica. Los espacios de la *smart city* asentados en la fluidez y la creatividad constituyen un escenario propicio para la difusión de los valores que caracterizan esta subcultura, donde la creatividad y el pensamiento divergente “fuera de la caja” entrañan ideales subyacentes de independencia y libre iniciativa, un reflejo de la satisfacción de “apropiarse” de una actividad cuasi-industrial que hasta hace unos pocos años solo podía ser realizada por compañías con un considerable nivel de ingresos. Si un sociolecto describe el corazón de esta cultura, sería “toma el control del proceso de producción”.

La subcultura *maker* también produce un impacto importante en las redes urbanas de la ciudad inteligente. Desde una óptica económica, la posibilidad de creación de productos conforma un pujante nicho para emprendedores entusiastas con ansias de diseñar y probar sus ideas. Considerando una visión estratégica de negocios, las barreras de entrada<sup>17</sup> para los emprendedores de esta subcultura son significativamente

---

<sup>17</sup> Con relación al comportamiento de las barreras de entrada en una industria, se recomienda al lector la consulta de la obra *Estrategia Competitiva*, de Michael Porter (2007).

bajas en comparación con aquellas que debían enfrentar las empresas hace una década. Sin contar que requerían contar con una plantilla de empleados razonablemente calificados en el área de investigación y desarrollo, lo que incrementaba los costos para incursionar en la industria. Además, la creatividad, entusiasmo y talento necesarios motorizan entre los miembros de la subcultura un espíritu de cooperación muy arraigado —la presencia de un comportamiento *gemeinschaft*— que fomenta el intercambio de conocimiento y habilidades, así como el establecimiento de espacios virtuales y físicos de colaboración y asistencia. Los medios digitales como YouTube facilitan la divulgación de sus ideales y valores, desencadenando una mayor adhesión desde diferentes ámbitos de la *smart city*.



**Figura 16. Subcultura de los makers con una impresora 3D.**  
Fuente: Universidad de Duke (2019)

#### 4.4.2.2 *Hackers*

Precisamente aprovechando la ubicuidad de los medios sociales, una de las subculturas que se afianza y crece en la ciudad inteligente es las de los *hackers*, concentrados en la utilización de conocimientos y herramientas informáticas con la finalidad de explorar, filtrar, explotar o destruir bienes de información pertenecientes a instituciones, empresas u otros agentes. La transformación de las redes urbanas en torno a la información que caracteriza a la *smart city* ha provocado una maximización considerable de esta subcultura, debido a que esencialmente cada aspecto de la vida urbana, desde las transacciones financieras hasta la gobernanza y medios de transporte dependen de los flujos de información y, por tanto, de las tecnologías digitales. Los valores fundamentales que distinguen a la subcultura de los *hackers* giran en torno a la audacia y la inconformidad, mostrándose a través de declaraciones de principios contrarios al orden establecido —ya sea económico, político, tecnológico o moral— que son reforzados con acciones puntuales visibles para el resto de la sociedad, como la publicación de información sensible perteneciente a una agencia gubernamental o la intromisión en la cuenta personal de alguna celebridad. Aunque suele asociarse el término a conductas moralmente censurables y por lo general criminales, la subcultura *hacker* es más extensa y abarca toda clase de agentes. Algunos concentran su talento en abogar por causas moralmente respetables aunque legalmente reprobables, como la implantación de modelos de ciencia abierta o la difusión gratuita de publicaciones científicas; mientras que otros se oponen —irónicamente— a la vulneración del derecho a la privacidad de los ciudadanos por parte de entidades gubernamentales y corporaciones. No obstante, al margen de la legitimidad o no de la causa defendida, los *hackers* encuentran en las plataformas informáticas un escenario de desafío propicio para la experimentación y las cuales los conducen al límite de sus habilidades y destrezas en la búsqueda de nuevas sendas que permitan alcanzar el codiciado premio: la información.

#### 4.4.3 Yuxtaposición y transformaciones multiescala

La elevada densidad de agentes y la multiplicidad de redes en un espacio geográfico reducido conduce inevitablemente a yuxtaposiciones, solapamientos y coexistencias en diferentes escalas. Precisamente, Pflieger y Rozenblat (2010) reconocen que “The city is characterised by the convergence of multiple networks of multiples scales and interconnected, or not, through various internal dynamics” (pág. 2725). Así encontramos redes de alcance muy limitado —por ejemplo, los clientes de un pequeño restaurante— cuya estructura no excede la de un local comercial. Conjuntamente con redes de gran envergadura —los usuarios del transporte subterráneo o metro— con una colosal estructura que se extiende sobre gran parte del espacio urbano. Suponiendo fallas en los flujos de ambas redes, en el primer caso las conexiones afectadas serían escasas y localizadas, con una mínima repercusión en el resto del sistema. En el segundo caso, la dependencia de otras estructuras respecto al transporte subterráneo propagaría rápidamente las consecuencias de las fallas desencadenando un efecto de cascada. Miles de personas y cientos de redes resultarían afectadas y las repercusiones resonarían en un área considerable del sistema urbano. De la misma manera que existen agentes con numerosas conexiones —denominados *hubs* o concentradores—, algunas redes desempeñan el mismo rol como centros neurálgicos de suma importancia para la totalidad del sistema.

Por otra parte, debido a presiones del entorno o alteraciones considerables en su orden interno, las redes urbanas son susceptibles de experimentar modificaciones en su estructura mediante una reconfiguración de sus nodos y conexiones. Una recombinación supone el paso de un estado organizado a otro estado organizado, y puede producirse gradualmente permitiendo una mayor oportunidad de adaptación exitosa a las nuevas circunstancias. O a veces como transformaciones radicales y súbitas, con efectos intensos sobre los agentes. En las teorías de sistemas dichas transformaciones se conocen como transiciones de fase (Tranquillo, 2019) y sus efectos

en el espacio urbano dependen del grado de interconexión con otras redes y la robustez general del sistema. Por ejemplo, el proceso de “refeudalización” durante el reinado de Felipe III a comienzos del siglo XVII consistió en la profunda reestructuración de las redes urbanas en numerosas ciudades españolas en torno a factores jurídicos, políticos y administrativos favorables a los intereses territoriales de la alta nobleza (Galasso, 1998), en oposición general a la tendencia predominante orientada al fortalecimiento de la figura representada por el estado-nación y el cual requería un proceso de progresiva “desfeudalización”.

La fluidez y elasticidad de las redes en las ciudades inteligentes multiplica las áreas de encuentro entre los agentes, incrementando las yuxtaposiciones y entrelazamientos a lo largo y ancho del espacio urbano. Las transformaciones son más frecuentes, pero también se disponen de mayores conexiones redundantes entre los agentes disminuyendo las consecuencias desfavorables producto de las perturbaciones. En la ciudad de Daegu, en Corea del Sur, la plataforma de gestión de servicios al ciudadano recopila datos provenientes de redes muy variadas de los habitantes: trabajadores independientes, compañías, agencias gubernamentales, parques industriales, entre otros; y ofrece posibilidades de opciones medianamente personalizadas para cada agente. No obstante, la plataforma no obedece a un esquema de gestión centralizado y en gran medida intenta emular el comportamiento de las redes de la ciudad mediante la “...convergence and integration of various smart solutions. Therefore, it is possible to expand applications between systems” (Kim, Lee, Sharifi, & Kim, 2022, pág. 343). En otras palabras, la incorporación de diversas aplicaciones en torno a un mismo objetivo fortalece la capacidad general de las redes de reaccionar ágilmente ante situaciones imprevistas. Por tanto, las transformaciones fluidas y multicéntricas en las redes determinan los patrones característicos de la *smart city*.

## **4.5 Conductas colectivas**

Las redes como productos emergentes manifiestan conductas diferentes de las de los agentes que las integran. No se trata de una simple sumatoria de elementos sino de la aparición de características distintivas globales que se encuentra ausentes en el nivel individual.

### **4.5.1 La cultura como macroestado de información**

Retomando los conceptos de *microestado* y *macroestado* expuestos al referirnos a la información, la conducta individual mostrada por el ser urbano representa un microestado, la mínima unidad generadora de información condicionada por reglas específicas. Las interacciones entre un conjunto de microestados dan como resultado patrones de organización concretos, comportamientos singulares que involucran a la red como conjunto y moldean una conducta colectiva, es decir, un macroestado. De manera que la red y su comportamiento general emergente son objetos entrelazados, dos caras da la misma moneda unidas por una doble implicación: toda red supone una conducta colectiva y toda conducta colectiva presupone la existencia de una red. Dicho en otras palabras, existe un macroestado si y solo si existe una red.

Es preciso recordar que una vez emerge esta conducta colectiva, la misma afectará no solo a los agentes actuales en la red sino a los que se incorporen en el futuro. ¿Cómo sucede exactamente? Debido a las interacciones entre los agentes, los nuevos miembros adquieren información acerca de los patrones conductuales que imperan en la red, los cuales constituyen el modelo a replicar para alcanzar la aceptación del grupo. Este es el mecanismo fundamental de retroalimentación desde lo colectivo hacia el individuo; donde las tesis holistas veían la acción confusa del “todo” y las vitalistas al omnipresente “éter”, las teorías de sistemas nos revelan el rol fundamental de las interacciones en la transmisión de patrones específicos de comportamiento. La cultura

no está “flotando” en el ambiente. De hecho, es recibida por los agentes de diferente manera: imitación, aprendizaje, contacto con objetos e instituciones; luego esos estímulos y patrones influirán a cada agente hacia una u otra conducta en una especie de competencia y selección por replicar aquellos patrones que resulten más eficaces para la vida urbana, de acuerdo a los parámetros de racionalidad limitada que distinguen a los seres urbanos. Para ilustrar este argumento, Hoor (2020) comenta las innumerables reglas implícitas no escritas en la red urbana de los ciclistas, concretamente en Berlín, que abarcan la combinación de colores de la ropa deportiva, la longitud de las medias, la depilación de piernas y brazos, el uso correcto de las señales con las manos e incluso expresiones propias de la red —o sea sociolectos— como “nunca se hace más fácil, sólo vas más rápido”.

Obviously, these etiquette rules do not have to be taken too seriously if you just want to ride your bicycle. But, if you want to be part of a specific cycling scene these are the major attributes of identification and the rules are often taken very seriously indeed (...) all of the mentioned elements have a much stronger symbolical value, acting as symbols of membership to a specific cycling related lifestyle and community. (Hoor, 2020, pág. 12)

Así, cada agente transmite mensajes mediante sus acciones, vestimenta, símbolos y actitudes que reflejan los patrones identitarios de la red dando lugar a una exteriorización de sus valores diferenciadores ante el resto del mundo. En consecuencia, los agentes ejercen un rol activo en la transmisión de información, son repetidores y amplificadores de los signos distintivos de una red urbana. Cuando los agentes de una red interactúan con otras personas se produce un acto comunicacional, añadiéndose la figura del interlocutor (en este caso receptor), que decodificará el mensaje y le conferirá un significado a la información recibida mediante una acción interpretativa. Tal como argumentan Castellani y Hafferty (2009), las prácticas sociales están “...comprised of communication. Social practice cannot exist without the sharing and exchange of information” (pág. 39). Mientras que Boyd y Richerson (2005) complementan esta idea apuntando que la “Culture is information capable of affecting

individuals' behavior that they acquire from other members of their species by teaching, imitation, and other forms of social transmission” (pág. 6). En ese sentido, las diversas manifestaciones de expresión e intercambio entre los agentes de las redes urbanas encuentran una pauta común en el flujo de información.

#### **4.5.2 Procesos de autoorganización**

La autoorganización es un rasgo fundamental en un sistema complejo. De hecho, éste puede definirse como aquel sistema que exhibe cualidades emergentes y autoorganizantes en su comportamiento (Mitchell, 2009). Bertalanffy (1976) en su *Teoría General de Sistemas* dedica parte de su atención a la autoorganización, explicando que ésta puede producirse en dos sentidos: en el primero, “...el sistema comienza con las partes separadas, y estas cambian luego hacia la formación de conexiones (...) es el ‘tránsito de lo no organizado a lo organizado’” (pág. 100). En este sentido sucede con las neuronas —cada una es una célula independiente— las cuales interactúan y se organizan mediante los procesos de sinapsis para construir una totalidad organizada, el sistema nervioso. En el segundo sentido ya existe un esquema de organización, pero éste es ineficaz, por lo que se procura cambiar el patrón de organización de uno malo a uno bueno. Bertalanffy (1976) ejemplifica esto con “...un niño, cuya organización cerebral empieza por hacerlo tratar de tocar el fuego, en tanto que una organización nueva lo hace evitarlo” (pág. 100). Asimismo, podríamos definir la autoorganización como el surgimiento de patrones o comportamientos altamente organizados producto de las interacciones localizadas entre los componentes del sistema, sin la necesidad de una entidad central de dirección. La ausencia de un órgano de dirección central es una cualidad del sistema complejo puesto que las interacciones entre los componentes —agentes— no obedecen las instrucciones de una unidad de control, a diferencia, por ejemplo, de un dispositivo electrónico, en el que los componentes actúan controlados en gran medida por una o varias unidades de dirección y procesamiento.

Formaciones de bandadas de pájaros y cardúmenes de peces (véase figuras 17 y 18) son ilustrativos ejemplos de la cualidad autoorganizadora de los sistemas complejos. Aunque esto quizás encierra una noción contraintuitiva, los evidentes patrones de organización, como el vuelo en “V”, no se deben a una iniciativa de liderazgo individual sino a un conjunto de acciones simples por parte de cada agente que, al interactuar entre ellos, logran producir un comportamiento de orden superior al de cada individuo. Es menester examinar esta idea con detalle: en primer lugar, no existe un pez “líder” o pájaro “alfa” responsable de coordinar y dirigir a todo el cardumen o bandada como lo haría un director de orquesta, definiendo la alineación, corrigiendo el rumbo y vigilando que cada individuo lleve a cabo su tarea exitosamente. En segundo lugar, ninguno de los peces o aves posee un panorama completo de la situación espacial de sus compañeros. Carecen de un tablero de control individual con información global sobre las posiciones y velocidad de todo el grupo. No hay tal cosa como, y sirva la metáfora, un tablero de ajedrez tridimensional en el cual puede ubicarse inequívocamente a cada individuo. Entonces, ¿cómo logran organizarse? La respuesta se encuentra en los individuos, que denominamos agentes por su capacidad de tomar decisiones y actuar según las circunstancias del entorno.



**Figura 17. Bandada volando en formación V.**  
Fuente: Pixabay (2017)



**Figura 18. Cardumen de peces.**

Fuente: Pixabay (2016)

Cada pez o ave adquiere y procesa información de su entorno inmediato y, dentro de las infinitas posibilidades de movimientos voluntarios que puede realizar, obedece unas reglas simples de comportamiento. Tales como evitar las colisiones con otro individuo, ajustar la velocidad y hacerla coincidir con la del compañero más cercano y no alejarse del grupo. De esta manera, decenas e incluso cientos de individuos sin una conciencia global del entorno, mediante acciones individuales simples, logran materializar una totalidad organizada. En palabras de Craig Reynolds, autor de un trascendental trabajo sobre la autoorganización en agrupaciones animales, afirma que “Yet all evidence indicates that flock motion must be merely the aggregate result of the actions of individual animals, each acting solely on the basis of its own local perception of the world” (Reynolds, 1987, pág. 25).

### 4.5.3 Ambivalencia urbana: autoorganización y teleología

Las reglas que rigen el comportamiento de los seres urbanos confieren a la ciudad propiedades excepcionales como sistema complejo. Si bien los cardúmenes, bandadas y redes urbanas manifiestan algunos isomorfismos, ciertamente hay grandes diferencias. Los procesos de autoorganización enfrentan el sentido de identidad, la voluntad y la finalidad como funciones inherentes a actitudes de reflexión enmarcadas en aspiraciones e intereses singulares, únicos para cada individuo. La diferenciación entre agentes conduce a patrones fundamentalmente heterogéneos en el sistema urbano y las redes resultantes se integran por actores con diferente peso e influencia sobre sus pares. En ese sentido, la ciudad es ambivalente puesto que existen procesos dirigidos conjuntamente con aquellos autoorganizados, como argumentan Bretagnolle et al. (2009), “cities alter through a variety of intentional actions that may produce non-intentional persistent features: urban structures are produced partly through design and planning, partly through self-organization” (pág. 197).

A diferencia de otros sistemas físicos —los cristales en un copo de nieve— o biológicos —el cardumen de peces—, la función teleológica es latente en la ciudad en virtud de que es un objeto cultural, un producto del ingenio humano con un propósito específico: preservar e impulsar una sociedad mediante el aumento progresivo de su complejidad. Por tanto, los procesos de autoorganización, como fuerza fundamental del sistema, son influenciados o distorsionados por la acción deliberada de agentes poderosos. Un agente poderoso en términos de redes constituye un *hub*, debido a que mantiene conexiones con numerosos agentes de la red o incluso de varias redes. ¿Pero qué tan intensa es esta distorsión? ¿realmente puede alterar la morfología de las redes urbanas? En los estudios clásicos acerca de la ciudad, la visión predominante sostenía la dirección centralizada como fuerza motriz del sistema, o aproximación *top-down* en palabras de Portugali (2012), donde gobiernos y autoridades desempeñaban el rol fundamental en la construcción del tejido social y la infraestructura física. Podríamos

denominarlo un “determinismo institucional”. No obstante, en las últimas décadas, gracias a los significativos avances en las teorías de sistemas y la comprensión profunda de los principios que rigen los fenómenos complejos, se pone de manifiesto la limitación del determinismo institucional y su imposibilidad de dar cuenta de los hechos sociales en la ciudad. La acción gubernamental y el liderazgo de agentes poderosos ciertamente influyen en el devenir de una sociedad urbana, promueven o inhiben la generación de tendencias, pero no trazan por sí solos rutas predecibles e incontrovertibles que serán recorridas por la totalidad de la urbe. Como sostenemos en esta disertación, las ciudades son sistemas complejos adaptativos que funcionan a través de las interacciones entre diversas redes de agentes interconectadas y yuxtapuestas obedeciendo patrones de organización social y estructural que cambian en el tiempo.

Las ciudades inteligentes revelan categóricamente como los procesos de autoorganización de redes y conductas ejercen un rol protagónico en la conformación del sistema, donde comunidades de agentes llevan a cabo actividades de transformación en sus espacios de acción mediante múltiples esquemas de participación, obedeciendo a una aproximación *bottom-up* (Portugali, 2012) o aguas arriba. Si bien desde las primeras ciudades sumerias hasta las urbes industriales, lidiamos con fenómenos complejos y adaptativos, en la *smart city* se observa un refuerzo de la conducta autoorganizada a través del elevado número de conexiones entre los agentes, incrementando los flujos de información en las redes. Por ejemplo, las aplicaciones de gobernanza y gobierno electrónico habilitan una comunicación singular entre los ciudadanos y sus autoridades, facilitando los lazos de retroalimentación acerca de los servicios públicos de interés y agilizando nuevos canales de participación en la toma de decisiones del ciudadano.

#### 4.5.4 Propiedad de emergencia

Los procesos de autoorganización conllevan a la otra cualidad fundamental en un sistema complejo; nos referimos a la emergencia. Ambos conceptos, autoorganización y emergencia, se encuentran inextricablemente vinculados, aunque podría afirmarse que la emergencia en el ámbito de la complejidad hace referencia al resultado de la actividad autoorganizadora presente en un sistema. La totalidad organizada —como la bandada de pájaros o el sistema nervioso— es emergente respecto a los agentes que la integran, puesto que manifiesta rasgos que ninguno de aquellos posee. Dichos rasgos son los identificados por Langton como propiedades globales, signo de un orden emergente que no pudo haberse predicho a partir del comportamiento individual de los agentes (Lewin, 1995). Sawyer (2005) extiende esta idea precisando que los sistemas complejos presentan propiedades de bajo nivel —encontradas en aquellas interacciones entre los componentes— y propiedades de alto nivel, manifestadas en todo el sistema. Por ejemplo, al examinar la evolución del lenguaje en una sociedad suelen observarse alteraciones profundas en su estructura a lo largo de los siglos. A manera ilustrativa podría el lector echarle una hojeadita a la monumental obra de Cervantes, *Don Quijote de la Mancha*, escrita hace más de cuatro centurias, y notaría los cambios significativos a pesar de tratarse de la misma lengua castellana. ¿Cómo se produjeron dichas modificaciones? Ciertamente, no debido a la acción centralizada de una institución de poder político. Muy al contrario, los propios hablantes y esencialmente sin saberlo, lograron —y lo continúan haciendo— poner en marcha estos cambios progresivamente. Al respecto del sistema cultural integrado por una sociedad y su lenguaje, Sawyer (2005) explica que “...the ‘lower level’ consists of the individual speakers, their interactions are the individual conversations, and the ‘higher level’ is the collective social fact of language as a group property” (pág. 4).

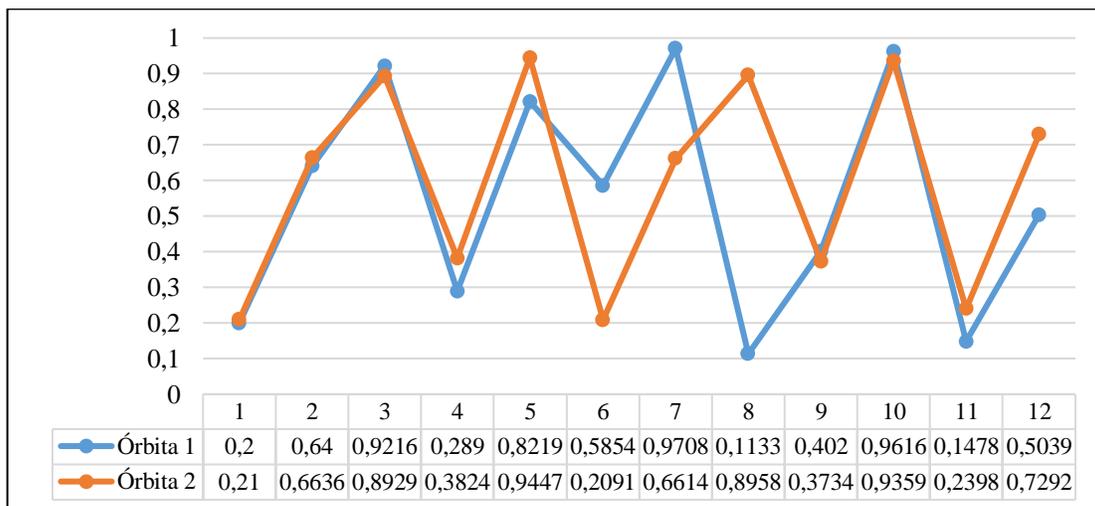
Dado que el comportamiento global del sistema —o de alto nivel— trasciende la dinámica de los agentes que lo integran suele decirse que no puede representarse como

la suma de sus componentes. “[Los sistemas emergentes] they are a product of the interactions, not a sum of the actions of the parts, and therefore have to be understood on their own terms” (Gharajedaghi, 2011, pág. 45). En consecuencia, la emergencia en los sistemas complejos denota interacciones de carácter no lineal, de las que ya hemos comentado, puesto que la totalidad no obedece a la adición de sus componentes. Para concluir esta sección, Sawyer (2005) indica un conjunto de rasgos compartidos por los sistemas que exhiben una conducta emergente. En primer lugar, los componentes suelen ser numerosos e interactúan constituyendo redes que posibilitan elevado intercambio de información. En segundo lugar, las propiedades de alto nivel —las cuales afectan a todo el sistema— no se encuentran en un único componente ni surgen como un lineamiento centralizado de alguna unidad de dirección. Y en tercer lugar, el sistema no puede descomponerse en dependencias menores —subsistemas— que realicen funciones similares, precisamente por las interacciones no lineales entre los agentes.

#### **4.5.5 Comportamientos caóticos**

La no linealidad y el dinamismo son condiciones necesarias más no suficientes para que un sistema sea comprendido como complejo o caótico. Pero ¿cuáles condiciones son suficientes para definir a estos sistemas? En lo que atañe a un sistema caótico, el propio término de caos debe ser aclarado para no dejar lugar a ambigüedades. Tradicionalmente, se emplea el caos como sinónimo de indeterminación, anarquía y confusión. Incluso el diccionario de la RAE (2018), en sus dos primeras acepciones, define al caos como un estado desordenado previo al nacimiento del cosmos y como una situación de confusión y desorden, respectivamente. Sin embargo, desde el punto de vista científico, el caos hace referencia a un sistema “...governated by fixed, precise rules, nevertheless behaves in a way which is, for all practical purposes, unpredictable in the long run” (Feldman, 2012, pág. 3). Pérez (2015) añade que “El caos determinista se presenta cuando un sistema sometido a leyes o reglas perfectamente determinadas

se comporta de manera errática y, aparentemente, aleatoria” (pág. 9). De tal manera que un sistema regido por un conjunto de normas explícitas y precisas puede dar origen a una conducta impredecible en el tiempo, no obstante, dicha imprevisibilidad no se ajusta a los parámetros estudiados por el análisis estadístico, “El comportamiento dinámico de un sistema caótico determinista tiene características diferentes a las de un sistema puramente aleatorio” (Pérez, 2015, pág. 9). Si bien la definición de sistema caótico ya ha tomado forma, aún hace falta incluir un aspecto sumamente importante: la noción de dependencia sensible a las condiciones iniciales, también conocida como “efecto mariposa”. Feldman (2012) sostiene que “The main idea of SDIC [dependencia sensible a las condiciones iniciales por sus siglas en inglés] is that small changes in the initial condition can make a large difference in the orbit’s behavior” (pág. 89). Esto significa que el comportamiento de todo sistema caótico se encuentra fuertemente atado a las condiciones presentadas por éste al inicio, es decir, la semilla o variable  $x_0$ . Veamos un ejemplo gráfico.



**Figura 19. Dependencia sensible a las condiciones iniciales.**

Fuente: Elaboración propia

En la figura 19 se observan dos órbitas o itinerarios a lo largo de diez iteraciones. Ambas funciones poseen exactamente los mismos parámetros excepto sus condiciones iniciales (semillas)<sup>18</sup>. La primera órbita (curva azul) tiene como semilla a  $x_0 = 0,2$  mientras que la segunda órbita (curva anaranjada) posee como semilla a  $y_0 = 0,21$ . Recordando que la semilla en un sistema dinámico corresponde a su condición inicial, entre ambas curvas apenas existe una diferencia de una centésima. No obstante, en la medida que se va iterando, la curva anaranjada se va separando más y más de la curva azul, mostrando un comportamiento completamente distinto. Para la quinta iteración, nadie podría suponer que dichas curvas partieron de unas condiciones iniciales casi idénticas. Esto implica, en palabras de Lewin (1995), que “En los sistemas no lineales, entradas pequeñas pueden tener consecuencias espectacularmente grandes. A menudo, se ha hecho referencia a esto con el nombre de efecto mariposa” (pág. 24). Por consiguiente, todo sistema caótico es determinista, no lineal y sensiblemente dependiente de las condiciones iniciales, aunque no son las únicas características, como señala Pérez (2015), “Además de la sensibilidad a las condiciones iniciales, los sistemas caóticos deterministas exhiben otras propiedades características como son la recurrencia, la autosimilaridad y la fractalidad” (pág. 9).

Estas interacciones caóticas caracterizadas por lazos de retroalimentación complejos y conexiones no lineales que impiden predecir comportamientos se observan en la ciudad inteligente. El tránsito de automóviles es un claro ejemplo de ello, donde pequeñas perturbaciones en algunos agentes desencadenan profundas alteraciones a múltiples escalas. Un simple accidente automovilístico en una avenida puede ocasionar congestiones severas en las calles adyacentes, e incluso más lejos, conllevando a grandes retrasos que van sumándose —o multiplicándose según la escala— en la

---

<sup>18</sup> Se tomó como modelo la ecuación logística  $f(x) = rx(1 - x)$ , siendo la constante  $r = 4$ . Dicha ecuación enuncia un isomorfismo que describe numerosos ejemplos de conductas caóticas en fenómenos distintos.

medida que el tiempo de la perturbación se extiende. La instalación y puesta en marcha de sistemas de gestión del tránsito en la *smart city* debe considerar los efectos del caos determinista y en consecuencia ser susceptible de adaptarse a condiciones extremadamente cambiantes en el menor tiempo posible, incorporando datos en tiempo real que permitan construir un panorama más completo de la situación vehicular en un momento concreto. Para ello requerimos un despliegue de sensores precisos, potentes computadoras, algoritmos de aprendizaje basados en inteligencia artificial y un equipo eficiente y colaborativo que gestione este elevado flujo de información en tiempo real. Ahora bien, con la ejecución de estas medidas no se pretende impedir el caos. Eso es imposible, y justamente aquí radica la importancia de comprender los principios que rigen los sistemas complejos. Pero al reconocer la naturaleza de la conducta del tráfico automotriz podrán desarrollarse sistemas mejor adaptados a una realidad cambiante, que identifiquen las perturbaciones rápidamente y produzcan respuestas ágiles y en el menor tiempo posible.

#### **4.6 Espacio urbano: tecnoestructura emergente**

La noción del espacio alude al contexto en el que se producen las interacciones de los ciudadanos pero que ha sido construido, arreglado y mantenido por la acción humana. Aunque un parque alberga ecosistemas enteros de especies distintas, su planificación, construcción y mantenimiento corresponde al ingenio humano. Bartuska (2007) argumenta que el espacio urbano podría comprenderse como la “...creation of human minds and the result of human purposes; it is intended to serve human needs, wants, and values (...) to protect us from, the overall environment, to mediate or change this environment for our comfort and well-being” (pág. 5). En la mayoría de los modelos urbanos —especialmente los de ciudades inteligentes— el espacio ocupa un lugar privilegiado e incluso la propia significación de la ciudad suele reducirse a los términos espaciales, subrayando el determinismo basado en la infraestructura; recordemos una de las definiciones de *smart city* más extendidas y la cual considera la ciudad en

términos de infraestructura física, social, comercial y tecnológica (Harrison et al., 2010).

Por el contrario, según lo que se ha propuesto en esta disertación, el espacio constituye para nosotros el último nivel de emergencia y cuya existencia procede de las interacciones y yuxtaposiciones de las redes de agentes que hacen vida en la ciudad. Como sucede con cualquier sistema complejo, las estructuras globales resultantes también influyen sobre sus componentes, sobre redes y agentes, puesto que los circuitos de retroalimentación son permanentes y experimentan transformaciones a lo largo del tiempo. Justamente, las escenas urbanas como expresiones socioculturales surgen de la convergencia entre las conductas colectivas de los agentes en el sistema y su localización en el espacio urbano en un tiempo determinado. Parafraseando a Mumford (2012), el espacio completa el escenario para la interpretación del drama urbano en toda su extensión. Plazas y parques proporcionan localidades para escenas abiertas, con la presencia de múltiples redes heterogéneas. Mientras que una sala de eventos privada para celebrar la Comic-Con encarna una escena exclusiva, dirigida a redes más homogéneas que comparten valores grupales y estilos particulares, como las subculturas de *cosplayers*, *gamers* y *geeks*. El macroestado emergente representado por la conducta colectiva encuentra su concreción identitaria con la apropiación de un espacio específico, entrelazándose el “yo” y la localidad, donde cada “...image, meaning, memory, experience, sense of place, and placeness are characterized and identified” (Cheshmehzangi, 2015, pág. 396).

#### **4.6.1 La consolidación de la infosfera**

En la ciudad inteligente, la sorprendente capacidad para identificar, medir, registrar y almacenar datos acerca del estado de numerosos componentes del espacio urbano es un atributo sorprendente. La ubicuidad se hace patente al incorporar no solo calles,

tráfico vehicular y edificios, sino también oficinas y hogares. Una pléyade de sensores conformados por millares de microprocesadores monitorea índices de contaminación, niveles de consumo eléctrico, cantidad de transacciones comerciales, temperatura de una localidad, densidad poblacional de grupos específicos de agentes residentes en un área concreta o grado de humedad a lo largo del día. Algunos se basan en tecnologías de RFID para registrar los datos y asociarlos correctamente a un usuario en particular, permitiendo la construcción de un historial de actividades que revele un patrón de conducta. Además, Allam (2021) comenta sobre los medidores acústicos que mediante las ondas de sonido sondean las paredes de una estructura en busca de grietas. Otros sensores detectan cambios en el ambiente —por ejemplo, el ingreso de una persona a la habitación— e inmediatamente encienden las luces y el aire acondicionado; una vez que la persona ha abandonado el recinto, el sensor nuevamente detecta el cambio en el entorno y desactiva la iluminación y el dispositivo de aire acondicionado, ahorrando significativamente el consumo de energía. En conjunto con los Sistemas de Información Geográfica (GIS, por sus siglas en inglés), aparecen sensores que permiten “mapear” diferentes sectores del espacio urbano según los parámetros requeridos por las instituciones. De este modo, pueden generarse imágenes que reflejen la cantidad de vegetación alrededor de un conjunto residencial y constatar su impacto sobre la calidad de vida de sus habitantes; o imágenes que expongan el tránsito vehicular durante todo el día y permitan detectar las calles con mayor congestión y, en consecuencia, proponer respuestas ágiles.

Los flujos de información alteran progresivamente la estructura de las redes urbanas en la *smart city*, especialmente con aquella información disponible en tiempo real. Nos encontramos ante una reformulación de las relaciones entre los agentes urbanos, las ofertas de servicios y la infraestructura física, marcada por una formidable flexibilidad funcional y estructural. Aunque más allá de sensores para registrar variables concretas, la información genera un ambiente por sí misma, una “infosfera”, la cual está integrada

por “...all informational entities, their properties, interactions, processes, and mutual relations” (Floridi, 2014, pág. 41). Si bien hace casi medio siglo, Alvin Toffler (1992) anticipaba acertadamente el concepto de infosfera definido por conexiones electrónicas altamente interactivas, en la *smart city* adopta una dimensión espacial completamente distinta. Precisamente, solía diferenciarse entre el espacio y el ciberespacio, siendo esta última una región virtual de expresión social paralela a la realidad pero conectada a ésta. En la *smart city*, la brecha que separa ambos mundos se desdibuja, ambos se subsumen e integran en una totalidad orgánica a ser reinterpretada en términos de información. El espacio urbano aumenta exponencialmente, pero no en su dimensión geográfica expresada en alto, ancho y profundidad; sino en una dimensión informacional, profundamente inmersiva y aparentemente infinita<sup>19</sup>. En ese sentido, cartografiamos una nueva ontología donde las coordenadas de la realidad se modifican sustancialmente, o en palabras de Floridi (2014), “...the suggestion is that what is real is informational and what is informational is real” (pág. 41).

#### **4.6.2 La hiperexperiencia urbana**

La infosfera inmersiva constituye el telón de fondo para la aparición de nuevas escenas donde los agentes interactúan en ambas dimensiones del espacio, la geográfica y la informacional, aunque como ya se ha argumentado, dichas dimensiones se entremezclan y difuminan en una reconceptualización de la realidad. En la medida que las redes urbanas de la *smart city* reconstituyen sus conexiones con el espacio en torno a la información, la dicotomía virtualidad-realidad pierde sentido al tiempo que emerge una nueva espacialidad, una geografía de la información, afianzada en la interpretación de la vida social, los patrones identitarios de cada ser urbano y los valores distintivos

---

<sup>19</sup> Decimos aparentemente infinita en tanto que la dimensión informacional carece de las limitaciones inherentes a la dimensión geográfica. No obstante, esto no significa que la información sea un “éter” o alguna entidad inmaterial. La información es física y se apoya en la potencia y capacidad de los equipos de computación.

de las diversas subculturas en función de referentes informacionales. En sentido amplio y quizás a largo plazo, podríamos concebir una magnificación de la infosfera a una escala equiparable a la propia realidad urbana, justamente como sugieren las aplicaciones y herramientas tecnológicas del metaverso y la realidad aumentada “Driven by computer vision and artificial intelligence technology...” (Chen et al., 2019, pág. 5) y cuyas posibilidades ya adelantan el surgimiento de nuevas y variadas interacciones.

En el espacio geoinformatizado de la ciudad inteligente, los agentes interactúan en múltiples capas de la realidad urbana caracterizadas por redes yuxtapuestas y en permanente movimiento. La extrema diferenciación conjuntamente con la pluralidad identitaria que conduce a exteriorizaciones diversas según se trate de una u otra capa, supone para los seres urbanos una vivencia particularmente potenciada y estimulante, cuando no abrumadora, y con elevado grado de complejidad efectiva. En consecuencia, para denotar esta singular situación introducimos el concepto de hiperexperiencia, definido como un emergente complejo producto de las interacciones de carácter no lineal entre las experiencias cotidianas del agente urbano en diversos espacios de la ciudad —geográficos e informacionales— y su capacidad cognitiva para la interpretación y significación. La concatenación de vivencias es alimentada por toda clase de estímulos, referentes y valores recibidos por el individuo. Como ya hemos comentado, este torrente de información que será procesado en términos racionalmente limitados desencadena un proceso de autoorganización vivencial según los modelos cristalizados en la psique del agente y cuyo resultado emergerá en la hiperexperiencia. Esta representa la personificación del drama urbano en las escenas informacionalmente influenciadas de la *smart city*.

## CONCLUSIONES

*Quien osa desafiar esa hidra de cien cabezas que es la naturaleza humana lo termina pagando con espantosos sufrimientos, ¡y su familia también! ¡Y cuando exhales el último suspiro, solo entonces, te darás cuenta de que tu vida no ha sido más que una minúscula gota en un océano infinito!*

*Y sin embargo, ¿qué es un océano sino una multitud de gotas?*

David Mitchell (2012) – *El Atlas de las Nubes*

La *smart city* emerge en el contexto global de la modernidad líquida, una sociedad caracterizada por una infraestructura comunicacional ubicua apoyada en Internet y por la desestructuración de los procesos sociales en favor de formas de organización más orgánicas y personalizadas, concentradas en el sujeto en lugar del objeto.

Los modelos sistémicos proporcionan una valiosa perspectiva metodológica para la comprensión de las interacciones complejas que distinguen numerosos fenómenos sociales, subrayando las propiedades de autoorganización, emergencia y relaciones de carácter no lineal.

No podemos aproximarnos a la *smart city* dejando de lado a la ciudad como sistema sociocultural. La comprensión de la *smart city* exige el reconocimiento de su vinculación teórica con el concepto de ciudad, de lo contrario, las impresiones obtenidas son incompletas y superficiales, incapaces de trascender a niveles más profundos de introspección como requiere el conocimiento científico.

La acción complementaria de las teorías de sistemas y la comprensión exhaustiva proveniente de las ciencias sociales, materializada en la *verstehen*, proporciona una poderosa perspectiva teórico-metodológica que revela los patrones de la ciudad como sistema subrayando su naturaleza sociocultural. En ese sentido, el Modelo Integral del Sistema Urbano sintetiza esta doble acción en la formulación de una teoría original acerca del fenómeno de la ciudad inteligente.

Redefinimos la ciudad desde la perspectiva de las teorías de sistemas y la concebimos como aquel sistema complejo de naturaleza sociocultural compuesto por un conjunto de redes de agentes, las cuales interactúan y se yuxtaponen en diferentes escalas dentro de un espacio geográfico creado colectivamente por los agentes según determinados patrones socioculturales provenientes de dinámicas no lineales y emergentes entre las redes y su ambiente y que experimentan transformaciones a lo largo del tiempo.

La ciudad inteligente no es un algoritmo prefabricado, tampoco una franquicia tecnológica ni un manual de procedimientos a ser aplicados verticalmente en cualquier urbe. La *smart city* se define como una reorganización de la estructura de la ciudad, una reconfiguración del sistema urbano particularmente adaptativa y fluida basada en una codificación de conductas centradas en los flujos de información.

Los agentes constituyen los átomos de la ciudad, por esta razón los conocemos como seres urbanos. Producen, transmiten, reciben y procesan información proveniente de los estímulos generados en el sistema urbano a una escala sorprendente. Sus rasgos de reflexión, voluntad, imaginación y emotividad agregan dosis de complejidad a su conducta, aunque no se manifiestan aleatoriamente sino en patrones, según un conjunto de reglas.

Los flujos en las redes urbanas de la ciudad inteligente no están determinados por las materias primas o el capital, sino por la información. Precisamente, la interpretación en torno a la información se hace patente en la totalidad del espacio urbano incrementando sustancialmente la complejidad efectiva de las interacciones entre los agentes.

Las subculturas provienen de las complejas interacciones entre los agentes urbanos y manifiestan conductas emergentes distintivas según valores y códigos culturales. Los referentes fluidos imperantes en la ciudad inteligente refuerzan la presencia de ciertas subculturas y propician la aparición de otras.

La brecha espacio-ciberespacio se desdibuja en la *smart city*. Las dimensiones geográfica e informacional se fusionan al punto de emerger en una reconceptualización de la espacialidad que modifica las bases de la realidad, dando lugar a una geografía de la información.

## REFERENCIAS

- Agencia Internacional de Energía. (2016). *Key world energy statistics*. París: OCDE y AIE.
- Alcaldía de Medellín. (2013). *Medellín ciudad habitada por la vida, que se reinventa todos los días*. Aspectos generales del Plan de Desarrollo 2012-2015 de Medellín, Medellín, Colombia. Recuperado el 30 de abril de 2018, de <https://www.medellin.gov.co/irj/go/km/docs/wpccontent/Sites/Subportal%20del%20Ciudadano/Nuestro%20Gobierno/Secciones/Plantillas%20Gen%C3%A9ricas/Documentos/2013/RevistaBanderas.pdf>
- Allam, Z. (2021). *The rise of autonomous smart cities*. Cham, Suiza: Springer Nature.
- Allam, Z., & Dhunny, Z. (2019). On big data, artificial intelligence and smart cities. *Cities*, 89, 80-91.
- Allen, P. M. (1996). *Cities and regions as self-organizing systems: models of complexity*. Reino Unido: Taylor & Francis.
- Allen, P. M. (2012). Cities: the visible expression of co-evolving complexity. En J. Portugali, H. Meyer, E. Stolk, & E. Tan, *Complexity theories of cities have come of age. An overview with implications to urban planning and design* (págs. 67-89). Berlín, Alemania: Springer. doi:10.1007/978-3-642-24544-2\_5
- Alonso, M. (2019). Fake News: desinformación en la era de la sociedad de la información. *Ámbitos. Revista Internacional de Comunicación*(45), 29-52. doi:10.12795/Ambitos.2019.i45.03
- Angelidou, M. (2015). Smart cities: a conjuncture of four forces. *Cities*, 47, 95-106.
- Anthopoulos, L. (2016). A Unified Smart City Model (USCM) for smart city conceptualization and benchmarking. *International Journal of Electronic Government Research*, 12(2), 77-93. doi:10.4018/IJEGR.2016040105
- Appio, F., Lima, M., & Paroutis, S. (2019). Understanding smart cities: innovation ecosystems, technological advancements, and societal challenges. *Technological Forecasting & Social Change*(142), 1-14.
- Aristóteles. (1994). *Metafísica*. (T. Calvo Martínez, Trad.) Madrid, España: Gredos.
- Arsuaga, J. (2006). *La saga humana. Una larga historia*. Madrid, España: Edaf.

- Ascencio, M. (2007). *Las diosas del Caribe*. Caracas, Venezuela: Alfa.
- Asimov, I. (1980). A cult of ignorance. *Newsweek*, 19.
- Ayuntamiento de Santander. (2018). *Santander smart city*. Recuperado el 12 de mayo de 2018, de <http://santander.es/servicios-ciudadano/areas-tematicas/innovacion/santander-smart-city-%28ciudad-inteligente%29>
- Baker, J. (Ed.). (2008). *Geographica. Atlas mundial ilustrado*. (G. Deza, V. Santolaria, C. Rodríguez, & R. d. Costa, Trads.) Italia: H.F. Ullmann.
- Banco Mundial. (2021). *World Bank staff estimates based on the United Nations Population Division's World Urbanization Prospects: 2018 Revision*. Recuperado el 18 de abril de 2022, de <https://data.worldbank.org/indicador/SP.URB.TOTL?end=2020&start=1960&view=chart>
- Barba, C., Bejarano, J., Calvo, E., Collazos, J., De la Torre, J., Gallén, M., . . . Zeller, C. (2001). *Historia universal. Prehistoria y mundo antiguo*. España: Planeta.
- Bartuska, T. (2007). The built environment: definition and scope. En W. McClure, & T. Bartuska (Edits.), *The built environment. A collaborative inquiry into design and planning* (2° ed.). Nueva Jersey, EUA: Wiley.
- Batty, M. (2013). *The new science of cities* . [Libro electrónico] Cambridge, Massachusetts, EUA: MIT Press.
- Batty, M., & Longley, P. (1994). *Fractal cities: a geometry of form and function*. Reino Unido: Academic Press.
- Bauman, Z. (2013). *La cultura en el mundo de la modernidad líquida*. (L. Mosconi, Trad.) México: Fondo de Cultura Económica.
- Bertalanffy, L. V. (1976). *Teoría general de sistemas*. (J. Almela, Trad.) México: Fondo de Cultura Económica.
- Bettencourt, L. (2015). Cities as complex systems. En B. Alves, P. Sakowski, & M. Tóvolli, *Modeling complex systems for public policies* (págs. 217-236). Brasil: Institute for Applied Economic Research.
- Bettencourt, L., & West, G. (2010). A unified theory of urban living. *Nature*, 467, 912-913.
- Boghossian, P. (2009). *El miedo al conocimiento. Contra el relativismo y el constructivismo*. (F. Morales, Trad.) Madrid, España: Alianza Editorial.

- Bouskela, M., Casseb, M., Bassi, S., De Luca, C., & Facchina, M. (2016). *La ruta hacia las smart cities: Migrando de una gestión tradicional a la ciudad inteligente*. Banco Interamericano de Desarrollo. Recuperado el 5 de marzo de 2018, de <https://publications.iadb.org/bitstream/handle/11319/7743/La-ruta-hacia-las-smart-cities-Migrando-de-una-gestion-tradicional-a-la-ciudad-inteligente.pdf?sequence=10>
- Boyd, R., & Richerson, P. (2005). *The origin and evolution of cultures*. Nueva York, EUA: Oxford University Press.
- Bretagnolle, A., Pumain, D., & Vacchiani-Marcuzzo, C. (2009). The organization of urban systems. En D. Lane, D. Pumain, S. Van der Leeuw, & G. West, *Complexity perspectives in innovation and social change* (págs. 197-220). Dordrecht, Países Bajos: Springer. doi:[https://doi.org/10.1007/978-1-4020-9663-1\\_7](https://doi.org/10.1007/978-1-4020-9663-1_7)
- Bunge, M. (2004). *La investigación científica. Su estrategia y su filosofía* (3° ed.). (M. Sacristán, Trad.) México: Siglo XXI.
- Bunge, M. (2005). *Diccionario de filosofía* (3° ed.). (M. D. González Rodríguez, Trad.) México: Siglo XXI.
- Buyya, R., Vecchiola, C., & Selvi, T. S. (2013). *Mastering cloud computing. Foundations and applications programming*. EUA: Elsevier.
- Camagni, R., Capello, R., & Nijkamp, P. (1998). Towards sustainable city policy: an economy-environment technology nexus. *Ecological Economics*, 24(1), 103-118.
- Camero, A., & Alba, E. (2019). Smart City and information technology: A review. *Cities*, 93, 84-94.
- Castellani, B., & Hafferty, F. (2009). *Sociology and complexity science. A new field of inquiry*. Berlín, Alemania: Springer.
- Castells, M. (2001a). La ciudad de la nueva economía. *Papeles de Población*(27), 207-221.
- Castells, M. (2001b). *La galaxia internet* (1° ed.). (R. Quintana, Trad.) Barcelona, España: Plaza & Janes.
- Castells, M. (2009). *Communication power*. New York, EUA: Oxford University Press.

- Castells, M. (2010). *The information age. Economy, society, and culture* (Vol. 1 The rise of the network society). West Sussex, Reino Unido: Wiley-Blackwell.
- Chen, Y., Wang, Q., Chen, H., Song, X., Tang, H., & Tian, M. (2019). An overview of augmented reality technology. *Journal of Physics: Conference Series*, 1237(2), 1-5.
- Cheshmehzangi, A. (2015). Urban identity as a global phenomenon: hybridity and contextualization of urban identities in the social environment. *Journal of Human Behavior in the Social Environment*, 25(5), 391-406.
- Cocchia, A. (2014). Smart and digital city: a systematic literature review. En R. P. Dameri, & C. Rosenthal-Sabroux (Edits.), *Smart city. How to create public and economic value with high technology in urban space* (págs. 13-43). Springer.
- Coyle, G. (2000). Qualitative and quantitative modelling in system dynamics: some research questions. *System Dynamics Review*, 16(3), 225-244.
- Daft, R. (2010). *Organization theory and design* (10º ed.). Mason, Ohio , EUA: Cengage Learning.
- Dameri, R. P. (2013). Searching for smart city definition: a comprehensive proposal. *International Journal of Computers & Technology*, 11(5), 2544-2551.
- Dameri, R., & Rosenthal-Sabroux, C. (2014). Smart city and value creation. En R. Dameri, & C. Rosenthal-Sabroux (Edits.), *Smart city. How to create public and economic value with high technology in urban space* (págs. 1-12). Springer.
- Diez, F. (2009). *Breve historia del homo sapiens*. Madrid, España: Nowtilus.
- Dijkstra, L., Poelman, H., & Veneri, P. (2019). *The EU-OECD definition of a functional urban area*. OCDE. doi:10.1787/20737009
- Durando, F. (2007). *Grecia antigua. Cuna de la civilización occidental*. Barcelona, España: Folio.
- Durkheim, E. (2007). *La división de trabajo social* (6º ed.). (C. G. Posada, Trad.) México: Colofón.
- Eco, U. (2000). *Tratado de semiótica general* (5º ed.). (C. Manzano, Trad.) Barcelona, España: Lumen.
- Einstein, A. (1936). Physics and reality. *Journal of the Franklin Institute*, 221(3), 349-382.

- Ergazakis, K., Metaxiotis, K., & Psarras, J. (2004). Towards knowledge cities: conceptual analysis and success stories. *Journal of knowledge management*, 8(5), 5-15.
- Escandell, M. V. (Ed.). (2011). *Invitación a la lingüística*. España: Editorial Universitaria Ramón Areces.
- Event Horizon Telescope. (2019). *Astronomers Capture First Image of a Black Hole*. Recuperado el 24 de noviembre de 2021, de <https://eventhorizontelescope.org/press-release-april-10-2019-astronomers-capture-first-image-black-hole>
- Feldman, D. (2012). *Chaos and fractals. An elementary introduction*. Oxford, Reino Unido: Oxford University Press.
- Ferguson, N. (2007). *La guerra del mundo. Los conflictos del siglo XX y el declive de Occidente (1904-1953)*. (F. J. Ramos, Trad.) Barcelona, España: Random House Mondadori.
- Fernández, M. (2015). *La smart city como imaginario socio-tecnológico. La construcción de la utopía urbana digital*. (Tesis doctoral), Universidad del País Vasco, España.
- Feyerabend, P. (1986). *Tratado contra el método*. (D. Ribes, Trad.) Madrid, España: Tecnos.
- Floridi, L. (2014). *The 4th revolution*. Nueva York, EUA: Oxford University Press.
- Forbus, K. (2008). Qualitative modeling. En F. Harmelen, V. Lifschitz, & B. Porter, *Handbook of knowledge representation* (Vol. 3, págs. 361-393). Elsevier. doi:10.1016/S1574-6526(07)03009-X
- Forman, R. (2014). *Urban ecology. Science of cities*. Reino Unido: Cambridge University Press.
- Fox, W. (1844). Nelson's Column under construction, Trafalgar Square, London, April 1844 [Fotografía]. Londres, Reino Unido: British Library. Recuperado el 12 de mayo de 2017, de <http://www.bl.uk/onlinegallery/onlineex/pointsofview/themes/beginnings/column/index.html>
- Galasso, G. (1998). Estructura y articulación general de la monarquía española en los siglos XVI y XVII. *Boletín del Archivo General de la Nación*, 4(11), 13-28.

- García, A. (Diciembre de 2007). Telecomunicaciones y globalización. *Boletín de Estudios Económicos*, LXII(192), 391-412.
- Gell-Mann, M. (2003). *El quark y el jaguar. Aventuras en lo simple y lo complejo* (4ª ed.). (A. García, & R. Pastor, Trads.) Barcelona, España: Tusquets Editores.
- Gharajedaghi, J. (2011). *Systems thinking: managing chaos and complexity. A platform for designing business architecture*. EUA: Elsevier.
- Giffinger, R., & Gudrun, H. (2010). Smart cities ranking: an effective instrument for the positioning of the cities? *ACE: Architecture, City and Environment*, 4(12), 7-26.
- Giffinger, R., Fertner, C., Kramar, H., Kalasek, R., Pichler-Milanović, N., & Meijers, E. (2007). *Smart cities. Ranking of european medium-sized cities*. Viena: Universidad de Tecnología de Viena. Obtenido de <http://www.smart-cities.eu/>
- Gil-García, J., Pardo, T., & Nam, T. (2015). What makes a city smart? Identifying core components and proposing an integrative and comprehensive conceptualization. *Information Polity*, 20(1), 61-87.
- Gleick, J. (2012). *La información: historia y realidad*. (J. Rabasseda, & T. Lozoya, Trads.) Barcelona, España: Crítica.
- Godfrey, B. J., & Zhou, Y. (1999). Ranking world cities: multinational corporations and the global urban hierarchy. *Urban Geography*, 268-281.
- Gutiérrez Pantoja, G. (2000). *Metodología de las ciencias sociales* (Vol. 1). México D.F.
- Hancke, G. P., Carvalho, B., & Hancke Jr, G. P. (2012). The role of advanced sensing in smart cities. *Sensors*, 13(1), 393-425.
- Harremoës, P., & Topsøe, F. (2008). The quantitative theory of information. En P. Adriaans, & J. Van Benthem, *Handbook of the philosophy of science. Volume 8: Philosophy of information* (págs. 175-220). Elsevier.
- Harris, M. (1998). *Antropología cultural*. (V. Bordoy, & F. Revuelta, Trads.) Madrid, España: Alianza Editorial.
- Harrison, C., Eckman, B., Hamilton, R., Hartswick, P., Kalagnanam, J., Paraszczak, J., & Williams, P. (2010). Foundations for smarter cities. *IBM Journal of Research and Development*, 54(4), 1-16.

- Haughton, G., & Hunter, C. (2003). *Sustainable Cities*. Londres, Reino Unido: Routledge.
- Heilbroner, R., & Millberg, W. (2012). *The making of economic society* (13° ed.). Boston, EUA.
- Hernández-Sampieri, R., & Mendoza, C. (2018). *Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. Ciudad de México, México: McGraw Hill Interamericana.
- Hilbert, M., & López, P. (2011). The world's technological capacity to store, communicate, and compute information. *Science*, 332, 60-65.
- Holland, J. (2004). *El orden oculto. De cómo la adaptación crea la complejidad*. (E. T. Alexander, Trad.) México D.F.: Fondo de Cultura Económica.
- Hollands, R. G. (2008). Will the real smart city please stand up? Intelligent, progressive or entrepreneurial? *City*, 12(3), 303-320.
- Hoor, M. (2020). The bicycle as a symbol of lifestyle, status and distinction. A cultural studies analysis of urban cycling (sub) cultures in Berlin. *Applied Mobilities*, 7(3), 1-19. doi:<https://doi.org/10.1080/23800127.2020.1847396>
- Humboldt, A., & Bonpland, A. (2009). *Essay on the geography of plants*. (S. Romanowski, Trad.) Chicago, EUA: Universidad de Chicago.
- Hwang, J. S., & Han Choe, Y. (2013). *Smart Cities. Seoul: a case study*. Unión Internacional de Telecomunicaciones. Recuperado el 11 de mayo de 2018, de <http://itu.int/techwatch>
- James, P., Astoria, R., Castor, T., Hudspeth, C., Olstinske, D., & Ward, J. (2021). Smart cities: fundamental concepts. En J. C. Augusto (Ed.), *Handbook of smart cities* (págs. 3-34). Cham, Suiza: Springer Nature.
- Jang, M., & Suh, S. (2010). U-City: new trends of urban planning in Korea based on pervasive and ubiquitous geotechnology and geoinformation. En T. D., G. O., M. B., P. E., & A. B.O. (Ed.), *Conferencia Internacional en Ciencias Computacionales y sus Aplicaciones (ICCSA). 6016*, págs. 262-270. Berlin: Springer.
- Jenkins, R. (2014). *Social identity* (4° ed.). Nueva York, EE.UU.: Routledge.
- Johansen, O. (1982). *Introducción a la teoría general de sistemas*. México: Limusa.

- Johnson, J. (2012). Cities: systems of systems of systems. En J. Portugali, H. Meyer, E. Stolk, & E. Tan, *Complexity theories of cities have come of age. An overview with implications to urban planning and design* (págs. 153-172). Berlín, Alemania: Springer. doi:10.1007/978-3-642-24544-2\_9
- Johnson, N., & Mueller, J. (2002). Updating the accounts: global mortality of the 1918–1920 “Spanish” Influenza pandemic. *Bulletin of the History of Medicine*, 76, 105-115.
- Joyanes, L. (2010). Computación en nube (cloud computing) y centros de datos: La nueva revolución industrial. ¿Cómo cambiará el trabajo en organizaciones y empresas? *Sociedad y Utopía. Revista de Ciencias Sociales*(36), 111-128.
- Katz, J. (Ed.). (2008). *Handbook of mobile communication studies*. Cambridge, Massachusetts, EUA: MIT Press.
- Kim, Y., Lee, S., Sharifi, A., & Kim, Y. (2022). Data-sharing approaches for a achieving resilient smart cities: a case of smart city R&D project in Daegu, South Korea. En A. Sharifi, & P. Salehi (Edits.), *Resilient smart cities. Theoretical and empirical insights* (págs. 323-353). Cham, Suiza: Springer.
- Komninos, N., Kakderi, A., Panori, A., & Tsarchopoulos, P. (2019). Smart city planning from an evolutionary perspective. *Journal of Urban Technology*, 26(2), 3-20. doi: <https://doi.org/10.1080/10630732.2018.1485368>
- Kramer, S. (1985). *La historia empieza en Sumer*. (J. Elías, Trad.) Barcelona, España: Orbis.
- Krause, M. (2019). What is zeitgeist? Examining period-specific cultural patterns. *Poetics*, 76(101352), 1-10.
- Kwapien, J., & Drozd, S. (2012). Physical approach to complex systems. *Physics Reports*, 115-226. doi:10.1016/j.physrep.2012.01.007
- Laudon, K., & Laudon, J. (2012). *Sistemas de información gerencial* (12º ed.). (A. V. Elizondo, Trad.) México D.F.: Pearson Educación.
- Lewin, R. (1995). *Complejidad. El caos como generador de orden*. (J. G. López Guix, Trad.) Barcelona, España: Tusquets Editores.
- Lewis, S., & Maslin, M. (2015). Defining the Anthropocene. *Nature*, 519, 171-180.
- Ley N° 11690. Act on the construction, etc. of ubiquitous cities. (2013). República de Corea del Sur. Recuperado el 21 de abril de 2017, de [http://elaw.klri.re.kr/eng\\_service/lawView.do?hseq=28254&lang=ENG](http://elaw.klri.re.kr/eng_service/lawView.do?hseq=28254&lang=ENG)

- Ley N° 15732. Act on the promotion of smart city development and industry. (2018). República de Corea del Sur. Recuperado el 26 de Septiembre de 2022, de [https://elaw.klri.re.kr/eng\\_service/lawView.do?hseq=50634&lang=ENG](https://elaw.klri.re.kr/eng_service/lawView.do?hseq=50634&lang=ENG)
- Lloyd, S. (2001). Measures of complexity: a nonexhaustive list. *IEEE Control Systems Magazine*, 21(4), 7-8.
- London Historian. (1941). Piccadilly Circus [Fotografía]. Londres, Reino Unido. Recuperado el 12 de mayo de 2017, de <http://londonist.com/london/history/here-s-what-london-looked-like-in-the-1940s>
- Longworth, N., & Osborne, M. (s.f.). Six ages towards a learning region. A retrospective. *European Journal of Education*, 45(3), 368-401.
- Luhmann, N. (1998). *Sistemas sociales: lineamientos para una teoría general*. (S. Pappe, & B. Erker, Trads.) Barcelona, España: Anthropos.
- Lynch, K. (1998). *La imagen de la ciudad* (1° ed.). (E. L. Revol, Trad.) Barcelona, España: Editorial Gustavo Gili.
- Machado-Allison, C. (2008). *La aventura tecnológica*. Caracas, Venezuela: Academia de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales de Venezuela.
- Macionis, J., & Parrillo, V. (2017). *Cities and urban life* (7° ed.). EUA: Pearson.
- Malinowski, B. (1984). *Una teoría científica de la cultura*. (A. R. Cortázar, Trad.) Madrid, España: Sarpe.
- Martin, T. (2013). *Ancient Greece. From prehistoric to hellenistic times* (2° ed.). Nueva Haven, EUA: Yale University Press.
- Martínez, M. (2009). *Epistemología y metodología cualitativa en las ciencias sociales*. México: Trillas.
- Massachusetts Institute of Technology. (2018). *Senseable city lab*. Recuperado el 29 de mayo de 2018, de <http://senseable.mit.edu/>
- May, J. A. (1970). *Kant's concept of geography and its relation to recent geographical thought*. Toronto, Canadá: Universidad de Toronto.
- McLuhan, M. (1962). *The Gutenberg galaxy. The making of typographic man*. Toronto, Canadá: University of Toronto Press.
- Microsoft Corporation. (2018). *Microsoft CityNext*. Recuperado el 10 de mayo de 2018, de <https://enterprise.microsoft.com/en-us/industries/citynext/>

- Mitchell, D. (2012). *El atlas de las nubes* (1º ed.). (V. Ubeda Fernández, Trad.) México: Duomo.
- Mitchell, M. (2009). *Complexity. A guided tour*. Nueva York, EUA: Oxford University Press.
- Montanelli, I. (1963). *Historia de los griegos*. (D. Pruna, Trad.) España: Círculo de Lectores.
- Morin, E. (1990). *Introducción al pensamiento complejo*. Recuperado el 7 de septiembre de 2019, de [http://cursoenlineasincostoedgarmorin.org/images/descargables/Morin\\_Introduccion\\_al\\_pensamiento\\_complejo.pdf](http://cursoenlineasincostoedgarmorin.org/images/descargables/Morin_Introduccion_al_pensamiento_complejo.pdf)
- Morris, D. (1972). *El zoo humano*. (A. Martín, Trad.) Barcelona, España: Plaza & Janes.
- Mosterín, J. (2013). *Ciencia, filosofía y racionalidad*. Barcelona, España: Gedisa.
- Mumford, L. (2012). *La ciudad en la historia. Sus orígenes, transformaciones y perspectivas*. (E. L. Revol, Trad.) España: Pepitas de Calabaza.
- Naciones Unidas. (1987). *Nuestro futuro común*. Oslo: Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo.
- Naciones Unidas. (2006). *World urbanization prospects. The 2005 revision*. New York, EUA: Departamento de Asuntos Económicos y Sociales, División de Población.
- Naciones Unidas. (2015a). *World urbanization prospects. The 2014 revision*. New York, EUA: Departamento de Asuntos Económicos y Sociales, División de Población.
- Naciones Unidas. (2015b). *World population prospects. The 2015 revision. Key findings and advance tables*. New York, EUA: Departamento de Asuntos Económicos y Sociales, División de Población.
- Naciones Unidas. (2016a). *Smart cities and infrastructure*. Génova: Comisión de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo. Recuperado el 29 de abril de 2018, de [http://unctad.org/meetings/en/SessionalDocuments/ecn162016d2\\_en.pdf](http://unctad.org/meetings/en/SessionalDocuments/ecn162016d2_en.pdf)
- Naciones Unidas. (2016b). Nueva Agenda Urbana. *Conferencia de las Naciones Unidas sobre la Vivienda y el Desarrollo Urbano Sostenible Hábitat III*. Quito. Recuperado el 30 de Abril de 2018, de <http://habitat3.org/the-new-urban-agenda>

- Naciones Unidas. (2019). *World urbanization prospects. The 2018 revision*. Nueva York, EUA: Departamento de Asuntos Económicos y Sociales, División de Población.
- Naisbitt, J. (1984). *Megatrends: ten new directions transforming our lives*. Nueva York, EUA: Warner Books.
- Nam, T., & Pardo, T. (2011). Conceptualizing smart city with dimensions of technology, people, and institutions. *Proceedings of the 12th Annual International Digital Government Research Conference: Digital Government Innovation in Challenging Times* (págs. 282-291). Maryland: Universidad de Maryland.
- Nuvolari, A. (2019). Understanding successive industrial revolutions: a "development block" approach. *Environmental Innovation and Societal Transitions*, 33-44.
- O'Brien, J., & Marakas, G. (2011). *Management information systems* (10° ed.). New York, EUA: McGraw-Hill/Irwin.
- Odum, E., & Barrett, G. (2006). *Fundamentos de ecología* (5° ed.). (M. T. Ortega, Trad.) México D.F.: Thomson.
- Our World in Data. (2022). *How much of our primary energy comes from renewables?* Our World in Data. Obtenido de <https://ourworldindata.org/renewable-energy>
- Pareti, L., Brezzi, P., & Petech, L. (1981). *El mundo antiguo. Del 1200 a. de C. al 500 d. de C.* (4° ed., Vol. 2). (Unesco, Ed., & M. d. Hernani, Trad.) Barcelona, España: Planeta.
- Pérez, A. (2015). *La teoría del caos. Las leyes de lo impredecible*. España: RBA.
- Pflieger, G., & Rozenblat, C. (2010). Introduction. Urban networks and network theory: the city as the connector of multiple networks. *Urban Studies*, 47(13), 2723-2735.
- Pixabay. (2016). *Cardumen de peces*. [Fotografía]. Recuperado el 30 de abril de 2020, de <https://pixabay.com/es/photos/peces-la-escuela-remolino-submarino-1768119/>
- Pixabay. (2017). *Bandada volando en formación "V"*. [Fotografía]. Recuperado el 29 de abril de 2020, de <https://pixabay.com/es/photos/migraci%C3%B3n-avenubres-grupo-de-aves-2792834>

- Pixabay. (2017). London Eye, el río Támesis y el Big Ben [Fotografía]. Londres, Reino Unido. Recuperado el 5 de junio de 2017, de <https://pixabay.com/es/el-ojo-londres-noche-fotograf%C3%ADa-664037/>
- Pixabay. (2019). *Subcultura de ciclistas urbanos*. [Fotografía]. Recuperado el 2023 de abril de 5, de <https://pixabay.com/es/photos/ciclismo-ciclistas-raza-4397606/>
- Porter, M. (2007). *Estrategia competitiva. Técnicas para el análisis de los sectores industriales y de la competencia*. (M. E. Rosas Sánchez, Trad.) México: Patria.
- Portugali, J. (2011). *Complexity, cognition and the city*. Berlín, Alemania: Springer.
- Portugali, J. (2012). Complexity theories of cities: achievements, criticism and potentials. En J. Portugali, H. Meyer, E. Stolk, & E. Tan, *Complexity theories of cities have come of age. An overview with implications to urban planning and design* (págs. 47-62). Berlín: Springer.
- Prato, G., & Pardo, I. (2013). Urban anthropology. *Urbanities*, 3(2), 80-110.
- Real Academia Española. (2018). *Diccionario de la lengua española*. España. Obtenido de <https://dle.rae.es/srv/search?m=30&w=caos>
- Reynolds, C. (1987). Flocks, herds, and schools: a distributed behavioral model. *Computer Graphics*, 21(4), 25-34.
- Reynoso, C. (2006). *Complejidad y caos: una exploración antropológica*. Buenos Aires, Argentina: Universidad de Buenos Aires.
- Reynoso, C. (2009). *Modelos o metáforas: crítica del paradigma de la complejidad de Edgar Morin*. Buenos Aires, Argentina: SB.
- Samsung Electronics. (2012). *GSM telephone GT-I9300 service manual*. Samsung Electronics. Recuperado el 2 de octubre de 2019, de [https://www.mobile-manuals.com/app/download/11177400221/samsung\\_gt-i9300\\_service\\_manual.pdf?t=1514977873](https://www.mobile-manuals.com/app/download/11177400221/samsung_gt-i9300_service_manual.pdf?t=1514977873)
- Samuelson, P., & Nordhaus, W. (2010). *Economía. Con aplicaciones a Latinoamérica* (9º ed.). (A. D. Quiñones, Trad.) México D.F.: McGraw-Hill Interamericana.
- Sánchez-Corcuera, R., Nuñez-Marcos, A., Sesma-Solance, J., Bilbao-Jayo, A., Mulero, R., Zulaika, U., . . . Almeida, A. (2019). Smart cities survey: Technologies, application domains and challenges for the cities of the future. *International Journal of Distributed Sensor Networks*, 15(6), 1-36. doi:10.1177/1550147719853984

- Sawyer, R. K. (2005). *Social emergence. Societies as complex systems*. Nueva York, EUA: Cambridge University Press.
- Schmitt, G. (2015). *Information cities*. [Libro electrónico]: ETH Zurich. doi:<http://dx.doi.org/10.3929/ethz-a-010403946>
- Serrat, O. (2017). Social network analysis. En O. Serrat (Ed.), *Knowledge solutions* (págs. 39-43). Singapur: Springer.
- Shannon, C. (1948). A mathematical theory of communication. *The Bell System Technical Journal*, 27, 1-55 (reimpresión).
- Sharifi, A., Srivastava, R., Singh, N., Tomar, R., & Raji, M. (2022). Recent advances in smart cities and urban resilience and the need for resilient smart cities. En A. Sharifi, & P. Salehi (Edits.), *Resilient smart cities. Theoretical and empirical insights* (págs. 17-37). Cham, Suiza: Springer. doi:10.1007/978-3-030-95037-8
- Sidewalk Toronto. (2018). *About Sidewalk Toronto*. Recuperado el 13 de mayo de 2018, de <https://sidewalktoronto.ca/>
- Simon, H. (1997). *Administrative behavior. A study of decision-making processes in administrative organizations* (4º ed.). Nueva York, EE.UU: The Free Press.
- Smith, M. (2009). V. Gordon Childe and the urban revolution: A historical perspective on a revolution in urban studies. *Town Planning Review*, 80(1), 3-29. doi:10.3828/tpr.80.1.2a
- Srivastava, R., & Sharifi, A. (2022). Smart cities: concepts and underlying principles. En A. Sharifi, & P. Salehi (Edits.), *Resilient smart cities. Theoretical and empirical insights* (págs. 39-65). Cham, Suiza: Springer.
- Szilard, L. (1964). On the decrease of entropy in a thermodynamic system by the intervention of intelligent beings. *Behavioral Science*, 9(4), 301-310.
- Telefónica S.A. (2016). *Smart cities. La ciudad como plataforma de transformación digital*. Recuperado el 14 de mayo de 2018, de [https://www.telefonica.com/documents/341171/3261893/POLICY+PAPER\\_Smart+Cities\\_ES+La+Ciudad+como+plataforma+de+Transformaci%C3%B3n+Digital++Abril+2016.pdf/2c8ed5af-8690-44c2-aab0-4cbe3d1d89c2](https://www.telefonica.com/documents/341171/3261893/POLICY+PAPER_Smart+Cities_ES+La+Ciudad+como+plataforma+de+Transformaci%C3%B3n+Digital++Abril+2016.pdf/2c8ed5af-8690-44c2-aab0-4cbe3d1d89c2)
- Thonon, H. (2014). *Conceptos, teorías y modelos. Un enfoque sistémico*. Trabajo de ascenso para optar a la categoría de Profesor Asociado. Caracas, Venezuela: Universidad Central de Venezuela.

- Toffler, A. (1972). *El shock del futuro* (5<sup>o</sup> ed.). (J. Ferrer Aleu, Trad.) Barcelona, España: Plaza & Janes.
- Toffler, A. (1992). *La tercera ola*. (A. Martín, Trad.) Barcelona, España: Plaza & Janes.
- Tönnies, F. (2001). *Community and civil society*. (J. Harris, Ed.) Reino Unido: Cambridge University Press.
- Torres, L., Blevins, A., Bassett, D., & Eliassi-Rad, T. (2021). The why, how, and when of representations for complex systems. *SIAM Review*, 63(3), 435-485.
- Tournier, P. (2009). *La Novela de Londres*. Barcelona, España: Ediciones Robinbook.
- Tranquillo, J. (2019). *An introduction to complex systems. Making sense of a changing world*. Cham, Suiza: Springer.
- Turco, C., & Zuckerman, E. (2017). Verstehen for sociology: comment on Watts. *American Journal of Sociology*, 122(4), 1272–1291.
- Unión Internacional de Telecomunicaciones. (2014). *Smart sustainable cities: An analysis of definitions*. Focus Group Technical Report. Obtenido de [https://www.itu.int/en/ITU-T/focusgroups/ssc/Documents/Approved\\_Deliverables/TR-Definitions.docx](https://www.itu.int/en/ITU-T/focusgroups/ssc/Documents/Approved_Deliverables/TR-Definitions.docx)
- Unión Internacional de Telecomunicaciones. (2022). *Measuring digital development: facts and figures 2022*. Sector de Desarrollo de Telecomunicaciones. Recuperado el 5 de Abril de 2023, de <https://www.itu.int/itu-d/reports/statistics/2022/11/24/ff22-foreword/>
- Universidad de Duke. (2019). *Subcultura de makers*. [Fotografía]. Recuperado el 29 de abril de 2023, de <https://www.therecycler.com/wp-content/uploads/2015/06/Print-Rite.jpg>
- Universidad Estatal de Arizona. (2017). *Subcultura de cosplayers*. [Fotografía]. Recuperado el 24 de abril de 2023, de <https://news.asu.edu/20170524-sun-devil-life-asu-experts-bring-real-life-science-phoenix-comicon>
- Veenhof, K. (2010). Ancient Assur: the city, its traders, and its commercial network. *Journal of the Economic and Social History of the Orient*, 53, 39-82.
- Vivas, E. (2020). Innovaciones urbanas en el siglo XXI: sostenibilidad, ubicuidad y ciudades inteligentes. En C. Peña (Ed.), *Miradas a la Venezuela del siglo XXI. Temáticas, enfoques y evidencias* (págs. 289-320). Caracas, Venezuela: FaCES, Universidad Central de Venezuela.

- Vosoughi, S., Roy, D., & Aral, S. (2018). The spread of true and false news online. *Science*, 359(6380), 1146-1151. doi:10.1126/science.aap9559
- Weaver, W. (1991). Science and complexity. En G. Klir, *Facets of systems science* (Vol. 7, págs. 449-456). Boston, MA, EUA: Springer.
- Weber, M. (1966). *The city*. (D. Martindale, & G. Neuwirth, Trans.) Nueva York, EUA: The Free Press.
- White, L. (1949). *The science of culture. A study of man and civilization* (10º ed.). Nueva York, EUA: Grove Press.
- Wirth, L. (1938). Urbanism as a way of life. *The American Journal of Sociology*, 44(1), 1-24. Recuperado el 24 de Octubre de 2016, de <http://links.jstor.org/sici?sici=0002-9602%28193807%2944%3A1%3C1%3AUAAWOL%3E2.0.CO%3B2-B>
- Young, H., & Freedman, R. (2009). *Sears y Zemansky. Física universitaria. Volumen 1* (12º ed.). (V. A. Flores Flores, Trad.) México: Pearson.



UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA  
FACULTAD DE CIENCIAS ECONOMICAS Y  
SOCIALES  
COMISIÓN DE ESTUDIOS DE POSTGRADO  
DOCTORADO EN CIENCIAS SOCIALES



## VEREDICTO

Quienes suscriben, miembros del jurado designado por el Consejo de la Facultad de Ciencias Económicas y Sociales de la Universidad Central de Venezuela, para examinar el **Trabajo de Grado** presentado por: **Lic. Eduardo Rafael Vivas Urbáez titular de la cedula de identidad N° 18.269.952**, bajo el título **“SMART CITY: ESTUDIO DEL COMPLEJO FENÓMENO URBANO MEDIANTE UN MODELO INTEGRAL BASADO EN LAS TEORÍAS DE SISTEMA”**, a fin de cumplir con el requisito legal para optar al grado académico de **DOCTOR EN CIENCIAS SOCIALES** dejan constancia de lo siguiente:

1.- Leído como fue dicho trabajo por cada uno de los miembros del jurado, se fijó el día **14 de junio de 2024** a las **3:00 p.m.** para que el **Lic. Eduardo Vivas** lo defendiera en forma pública, lo que éste hizo **bajo la modalidad online a través de Google Meet**; mediante un resumen oral de su contenido, luego de lo cual el **Lic. Eduardo Vivas** respondió a las preguntas que le fueron formuladas por el jurado, todo ello conforme con lo dispuesto en el Reglamento de Estudios de Postgrado.

2.- Finalizada la defensa del trabajo, el jurado decidió **Aprobarlo**, sin hacerse solidario con las ideas expuestas por el autor, por considerar que se ajusta a lo dispuesto y exigido en el Reglamento de Estudios de Postgrado

Para dar este veredicto, el jurado estimó que el trabajo examinado: *Propone una teoría explicativa para comprender la naturaleza compleja del Smart City, vale decir, de las Ciudades Inteligentes; a través de un modelo integral basado en las teorías de sistemas que abarca las múltiples dimensiones y dinámicas interconectadas que caracterizan a este fenómeno.*



UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA  
FACULTAD DE CIENCIAS ECONOMICAS Y  
SOCIALES  
COMISIÓN DE ESTUDIOS DE POSTGRADO  
DOCTORADO EN CIENCIAS SOCIALES



3.- El jurado por unanimidad decidió otorgar la calificación de EXCELENTE al presente trabajo.

En fe de lo cual se levanta la presente ACTA, a los **catorce** días del mes de **junio** del año **dos mil veinticuatro**. Conforme a lo dispuesto en el Reglamento de Estudios de Postgrado, actuó como **Coordinador** del jurado el **Dr. Gustavo Hernández Díaz**.

  
Dr. XIOMARA MARTÍNEZ  
C.I. N° 6.430.559  
UCV

  
Dr. TRINO MÁRQUEZ  
C.I. N° 3.295.160  
UCV

  
Dr. TULIO RAMÍREZ  
C.I. N° 4.271.137  
UCAB



  
Dr. ALEJANDRO PALMERO  
C.I. N° 6.274.631  
IUTO Mariscal Sucre

  
Dr. GUSTAVO HERNÁNDEZ  
C.I. N° 6.094.797  
UCV  
Tutor



UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA  
FACULTAD DE CIENCIAS ECONOMICAS Y  
SOCIALES  
COMISIÓN DE ESTUDIOS DE POSTGRADO  
DOCTORADO EN CIENCIAS SOCIALES



**NOTA MARGINAL (CERTIFICACIÓN)**

Dr. Gustavo Hernández C.I 6.094.797, Coordinador del Jurado, certifico que la Presentación y Defensa del Trabajo se realizó a distancia, por medios telemáticos síncronos, con la participación en línea de los profesores Xiomara Martínez, Trino Márquez, Tulio Ramírez, Alejandro Palmero y Gustavo Hernández, quienes autorizaron la inclusión de sus firmas digitales en el Acta.

Firma: Gustavo Fernández Díaz

