

**GESTIÓN DE RESIDUOS PLÁSTICOS DOMICILIARIOS EN BOGOTÁ DESDE LA
TEORÍA DE SISTEMAS COMPLEJOS**

JENNIFER LÓPEZ SANTOS

**Proyecto integral de grado para optar el título de Especialista en
Gestión ambiental**

**Director
Juan Camilo Cely
Ingeniero Químico**

**FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA
FACULTAD DE EDUCACIÓN AVANZADA Y CONTINUADA
PROGRAMA DE ESPECIALIZACIÓN EN GESTIÓN AMBIENTAL
BOGOTÁ D.C.**

2021

NOTA DE ACEPTACIÓN

Firma del Director de la Especialización

Firma del calificador

Bogotá D.C. febrero de 2021

DIRECTIVAS DE LA UNIVERSIDAD

Presidente de la Universidad y Rector del Claustro

Dr. Mario Posada García Peña

Vicerrectora Académica y de Investigaciones

Dra. María Claudia Aponte González

Vicerrector Administrativo y Financiero

Ricardo Alfonso Peñaranda Castro

Secretaria General

Dra. Alejandra García Guzmán

Decano de la Facultad de Ingeniería

Ing. Julio Cesar Fuentes Arismendi

Director de la Especialización

Ing. Nubia Liliana Becerra

Las directivas de la Universidad de América, los jurados calificadores y el cuerpo docente no son responsables por los criterios e ideas expuestas en el presente documento. Estos corresponden únicamente a los autores.

DEDICATORIA

Primeramente a Dios como forjador de mi camino, a él debo lo que soy y cada una de las oportunidades que he tenido. Agradezco por concederme vida y salud para permitirme llegar a este importante punto en mi camino profesional.

A mis padres por estar siempre junto a mí apoyándome incondicionalmente en cada paso, en cada decisión, por ser un pilar tan importante en mi vida y en mi educación. Sin ellos jamás hubiese logrado llegar hasta este punto, su tenacidad y lucha insaciable han sido un ejemplo para mí a lo largo de la vida.

A mi abuelita la persona más importante en mi vida, quien día a día me construye como una mejor persona a través de su ejemplo, quien ha estado conmigo apoyándome siempre en cada uno de mis días, sin duda alguna es mi mejor regalo de vida.

A mi hermanita por depositar siempre su confianza en mí, por apoyarme en cada adversidad y presionarme siempre para lograr grandes cosas.

A ellos este proyecto, que sin su compañía no hubiese podido ser.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por su infinita presencia en mi vida, por guiar cada uno de mis pasos y permitirme culminar con éxito este objetivo profesional.

A mis padres, abuelita y hermana por ser el cimiento de mi desarrollo personal y profesional, por ser la fuente de mi motivación e inspiración para superarme en la vida, me considero plena por tenerlos en mi vida.

A mi tío quien ha estado presente a lo largo de mi camino profesional, apoyándome y contribuyendo en mi formación.

Gracias a mis profesores por su dedicación, tiempo y apoyo durante este proceso, gracias a ellos por ser formadores de personas competentes.

Por ultimo agradezco a mis compañeros de la especialización, muchos de ellos amigos gracias al tiempo, la compañía y las experiencias compartidas durante este camino.

TABLA DE CONTENIDO

	pág.
RESUMEN	15
INTRODUCCIÓN	17
OBJETIVOS	20
1. MARCO TEÓRICO	21
1.1 Sistemas complejos	23
1.1.1 Construcción de un sistema complejo	30
1.1.2 Componentes de un sistema complejo	31
1.1.3 Teoría de sistemas complejos	33
1.2 Complejidad ambiental	38
1.2.1 Factores y afectaciones	40
1.3 Gestión ambiental	43
1.4 Residuos sólidos	45
1.4.1 Residuos plásticos domiciliarios	48
1.5 Legislación ambiental sobre residuos sólidos	52
2. TEORÍAS DE LA COMPLEJIDAD	57
2.1 Termodinámica del no equilibrio:	59
2.2 Teoría del caos:	63
2.3 Teoría de los fractales:	66
2.4 Teoría de las catástrofes	68
2.5 Lógicas no clásicas	70
3. GESTIÓN DE RESIDUOS PLASTICOS DOMICILIARIOS Y FACTORES INVOLUCRADOS	73
3.1 Gestión integral de residuos sólidos en Bogotá	79
3.1.1 Residuos sólidos urbanos (plástico)	82
3.2 Factores involucrados en la gestión de residuos plásticos domiciliarios	91
3.2.1 Social	92
3.2.2 Económico	95

3.2.3 Ecológico	97
4. RELACIONES COMPLEJAS EN LA GESTIÓN DE RESIDUOS PLÁSTICOS DOMICILIARIOS DESDE LAS TEORÍAS DE LA COMPLEJIDAD	100
5. CONCLUSIONES	107
6. RECOMENDACIONES	109
BIBLIOGRAFÍA	110

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Mapa mental	22
Figura 2. El espacio de las ciencias de la complejidad en contraste con la ciencia normal.	26
Figura 3. Fundamentación de un sistema complejo	28
Figura 4. Moldeamiento clásico Vs. moldeamiento complejo	31
Figura 5. Estado actual de las ciencias de la complejidad	35
Figura 6. Factores del medio ambiente	41
Figura 7. Fundamentos de las teorías de la complejidad.	58
Figura 8. Atractor de Lorenz	65
Figura 9. Composición de residuos en América Latina y el Caribe	75
Figura 10. Distribución de sistemas de disposición final	77
Figura 11. Esquema del sistema empleado en la gestión de residuos solidos	81
Figura 12. Comportamiento toneladas aprovechadas	84
Figura 13. Distribución de residuos por familia de material según caracterización de la UAESP	84
Figura 14. Distribución de residuos por familia de material según el reporte de toneladas aprovechadas en el municipio de Bogotá D.C	85
Figura 15. Ciclo del reciclaje	89
Figura 16. Modelo de economía circular	90
Figura 17. Procesos en el metabolismo entre la sociedad y la naturaleza	101

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Teorías de la complejidad	36
Tabla 2. Tipos de residuos sólidos según su fuente de generación	46
Tabla 3. Tipos de plástico	49
Tabla 4. Normativa aplicable en los residuos sólidos	55
Tabla 5. Composición de los residuos sólidos urbanos	83
Tabla 6. Distribución de residuos según el reporte de toneladas y según caracterización de UAESP en la ciudad de Bogotá D.C	86

GLOSARIO

ATRACTORES: Comportamiento al que tiende un sistema después de un tiempo de evolución, independientemente de las condiciones iniciales del mismo. Dicho de otra forma, es la rutina propia del sistema, el comportamiento que siempre acaba teniendo. Parece que al sistema le atraiga tener esa rutina, de ahí el nombre (Xataka Ciencia, 2010).

AXIOMA: Verdades incuestionables universalmente válidas y evidentes, que se utilizan a menudo como principios en la construcción de una teoría o como base para una argumentación (Significados, 2016).

CAOS: Representa la evolución inesperada de un sistema. De forma general, se puede decir que un sistema caótico es un sistema determinístico, regido por la no linealidad, que presenta un comportamiento dinámico aparentemente aleatorio (SciELO, 2010).

CIENCIA NORMAL: Articula y desarrolla el paradigma en su intento por explicar y acomodar el comportamiento de algunos aspectos importantes del mundo real (Ibáñez, 2007).

CIENCIA REVOLUCIONARIA: Es una época de desarrollo científico de crecimiento rápido, y no acumulativo; se le llama revolucionario, porque supone una roturación en el desarrollo científico anterior, así como la sustitución de un paradigma por otro y la incompatibilidad subsiguiente entre paradigmas (inconmensurabilidad). Todo ello acarrea una nueva forma de visión del mundo, o un cambio de concepto del mundo (Encyclopaedia Herder, s.f.).

COMPLEJIDAD: Aquello que posee la cualidad de complejo. Como tal, el concepto de complejidad hace referencia a algo que se encuentra constituido por diferentes elementos que se interrelacionan (Significados, 2017).

CONTAMINACIÓN: Presencia o acumulación de sustancias en el medio ambiente que afectan negativamente el entorno y las condiciones de vida, así como la salud o la higiene de los seres vivos (Significados, 2019).

CONVERGENCIA: Encuentro de dos puntos, cosas, ideas o situaciones que parten de lugares diferentes (Significados, 2017).

ECOSISTEMA: Conjunto de organismos vivos (biocenosis) que se relacionan entre sí en función del medio físico en el que se desarrollan (biotopo). Las características de cada ecosistema condicionan el tipo de vida que se desarrolla en cada entorno (Significados, 2020).

EFFECTO INVERNADERO: Es un fenómeno natural del calentamiento térmico de la Tierra y es esencial para mantener la temperatura del planeta en condiciones ideales para la supervivencia (Significados, 2019).

EPISTEMOLOGÍA: Ciencia que estudia el conocimiento humano y el modo en que el individuo actúa para desarrollar sus estructuras de pensamiento (Significados, 2019).

FENÓMENO: Manifestación del orden natural o espiritual percibido por el hombre (Significados, 2018).

FILOSOFÍA: Doctrina que usa un conjunto de razonamientos lógicos y metódicos sobre conceptos abstractos como la existencia, la verdad y la ética basados en la esencia, las características y las causas y efectos de las cosas naturales como el ser humanos y el universo (Significados, 2020).

GESTIÓN AMBIENTAL: Conjunto de tareas, actividades y estrategias encaminadas a proteger y conservar el medio ambiente y a administrar los recursos naturales de una manera racional y sostenible (Significados, 2017).

HETEROGENEIDAD: Grupo o mezcla compuesto por varios elementos diferentes y distinguibles a simple vista (Significados, 2019).

IMPACTO AMBIENTAL: Cambio o una alteración en el medio ambiente, siendo una causa o un efecto debido a la actividad y a la intervención humana. Este impacto puede ser positivo o negativo, el negativo representa una ruptura en el equilibrio ecológico, causando graves daños y perjuicios en el medio ambiente, así como en la salud de las personas y demás seres vivos (Significados, 2014).

MEDIO AMBIENTE: Entorno en el que viven los seres vivos y que los condiciona. El medio ambiente engloba la naturaleza, la sociedad y la cultura existente en un determinado lugar y tiempo. Incluye a los seres vivos, los materiales y las relaciones que se establecen entre todos ellos (Significados, 2018).

PARADIGMA: Modelo, patrón o ejemplo que debe seguirse en determinada situación. Se refiere a una teoría o conjunto de teorías que sirve de modelo a seguir para resolver problemas o situaciones determinadas que se planteen (Significados, 2017).

PARACONSISTENCIA: Se trata de una teoría que permite trabajar con situaciones y opiniones contradictorias. Refleja por medios lógicos el carácter específico del pensamiento del hombre sobre estados transitorios que, junto con la estabilidad y el reposo relativo, se observan en la naturaleza, la sociedad y el conocimiento (EcuRed, s.f.).

PENSAMIENTO HOLÍSTICO: Forma de percepción y análisis de la realidad de un modo global o integral. En ocasiones se utilizan términos relacionados como pensamiento sistémico o pensamiento complejo (Significados, 2017).

PENSAMIENTO NO LINEAL: Integra la relación exponencial de los acontecimientos en la previsión del futuro, descubre inéditas posibilidades de evolución para la especie,

desde que la inteligencia de los ordenadores superará a la del conjunto de los seres humanos, hasta que la expectativa de vida puede alargarse al infinito (Kling, 2004).

SISTEMA COMPLEJO: Sistemas compuestos por una serie de elementos que se relacionan entre sí y cuyo comportamiento y propiedades no son evidentes a simple vista. De esta manera, los sistemas complejos son el resultado de una intrincada red de operaciones simples (Significados, 2017).

SOSTENIBILIDAD: Administración eficiente y racional en el uso de los recursos naturales, sin por ello comprometer el equilibrio ecológico (Significados, 2019).

SUSTENTABILIDAD: Crecimiento regulado que contiene algunas medidas políticas y sociales para encaminar de manera eficiente los recursos del planeta tierra. Este tipo de desarrollo satisface las necesidades actuales de todos los habitantes del planeta, sin comprometer los recursos del futuro (Gestion, 2019).

TEORÍA: Significa observar, contemplar o estudiar y se refiere más bien a un pensamiento especulativo. Es la parte especulativa de una ciencia, en contraposición a la práctica. Se trata de un sistema consistente formado por observaciones, ideas y axiomas o postulados, y todo ello constituye un conjunto que trata de explicar ciertos fenómenos (Significados, 2019).

TRANSDISCIPLINAR: Significa que abarca varias disciplinas en forma transversal y que está por sobre todas estas. Vale decir su ámbito de acción es superior al de cada una de las disciplinas (Azócar, 2013)

RESUMEN

Actualmente la constante preocupación por el deterioro del medio ambiente es un tema concerniente a todos los seres humanos como un factor de gran relevancia social. El término gestión ambiental ha tenido acogida en la sociedad a causa de las diferentes problemáticas que se han ido evidenciando en el medio ambiente, hoy por hoy un término que busca coligarse a la gestión ambiental para ser examinada desde otro punto de vista, es la complejidad, término que se ha posicionado como la reflexión de un conocimiento previamente impartido.

Siendo la gestión ambiental un tema amplio que involucra componentes económicos, políticos, sociales y culturales, el presente trabajo de grado, de tipo investigativo, se centra en comprender la gestión de los residuos plásticos desde el punto de vista de los sistemas complejos.

Se realizó una exhaustiva investigación que abarcara todo lo relacionado con la gestión ambiental y los sistemas complejos; teorías, definiciones, autores que destacan al hablar del tema, datos cualitativos y cuantitativos, etc., con el fin de reunir información que permitiera identificar y comprender la problemática ambiental generada por los residuos plásticos domiciliarios desde la complejidad, englobando así el alcance del trabajo de grado.

Palabras clave: Teoría de sistemas, gestión ambiental, complejidad, sistemas complejos, complejidad ambiental, residuos plásticos domiciliarios, impactos ambientales.

ABSTRACT

Currently, the constant concern for the deterioration of the environment is an issue that concerns all human beings as a factor of a big social relevance. The term environmental management has been gaining more and more strength in society because of the different problems that have been evident in the environment, today a term that seeks to link to environmental management to be examined from another point of view is complexity, a term that has been positioned as the reflection of previously imparted knowledge.

As environmental management is a broad topic that addresses economic, political, social and cultural components, this research-type degree project focuses on understanding the management of plastic waste from the point of view of complex systems.

An exhaustive investigation was carried out that covered everything related to environmental management and complex systems; theories, definitions, authors who stand out when talking about the subject, qualitative and quantitative data, etc., in order to collect information that would allow identifying and understand the environmental problems generated by household plastic waste from the complexity, thus encompassing the scope of the work.

Keywords: System theory, environmental management, complexity, complex systems, environmental complexity, domiciliary plastic waste, environmental impacts.

INTRODUCCIÓN

Los problemas ambientales se hicieron notables a mediados del siglo XX como consecuencia del uso intensivo de los recursos naturales y de la intervención del hombre en la naturaleza para el desarrollo de sus actividades, generando impactos que afectan la integridad de los ecosistemas y del medio ambiente; a raíz de esto nació la necesidad de emplear diversos sistemas de gestión ambiental dependiendo del tipo de problema a abarcar y su ámbito de desarrollo, la implementación de estos sistemas de gestión han permitido conservar, recobrar, resguardar o utilizar moderadamente los recursos naturales disminuyendo así el impacto ambiental.

A través de la historia, el hombre siempre ha sido visto como un agente transformador de su entorno, hoy por hoy esta percepción no ha cambiado y al hablar del cuidado del medio ambiente, el hombre sigue siendo el principal agente interventor en pro de su protección y conservación. Hoy en día la protección del medio ambiente se ha convertido no solamente en un derecho y deber, sino en una obligación de cada individuo para propender por la conservación del mismo, dado que la supervivencia del hombre depende mayoritariamente del medio que lo rodea, de allí la importancia de su cuidado y preservación.

Actualmente la necesidad de analizar o conocer los problemas ambientales presentes en un país, son un tema que atañe a todos los ciudadanos, más específicamente aquellos relacionados con el sustento cotidiano, como lo son los residuos plásticos domiciliarios, residuos que se generan día a día y para los cuales no se cuenta con una correcta disposición.

Al hablar de residuos plásticos, cabe destacar que aunque no son considerados como peligrosos, tienen grandes implicaciones ambientales que radican en su incorrecta disposición final, ya que estos tienen un periodo de degradación comprendido entre 100 y 1000 años aproximadamente lo cual dificulta su reincorporación natural al ciclo ecológico. La producción y posterior acumulación de residuos plásticos hace parte de

una de las problemáticas ambientales más grandes a nivel mundial debido a que sus impactos son evidenciados a largo plazo. Anteriormente la producción de residuos constituía menos de la mitad de la que se produce actualmente; hoy en día la producción de estos residuos ha aumentado, y más aún al hablar de los residuos plásticos generados en los hogares, esto se debe en gran parte al crecimiento demográfico, al continuo desarrollo industrial y al ciclo consumista impartido y arraigado en la sociedad.

La gestión de estos residuos es un problema de gran envergadura, la creciente demanda, el uso de químicos para su obtención, su lenta degradación y su inadecuada disposición final, generan un impacto acumulativo en el medio ambiente a corto y largo plazo. Plantear una única solución para este problema es impropio, su patrón de conducta no es lineal ni predecible y obedece al consumo desmedido de la población, de allí la importancia de abarcar el tema desde la complejidad de los sistemas.

La presente investigación busca describir y relacionar la problemática ambiental asociada a los residuos plásticos domiciliarios desde el punto de vista de la complejidad, ya que su dinámica es no lineal y como modelo de comportamiento obedece a la interacción de diferentes factores, este dinamismo permite dar una interpretación a la problemática de estudio desde un campo del conocimiento más amplio.

El desarrollo de esta investigación no busca en ningún momento desestimar el uso del plástico, de hecho busca introducir un nuevo concepto en su dinámica de producción, consumo y disposición. La estructura del documento responde a la necesidad de abordar la problemática desde la complejidad de los sistemas.

En el primer capítulo se desarrolla el marco teórico de la investigación, el cual contiene la recopilación de los diferentes conceptos que resultan ser claves para comprender la problemática desde la complejidad.

En el segundo capítulo se realiza una descripción sobre las teorías de la complejidad, se incluyen sus precursores, orígenes y fundamentos básicos de cada teoría en cada una de estas se resalta su valor epistemológico.

En el tercer capítulo se aborda la gestión de residuos sólidos, mas puntualmente de los residuos plásticos domiciliarios. Se realiza una descripción del sistema general para la disposición de dichos residuos y se establecen los factores que intervienen en este sistema de gestión.

Por último, en el cuarto capítulo se describe la compleja relación existente entre los factores intervinientes en la gestión de residuos plásticos domiciliarios.

OBJETIVOS

Objetivo general

Describir las relaciones complejas en la gestión de residuos plásticos domiciliarios en Bogotá producto de las diversas interacciones entre la sociedad, las actividades que estas desarrollan y el deterioro de los recursos naturales, vistos desde los sistemas complejos.

Objetivos específicos

1. Identificar las teorías sobre complejidad ambiental.
2. Revisar la gestión de residuos plásticos domiciliarios y puntualizar que actores están involucrados.
3. Relacionar la gestión de los residuos plásticos con la teoría de los sistemas complejos.

1. MARCO TEÓRICO

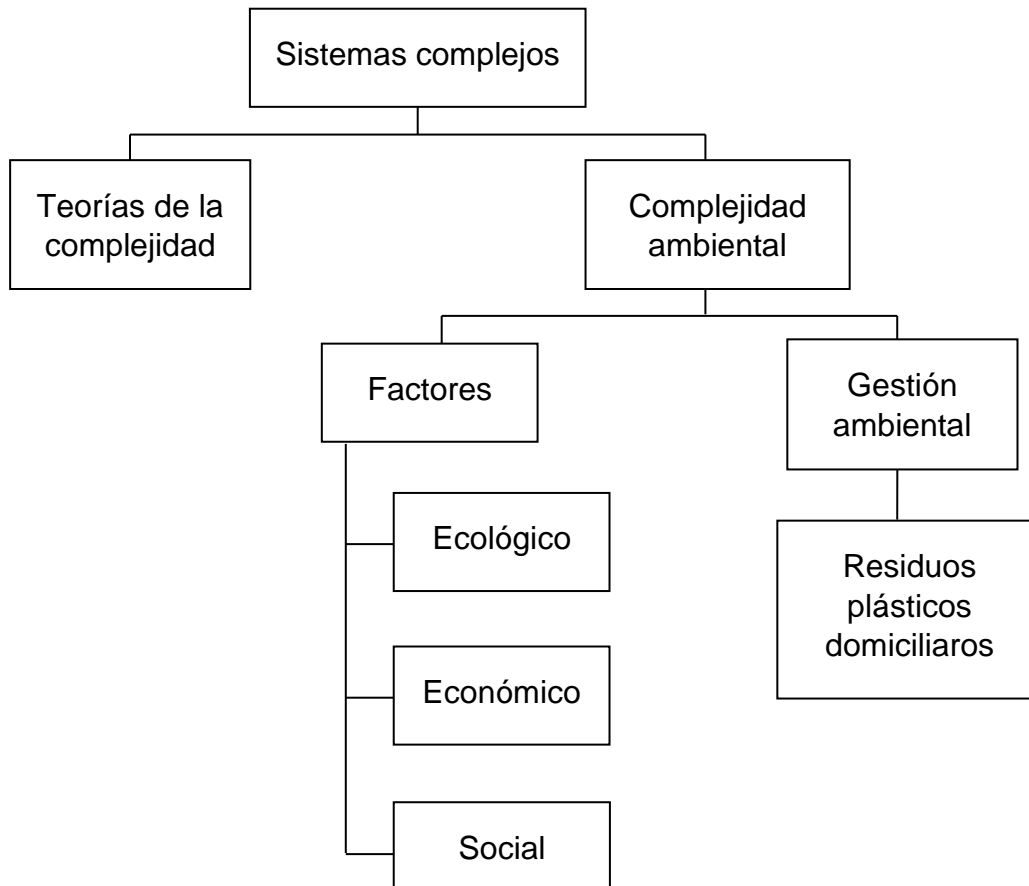
Los problemas ambientales no son nuevos, de hecho son tan antiguos como la existencia del hombre, ya que desde siempre éste ha estado en constante interacción con el medio que lo rodea generando cambios e impactos al medio ambiente que hoy en día se han ido magnificando, esta es la razón principal por la cual se ha hecho alarmante la situación.

Actualmente la mala gestión de residuos sólidos se ha convertido en un problema cada vez más presente en los países en vía de desarrollo, lo anterior antecede a que la generación de estos son un aspecto inevitable dentro de la sociedad ligado principalmente al crecimiento poblacional, haciendo que la cantidad de residuos generados sea cada vez mayor. Esto se puede definir como un sistema complejo, pues para el análisis de esta problemática, es necesario considerar las diferentes variables que están involucradas en el problema, y así comprender la complejidad que implica afrontar cada una de estas. A continuación se presenta la fundamentación teórica de la investigación, la cual se evidencia en el siguiente mapa mental (Ver figura 1).

El plástico hoy en día se ha convertido en uno de los materiales más usados de la sociedad, las industrias de plástico son de las más dinámicas del mundo a causa de su utilidad, creciente consumo, y bajo costo de producción, sin contar con que las innumerables propiedades de estos, hacen del plástico un material que puede ser usado de diversas formas por su versatilidad. Sin embargo la incorrecta manera en la que son descartados acarrea grandes consecuencias en el medio ambiente, muchos de estos son quemados a cielo abierto, terminan en las calles tapando alcantarillas, navegan por corrientes subterráneas y muchas veces terminan en ríos, mares y océanos, lo cual representa una amenaza directa para los ecosistemas y la biodiversidad marina. Es por ello que este tipo de residuo requiere de un manejo apropiado, puesto que aunque no es considerado como peligroso, son un pasivo ambiental en donde su incorrecta disposición final conlleva a grandes implicaciones ambientales.

Figura 1.

Mapa mental



Nota. El esquema representa la fundamentación teórica del trabajo

Para Melo Escobar & De Castro Arce (2010) “Bogotá D.C. como capital del país, con una parte considerable e importante de la población colombiana y centro estratégico latinoamericano, requiere una planificación adecuada de servicios públicos, principalmente de aseo urbano” (p. 2), para dicho propósito se han implementado diferentes políticas y programas que buscan disminuir la contaminación y obtener beneficios ecológicos, sociales y económicos en la ciudad, el plan maestro para el manejo integral de residuos sólidos se consolidó con el fin de lograr un mejor aprovechamiento de dichos sólidos y realizar mejoras en la gestión y disposición de los mismos, hace parte del plan de desarrollo Bogotá Positiva y aplica para todos aquellos actores involucrados en la gestión y el manejo de residuos.

Téllez Maldonado (2012) indica que en Bogotá, las cadenas del reciclaje permiten mitigar el problema de los residuos. Sin embargo, se enfrentan a diferentes variables culturales, sociales y económicas como: la cultura de la separación, el estado de los residuos, la posibilidad de recolección, acumulación y transporte, el mercado de reciclaje; los cuales influyen en el adecuado aprovechamiento de los residuos o en su potencial arribo al relleno de la ciudad (p. 11).

Entender y enfrentar este problema va más allá del uso de nuevas tecnologías y modalidades, ya que esta realidad ambiental únicamente puede ser transformada en la medida en que el ser humano se concientice de su papel como agente activo y transformador de su entorno y asuma que este es un problema complejo que requiere de su intervención con conciencia y educación ambiental.

1.1 Sistemas complejos

La incorrecta gestión de los residuos plásticos domiciliarios se plantea como un sistema complejo debido a la problemática ambiental que generan, abordando connotaciones económicas, sociales, culturales y ambientales; se concibe como una manera de abordar la problemática ambiental presente en la sociedad.

La complejidad es un término que a través de los tiempos ha ido tomando cada vez mayor fuerza; durante las últimas décadas varios autores han ido incursionando en el tema, surgiendo consigo una amplia literatura. Este término atribuye de entrada la imposibilidad de simplificar y entender el concepto desde la linealidad. La complejidad proviene de la sumatoria de conceptos, visiones, hallazgos, estudios y reflexiones que en un punto se interconectan y buscan dar una razón lógica a un problema, la interacción y dinamismo constante de estos vínculos permiten que el objeto de estudio pueda ser analizado desde diferentes puntos de vista dando lugar a nuevas interpretaciones del mismo, Morín (1990) indica que “la complejidad también

comprende incertidumbres, indeterminaciones, fenómenos aleatorios. En un sentido, la complejidad siempre estará relacionada con el azar” (p. 35).

En la naturaleza existen muchos procesos al azar y muchas veces resulta imposible percibir la totalidad de sus características, la interacción de estos procesos elimina la simplicidad de cualquier sistema, dicho planteamiento se ve respaldado por Rosin (1991) citado en Elizalde Prada (2013) quien plantea que:

Complejidad es la propiedad de los sistemas del mundo real que se manifiestan en la inhabilidad de cualquier formalismo existente para capturar todas sus características. Se requiere encontrar formas diferentes de interactuar con estos sistemas. Formas diferentes en el sentido que cuando se construyen modelos exitosos los sistemas formales requieren que las descripciones de cada aspecto no sea derivable del otro (p. 55).

Durante el desarrollo del concepto de complejidad, Dimaté Rodríguez (2007) recalca que las ciencias de la complejidad no se enmarcan en verdades definitivas, contrario a esto están direccionadas a la construcción y reconstrucción continua en donde el termino se acopla a las condiciones que el fenómeno va demostrando, siempre va de la mano con la multiplicidad, discontinuidad e interrelación contigua siempre al caos y a la transformación.

La complejidad permite revolucionar y ampliar el perímetro de estudio y del conocimiento, al ser un camino abierto y novedoso da paso a la revisión de cualquier problema desde nuevas visiones re direccionando el pensamiento, esta constante fluctuación e interacción explica la heterogeneidad presente en un sistema. Como resultado de la reforma del conocimiento, la complejidad origina un nuevo mundo en donde la relación entre el objeto de estudio y las diferentes disciplinas dan lugar a las ciencias de la complejidad, García (2006) respalda lo anterior expresando que en dicha dinámica (objeto de estudio/disciplinas) la complejidad está coligada con la imposibilidad de pensar que un problema puede reducirse a una simple y única

solución, ya que los elementos que lo componen no pueden desligarse por lo que no pueden ser estudiados aisladamente.

La ciencia de la complejidad se contrapone al pensamiento sistémico y a las ciencias tradicionales ya que cuestionan el dinamismo de un sistema, sus elementos, y su relación. Según Elizalde Prada (2013) estas ciencias de la complejidad,

Están señalando una nueva ruta hacia el conocimiento. A diferencia de las ciencias tradicionales que, en muchas oportunidades, prometen certezas, respuestas y soluciones, las ciencias de la complejidad se mueven entre la incertidumbre y la irregularidad que devienen de las periferias del conocimiento (p. 50).

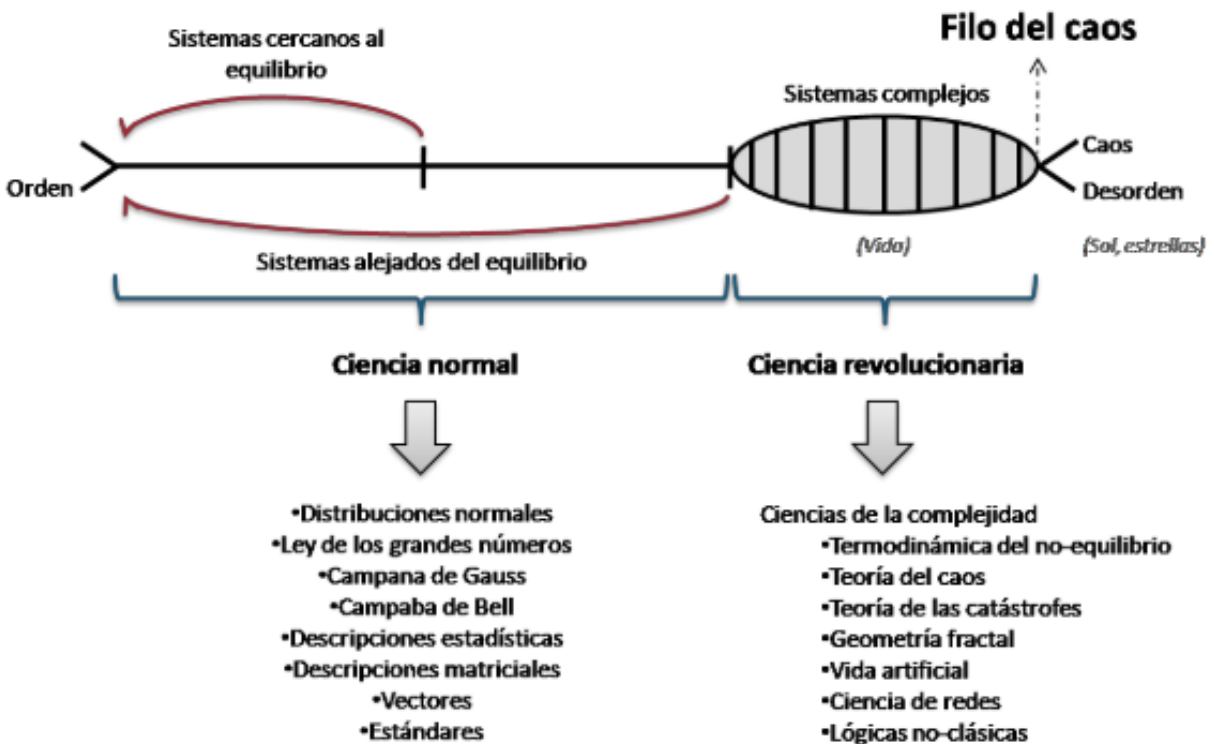
Al hablar de estas ciencias se habla de sistemas, fenómenos y comportamientos de complejidad creciente y sólida. La siguiente figura (Ver figura 2), ilustra el concepto de la complejidad en contraste con la ciencia normal, este esquema permite visualizar que las ciencias de la complejidad no abarcan un todo, pero si buscan una aproximación más acertada de la realidad como ciencia revolucionaria basada en un pensamiento no lineal ni estructurado, donde se busca desafiar la ciencia común por medio de la incertidumbre que emerge de la interacción de diferentes elementos dentro de un sistema complejo; el estudio de la complejidad actualmente es un paradigma en constante evolución, que busca llenar vacíos, inestabilidades, y ausencias procedentes del estudio de la linealidad como ciencia.

La figura constituye los dos tipos de ciencias existentes, la tradicional ciencia normal y por otro lado la ciencia revolucionaria, que de cierta manera, emerge de la ciencia normal cuando se produce un cambio de paradigma. Como se observa en la figura, el lado de la ciencia normal se representa de manera lineal y ordenada, no tiene al caos, caso contrario a la ciencia revolucionaria, la cual surge cuando se produce un cambio de pensamiento científico y tiende al caos, al desorden como respuesta de la ruptura

del orden por el nuevo paradigma introducido, dando espacio al cuestionamiento, y a la reconstrucción de conocimientos.

Figura 2.

El espacio de las ciencias de la complejidad en contraste con la ciencia normal.



Nota. La figura representa de manera comparativa los dos tipos de ciencia percibidos en la actualidad. Tomado de: Maldonado, C. E., & Gómez Cruz, N. A. El Mundo de las Ciencias de la Complejidad. (s.f.). p. 10

La revolución del conocimiento y la pluralidad de respuestas son dos de las características más importantes de las ciencias de la complejidad, Maldonado & Gómez Cruz (2010) destacan que “El mundo de las ciencias de la complejidad se ocupa de las *transiciones* orden/desorden; es decir, ¿por qué el orden se rompe? Y también: ¿Cómo es posible que a partir del desorden sea posible el/otro orden?” (p. 48) esto reafirma que las ciencias de la complejidad no dan espacio a una única respuesta y brindan la posibilidad de estudiar y comprender la dinámica de la sociedad actual desde la no linealidad.

Maldonado (2005), destaca que las ciencias de la complejidad son el nuevo paradigma de

Racionalidad científica que corresponde al mundo actual y hacia el futuro, y que, en contraste, con la ciencia y la filosofía tradicionales, sirven básicamente como referentes para la adecuada comprensión y explicación de las dinámicas que en la actualidad tienen lugar en el mundo (p. 3).

Lo anterior sostiene una nueva forma de racionalidad que busca dar una explicación más ajustada a la realidad en donde la diversidad es el elemento principal del sistema. La diversidad o multiplicidad presente en la complejidad implica que el sistema nunca se sitúe en una secuencia regular, lineal, ni en equilibrio; la perturbación permite que el sistema se encuentre en constantes cambios representados por las interacciones que en ocasiones alteran el orden. Concebida como una ciencia que rompe con el pensamiento tradicional (a raíz de su patrón de conducta no lineal y a la pluralidad de su expresión) esta ciencia puede ser explicada desde la interacción de los diferentes factores presentes en un sistema como el factor ecológico, social, cultural, económico y la relación de estos con el entorno.

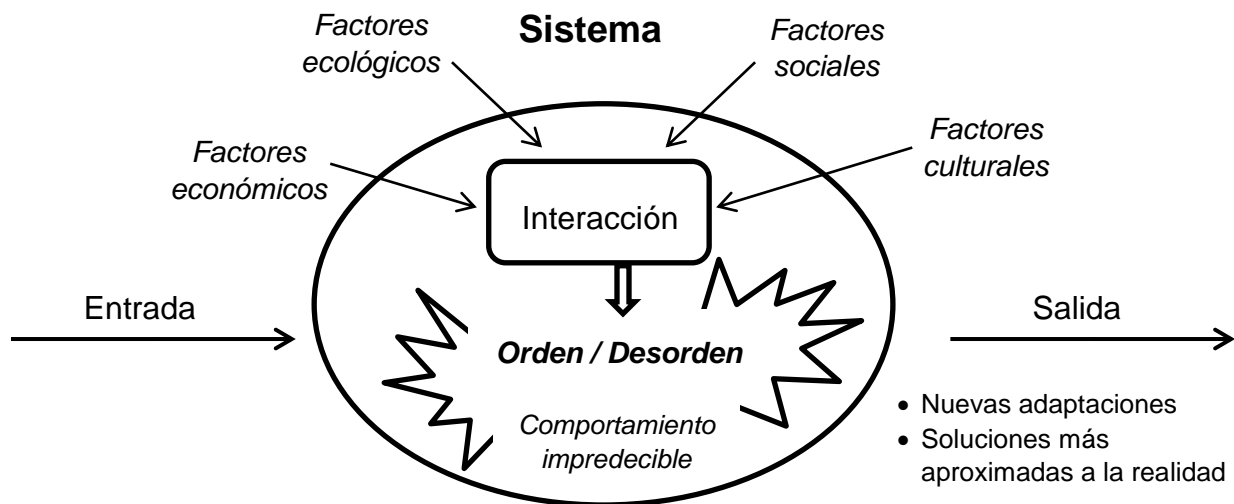
“El interés por los sistemas complejos proviene de múltiples campos y responde, en rigor, a la evolución misma de lo mejor del pensamiento científico del siglo XX” (Maldonado, 2005, p.5). Este paradigma fue introducido por Edgar Morín en 1990, considerado como uno de sus grandes aportes a la teoría de las ciencias, mediante este paradigma de la complejidad, Morín descubrió una nueva forma de pensar de la realidad, constituido por nuevas concepciones, visiones, ideas, incertidumbres, etc., que se conectan en un punto para dar una explicación más ajustada a la realidad.

Un sistema complejo se caracteriza por su comportamiento impredecible, en el cual las condiciones iniciales siempre serán diferentes a las condiciones de salida (Ver figura 3). El dinamismo generado crea nuevas formas de enfrentar los problemas presentes, ya que se evalúan las diferentes variables y la influencia de estas en el sistema desde

una mirada interdisciplinar concibiendo nuevas alternativas. García (2006) destaca que la complejidad se caracteriza por la “la interdefinibilidad y mutua dependencia de las funciones que cumplen dichos elementos dentro del sistema total” (p. 87). Estos sistemas se perciben como sistemas abiertos por su constante interacción, la relación con el sistema y con las condiciones del mismo.

Figura 3.

Fundamentación de un sistema complejo



Nota. La figura representa la dinámica de un sistema complejo

Los fenómenos de la naturaleza se perciben como sistemas complejos, puesto que la unión de sus elementos tiende a desarrollarse de manera progresiva al interconectarse unos con otros generando condiciones de salida diferentes a las de entrada, lo cual se explica como una nueva concepción de la realidad.

El cambio climático es un claro ejemplo de un sistema complejo, se define como cualquier alteración o variación en el clima atribuido a las actividades humanas. La fuente principal de este cambio es la emisión de gases de efecto invernadero, en donde el consumo de combustibles fósiles es el principal generador de estos gases (CO₂).

Para el entendimiento de este problema global desde la complejidad se requiere identificar los elementos o componentes y las relaciones que se forman a partir de estos, de esta manera se logran caracterizar el sistema y las condiciones del entorno. En este caso los elementos son los subsistemas que condicionan el clima (la atmosfera, hidrosfera, criósfera, litosfera y biosfera) y las relaciones están dadas por la interacción de estos componentes; aunque cada uno de estos elementos está muy bien estudiado, se desconoce con precisión la forma en la que interactúan, su comportamiento es impredecible concibiendo al interior del sistema una no linealidad claramente marcada por la incertidumbre en la relación entre sus componentes y de estos con el sistema, entiéndase el sistema como la Tierra.

La no linealidad del sistema climático origina comportamientos variables e inesperados cambios de carácter aleatorio, en respuesta a las múltiples interacciones presentes en el sistema, Sánchez Santillán *et al.* (2015), ratifican lo anterior indicando que entre estas interacciones

Se desencadenan procesos de autoorganización espontánea y coherente, a los que se les denomina comportamientos emergentes, los cuales no son explicables por la simple adición de los componentes de un sistema, sino que resultan de la interacción de estos en un nivel de organización superior (p. 78).

El orden/desorden originado a partir de la interacción de las diferentes variables genera que el sistema permanezca en constante cambio lo cual conlleva a una multiplicación de efectos que pueden llegar a romper el sistema, en otras palabras, ocasionar un sinfín de impactos al medio ambiente a raíz del cambio climático. El derretimiento de los glaciares, deshielo y aumento en el nivel del mar, los fenómenos meteorológicos extremos y posible extinción de ciertas especies, entre otros, son problemas ambientales perceptibles hoy en día, cada uno de ellos genera grandes impactos en todo el planeta (sistema), tienen un carácter retroalimentativo, lo cual hace que de cada problema se desprendan otros, un ejemplo puede ser el aumento de la pobreza a causa de los fenómenos meteorológicos producto de la alteración en el clima.

Por todo lo anteriormente mencionado, el cambio climático se concibe con un sistema complejo en donde la ausencia de equilibrio enmarcada en el mismo, conlleva a contemplar las relaciones entre las partes, tratar de comprender un todo y dar una respuesta más aproximada a la realidad.

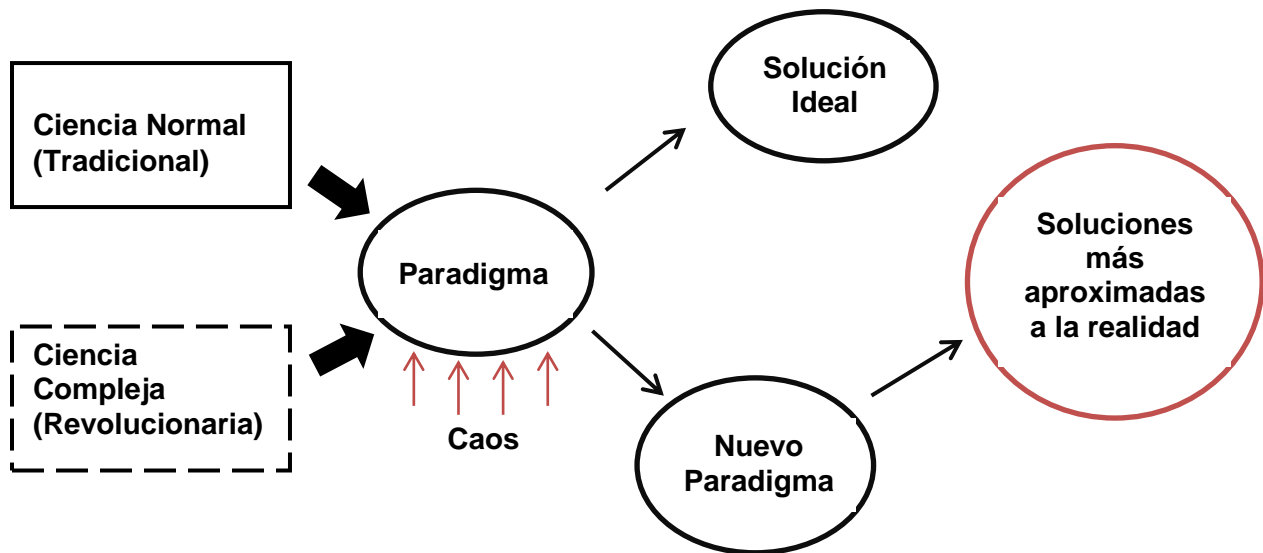
1.1.1 Construcción de un sistema complejo

La construcción o simulación de este tipo de sistemas, se enfoca en el marco epistemológico como teoría del conocimiento.

En la figura ilustrada a continuación (Ver figura 4) se evalúa la diferencia entre la ciencia tradicional y la ciencia de la complejidad (revolucionaria). Al departir sobre estas se encuentra que las ciencias tradicionales son capaces de simplificar la realidad, están determinadas a encontrar siempre una única solución que dé respuesta a la problemática simplificando la realidad como única forma de comprensión. Por lo contrario las ciencias de la complejidad tratan de construir un modelo del problema teniendo en cuenta las diferentes variables que puedan intervenir en el sistema, estudiando la dinámica presente en el desde la no linealidad y así obtener soluciones más aproximadas a la realidad.

Figura 4.

Moldeamiento clásico Vs. moldeamiento complejo



Nota. La figura representa la diferencia entre las dos ciencias concebidas actualmente.

1.1.2 Componentes de un sistema complejo

La relación entre las redes involucradas en un sistema complejo tiene que ver, entre otras razones, con el dinamismo, turbulencia e inestabilidad presente, García (2006) afirma que hay diferentes maneras de entender estos sistemas, para lo cual se hace esencial conocer los componentes y los problemas que representa cada uno de ellos; el autor describe la existencia de tres componentes (límite, elemento y estructura).

A. Límites

Los sistemas complejos en realidad carecen de límites haciendo imposible definir o demarcar el área de estudio. Para García (2006) esta ausencia conlleva directamente a dos problemas:

- i)* La definición de los límites en forma tal que reduzca al mínimo posible la arbitrariedad en el recorte que se adopte; *ii)* la forma de tomar en cuenta las

interacciones del sistema, así definido, con el "medio externo" o, dicho de otra manera, la influencia de lo que queda "afuera" sobre lo que queda "adentro" del sistema, y recíprocamente (p. 48).

Para un mayor entendimiento es esencial ver el concepto de "límite" desde un punto de vista más amplio, no solamente como una línea real o imaginaria que demarca una frontera, por lo contrario el concepto de "límite" en el estudio de los sistemas complejos va más allá. Este término requiere de examinar todo lo que rodea al sistema "dentro" y "fuera" para abarcar la problemática a estudiar. Por ejemplo al estudiar el estado del tiempo (estado de la atmosfera en un lugar y momento determinado), el sistema depende de la interacción de las variables meteorológicas que lo componen (temperatura, viento, humedad, presión y precipitación), inicialmente esta sería la demarcación del área de estudio, la interacción de estas variables; pero si se mira el sistema con detenimiento, se hace evidente que hay un sinfín de interrelaciones ("fuera") determinadas por la incidencia de elementos sobre estas variables, es decir aquellos elementos externos que producen cambios en la temperatura, viento, humedad, etc.

Para establecer los límites de un sistema es fundamental comenzar por precisar las fronteras geográficas (país, región, departamento, ciudad, selva, etc.), luego se establecen los límites menos obvios, como los factores presentes en la problemática de estudio. En cada sistema se van a identificar siempre elementos que coexisten, pero no son oportunos para el estudio o son de menor prioridad, esto no quiere decir que queden fuera de consideración ya que todo está situado en el sistema, solo que no de una manera directa, pero su interacción con aquello que esta "dentro" es significativa y determinante para el entendimiento de los sistemas.

B. Elementos

El sistema se caracteriza por estar constituido por varios elementos que se relacionan de manera dinámica, estas relaciones determinan la estructura dentro del sistema y de

cierta manera delimitan o demarcan el mismo, cabe mencionar que estas fronteras no son fácilmente deducibles, su mutua relación con el entorno hace que el sistema se defina como un sistema abierto. El sistema siempre debe incluir aquellos elementos que se encuentran tanto “dentro” como “fuera”, la relación entre estos suele establecer subsistemas.

A partir de esto se puede decir que del ejemplo anterior sobre el estado del tiempo, los elementos que componen el sistema son la humedad, la temperatura, la presión atmosférica, el viento, la precipitación y las nubes, cada uno de estos elementos que se encuentran “dentro” del sistema, interactúan con el entorno (elementos “fuera”) constituyendo nuevas unidades complejas que atañen al estudio del sistema, un ejemplo es la modificación en el clima como resultado de esta interacción en cierta escala de tiempo.

C. Estructuras

Se entiende que la estructura es el conjunto de elementos que componen un sistema, sin embargo al estudiar un sistema complejo, hablar de estructuras no se hace referencia literalmente a alguna forma estructuralista en condición de equilibrio, García (2006) destaca que “desde la perspectiva de los sistemas complejos, la identificación de las propiedades de la estructura en un período dado, que depende de la escala de los fenómenos a estudiar, adquiere importancia fundamental en el estudio de la evolución del sistema” (p. 52). La estructura hace referencia a la autoorganización que sufre el sistema como respuesta de las interconexiones de los diferentes elementos que en él se producen.

1.1.3 Teoría de sistemas complejos

Las teorías de la complejidad buscan comprender la relación entre el caos y el orden como un sistema complejo. Elizalde Prada (2013) señala que hasta la fecha no existe una teoría principal o unificada de la complejidad, algunos autores se cuestionan

respecto a si es posible formular una sola teoría de la complejidad o por lo contrario se debería coexistir con muchas teorías, ya que el dinamismo presente en un sistema impide ser descrito desde una sola teoría.

Maldonado (2009), uno de los autores más relevantes en el tema, intento concretar una teoría general para la complejidad, como resultado parcial de la investigación destaco:

Tesis 1: No es posible concebir una teoría general sobre la complejidad, el carácter interdisciplinario del sistema no acoge la linealidad como base de estudio.

Tesis 2: No es anhelada ni necesaria una teoría general sobre la complejidad. La heterogeneidad presente en un sistema impide abarcar un todo desde una sola teoría, el sistema debe ser estudiado abarcando toda una realidad.

Tesis 3: Una teoría general de la complejidad no debe ser axiomática, no es deseable una teoría que se fundamente en lo indiscutible, la complejidad está directamente relacionada con el cuestionamiento y la incertidumbre, por lo cual no se puede fundar en axiomas.

Bajo las tesis planteadas anteriormente, se asume que las ciencias de la complejidad son un campo abierto determinado por un patrón de conducta no lineal, que no puede ser estudiado desde una sola teoría, la comprensión acerca de la dinámica en el sistema enmarca el estudio de diferentes variables que muy seguramente no siguen el mismo patrón de conducta.

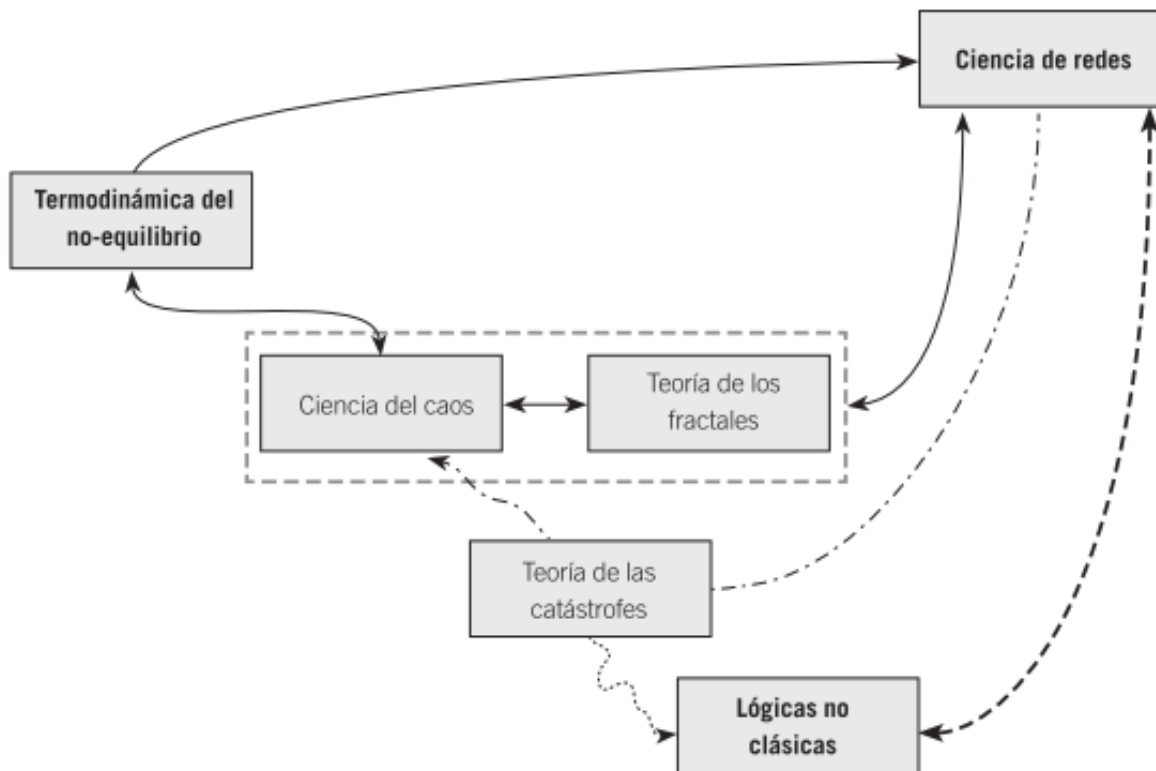
En definitiva la complejidad no se asume desde una sola dimensión ni se enmarca desde una sola verdad infinita e irrefutable, por el contrario siempre se encuentra en constante transformación y reconstrucción como respuesta de sus múltiples estructuras e interconexiones. El sistema siempre va a adaptarse a las condiciones que vaya proporcionando el fenómeno, en este siempre estará involucrado el caos, el cambio, la discontinuidad de ideas, la perturbación, etc., es allí donde las ciencias de la

complejidad se respaldan en las teorías para constituir un nuevo enfoque de la realidad.

En la figura 5, se observan las teorías de las ciencias de la complejidad expuestas por Maldonado & Gómez Cruz, teorías que han sido apoyadas y propugnadas por diferentes autores como: Elizalde Prada, González, Dimaté Rodríguez, Duran Murillo & González Hernández, García, entre otros, los autores coinciden en que estas teorías son la base para el entendimiento y estudio en de la dinámica de un sistema complejo.

Figura 5.

Estado actual de las ciencias de la complejidad



Nota. La figura representa las teorías de la ciencia de la complejidad.

Tomado de: Maldonado, C. E., & Gómez cruz, N. A. El mundo de las ciencias de la complejidad: un estado del arte. Documentos de Administració. 2010. P.18.

En la figura, las flechas en doble sentido representan la relación indirecta entre teorías, contrario a las flechas que se observan en un solo sentido, estas puntualizan la relación directa. Las teorías que se observan en negrilla (termodinámica del no-equilibrio, ciencia de redes y lógicas no clásicas) son aquellas que se han considerado como las más importantes, aquellas que dominan al hablar de ciencias complejas, se considera que dan un nuevo enfoque de realidad al sistema; esto no quiere decir que las demás teorías no sean relevantes, la relación entre algunas de ellas, como la ciencia del caos y la teoría de los fractales, hace que se encuentren inmersas en otras teorías como la termodinámica de no-equilibrio y la ciencia del caos. Maldonado & Gómez Cruz (2010) manifiestan que una de las teorías que ha ido perdiendo fuerza es la teoría de las catástrofes debido a que esta está integrada en la ciencia del caos y en las lógicas no-clásicas.

Las ciencias de la complejidad están enmarcadas por las teorías mencionadas anteriormente, estas buscan dar una solución más aproximada de la realidad gracias a las nuevas vías de conocimiento y esclarecimiento de ideas que traen consigo.

En la tabla 1, se presenta la información recopilada del artículo de Dimaté Rodríguez (2007), Duran Murillo & González Hernández (2016), dando un concepto básico de cada teoría expuesta. Más adelante en el desarrollo del trabajo se hablara más ampliamente de cada una, según su orden de aparición en el contexto científico.

Tabla 1.

Teorías de la complejidad

Teoría	Concepto en que se basa	Fundamenta	Autores Pioneros
Termodinámica del no equilibrio	Irreversibilidad y autoorganización	El dinamismo presente en el sistema hace que nunca se encuentre en equilibrio. Esta teoría puntualiza que debido a su inestabilidad, el sistema es	Ilya Prigonine.

		susceptible a cambios proporcionados por el azar, generando una dinámica no lineal.	
Ciencia del caos	Atractores, turbulencia y caos.	Los sistemas complejos son impredecibles, dinámicos, con tendencia a la evolución pero no por ello son inteligibles. El carácter caótico busca ser explicado desde esta ciencia, aplicable principalmente para fenómenos relacionados con la economía.	Edward Lorenz - David Ruelle - Floris Takens
Teoría de los fractales	Autosimilitud.	La aplicación de lo infinitesimal revela un universo nuevo, lleno de formas y estructuras, todas conectadas entre sí. Esta teoría busca proporcionar una base geométrica en vista de la turbulencia presente en el sistema.	Benoit Mandelbrot.
Teoría de las catástrofes	Discontinuidades y catástrofes.	Esta es una teoría cualitativa que se ocupa de describir las discontinuidades que pueden presentarse en el sistema.	Rene Thom.
Lógicas no clásicas	Paraconsistencia, relevancia y modalidades.	Son sistemas alternativos que trabajan o se fundan en temas, conceptos y problemas que fueron abandonados por las lógicas clásicas o tradicionales.	George Boole, pasando por numerosas contribuciones de diferentes autores

Nota. El cuadro constituye en breve resumen sobre las teorías de la complejidad.

Ante las teorías mencionadas anteriormente, cabe mencionar que ninguna de ellas se enmarca en el estudio de sistemas cerrados y aislados, por lo contrario únicamente coexisten para abordar el mundo de la complejidad desde la existencia de los sistemas abiertos. La constante perturbación que sufren estos sistemas permite que puedan ser abordados desde no una sola teoría si no varias, al trabajar el sistema integrando teorías, conceptos, herramientas, estructuras, etc., estas ofrecen una solución óptima que permite establecer un orden y una solución más aproximada a la realidad, generando un nuevo campo de conocimiento.

1.2 Complejidad ambiental

La problemática ambiental que se evidencia hoy en día, se hizo notable a mediados del siglo XX como consecuencia de la dinámica social, económica y tecnológica. La creciente degradación medioambiental ha traído consigo una crisis en la totalidad de elementos de la naturaleza produciendo serios cambios en las características ambientales.

Martínez L. (2014) considera que “Si la problemática ambiental es vista como una consecuencia del tipo de pensamiento dominante, fundado sobre la ciencia mecanicista, la **complejidad resulta ser una visión valiosa para cuestionarlo y proponer otras perspectivas**” (p. 230), de allí que la reflexión del conocimiento sobre lo real y la convergencia de diferentes epistemologías, racionalidades y variables lleven a complejizar el sistema, en este caso el medio ambiente.

La complejidad ambiental ínsita a la reflexión sobre el conocimiento impartido y arraigado, conlleva a intervenir el sistema infiriendo en las múltiples estructuras que emergen en él y que a su vez lo conforman. El pensamiento complejo, las teorías de la complejidad y la misma ciencia de la complejidad permiten afrontar el dinamismo presente. Leff (2007) sostiene que “La complejidad ambiental no emerge de las relaciones ecológicas, sino del mundo tocado y trastocado por la ciencia, por un conocimiento objetivo, fragmentado, especializado” (p. 6), sustenta que el tema

ambiental, es una crisis del pensamiento y del entendimiento causado por la sociedad y por las relaciones e interdependencias entre los procesos y actores que intervienen en la naturaleza, esta complejidad genera ramas del conocimiento que arraigan, trastocan e intervienen en lo real abriendo nuevas vías de conocimiento.

Desde la perspectiva de la complejidad, esta pretende reestructurar el conocimiento abandonando el modelo tradicional de racionalidad, dando paso a una nueva perspectiva de comprensión de la relación entre el ser y el saber. Lo anterior se ve corroborado por Leff (2007) quien concluye que:

La complejidad ambiental no remite a un todo-ni a una teoría de sistemas, ni a un pensamiento holístico multidimensional, ni a la conjunción y convergencia de miradas multirreferenciadas. Es, por el contrario, el desdoblamiento de la relación del conocimiento con lo real que nunca alcanza totalidad alguna, lo que disloca, desborda y desplaza la reflexión epistemológica desde el estructuralismo crítico hasta el reposicionamiento del ser en el mundo en su relación con el saber (p. 8).

El saber ambiental desde la complejidad permite la convergencia de diferentes miradas respecto a lo real, esto abre el círculo de las ciencias en busca de nuevos caminos, ideas, conocimientos, etc., hallando nuevas perspectivas de comprensión, en donde las verdades infinitas e irrefutables quedan completamente desplazadas del sistema. La reflexión del pensamiento sobre la naturaleza desplaza el conocimiento estructurado y da lugar a un nuevo saber, una nueva realidad desde la cual se puede vislumbrar el sistema de una manera más completa, ya que se tienen en cuenta todas las relaciones que constituyen el sistema.

Martínez L. (2014) expresa que “desde el paradigma sistémico se entiende que **la realidad de la que participa el ser humano es una totalidad, en la que todos los elementos que la conforman están interconectados y son interdependientes**” (p. 229). Esta afirmación sustenta que ningún elemento del sistema está aislado, siempre

existe una relación de mutua dependencia, donde cualquier alteración en un elemento genera perturbaciones impactando la totalidad del sistema; esto antecede a la dinámica e incertidumbre del mismo. De acuerdo a lo anterior cabe afirmar y recalcar que los sistemas naturales, como el medio ambiente, son sistemas complejos en donde las diferentes interrelaciones presentes en el sistema están enmarcadas por factores políticos, sociales, económicos, ecológicos, culturales y éticos, de los cuales se departirá más adelante específicamente en el caso de estudio (residuos plásticos domiciliarios).

La relación de los diferentes factores presentes en el sistema y de estos con el medio ambiente, hacen que el sistema sufra constantes cambios, trayendo consigo perturbaciones que pueden ser estudiadas desde la complejidad, un ejemplo es la contaminación del aire; las diferentes actividades humanas (factores) como la quema de combustibles fósiles y la deforestación, han incrementado la concentración de CO₂ en la atmosfera llevando al sistema a un estado más inestable, aumentando el efecto natural de los gases de efecto invernadero produciendo impactos y alteraciones (perturbaciones), como el calentamiento global.

1.2.1 Factores y afectaciones

El ambiente como sistema en constante fluctuación, está determinado por las interacciones “físicas, biológicas, sociales y culturales, percibidas o no, entre los seres humanos y los demás seres vivientes y todos los elementos del medio en el cual se desenvuelven, bien que estos elementos sean de carácter natural o sean transformados” (Quintero & Solarte, 2019, p. 137).

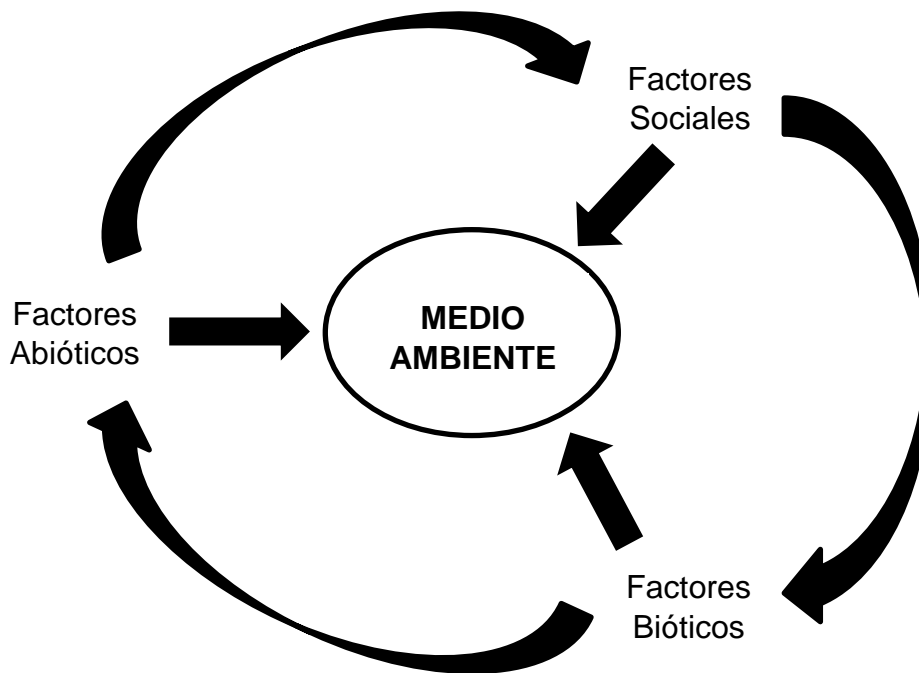
La satisfacción de las necesidades humanas depende en gran medida de dos factores, el componente humano, es decir las necesidades que demanda el hombre y de las condiciones ambientales, condición en que se encuentra el entorno para satisfacer dichas necesidades. El medio ambiente, conformado por dos aspectos básicos de influencia reciproca:

- I. Aspectos físicos y biológicos (Factores bióticos y abióticos)
- II. Aspectos sociales (Factores económicos, políticos, sociales, ecológicos, culturales y éticos).

Está enmarcado por la interrelación presente en el conjunto de elementos que lo componen, estos elementos inseparablemente asociados hacen que el sistema diste cada vez más del equilibrio excluyendo la posibilidad de estudiar cada uno de estos de manera aislada.

Figura 6.

Factores del medio ambiente



Nota. La figura representa los factores que influyen en el medio ambiente

Lo anterior permite considerar la incorrecta gestión de residuos sólidos como un sistema complejo de múltiples estructuras, todas interconectadas entre sí. Este problema socioeconómico se evidencia principalmente en el acelerado crecimiento de la población humana y la desequilibrada distribución en el planeta; Bogotá siendo la capital del país, cuenta con un gran número de habitantes, según el último censo

realizado por el DANE (2019) la capital cuenta con más de 7 millones de habitantes, siendo la ciudad más poblada del país. Actualmente una de las problemáticas ambientales presentes en la ciudad es la asociada a residuos sólidos; un artículo de la revista DINERO (2020) indica que el Relleno Sanitario Doña Juana es el claro ejemplo de un deficiente tratamiento de los residuos sólidos, lo cual es un problema que afecta a la ciudad gravemente, así mismo afirma que los porcentajes de recuperación de los residuos sólidos domiciliarios en los hogares Colombianos son bajos, a pesar de existir diferentes técnicas de recolección y recuperación para la mayoría de estos.

La problemática asociada a los residuos sólidos deriva de su incorrecta disposición final, ya que no todos llegan al relleno sanitario, lo que hace que en el camino o trayecto en el cual estos residuos van quedando, generen diferentes tipos de impactos. El entorpecimiento en la recolección, transporte, tratamiento, la falta de rellenos sanitarios, de sistemas de drenajes, de alcantarillado urbano, de programas de educación ambiental y de leyes y medidas sancionatorias más rigurosas son causas que contribuyen a este problema ambiental y repercuten de manera directa y/o indirecta en la salud de la población, esto trae consigo un evidente problema social, ecológico, económico y cultural. Estos factores definen el comportamiento del sistema, Toledo (2008) menciona que “Las sociedades humanas cualesquiera sean sus condiciones o niveles de complejidad, no existen en un vacío ecológico sino que afectan y son afectadas por las dinámicas, ciclos y pulsos de la naturaleza” (p. 3), esta dinámica supone flujos de entrada y salida en el sistema, lo cual quiere decir que toda acción tiene su consecuencia trayendo consigo efectos en la totalidad del sistema, bien sean positivos o negativos.

Para el caso de estudio, la mayor parte de las consecuencias generadas son negativas, puesto que la indebida disposición final de los residuos sólidos acarrea afectaciones en el aire, suelo, agua, flora y fauna; esta problemática abordada desde la complejidad, logra distinguir las fuerzas y factores que operan en el sistema. La contaminación en el aire, suelo, agua y atmosfera causados por el comportamiento complejo de estos residuos en el medio ambiente, conllevan a un costo económico y social innecesario en

busca de reparar el daño ambiental, un claro ejemplo es el último suceso presentado en el Relleno Sanitario Doña Juana el 28 de abril de este año, un artículo del periódico digital de la Universidad Nacional presentado por Ramos Gutiérrez (2020) menciona que en este evento se derrumbaron aproximadamente 80.000 toneladas de residuos sólidos lo cual ocasiono que una parte quedara inestable, esto supone aún más que un incidente de esta magnitud pueda volver a ocurrir, trayendo consigo problemas socioeconómicos, sin nombrar los diversos problemas a la salud pública como la proliferación de insectos, roedores y otros transmisores de enfermedades de los cuales son testigos los residentes de los sectores aledaños.

Gómez Joves (2018) sustenta que “es viable establecer que el medio ambiente tiene una de las funciones más trascendentales y complejas para la vida del ser humano por su importancia como recurso natural y sus implicaciones políticas, económicas y sociales” (p. 97); mediante el paradigma de la complejidad se crean diversos campos de conocimiento, que permiten adoptar nuevas epistemologías haciendo posible comprender las infinitas interrelaciones del sistema. Un nuevo paradigma brinda la posibilidad de elaborar nuevas teorías y nuevos modelos de intervención económico, social, ecológico y cultural más aproximados a la realidad.

1.3 Gestión ambiental

El concepto de gestión ambiental nace en los años 70, surge como “reorientación del pensamiento ambiental (ecodesarrollo y desarrollo sostenible) y como instrumento de diagnóstico y planificación (planes, programas y proyectos) para la resolución de los problemas ambientales, cada vez más agudos en los países industrializados” (Muriel, 2006, p. 1). El conjunto de acciones y estrategias involucradas en la gestión ambiental permiten prevenir y mitigar en gran parte los problemas ambientales, estas herramientas de gestión en pro del medio ambiente, son creadas con el fin de modificar el comportamiento de aquellos agentes contaminantes del sistema.

Muriel (2006) enfatiza que “la naturaleza es objeto y los humanos objeto-sujeto de la gestión ambiental. Es decir, de nuestra actuación como sujetos dependerá la sustentabilidad de la naturaleza y de la sociedad, ambos objetos de la gestión” (p. 1). Por lo anterior el autor subraya que la gestión atañe a todos los actores involucrados y a las relaciones de estos con el medio ambiente, ya que estas connotaciones afectan o contribuyen a conservar, recobrar o resguardar los recursos naturales, favoreciendo la calidad de vida de la población. A raíz de esto se ha ido implementado cada vez más el concepto de desarrollo sostenible, este busca conseguir un equilibrio entre el desarrollo económico y el uso racional de los recursos naturales, teniendo en cuenta comportamientos económicos, sociales y ambientales, en relación con lo que demanda la población, sin que se exceda el uso de dichos recursos respecto a lo que el planeta pueda aportar para que no se vean afectadas las generaciones futuras; se puede decir que este balance se ve seriamente afectado debido al crecimiento industrial y poblacional existente.

Respaldando lo anterior, Rodríguez Becerra & Espinoza (2002) coinciden en que la gestión ambiental está definida por el conjunto de acciones emprendidas por la sociedad, con el propósito de cuidar o resguardar el medio ambiente, donde su objetivo principal es orientar, modificar y reformar una situación actual a otra deseada logrando una mejora en la calidad ambiental, para esto diversos actores públicos y privados se encargan de desarrollar programas de educación ambiental, leyes y medidas sancionatorias rigurosas conforme sean necesarias, con el propósito de preservar conservar y utilizar de manera sustentable el medio ambiente.

En los últimos años la inmutable preocupación sobre el medio ambiente ha hecho que se ejecuten cada vez más normas, leyes y programas de gestión, que han permitido la regulación directa en las empresas u organizaciones, con el fin de disminuir el impacto ambiental. A través de la implementación de los distintos sistemas de gestión ambiental se ha logrado conservar, recobrar, resguardar o utilizar moderadamente los recursos naturales, renovables o no, disminuyendo el impacto ambiental. En el desarrollo de estas políticas siempre está presente la relación e interacción de las diferentes

variables que componen el sistema (el ser humano, la flora y fauna, el suelo, el clima, el patrimonio cultural, etc.) estas políticas siempre buscan establecer un orden y un equilibrio en el sistema.

Según Castañares Maddox (2009) la “articulación de la gestión ambiental tiene el firme propósito de que los programas propongan e instrumenten proyectos que desde la perspectiva ambiental del desarrollo sean coherentes, complementarios y acumulativos entre sí” (p. 30-31); buscando la integración de acciones de tal forma que se logre un continuo control y revisión sobre las actividades ejecutadas, permitiendo así proteger y resguardar el medio ambiente.

Una de las problemáticas más presentes en cualquier entorno, es la inadecuada gestión de residuos plásticos, estos representan un problema global de creciente preocupación debido a que estos impactos son evidenciados a largo plazo, el comportamiento impredecible del sistema está regido según las interacciones del medio, del entorno que lo rodea y de los actores involucrados. Ante la necesidad de atender esta problemática, actualmente existen varias políticas y leyes como respuesta a este problema ambiental.

1.4 Residuos sólidos

Al hablar de residuo se hace referencia a todo aquel material inútil e innecesario para cualquier ser viviente, actualmente la mayoría de estos residuos son de tipo sólido y se han venido incrementando en respuesta de las actividades humanas y su hábito de consumo.

Según la normativa Colombiana relacionada con la gestión de Residuos sólidos, en el decreto 2981 del 2013, el Ministerio de vivienda ciudad y territorio (2013) define los residuos sólidos como:

Cualquier objeto, material, sustancia o elemento principalmente sólido resultante del consumo o uso de un bien en actividades domésticas, industriales, comerciales, institucionales o de servicios, que el generador presenta para su recolección por parte de la persona prestadora del servicio público de aseo. Igualmente, se considera como residuo sólido, aquel proveniente del barrido y limpieza de áreas y vías públicas, corte de césped y poda de árboles. Los residuos sólidos que no tienen características de peligrosidad se dividen en aprovechables y no aprovechables. (p. 5).

En la tabla presentada a continuación se despliega la clasificación de los residuos sólidos según su fuente de generación.

Tabla 2.

Tipos de residuos sólidos según su fuente de generación

Fuente	Lugar de generación	Tipo de residuo sólido
Doméstico	Domicilio habitual de una persona y en el que desarrolla su vida privada o familiar.	Residuos de comida, papel, cartón, plástico, textiles, cuero, residuos de jardín, madera, vidrio, latas de hojalata, aluminio, otros metales, cenizas, residuos especiales (electrodomésticos, artículos voluminosos, baterías, pilas, aceite, neumáticos)
Comercial	Tiendas, restaurantes, mercados, edificios de oficinas, hoteles, gasolineras, talleres mecánicos, etc.	Papel, cartón, plástico, madera, residuos de comida, vidrio, metales, residuos especiales, residuos peligrosos.
Institucional	Escuelas, hospitales, cárceles, instituciones gubernamentales.	

Construcción y demolición	Lugares nuevos de construcción, lugares de reparación/renovación de carreteras, derribos de edificios, pavimentos rotos.	Tierras y áridos mezclados, piedras, restos de hormigón, restos de pavimentos asfálticos, materiales refractarios, ladrillos, cristal, plásticos, yesos, férricos, maderas, etc.
Servicios municipales	Limpieza de calles, paisajismo, limpieza de cuencas, parques y playas, otras zonas de recreo.	Residuos especiales, polvo, residuos vegetales, etc.
Instalaciones de tratamiento	Agua, aguas residuales, procesos de tratamiento industrial, etc.	Residuos de plantas de tratamiento compuestos principalmente por lodos residuales y otros materiales de construcción.
Industrial	Construcción, fabricación ligera y pesada, refinерías, plantas químicas, centrales térmicas, demolición, etc.	Residuos de procesos industriales, materiales de chatarra, etc. Residuos no industriales incluyendo residuos de comida, cenizas, suciedad, residuos de construcción y demolición, residuos especiales, residuos peligrosos.
Agrícola	Cosecha de campo, árboles frutales, viñedos, ganadería intensiva, granjas, etc.	Residuos de comida, residuos vegetales, residuos peligrosos.

Nota. El cuadro constituye en breve resumen la clasificación de los residuos sólidos según su fuente de generación. Tomado de: Tchobanoglous, G., & Kreith, F. Handbook of solid waste management. 2002. p. 21.

La problemática ambiental asociada a estos residuos sólidos ha ido adquiriendo una connotación mayúscula con el paso del tiempo. El desarrollo industrial y los hábitos de consumo son dos factores que influyen de manera directa en la generación de residuos sólidos. Según el informe sobre la disposición final de residuos sólidos del 2018, la mayor parte de los residuos dispuestos en el país se encuentran en Bogotá con 6.366,24 Ton/día, lo que equivale al 20,55% de la producción de residuos del país. Este fenómeno en constante crecimiento y tan inherente a cualquier proceso de producción, trae consigo consecuencias negativas y de gran impacto en el medio ambiente, de allí la necesidad de ejercer un control mediante la gestión integral de residuos sólidos.

Tchobanoglous & Kreith (2002) definen que “La gestión integrada de residuos se puede definir como la selección y aplicación de técnicas, tecnologías y programas de gestión adecuados para lograr objetivos y metas específicos en la gestión de residuos” (p. 26).





Abordar el tema de la gestión integral de los residuos sólidos implica connotaciones económicas, sociales, culturales y ecológicas, es por esto que la gestión de residuos debe entenderse como un conjunto articulado que permite establecer objetivos claros fundamentados en la correcta disposición final de estos, en si estos objetivos se basan en reducir, reutilizar, reciclar y recuperar.




1.4.1 Residuos plásticos domiciliarios

Entre de los residuos sólidos se encuentran los plásticos, estos están constituidos por una amplia gama de materiales de diversos usos, sus propiedades fisicoquímicas les permiten ser moldeados en un sin fin de formas, generando millones de productos de uso cotidiano. La identificación de los envases de plástico recuperables se logra gracias a la codificación del Sistema de Identificación Americano (SPI), a partir de esta se plasma la siguiente clasificación.

Tabla 3.

Tipos de plástico

Código SPI	Descripción	Productos	Productos obtenidos del reciclaje
 <p>PET</p>	<p>PET Tereftalato de polietileno.</p>	<p>Es un tipo de plástico muy usado en bebidas (Botellas).</p>	<p>Una vez reciclado, puede usarse en muebles, fibras textiles, tejas, escobas, piezas de automóvil y ocasionalmente en nuevos envases de alimentos.</p>
 <p>HDPE</p>	<p>HDPE Polietileno de alta densidad.</p>	<p>Implementos de aseo, Bolsas de supermercado, canastas de bebidas y alimentos, baldes y platos de comida.</p>	<p>Tubos, mangueras, botellas de detergentes y limpiadores, canastas de bebidas, materas y envases.</p>
 <p>PVC</p>	<p>PVC Policloruro de vinilo.</p>	<p>Es el plástico más versátil, sin embargo está prohibido para envasar alimentos por las toxinas que contiene, se usa en tubos de PVC, cables eléctricos y tarjetas de crédito o débito.</p>	<p>No es muy habitual reciclarlo, sin embargo tiene uso en llaveros, señalización de vías, tapetes y paneles.</p>
 <p>LDPE</p>	<p>LDPE Polietileno de baja densidad.</p>	<p>Manteles, envases de crema y shampoo y bolsas para basura</p>	<p>Bolsas para la basura, mangueras, paneles, tuberías y papeleras.</p>

	PP Polipropileno.	Paquetes, tapas de botellas, esferos, cepillos, pitillos, canastillas de plástico y muebles	Cables de batería, escobas, ganchos para colgar ropa, bandejas y bastidores de bicicleta.
	PS Poliestireno.	Vasos, platos, cubiertos, envases de yogurt, alpinito, alpinette, margarina, etc.	Material difícil de reciclar debido a que puede emitir toxinas, sin embargo se emplea en tejas y cintas de empaçado.
	Otros	Teléfonos, artículos médicos, botellones de agua, biberones y juguetes.	Material difícil de reciclar, sin embargo se emplea en cds y materiales antibalas.

Nota. El cuadro constituye en breve resumen sobre la clasificación de los plásticos.

Tomado de: Pascual Esther. Clasificación de los plásticos. 2020. El blog verde. <https://elblogverde.com/clasificacion-plasticos/>

Molí del a Vall Major SL. Sistema de decodificación SPI. <https://www.molidelavallmajor.es/es/produccion-ecologica/el-reciclaje/sistema-de-codificacion-spi>

Lo anterior permite entender que dentro de las categorías de los plásticos, existe una infinidad de subproductos con características específicas que los hacen complejos y de un uso específico. El uso de este tipo de productos está arraigado a la cultura de usar y desechar, cada vez son más y más los productos elaborados en plástico, lo cual ha hecho de este un producto indispensable en la sociedad actual.

Es claro que la versatilidad del plástico ha traído múltiples beneficios y comodidades para el ser humano, sin embargo, hoy en día la producción de estos es mucho mayor a la que el planeta puede asimilar, ya que los plásticos sostienen una dinámica de

consumo constante donde la cantidad de residuos generados resulta en un desequilibrio ambiental a raíz de que no todos son biodegradables ni reutilizables.

Tchobanoglous & Kreith (2002) sustentan que “Desde principios del siglo pasado, el uso de rellenos sanitarios, de una u otra forma, ha sido el método más económico y ambientalmente aceptable para la disposición final de desechos sólidos” (p. 669).

Bogotá cuenta con el Relleno Sanitario Doña Juana desde 1988 para la disposición final de todos los residuos que se producen en la ciudad, su diseño es catalogado como el mejor proyecto de ingeniería con el cual cuenta la capital para el adecuado manejo de residuos. Sin embargo el crecimiento exponencial del relleno con el paso de los años ha traído consigo una constante alteración socio ambiental, llevando a la ciudad a enfrentar serios problemas relacionados con la disposición final de basuras; cabe destacar que esta no es una problemática concerniente únicamente a la operación del relleno sanitario, ya que no todos los residuos logran llegar a este destino, una gran cantidad de estos, especialmente plásticos, quedan en las vías públicas, zonas verdes, alcantarillas, etc., lo cual trae consigo diferentes problemáticas sociales, culturales, ambientales y económicas. Greenpeace Colombia (2018) ratifica que “El consumo lineal del plástico y fallas en el sistema de gestión de residuos sólidos ha causado que este producto se acumule en final de la cadena de custodia y se filtre hacia los ecosistemas globales” (p. 1).

A nivel mundial, el creciente fenómeno de producción y consumo de plástico representa uno de los problemas más relevantes en la sociedad por su afectación directa en el medio ambiente, en los ecosistemas, en la salud del ser humano y de distintas especies animales, la Universidad de los Andes, Greenpeace Colombia & MASP (2019) mencionan que “Según información del año 2017, en el caso de Bogotá, en la principal ciudad del país se generan diariamente 6.265 toneladas. De esto, **56% corresponden a plásticos** donde se incluyen los de un solo uso” (p. 7), estos plásticos de un solo uso incluyen productos como pitillos, vasos, cubiertos, envoltorios de comida rápida, colillas

de cigarrillo, entre otros artículos; se denominan así ya que son usados una sola vez y luego deben ser desechados.

Actualmente los residuos plásticos generados en los hogares representan un gran porcentaje de los residuos sólidos de origen domiciliario. La Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (2019b) resalta que “Es importante tener en cuenta que una caracterización de residuos tiene como objetivo conocer la composición fraccional de acuerdo con el tipo de material, de los residuos domiciliarios generados por un usuario” (p. 48), a partir de esto en el estudio realizado por la entidad se concluyó que “la generación de plásticos en Bogotá, según la caracterización de residuos sólidos es del 31%, mientras que el reporte de este tipo de material por parte de los prestadores de la actividad de aprovechamiento es del 8%” (Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, 2019b, p. 49), lo anterior indica que ni la tercera parte de los residuos plásticos domiciliarios es reutilizada, este bajo porcentaje puede asociarse a las afectaciones a la salud que trae el procesamiento de residuos plásticos y al gran esfuerzo que demanda trabajar con el este residuo ya que se requiere de un alto volumen para generar un peso que justifique una buena paga, es por esto que hay cierta preferencia por parte de los recicladores hacia otros materiales como el cartón.

A raíz de las múltiples afectaciones generadas, con el paso del tiempo se han ido implementando cada vez más normas, programas de gestión, técnicas y tecnologías que permitan minimizar los impactos y efectos negativos de estos residuos.

1.5 Legislación ambiental sobre residuos sólidos

A continuación se presenta una breve descripción sobre la normatividad aplicable en cuanto al componente de los residuos sólidos.

En el Decreto ley 2811 de 1974, por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente, se habla por primera vez sobre los residuos, basuras, desechos y desperdicios, se establecen artículos

normativos que propenden por el cuidado del medio ambiente; a través de la incorporación de métodos más adecuados para la defensa del medio ambiente, la reincorporación de los residuos sólidos al ciclo natural y el perfeccionamiento de nuevos métodos para el tratamiento, recolección y disposición de dichos residuos, para el caso de aquellos residuos que no pueden ser reincorporados se enfatiza en la sustitución o eliminación de manera que se evite el deterioro del medio ambiente y de la salud humana.

La Ley 9 de 1979 por la cual se dictan medidas sanitarias, se delega al Ministerio de Salud el establecimiento de normas sanitarias relacionadas con la recolección, transporte y disposición final de las descargas de residuos y materiales que puedan afectar el medio ambiente.

Con la Ley 99 de 1993, por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente como organismo rector de la gestión del medio ambiente y de los recursos naturales renovables, se asigna la responsabilidad de coordinar el Sistema Nacional Ambiental, SINA, para asegurar la adopción y ejecución de las políticas, planes, programas y demás de manera que se garantice la conservación del medio ambiente.

La Resolución 1045 de 2003 por la cual se adopta la metodología para la elaboración de los Planes de Gestión Integral de Residuos Sólidos, PGIRS, y se toman otras determinaciones, establece la metodología para la elaboración de los planes de gestión integral de residuos sólidos considerando el marco legal y la realización del PGIRS a partir de un diagnóstico integral inicial que permita construir bases sostenibles para el manejo de los residuos sólidos mediante la formulación objetivos y metas deseables. Esta resolución orienta la participación de los recicladores en condiciones de pobreza en los procesos vinculados a la gestión y manejo integral de residuos sólidos de Bogotá.

Con el Decreto 312 de 2006, se adopta el Plan Maestro para el Manejo Integral de Residuos Sólidos para Bogotá Distrito Capital, establece diferentes políticas,

estrategias, programas y proyectos de corto, mediano y largo plazo que orientan el manejo y la gestión de los residuos sólidos. El decreto evidencia un énfasis especial en la cultura ciudadana, se establece la corresponsabilidad de los ciudadanos del Distrito Capital y de los municipios de la Región mediante la participación y el compromiso con la disminución y separación de residuos en la fuente. Otra estrategia a destacar es el fortalecimiento de las cadenas de reciclaje con el fin de lograr una tasa de rentabilidad social, económica y la sostenibilidad ambiental en el proceso de aprovechamiento de los residuos sólidos.

El Acuerdo 287 de 2007, por el cual se establecen los lineamientos para aplicar las acciones afirmativas que garantizan la inclusión de los recicladores de oficio en condiciones de pobreza y vulnerabilidad en los procesos de la gestión y manejo integral de los residuos sólidos en la ciudad de Bogotá. Para dicha inclusión, el acuerdo busca mejorar el nivel de capacitación de la población facilitando su incorporación en la gestión de residuos, así mismo propende por apoyar a los recicladores en la creación de formas económicas asociativas.

En el caso de los plásticos, el Acuerdo 389 de 2009 crea el programa ecológico “Si el planeta queremos cuidar otras alternativas de empaques debemos usar” con el fin de disminuir el impacto ambiental causado por el uso de bolsas y residuos de plástico, para esto se designa a la Secretaria Distrital de Ambiente la realización de campañas educativas, la implementación de estrategias con los productores y distribuidores de bolsas con el fin de diseñar nuevas alternativas que eviten el deterioro del medio ambiente.

En el año 2011, mediante la Resolución 829 por la cual se establece el programa de racionalización, reutilización y reciclaje de bolsas en el Distrito Capital, se busca la adopción de programas con el propósito de minimizar el impacto ambiental que genera el uso y disposición de las bolsas plásticas, así mismo es clara la búsqueda en la reducción de estos residuos para los diferentes sectores generadores, para esto la resolución establece obligaciones según los actores y sectores involucrados

implementando acciones como la racionalización, reutilización y gestión adecuada en la disposición final.

El Decreto 2981 de 2013 reglamenta la prestación del servicio público de aseo en el marco de la gestión integral de residuos sólidos y exige la elaboración de un Plan para la Gestión Integral de Residuos, en donde la articulación de objetivos, metas programas y proyectos deben garantizar la prestación eficiente del servicio.

El consumo creciente y desmedido del plástico en la sociedad, hace indispensable la constante intervención del estado para fortalecer normas regulatorias que prevengan, mitiguen y controlen los impactos al medio ambiente relacionados con los residuos plásticos. Al igual que el Estado, el consumidor es un agente bastante importante en el tema, de él depende el acoplamiento de la legislación, el seguimiento y participación en los programas instaurados, el control consiente de sus hábitos de consumo y la realización de una adecuada separación para que el ciclo del reciclaje cumpla con su propósito. El tema ambiental de los plásticos en Bogotá continua siendo un desafío que depende no solamente de la normatividad vigente, si no de la conciencia y la educación ambiental de cada ciudadano.

Tabla 4.

Normativa aplicable en los residuos sólidos

Norma	Año	Descripción
Decreto ley 2811	1974	Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente.
Ley 9	1979	Por la cual se dictan Medidas Sanitarias.
Ley 99	1993	Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA y se dictan otras disposiciones.

Resolución 1045	2003	Por la cual se adopta la metodología para la elaboración de los Planes de Gestión Integral de Residuos Sólidos, PGIRS, y se toman otras determinaciones.
Decreto 312	2006	Por el cual se adopta el Plan Maestro para el Manejo Integral de Residuos Sólidos para Bogotá Distrito Capital
Acuerdo 287	2007	Por el cual se establecen lineamientos para aplicar las acciones afirmativas que garantizan la inclusión de los recicladores de oficio en condiciones de pobreza y vulnerabilidad en los procesos de la gestión y manejo integral de los residuos sólidos.
Acuerdo 389	2009	Por medio del cual se crea el programa ecológico: "Si el planeta queremos cuidar, otras alternativas de empaques debemos usar"
Resolución 829	2011	Por la cual se establece el programa de racionalización, reutilización y reciclaje de bolsas en el Distrito Capital
Decreto 2981	2013	Por la cual se reglamenta la prestación de servicio público de aseo.

Nota: El cuadro constituye en breve resumen sobre las principales normas en cuanto a los residuos sólidos.

2. TEORÍAS DE LA COMPLEJIDAD

La complejidad puede ser concebida como una forma de analizar y reflexionar sobre diferentes aspectos de la naturaleza, la sociedad y del pensamiento mediante la evolución del conocimiento llevando a una concepción completamente diferente del paradigma inicial. La inestabilidad y constante dinámica enmarcan la no linealidad presente en un sistema complejo ya que no existe una correspondencia entre causa y efecto, la interacción y perturbación en el sistema siempre van a generar condiciones de salida diferentes a las de entrada.

En el transcurso del siglo XX se incursionó en el estudio de las dinámicas no lineales, este interés nació como una búsqueda en la evolución del pensamiento científico, a raíz de esto surgieron diversas teorías de la complejidad con el fin de comprender la relación directa entre el caos y el orden aproximándose así a una realidad sin reducir la complejidad del sistema.

Múltiples autores han incursionado en el tema realizando grandes aportes, la mayoría de ellos coinciden en que en la actualidad no existe una teoría unificada sobre la complejidad que abarque la diversidad presente en las ciencias, comportamientos y fenómenos de creciente complejización. Andrade (2009) citado en Elizalde Prada (2013) se cuestiona,

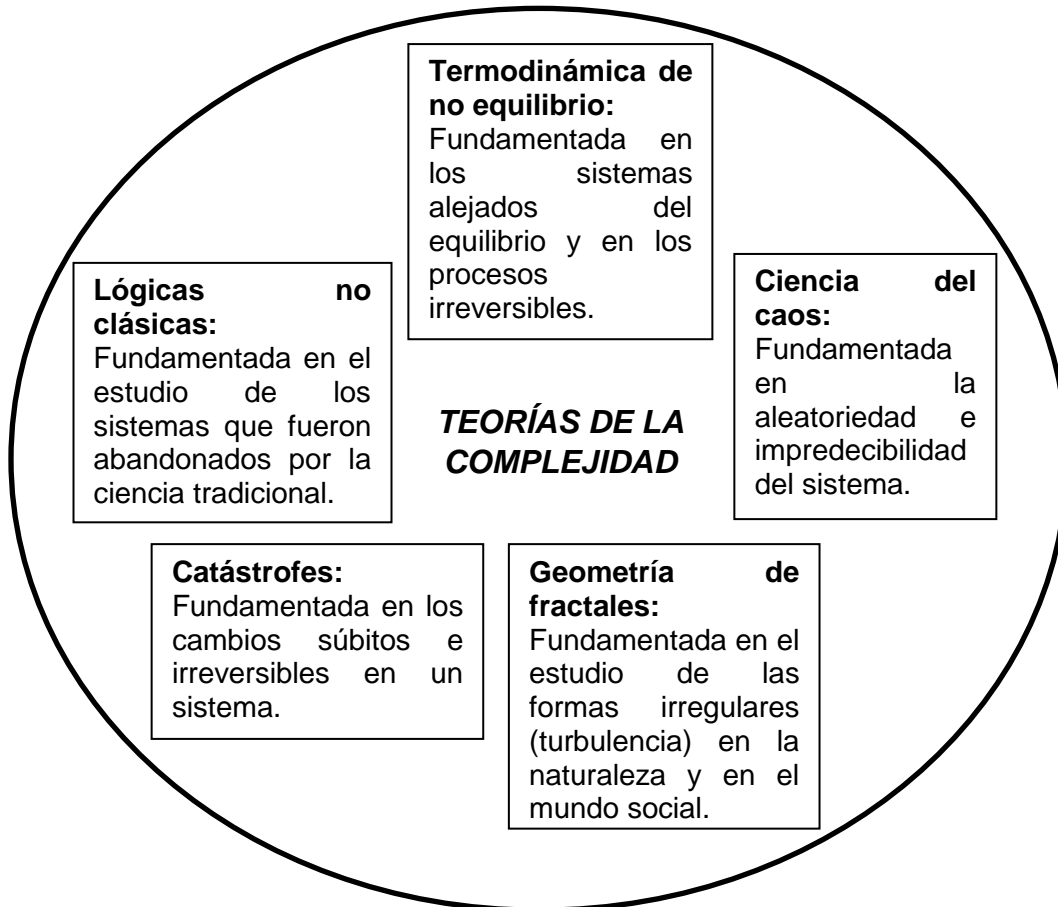
si es posible formular una teoría de la complejidad o si, más bien, deberíamos convivir con muchas teorías de la complejidad, toda vez que un sistema complejo no puede ser descrito por una sola teoría, es decir, no puede ser descrito por un único sistema formal (p. 53).

La búsqueda de una visión más holística del mundo conllevó a formular 5 teorías basadas en comprender la dinámica, la no linealidad y la heterogeneidad presente en el sistema evitando caer en una mirada excluyente. En la figura 7, se menciona cada

una de las teorías que nacieron en respuesta al dinamismo presente en los sistemas de constante complejización.

Figura 7.

Fundamentos de las teorías de la complejidad.



Nota. La figura representa las cinco teorías existentes en respuesta a una mirada más amplia de la realidad.

Las teorías de la complejidad no se orientan en la eliminación de la simplicidad, por lo contrario buscan ser un complemento para propiciar nuevas herramientas de conocimiento. Estas teorías manejan términos para describir y explicar la realidad en que se mueven, sus raíces, de carácter abierto y disipativo distan del tradicionalismo, dando como fruto nuevas vías de conocimiento posiblemente complementadas por la ciencia y la filosofía tradicional.

A continuación se describen con mayor detalle cada una de las teorías mencionadas anteriormente.

2.1 Termodinámica del no equilibrio:

En orden cronológico, la primer teoría de la complejidad en surgir fue la termodinámica de no equilibrio, desarrollada por Ilya Prigogine, a quien en 1977 se le otorga el premio Nobel de química por su estudio sobre los sistemas alejados del equilibrio y por la inclusión del factor tiempo en las ciencias como la razón principal de la complejidad, dando entrada a dinámicas temporales de larga duración y dejando de lado la consideración del tiempo como escala breve en las ciencias; es así como la termodinámica de no equilibrio abre un nuevo camino en las ciencias dando merito a la complejización del mundo, la sociedad y de la naturaleza.

Contrario a la termodinámica de equilibrio, la cual considera el paso de un sistema desde un estado inicial a un estado final en equilibrio, esta teoría surge a partir del concepto de irreversibilidad como búsqueda continua en la descripción de los cursos del tiempo, de esta manera la termodinámica de no equilibrio se sustenta en el dinamismo presente en el sistema, el cual genera fenómenos no lineales de complejidad creciente que distan cada vez más del equilibrio. El no equilibrio y la no linealidad son dos conceptos directamente relacionados, Prigogine (n.d.) destaca que debido a esta relación surgen nuevos estados físicos de la materia y nuevos comportamientos, para el autor la no linealidad brinda una infinidad de estructuras interconectadas entre sí, por consiguiente una multiplicidad y una variedad de comportamientos en el sistema que no se pueden hallar cerca del equilibrio.

Para Prigogine (n.d.) La irreversibilidad “conduce por tanto a la autonomía: cambios extremadamente débiles en el medio externo pueden llevar a comportamientos internos completamente distintos, abriendo la posibilidad de que el sistema se adecúe al mundo externo” (p. 46), este término se asocia a la termodinámica de no equilibrio puesto que aparece en respuesta a la evolución incontrolada causada cada que el sistema sale de

control o equilibrio. Esta evolución en el tiempo se asocia directamente con la aparición de estructuras cada vez más complejas, donde las transformaciones que ocurren imponen la irreversibilidad de procesos.

Maldonado (2005) considera que el dinamismo presente en el sistema es capaz de remontar la flecha del tiempo de la termodinámica clásica, dicho en otras palabras, la flecha del tiempo forja una estructura de tiempo cada vez más compleja en la cual los sistemas están expuestos al azar, esta flecha del tiempo considera dos resoluciones totalmente opuestas la una a la otra, por un lado, la flecha de la termodinámica y por otro lado la flecha de la biología.

La termodinámica, como rama de la física encargada de describir los estados de equilibrio, el estudio de los procesos de transferencia de calor, la conversión de la energía y la capacidad de un sistema para generar trabajo, está constituida por tres leyes:

- a) Ley cero, establece que si dos sistemas termodinámicos están en equilibrio térmico, con un tercero, permanecerán en equilibrio
- b) Primera ley (conservación de la energía), establece que la energía total de un sistema aislado ni se crea ni se destruye, permanece constante.
- c) Segunda ley (entropía), establece que la cantidad de entropía del universo tiende a incrementarse.
- d) Tercera ley, establece que es imposible alcanzar una temperatura igual al cero absoluto (0 Kelvin).

En el contexto de la complejidad, la más importante es la segunda ley, ya que regula la dirección en la que se dan los procesos termodinámicos, dejando de lado la irreversibilidad. Esta flecha apunta siempre hacia el equilibrio, para Maldonado & Gómez Cruz (2010b) "El equilibrio, en el marco de la termodinámica consiste exactamente en la muerte; sencillamente, en el reposo, la ausencia de interacciones, de relaciones y de dinámicas" (p. 17).

La otra flecha que contribuyó en la formación de la termodinámica de no equilibrio, está determinada por la biología, ciencia que estudia las características y comportamientos de los organismos vivos y de sus procesos vitales. Charles Darwin en su teoría de la evolución habla de cómo los seres actuales son el resultado de la evolución del pasado, y como estos se adecuan a su entorno con el paso del tiempo, originando así una flecha que apunta hacia la creación, la proliferación, la diversidad; en una palabra, hacia la vida.

Estas dos ciencias trabajan con dos flechas del tiempo irreversibles y contrarias, una orientada hacia la muerte y la otra orientada hacia la vida. Es allí donde Ilya Prigogine introduce el desarrollo de la termodinámica, hacia la termodinámica de no equilibrio, el gran logro de Prigogine residió en demostrar que no existen dos flechas del tiempo, si no en realidad una sola en donde existe una interconexión demarcada por el azar, confluyendo de lo simple a lo complejo. Maldonado (2005) destaca que estas dos ciencias “se transforman en el encuentro, y de esa transformación surge un nuevo lenguaje, nuevas aproximaciones, nuevos y distintos métodos, en fin, un nuevo mundo y una nueva realidad” (p. 10), comprendida por la dinámica no lineal del sistema, dinámica que se genera a partir de la sensibilidad y las perturbaciones a las que el sistema es sometido.

Prigogine introduce una visión completamente diferente del tiempo, su estudio se centra en la consideración de este factor como aquel determinante en la evolución de los sistemas hacia niveles de complejidad creciente, donde el factor tiempo no implica degradación (termodinámica de equilibrio), por lo contrario, implica creación (termodinámica de no equilibrio), de allí que la complejidad conduzca a procesos crecientes fundamentados en el desequilibrio. Una de las principales características de estos sistemas alejados del equilibrio es la aparición de estructuras disipativas, término que representa ideas de orden y aleatoriedad, las cuales amplían y consideran cambios en el sistema. Para Prigogine el tiempo es un factor dependiente de la vida y “la vida misma es un proceso incesante y continuado de complejidad creciente. Justamente, debido a la ruptura de la simetría temporal es que se producen bifurcaciones,

fluctuaciones, en fin inestabilidades, todas las cuales son generadoras de procesos” (Casas, 2007, p. 14), en otras palabras, el universo no se encuentra regido por el equilibrio ni la tendencia a este, si no por el equilibrio dinámico, el cual considera estructuras más complejas que incluyen sensibilidades traducidas en modificaciones o cambios en el sistema completamente impredecibles.

Para este tipo de sistemas dinámicos, es suficiente el cambio infinitesimal de alguna condición para que se produzca otro suceso, un claro ejemplo de estos sistemas es:

La historia del clima, con sus numerosos períodos de glaciación desde el inicio del cuaternario. De esta manera es cómo podemos hablar de una historia del clima. Investigaciones recientes han podido demostrar que está sola expresión ya implica que la biosfera es un sistema alejado del equilibrio. Un sistema en equilibrio no tiene y no puede haber tenido historia: no puede más que persistir en su estado, en el cual las fluctuaciones son nulas (Prigogine, n.d., p. 26).

Prigogine puntualiza en que los conceptos fundamentales de la termodinámica de no equilibrio residen en la irreversibilidad, las fluctuaciones, la bifurcación y la inestabilidad, conceptos que se complementan y desempeñan un papel fundamental para interpretar la dinámica presente en todos los sistemas ecológicos. Prigogine & Stengers (2004) definen como bifurcación “al punto crítico a partir del cual se hace posible un nuevo estado. Los puntos de inestabilidad alrededor de los cuales una perturbación infinitesimal es suficiente para determinar el régimen de funcionamiento macroscópico de un sistema, son puntos de bifurcación” (p. 192). En otras palabras, la sensibilidad a la que se encuentra expuesto el sistema, permite el encuentro de ciertos puntos de inestabilidad, donde las fluctuaciones producidas por esta inestabilidad, son las que determinan el que ha de prevalecer en el sistema. Durán, Landaeta, Orellana, & Espinoza Lolas (2008) respaldan lo anterior expresando que:

El sistema se encuentra entonces en las proximidades de un punto de bifurcación, así llamado, porque en este punto de inestabilidad el sistema

«salta» a otro estado estacionario o de equilibrio, dentro de varias posibilidades que «se le ofrecen», y curiosamente, son las «insignificantes» fluctuaciones, cuyos esfuerzos antes estaban condenados al olvido, las que ahora «deciden» el curso futuro de todo el sistema (p. 181).

Todos estos conceptos para el autor demarcan que las nuevas ciencias de la complejidad no son ciencias de control, por lo contrario, la tendencia del sistema al azar y la ausencia de equilibrio, hace que este pierda la capacidad de control, para Prigogine gracias a lo anterior emerge la vida, expresa que en esta dinámica de no equilibrio se encuentra la explicación de los sistemas vivos, del ser humano y de las relaciones de la sociedad. En este contexto, a raíz del surgimiento de esta teoría de la termodinámica de no equilibrio, fueron halladas diferentes herramientas conceptuales que permiten concebir el mundo y la dinámica de este desde diferentes perspectivas más aproximadas a la realidad.

2.2 Teoría del caos:

Esta teoría fue desarrollada inicialmente por Edward Norton Lorenz en el año 1963, un joven meteorólogo que brindó a las ciencias un paradigma de sistemas dinámicos en continuo caos basado en la sensibilidad del sistema a las condiciones iniciales, Lorenz se dio cuenta de cómo una mínima discrepancia en un sistema dinámico, como la atmósfera, puede implicar grandes diferencias en el comportamiento del sistema, generando una infinidad de soluciones, para ilustrar lo anterior, Lorenz usó las alas de una mariposa como representación de su modelo atractor. Sin embargo fue hasta finales de los años 70 que esta teoría comenzó a dar frutos, en parte gracias a David Ruelle y Floris Takens, quienes complementaron esta teoría mediante la identificación de atractores extraños en el sistema. A partir de allí, la teoría del caos pudo extenderse hacia dominios diferentes de los meteorológicos y matemáticos, hacia dominios ecológicos, económicos, físicos y sociales. El estudio acerca del caos “constituye un excelente ejemplo del surgimiento y evolución de un modelo explicativo que logra

constituirse como teoría para, ulteriormente, desarrollarse como ciencia” (Maldonado, 2005, p. 14).

Esta teoría se fundamenta en los cambios imprevistos que sufre el sistema bajo ciertas condiciones iniciales, se centra en la concepción del desorden como un nuevo orden en presencia de un atractor. El autor denominó atractor a aquel que “reconcilia dos características aparentemente contradictorias: modela la conducta que es aperiódica, y a la vez delimitada dentro de un área finita del espacio de fase” (McNabb Costa, 2004, p. 8), la aperiodicidad hace referencia al hecho de que ninguna de las variables del sistema tiene un patrón repetitivo, por lo cual sus trayectorias siempre van a ser impredecibles, llevándolo a evolucionar de manera considerablemente diferente; cabe agregar que:

“Un sistema estable tiende a lo largo del tiempo a un punto u órbita, según su atractor. Un sistema inestable tiende a escapar de sus atractores. Y un sistema caótico manifiesta los dos comportamientos; es decir, por un lado existe un atractor que atrae al sistema, pero a la vez hay “fuerzas” que lo alejan de éste” (Aldana Franco, Gutiérrez García, & Contreras, 2011, p. 73).

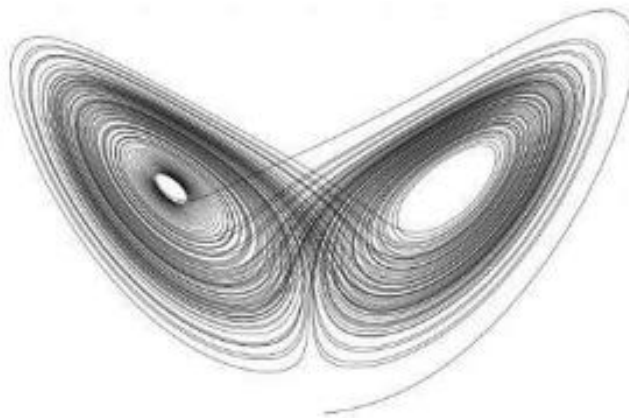
Para Lorenz (2000) citado en Maldonado (2005) “el caos consiste en cosas que no son de verdad aleatorias, sino que sólo lo parecen” (p. 14), haciendo que la trayectoria de las variables presentes en el sistema resulten impredecibles e irrepetibles. En mención a lo anterior, Lorenz crea la metáfora denominada el efecto mariposa, la cual está profundamente ligada al surgimiento de la teoría del caos; a través de esta metáfora él buscaba explicar la conducta caótica que se aprecia en un sistema no lineal, tal como el tiempo meteorológico.

“El aleteo de una mariposa en Brasil puede producir un tornado en Texas”, célebre y muy reconocida frase de Edward Lorenz que puede interpretarse en como la dinámica del caos es exactamente una dinámica de flujos sensibles. Según esta metáfora, bajo ciertas condiciones iniciales en un sistema dinámico, cualquier mínima perturbación o

variación, generara un efecto impredecible a corto o largo plazo de gran magnitud en el sistema, la idea del efecto mariposa yace en como la infinita secuencia de hechos desencadenados entre sí, evolucionan de manera caótica e irrepetible. Lorenz observo un curioso comportamiento en el que ciertos elementos parecían ser atraídos hacia o sobre cierto punto en medio del caos, de ahí el concepto atractor; a partir de esto el autor desarrollo lo que sería la representación gráfica de este concepto (ver figura 9), allí se observa claramente la evolución de las condiciones iniciales hacia un patrón de conducta aleatoria e impredecible en escalas de tiempo. El atractor de Lorenz trajo consigo luz a la teoría del caos, e introdujo una visión holística y dinámica en la concepción de un sistema.

Figura 8.

Atractor de Lorenz



Nota. La figura expone dos comportamientos, por un lado el atractor que “atrae” al sistema y por otro lado las fuerzas que lo “alejan” de este. Tomado de: Madrid Casado, Carlos M. Historia de la teoría del caos contada para escépticos. 2010. p. 10

En esta teoría existe una estrecha relación entre orden/desorden, el dinamismo del sistema hace que estos dos conceptos confluyan en cierto punto, ya que uno conduce al otro, dando lugar a configuraciones caóticas; este caos originado es usado como “método” de autoorganización de los elementos y de las relaciones en el sistema a través de un atractor. Aldana Franco, Gutiérrez García, & Contreras (2011) expresan que el caos “no significa desorden absoluto, sino un comportamiento regido por

factores determinísticos, pero con un nivel significativo de complejidad que, debido a la imposibilidad, históricamente pasajera, de predecir su comportamiento, puede dar la apariencia de desorden” (p. 71), este desorden es considerado como una distribución de probabilidades que llevan a intervenir el sistema desde una mirada reflexiva para comprender su comportamiento.

Para Madrid Casado (2010) “El caos no consiste sólo en que las trayectorias se estiren y separen, sino también en que luego vuelvan y se plieguen sobre sí mismas dando lugar a configuraciones verdaderamente caóticas” (p. 11). El caos abandona totalmente el orden artificial e inflexible, deja de lado la simplicidad y la linealidad en un sistema, para brindar una realidad compleja de fenómenos emergentes, que aparecen en respuesta a la interacción de sus elementos. Tanto Edward Lorenz como David Ruelle y Floris Takens cimentan su posición en que no se debe tratar de excluir el caos en un sistema, por lo contrario, se trata de comprender como el caos es en esencia quien puede proporcionar información útil sobre el sistema, contribuyendo así en la comprensión de sus procesos. A partir de este reconocimiento, esta teoría podría ser aprovechada en diferentes campos de la ciencia, como las ciencias naturales, sociales y aquellas aplicables.

2.3 Teoría de los fractales:

La geometría de fractales es la tercera ciencia de la complejidad, surgió en el año 1997 gracias a su precursor Benoit Mandelbrot quien se centró en el estudio de las formas irregulares, de aquello amorfo e imperfecto, tanto en la naturaleza como en el entorno social. El paradigma de esta teoría se basa en la compleja estructura geométrica de los fractales, Mandelbrot observó que esta estructura tiende a ser similar en todas sus escalas, razón por la cual en sus estudios, abandono la consideración de formas y comportamientos simples, para centrarse en el estudio de sistemas infinitamente complejos no lineales.

Mandelbrot (1983) citado en Rodríguez Miranda (1995), describe fractal como aquellos “fragmentos geométricos de orientación y tamaño variable, pero de aspecto similar. Los detalles de un fractal a cierta escala son semejantes (aunque no necesariamente idénticos) a los de las estructuras visibles a escala mayor o menor” (p. 12). La autosimilitud es el concepto central en la concepción de un fractal, este intenta mostrar una nueva realidad matemática, a partir de la geometría, impresa en la naturaleza y lo que la rodea.

Entre las características que resaltan de los fractales se encuentra la autosimilitud, término denominado así por el precursor de esta teoría, para referirse a la cualidad que un objeto presenta si a niveles menores tiende a parecerse a sí mismo en su estructura, es decir, sus partes tienen estructura similar cuando son observados a diferente escala; una representación gráfica de esto puede encontrarse en las ramificaciones tubulares del sistema circulatorio, compuesto por estructuras similares cada vez más finas. Esta cualidad de los fractales produce la conocida dimensión fractal, término que juega un papel bastante relevante en esta teoría, según Maldonado (2005) este concepto enuncia de entrada complejidad, y se refiere a la “medida cuantitativa de la autosimilitud y de la relación escalar. Esta dimensión nos dice qué tantas nuevas partes de un objeto nos encontramos, cuando examinamos un objeto con resoluciones más finas” (p. 20). Dado a la similitud presente en las estructuras de los fractales, según Rodríguez Miranda (1995)

“su longitud depende de la magnificación y resolución del instrumento de medición. Cuando se intenta medir la longitud de una línea fractal con una determinada regla, algunos detalles serán siempre más finos de lo que la regla tiene posibilidad de medir. Así pues, conforme aumente la resolución del instrumento de medida, va creciendo también la longitud de un fractal” (p. 12).

La teoría de fractales no se desarrolló independiente de otras disciplinas, según Maldonado (2005) “todo atractor extraño es un fractal o tiene una estructura fractal. De esta suerte, existe una sólida relación entre el estudio del caos y la geometría de

fractales” (p. 20), dicho en otras palabras, todo atractor extraño tiene en su base una dimensión o estructura fractal. Un ejemplo de esto puede ser reflejar un espejo frente a otro, “Los reflejos, autosimilares a escalas cada vez más pequeñas, parecen ir hasta la infinidad. Así funciona el atractor extraño. Dentro de una dimensión fractal es capaz de tejer trayectorias infinitas dentro de un espacio finito” (McNabb Costa, 2004, p. 10). Benoit Mandelbrot recalca que el estudio de fractales consiste en la aplicación de lo infinitesimal a lo finito, proporciona la base geométrica para vislumbrar su proximidad con objetos y fenómenos de la naturaleza, resultando ser una herramienta útil en el estudio de fenómenos dinámicos y complejos. Actualmente esta teoría es aplicada en múltiples áreas como la ingeniería de materiales (microestructura de metales), la química (catálisis), en la biología (crecimiento de colonias bacterianas), fenómenos psicológicos, etc.

2.4 Teoría de las catástrofes

Esta teoría se centra en la descripción de aquellos cambios repentinos e imprevistos que suceden en un sistema y como estos pueden cambiar caóticamente de un estado a otro, fue desarrollada por Rene Thom en el año 1977, en respuesta “al gran número de fenómenos interesantes de la naturaleza que presentan discontinuidades, la teoría estudia esencialmente singularidades, lo que conlleva el trato directo de las propiedades de estas últimas cuando se aplica a los problemas científicos” (Hayek, 2006, p. 153), para Thom las singularidades buscan reducir el comportamiento de las curvas en el sistema en puntos singulares, definiendo en una curva aquel punto crítico en el cual la curvatura cambia de dirección. A partir de esta idea Thom se dedica al desarrollo de una teoría general de modelos matemáticos, basándose en las discontinuidades e inestabilidades que puedan presentarse en la evolución del sistema. Esto supone un enfoque diferente, mientras que la física clásica estudia fenómenos regulares y continuos, la teoría de las catástrofes se centra en el estudio de las transiciones, discontinuidades, irreversibilidades, cambios bruscos y radicales de cualquier forma y especie en el comportamiento del sistema.

Esta es considerada una teoría cualitativa, que se ocupa de describir las discontinuidades y las transiciones orden/desorden que puedan presentarse en el sistema. Para Thom la ciencia se basa en una suposición implícita ya que pueden existir varios observadores sobre un mismo fenómeno; arrojando resultados completamente diferentes, de allí que el problema consista en sintetizar cualitativamente las percepciones de cada observador, siendo esta la labor principal de la teoría de las catástrofes.

La teoría de las catástrofes no debe ser considerada desde un sentido negativo o pesimista, por lo contrario su precursor recalca que esta teoría surgió en el intento de estudiar la morfogénesis y las bifurcaciones presentes en un sistema, estos cambios pueden revelar nuevos caminos de verdades reveladoras y pensamientos creadores. Resulta especialmente útil en la descripción de fenómenos discontinuos que permanecen en interacción con el mundo exterior.

El interés principal de Thom se haya en la morfología, es decir en el estudio de las formas, “para ello, el trabajo de construcción de espacios y de diversas funciones se revela como esencial. Es exactamente en este punto en donde se produce una de las innovaciones más importantes de la obra de Thom: la teoría del cobordismo” (Maldonado, 2005, p. 22), la cual estudia la relación de equivalencia generada por dos variedades, es decir el límite común que genera la constitución de estas dos variedades.

Esta teoría se constituye en las situaciones dinámicas que rigen el sistema, lo anterior permite la inclusión del término bifurcación en la teoría de las catástrofes. Para Thom las catástrofes son generadas por bifurcaciones, estas surgen en el sistema en respuesta a cualquier mínima variación en las condiciones externas causando un cambio brusco que puede ser definido como la metamorfosis cualitativa del sistema frente al cambio de propiedades. Según Thom (1993) citado en Maldonado (2005) el problema radica “en aclarar la naturaleza de las bifurcaciones genéricas, de las bifurcaciones estructuralmente estables” (p. 24); para esta teoría, las bifurcaciones de

interés son aquellas estructuralmente estables, las cuales se refieren a la propiedad del sistema a “ser resistente, no a perturbaciones que partan de una posición de equilibrio sino a perturbaciones de las condiciones con las que en realidad se realiza el experimento” (Hayek, 2006, p. 157), es decir la resistencia de las propiedades dinámicas cualitativas a las perturbaciones o variaciones en el sistema.

Martin Santos (1990) expresa que la teoría de las catástrofes “no puede funcionar sin la homología, sin un pensamiento que trate de entender lo que ocurre por comparaciones sucesivas, que sea capaz de comparar” (p. 109), gracias a esta comparación se llega a un pensamiento integrador en el estudio de sistemas dinámicos.

Esta teoría puede ser aplicada en fenómenos científicos, sociales, lingüísticos, culturales, modelos geográficos y climatológicos, para Martin Santos (1990) “no hay nada en nuestro horizonte cultural o científico que no pueda ser reelaborado de acuerdo con la Teoría de las Catástrofes” (p. 108).

2.5 Lógicas no clásicas

La lógica ha sido considerada como el esqueleto o el soporte vital de la ciencia y la filosofía, da espacio al razonamiento de ideas, la deducción, la coherencia en el desarrollo de hechos y la búsqueda de la verdad sin que existan contradicciones; sin embargo la evolución de la vida misma ha revelado que muchos sistemas no encuentran un lugar en la lógica clásica, al ser sistemas abiertos y dinámicos, la deducción no figura como fundamento de trabajo, es allí donde las lógicas no clásicas encuentran su espacio, desafiando lo establecido, admitiendo contradicciones y permitiendo una concepción más amplia, generosa y adaptable de las condiciones que el sistema vaya arrojando. Las lógicas no clásicas buscan llenar aquellos espacios en donde la lógica resulta insuficiente, su desarrollo comenzó desde los años 60, surgen bajo el cuestionamiento de cualquier principio fundamental de la lógica clásica; es importante resaltar que las extensiones conservadoras y tradicionales de la lógica clásica pueden ser vistas como complementarias en esta teoría.

Las lógicas no clásicas “surgen debido a una doble circunstancia: de un lado, porque los procesos de formalización de la lógica clásica eran muy rígidos, o bien porque eran demasiado laxos” (Maldonado, 2016, p. 85). Este espacio permitió la concepción de esta teoría, su origen se encuentra en el estudio de aquellos sistemas con fenómenos y comportamientos de complejidad creciente, de aquellos sistemas que fueron abandonados por la lógica formal clásica y que contrario a esta, soportan inconsistencias, contradicciones e incertidumbres, de esta suerte, estas lógicas son congruentes en la concepción de la realidad como sistema abierto en constante evolución. Con seguridad esta teoría se caracteriza por la diversidad, la no linealidad, la multiplicidad y el no determinismo, permitiendo extensiones, variaciones y desviaciones en el sistema, para hacer posible la generación de una nueva lógica, en otras palabras, estas resultan ser una extensión de la lógica clásica.

En efecto las lógicas no clásicas imponen discordia con la lógica formal, estas son consideradas como lógicas divergentes que posibilitan un cambio en la lógica realmente interesante, es decir dan lugar a la variedad lógica en un sistema donde la lógica clásica no logra subsistir, permitiendo la introducción de nuevos elementos, ideas, consideraciones, contradicciones, etc. Estas lógicas están fuertemente permeadas por el pluralismo lógico, lo que se traduce en que existe más de una lógica correcta y a su vez estas pueden corresponder a uno o a diferentes ámbitos. Por lo anterior es correcto afirmar que no existe una única forma de pensar, ni una sola verdad; esto conlleva a ajustar el modelo a un razonamiento natural más aproximado a la realidad que brinda el sistema.

Esta teoría se puede aducir a dos consideraciones principalmente, por un lado el intento por extender el alcance de los métodos considerados por la lógica a espacios de mayor complejidad caracterizados por diversos atributos que no alcanzan a ser dimensionados por el análisis de la lógica, y por otro lado el intento por compensar las deficiencias y los vacíos observados en la conducta determinada como lógica. Estas consideraciones brindan al sistema flexibilidad en función de los sucesos que en el ocurren, “con ello, la idea misma de lógicas no-clásicas, en contraste con la lógica

(formal clásica) permite abordar el estudio de multiplicidades caracterizadas por diversos atributos” (Maldonado, 2016, p. 85), abriendo nuevos horizontes de estudio y logrando la liberación de ciertos supuestos, permitiendo por consiguiente una teoría de la realidad basada en una nueva lógica.

Sin duda alguna la complejidad implica una nueva filosofía que renuncia a la consideración lineal, controlada y cíclica para considerar los cambios súbitos, inesperados e irreversibles en un sistema. Estos cambios se traducen como un enriquecimiento importante en donde se adquieren nuevos matices que permiten una nueva percepción del sistema.

Las ciencias de la complejidad “no parten de una definición de complejidad sino, mejor aún, a partir de la identificación de una serie de propiedades que exhiben los sistemas, fenómenos y comportamientos que no pueden ser ya comprendidos o estudiados como sistemas clásicos” (Maldonado, 2016, p. 94), son ciencias compuestas por sistemas en crisis que se articulan en la multiplicidad de las teorías mencionadas anteriormente. Es notable que estas teorías se caracterizan por la no linealidad, la incertidumbre, la emergencia, la pluralidad, la fluctuación, la interacción con el entorno, el dinamismo y la turbulencia presente en el sistema, estos y otros atributos propiamente concernientes a cada teoría, expresan el lenguaje de las ciencias de la complejidad.

El dominio de estas ciencias es cada vez es mayor, son el resultado de una nueva concepción del conocimiento que fácilmente se integra a diferentes sistemas, hoy en día son consideradas como ciencias de la vida que intervienen y trastocan en lo real, para conducir a una visión más objetiva del sistema. Un claro ejemplo es la aproximación a la problemática ambiental en la gestión de residuos plásticos producto de las relaciones de la sociedad y sus actividades desde diferentes perspectivas teóricas.

3. GESTIÓN DE RESIDUOS PLÁSTICOS DOMICILIARIOS Y FACTORES INVOLUCRADOS

El crecimiento poblacional, económico y grado de industrialización, son factores que conllevan al incremento en la demanda y oferta de servicios haciendo cada vez más elevados los patrones de consumo y la generación de todo tipo de residuos que debido a su mal manejo y disposición han repercutido de manera negativa en el medio ambiente y en la calidad de vida de los seres vivos. El Ministerio de ambiente y desarrollo Sostenible (2012) menciona que “la tasa de producción de los residuos sólidos de los países desarrollados y de los países en desarrollo aumenta a un ritmo sin precedentes” (p. 44). El Banco Mundial (2019) calcula que “cada persona en América Latina y el Caribe genera casi 1 kilo de basura por día, unos 231 millones de toneladas de desechos anuales, de los cuales más de la mitad son alimentos” y aproximadamente el 12% corresponde a desechos plásticos, según Greenpeace (2018) solo el 9% del plástico que se ha consumido desde que fue creado ha sido reciclado, el 12% ha sido incinerado y el 79% restante reside en vertederos o en el medio ambiente.

El desarrollo y crecimiento acelerado de las ciudades sin una adecuada gestión para estos residuos ha afectado gravemente los ecosistemas y las especies que en ellos habitan. A nivel mundial el impacto de estos desechos, especialmente los plásticos se evidencia principalmente en los mares y océanos, es tal la acumulación de estos residuos que en el Océano Pacífico, Atlántico e Indico, hoy en día, existen zonas denominadas sopas o islas de plástico, nombradas así por la gran concentración de desechos principalmente plásticos de un solo uso. Las propiedades y componentes del plástico, permiten que estos desechos puedan ser transportados fácilmente por la acción del viento, la lluvia y las riadas a sistemas de alcantarillado y corrientes fluviales, transfiriendo así el plástico terrestre a los océanos, lugar en donde termina la mayor parte de residuos abandonados; allí, el aire y las olas erosionan estos residuos hasta ser convertidos en pequeños fragmentos que se conocen como microplásticos, es decir que estos no se biodegradan si no que son desintegrados en partes más pequeñas las cuales son casi imposibles de recuperar y terminan siendo ingeridas por animales

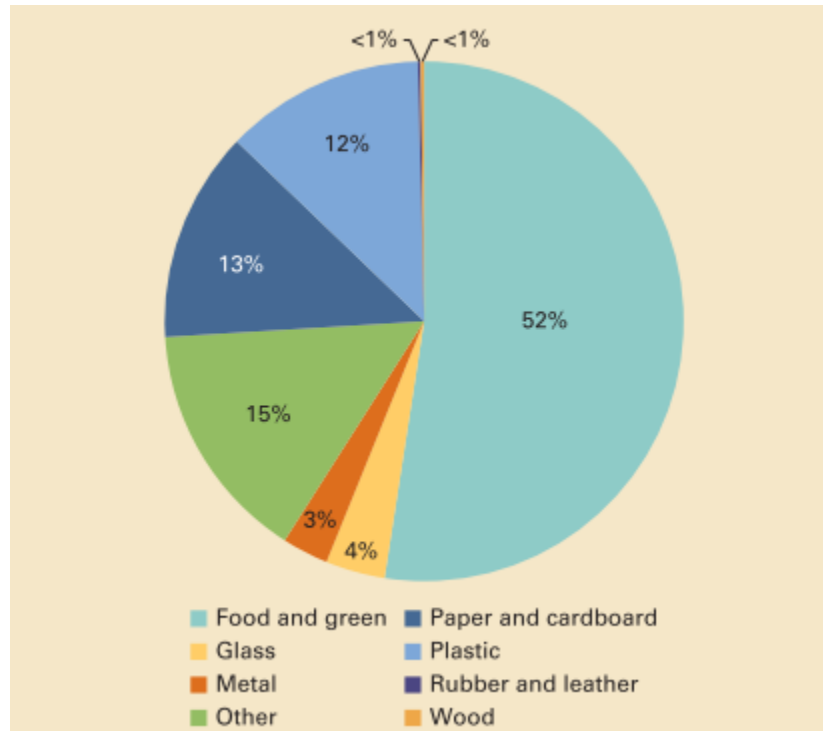
marinos y por el ser humano a través de la cadena alimenticia. Greenpeace señala que el 80% de los residuos que son encontrados en el mar provienen de la tierra y solo el 20% restante corresponde a la actividad marítima.

Hoy en día se pueden encontrar desechos plásticos en cualquier rincón del planeta, su producción ha ido aumentando con el paso del tiempo como consecuencia de la cultura consumista de usar y tirar generando un impacto acumulativo, ya que a diferencia de los desechos orgánicos, los plásticos tardan décadas en degradarse, constituyendo una amenaza no solamente para el medio ambiente y la biodiversidad de los ecosistemas, sino también para el ser humano. Se estima que “el mundo genera anualmente 2.010 millones de toneladas de desechos sólidos, y al menos el 33% de esa cantidad, no se gestiona de una manera ambientalmente segura” (Kaza, Yao, Bhada-Tata, & Van Woerden, 2018, p. 3). Es así como la adecuada y efectiva disposición final de los desechos resulta ser una labor de alto impacto ambiental que deriva de las falencias en los sistemas de gestión.

Tan solo en la región de América Latina y el Caribe se generaron 231 millones de toneladas de residuos en el 2016 de las cuales aproximadamente la mitad corresponde a residuos orgánicos y una tercera parte corresponde a materiales secos de posible reutilización como es el caso del plástico (Ver figura 10).

Figura 9.

Composición de residuos en América Latina y el Caribe



Nota: La figura representa la distribución de residuos desechados tras su vida útil. Tomado de: Kaza, Silpa & Yao, Lisa & Bhada-Tata, Perinaz & Van Woerden, Frank. What a waste 2.0 A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050. 2018. p. 54.

Si bien es cierto que desde que el hombre ha existido, ha aumentado la cantidad y complejidad en el manejo de los residuos sólidos producidos, las técnicas inadecuadas o inexistentes en cuanto al tratamiento y disposición final de los mismos han repercutido en el medio ambiente y en la calidad de vida. Respaldo lo anterior, Kaza, Yao, Bhada-Tata, & Van Woerden (2018) mencionan que “Los desechos plásticos ingresan principalmente al medio ambiente cuando se gestionan de manera deficiente, por ejemplo, a través de vertederos al aire libre, quema al aire libre y eliminación en vías fluviales” (p. 117).

Según Kaza, Yao, Bhada-Tata, & Van Woerden (2018) “los sistemas de residuos sólidos en la región están en proceso de modernización, aunque las prácticas varían según el nivel de ingresos” (p. 53). Entre los países de la región se encuentra

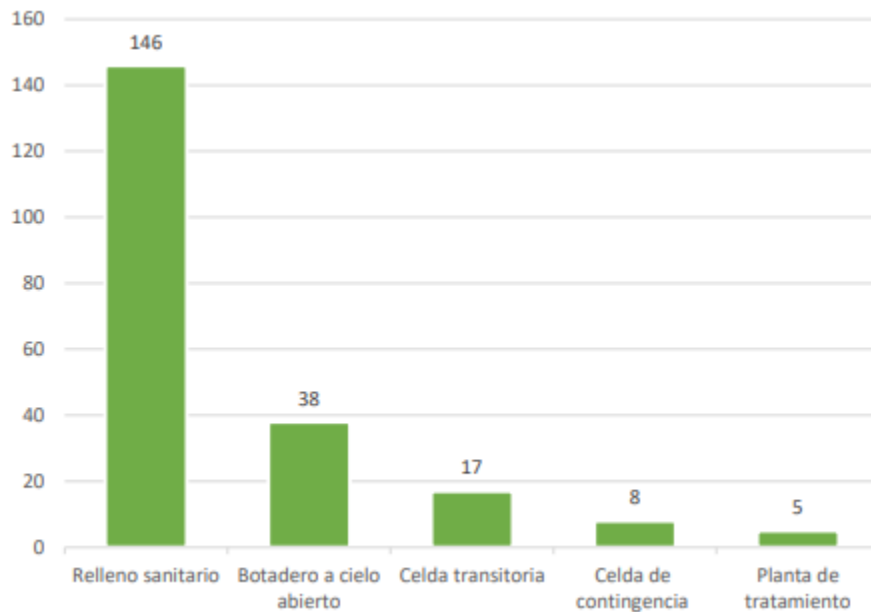
Colombia, país donde un número creciente de personas habita en las ciudades principales, como Bogotá, Medellín, Cali y Barranquilla, ciudades en las que se concentra la mayor cantidad de residuos producidos. Para Arrieta Loyo (2016) la creciente urbanización del país, la migración de campesinos a las ciudades y el aumento en la producción y consumo de bienes, han traído consigo problemas asociados con el aumento en la producción de residuos sólidos, en Colombia se generan aproximadamente 12 millones de toneladas al año lo cual demanda una mayor disponibilidad de sitios y sistemas para su disposición final, planteando así un reto para la sociedad en todo lo que respecta al manejo integral de residuos sólidos.

En Colombia cada vez es mayor la cantidad de residuos dispuestos en sitios autorizados como rellenos sanitarios o plantas de tratamiento para los cuales la autoridad ambiental competente otorga una licencia, sin embargo, una cantidad significativa de desechos aún se dispone en sitios no autorizados que no cuentan con permisos ambientales y operan de formas inadecuadas, en este grupo se encuentran los botaderos a cielo abierto, vertederos, la quema y el enterramiento de desechos, los cuales generan problemas ambientales y elevadas cargas contaminantes al subsuelo, donde el riesgo de contaminar aguas subterráneas es potencialmente alto. Según Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de las 12 millones de toneladas de basura al año generadas en el país solo se recicla aproximadamente un 17%, hoy por hoy para la disposición de esta basura, Colombia cuenta con 308 sitios de disposición final incluyendo tanto sitios autorizados como no autorizados. Si bien es cierto que la disposición se realiza mayormente en sitios autorizados, esto no es garantía de una adecuada operación ya que el problema de las basuras en gran parte es más una cuestión de cultura que de carácter tecnológico o científico.

Como se mencionó, la disposición de residuos sólidos en Colombia se realiza en 308 sitios “frente a los sitios autorizados, se poseen 174 rellenos sanitarios, 15 celdas de contingencia y 3 plantas de tratamiento, mientras que para los sistemas no autorizados, Colombia presenta 101 botaderos a cielo abierto y 15 celdas transitorias” (Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, 2019a, p. 36).

Figura 10.

Distribución de sistemas de disposición final



Nota: La figura representa la distribución a través del servicio público de aseo para la disposición final de residuos sólidos en Colombia. Tomado de: Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios. Informe de Disposición Final de Residuos Sólidos – 2018. 2019a. p. 37

En la figura (Ver figura 10) se observa como método predominante de gestión integral y eficiente de residuos en Colombia la implementación de rellenos sanitarios, este método consiste en el depósito de desechos sólidos en un suelo previamente impermeabilizado para evitar la contaminación de algún acuífero cercano, los desechos son esparcidos y compactados una y otra vez para lograr reducir su volumen y que así ocupen una menor área, proceso que se lleva a cabo diariamente en los rellenos sanitarios. Una de las principales ventajas que hace a este método popular y predominante entre los otros es la posibilidad de recuperar áreas posiblemente degradadas, la baja inversión per cápita y el bajo consumo energético, sin embargo la lista de desventajas hace de este método uno de primordial cuidado ya que desde su ubicación, diseño y funcionamiento hay varios factores a considerar, que si no son tomados en cuenta a largo plazo el relleno puede contaminar el medio ambiente y

causar impactos adversos a las comunidades aledañas al sector. Entre los riesgos más alarmantes de este método destacan tres, el primero es la contaminación del suelo a causa de un subsuelo impermeable inexistente o inadecuado que evite la migración de contaminantes hacia acuíferos, el segundo es la posibilidad de accidentes y desastres por explosiones a causa de la acumulación de gas metano producido por la descomposición o putrefacción de desechos y el tercero y último es la proliferación de roedores e insectos en el lugar y sus alrededores. Estos y muchos otros riesgos deben ser evaluados y abordados en la construcción y durante el funcionamiento de cada relleno sanitario, de tal manera que se garantice el efectivo funcionamiento del relleno como método de disposición final de residuos.

En el caso particular de Bogotá, la capital cuenta con el Relleno Sanitario Doña Juana como método controlado y ambientalmente amigable en el manejo de desechos, para la Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos (UAESP)

Doña Juana se diferencia de un botadero de basuras porque está diseñado para tratar cada uno de los residuos que llegan y que posteriormente se producen después de la disposición final, estas obras incluyen la adecuación de los suelos, filtros, canales de conducción y planta para el tratamiento de los lixiviados (líquidos que producen los desechos) compactación, coberturas con cal y arcilla, chimeneas subterráneas para que los gases de la masa puedan ser aprovechados y transformados en energía eléctrica, entre otros.

Este relleno sanitario ha sido el encargado de manejar los residuos sólidos de la capital desde el 1 de Noviembre de 1988, año en el cual inicio operaciones. Sin embargo han sido varias las situaciones polémicas que ha enfrentado el relleno desde su inicio, Avendaño Acosta (2015) expone que en sus inicios “el relleno sanitario no cumplió con ninguna especificación técnica en lo relativo a obras de ingeniería que mitigaran el impacto ambiental de sus procesos debido a los cambios en los diseños originales” (p. 81) simplemente, se dispuso de un terreno más o menos adecuado a las especificaciones originales, esto trajo como consecuencia múltiples impactos negativos

en su entorno los cuales condujeron a la intervención del relleno, cabe resaltar que a pesar de las técnicas ingenieriles usadas con el paso del tiempo, aun no se ha logrado una optimización eficiente de los procesos concernientes al manejo de desechos sólidos. La generación de lixiviados, biogás y creciente acumulación de desechos hacen que el manejo de residuos sea una operación compleja y dinámica que para lograr su máxima eficiencia requiere de “una serie de procesos tecnificados para alcanzar los niveles de manejo adecuado en lo referente a los RS” (Avendaño Acosta, 2015, p. 41).

Sin embargo, la gestión de residuos va más allá de su disposición final, debe ser entendida como un método integral, que involucra un desarrollo normativo de carácter técnico e institucional para su óptimo desarrollo, no obstante debe existir un vínculo entre el estado, la empresa privada y los ciudadanos de tal manera que las acciones de los actores estén encaminadas a un mismo objetivo que es lograr el bienestar socioambiental.

3.1 Gestión integral de residuos sólidos en Bogotá

La gestión integral de residuos sólidos según el Decreto 2981 de 2013 se define como:

El conjunto de actividades encaminadas a reducir la generación de residuos, a realizar el aprovechamiento teniendo en cuenta sus características, volumen, procedencia, costos, tratamiento con fines de valorización energética, posibilidades de aprovechamiento y comercialización. También incluye el tratamiento y disposición final de los residuos no aprovechables (p. 3).

La Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos (2015) menciona que la gestión integral de residuos sólidos está orientada principalmente a tres lineamientos, al desarrollo de pautas culturales para la disminución en la producción de residuos, a la maximización en las actividades de aprovechamiento y al control de impactos ambientales negativos. Más concretamente, la UAESP (2015) establece como objetivo

general “Fortalecer la minimización y el aprovechamiento masivo de los residuos producidos en el Distrito Capital, en el marco de los lineamientos de la política nacional de manejo integral de residuos” (p. 24).

Hoy en día el país cuenta con un amplio marco legislativo, metodológico y estratégico en cuanto al manejo integral de residuos sólidos como “resultado de varias décadas de conocimiento en el tema, a través de actos legislativos, dinámicas sociales y situaciones que permitieron ver la realidad de la problemática que para entonces aquejaba al país” (Ministerio de ambiente y desarrollo Sostenible, 2012, p. 46). Desde entonces se han implementado normas y programas que consideran diferentes criterios ambientales con el objetivo de perfeccionar las operaciones tradicionales comprendidas desde la producción hasta la disposición final, de tal manera que se garantice la gestión de residuos sin poner en peligro la salud humana y sin dañar al medio ambiente. En otras palabras un plan de gestión integrada de residuos sólidos “debe asegurar la óptima recolección, transporte y disposición final del material residual, al tiempo que implementa estrategias para la reducción del consumo, la separación en la fuente, la reutilización de elementos, el reciclaje de materiales y el máximo aprovechamiento energético de la materia sobrante mediante la aplicación de distintas tecnologías” (Avendaño Acosta, 2015, p.33), incorporando los siguientes lineamientos estratégicos estipulados en el Decreto 1077 de 2015:

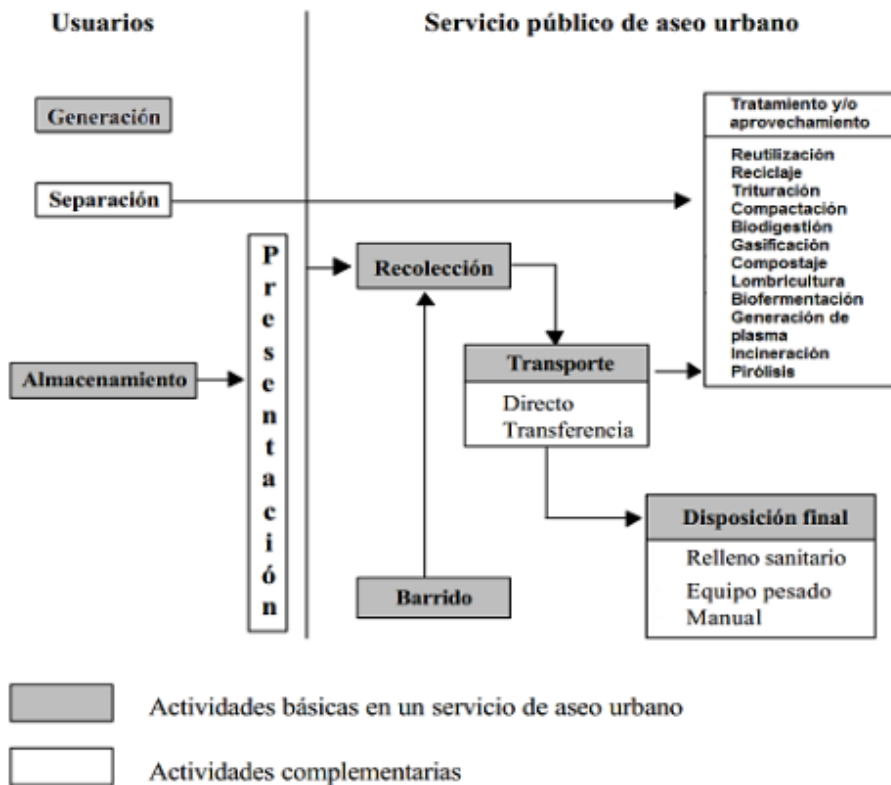
1. Reducción en el origen: Implica acciones orientadas a promover cambios en el consumo de bienes y servicios para reducir la cantidad de residuos generados por parte de los usuarios.
2. Aprovechamiento: Implica el desarrollo de proyectos de aprovechamiento de residuos para su incorporación en el ciclo productivo con viabilidad social, económica y financiera que garanticen su sostenibilidad en el tiempo y evaluables a través del establecimiento de metas por parte del municipio o distrito.
3. Disposición final de aquellos residuos que no puedan ser aprovechados: La implementación de los programas y proyectos establecidos en el PGIRS deberá

incorporarse en los planes de desarrollo del nivel municipal y/o distrital y con la asignación de los recursos correspondientes.

La siguiente figura constituye los principales componentes del sistema empleado en la gestión integral de residuos sólidos de la capital.

Figura 11.

Esquema del sistema empleado en la gestión de residuos sólidos



Nota. La figura representa el esquema general del sistema de gestión empleado en Bogotá para el manejo de los residuos sólidos. Tomado de: Avendaño Acosta, Edwin Fabián. Panorama actual de la situación mundial, nacional y distrital de los residuos sólidos. Análisis del caso Bogotá D.C. programa basura cero. 2015. p. 33

La articulación de estas actividades en el sistema de gestión integral de residuos sólidos se han convertido en una pieza clave para el manejo adecuado de desechos, bien sean de origen doméstico, comercial, industrial o institucional, de estas acciones derivan múltiples beneficios ambientales y socioeconómicos.

- **Presentación:** Actividad del usuario que consiste en colocar los residuos sólidos debidamente acopiados de tal manera que la entidad prestadora de servicio realice la recolección.
- **Recolección:** Acción que consiste en retirar los desechos del lugar en el cual han sido almacenados, previo a esto se realiza una verificación acerca del acondicionamiento de los mismos.
- **Transporte:** Se refiere a la transferencia de residuos desde su ubicación original hasta su destino en un vehículo cerrado y debidamente acondicionado según los requerimientos de seguridad.
- **Disposición final:** Proceso de aislar y confinar los desechos según su naturaleza en forma definitiva, en especial aquellos no aprovechables, de forma permanente en lugares previamente seleccionados y dispuestos para su colocación.
- **Tratamiento y/o aprovechamiento:** Actividad complementaria que incluye la recogida, transporte, clasificación y aprovechamiento de residuos para ser reincorporados nuevamente al ciclo productivo, entre los métodos más comunes se encuentra el reciclaje y el compostaje.

3.1.1 Residuos sólidos urbanos (plástico)

Los residuos sólidos urbanos son definidos como aquellos derivados de la actividad residencial, comercial o privada, más específicamente en esta clasificación se encuentran aquellos residuos generados dentro del área urbana. Estos residuos son producidos como consecuencia de diferentes actividades domésticas.

En la caracterización de residuos residenciales se encuentran principalmente los desechos de comida, papel, plástico, cartón, madera, vidrio, caucho, metal ferroso y no ferroso, textiles, entre otros. Es de vital importancia conocer la composición de los mismos para garantizar una debida gestión, ya que se componen de una infinidad de materiales. Rios Hernandez (2009) citado en Castro Molina (2017) sostiene que “a pesar de la gran heterogeneidad de los residuos sólidos urbanos, estos se pueden

clasificar en las categorías recogidas en el cuadro siguiente desde el punto de vista de su caracterización” (p. 32).

Tabla 5.

Composición de los residuos sólidos urbanos

Componente principal	Fracciones
Papel y cartón	Diarios, revistas, papel de oficina, cartón y otros
Plástico	PET, PEAD, PVC, PP, PS, Film entre otros
Restos de comida	Son los restos de comida, de jardinería, etc. En peso son la fracción mayoritaria en el conjunto de los residuos urbanos.
Textiles	Ropas y vestidos y elementos decorativos del hogar.
Maderas	En forma de muebles mayoritariamente.
Goma, cuero y corchos	
Residuos de poda y jardinería	
Metales no ferrosos	Son latas, restos de herramientas, utensilios de cocina, mobiliario, Aluminio, Bronce y Plomo.
Vidrios	Son los envases de cristal, frascos, botellas, Blanco, verde, Ámbar.
Pañales y apósitos	
Otros	

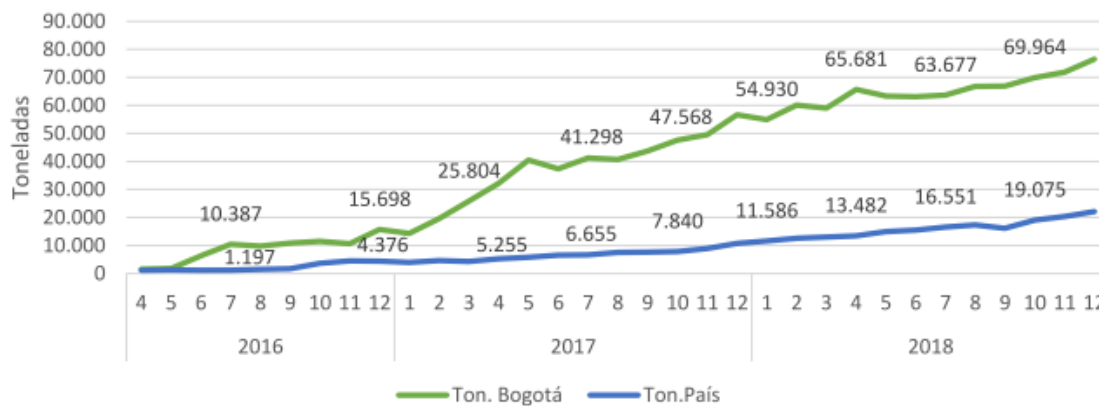
Nota. El cuadro constituye en breve resumen de las categorías existentes en la clasificación de los residuos sólidos urbanos. Tomado de: Castro Molina, Susan Lorena. Gestión integral de residuos sólidos. 2017. p. 32.

Hoy en día muchas ciudades se centran en la recuperación de residuos, Colombia cuenta con aproximadamente “2.000 empresas dedicadas a la fabricación de plásticos, de las cuales 100 están ubicadas en Bogotá” (Téllez Maldonado, 2012, p. 24). El país

recicla alrededor del 17% de sus residuos, lo que deja un amplio margen de crecimiento para la reutilización de los mismos, sin embargo como se observa en la figura 13 el comportamiento de las toneladas aprovechadas en Colombia y Bogotá, demuestran una tendencia creciente en los últimos años.

Figura 12.

Comportamiento toneladas aprovechadas

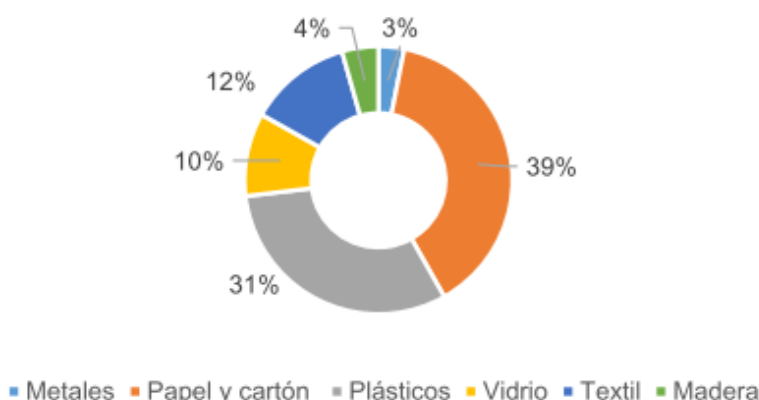


Nota. La figura representa las toneladas aprovechadas en Colombia y Bogotá. Tomado de: Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios. Informe Sectorial de la Actividad de Aprovechamiento 2018. 2019. p. 18.

Un artículo del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2017) indica que “En Colombia, el 83 % de los residuos sólidos domiciliarios que se generan van a los rellenos sanitarios y solo el 17 % es recuperado por recicladores para su reincorporación al ciclo productivo”, Bogotá es la ciudad que más aporta al aprovechamiento de residuos plásticos de ese 17%, dato que se ve corroborado por la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (2019b), quien indica que “la generación de plásticos en Bogotá, según la caracterización de residuos sólidos es del 31%, mientras que el reporte de este tipo de material por parte de los prestadores de la actividad de aprovechamiento es del 8%” (p. 49). La figura 13 y 14 representan respectivamente la caracterización en la fuente de los residuos sólidos de origen domiciliario en Bogotá, según datos estadísticos realizados por UAESP.

Figura 13.

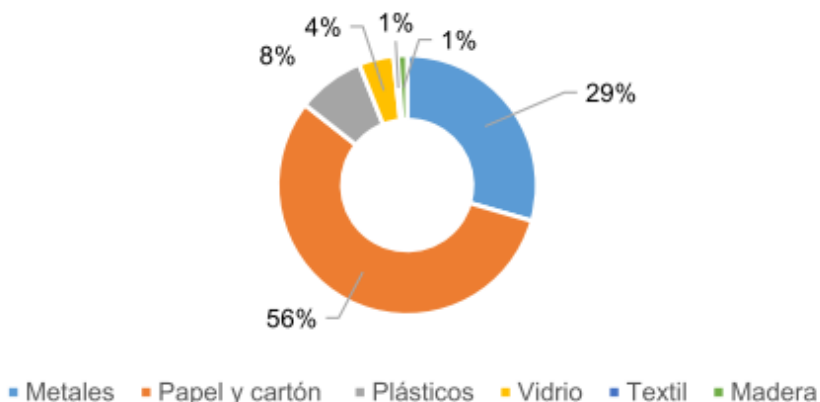
Distribución de residuos por familia de material según caracterización de la UAESP



Nota. La figura representa la distribución según la caracterización de residuos sólidos provenientes de los domicilios en Bogotá. Tomado de: Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios. Informe Sectorial de la Actividad de Aprovechamiento 2018, 2019b. p. 50.

Figura 14.

Distribución de residuos por familia de material según el reporte de toneladas aprovechadas en el municipio de Bogotá D.C



Nota. La figura representa la distribución de residuos sólidos domiciliarios según su aprovechamiento en Bogotá. Tomado de: Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios. Informe Sectorial de la Actividad de Aprovechamiento 2018, 2019b. p. 50.

Como se observa, el plástico es uno de los materiales más usados y dispuestos en la fuente domiciliaria, esto se debe a que como ningún otro material, este “preserva la

vida de los alimentos, protege las mercancías, facilita el transporte de productor, evita el contagio de enfermedades y asegura condiciones de higiene e inocuidad en los artículos que se consumen” (Acoplásticos, 2018, p. 6). La tabla presentada a continuación enseña puntualmente la generación y aprovechamiento de los plásticos domiciliarios según su clasificación.

Tabla 6.

Distribución de residuos según el reporte de toneladas y según caracterización de UAESP en la ciudad de Bogotá D.C

Reporte de toneladas aprovechadas		Reporte de toneladas	
Tipo de material	Porcentaje	Tipo de material	Porcentaje
Acrílico	1%	Otros	39%
Otros plásticos	20%	PET	22%
Pasta	6%	Polietileno	35%
PET	39%	Polipropileno	2%
Plástico blanco	12%	PVC	2%
Polietileno	4%		
Polipropileno	5%		
PVC	2%		
Soplado	12%		
Total	8%	Total	31%

Nota. El cuadro despliega según la caracterización de los residuos plásticos las toneladas generadas y aprovechadas. Tomado de: Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios. Informe Sectorial de la Actividad de Aprovechamiento 2018, 2019b. p. 51.

El objetivo principal en la gestión de residuos plásticos domiciliarios es evitar que cualquiera de estos residuos termine en el ambiente, mediante la correcta separación, recolección y disposición, aumentando así el nivel de aprovechamiento de los plásticos posibilitando su regreso al ciclo productivo.

La gestión de estos residuos plásticos en Bogotá se asocia dos causas principalmente, la primera es que no todos son reciclables y a la segunda radica en la indebida disposición final de dichos residuos, “Según el CONPES, y de acuerdo con el Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas DANE, el 44% de los hogares clasifican los residuos y aunque el porcentaje es alto en apariencia, si un número mayor de hogares separaran en forma adecuada, se podrían aprovechar mayor cantidad de residuos, tanto reciclables como orgánicos” (Cabrejo Amórtegui, 2018, p. 16).

La industria plástica actualmente vive una compleja situación; la entidad colombiana Acoplásticos (2018) menciona que no existe una única solución en cuanto a la gestión de residuos plásticos “ni su responsabilidad recae exclusivamente sobre un actor particular u otro. Por lo contrario, involucra diferentes estamentos y requiere cambios y acciones sobre todos los eslabones necesarios para el cierre de ciclo de los productos” (p.5). Bajo el panorama del 8% de aprovechamiento, se ve la necesidad por adoptar medidas que incentiven el proceso de separación en la fuente, es decir en el domicilio, el cumplimiento de normas y políticas, intervenciones de educación ambiental, innovación en programas orientados a la sostenibilidad, en otras palabras se requiere de la optimización en las acciones empleadas desde el consumo hasta el aprovechamiento los residuos plásticos mitigando las malas prácticas y costumbres de la sociedad actual. Para Acoplásticos (2018)

Que esto ocurra dependerá de diversos factores: del eco-diseño de los productos, de la cultura ciudadana, de la regulación del sistema de aseo, de la iniciativa y las inversiones de las autoridades locales en recolección, acopio y aprovechamiento, de los incentivos al desarrollo de negocios de economía circular, y de la evolución y la consolidación del mercado de las materias primas reciclables (p. 6).

Colombia está comprometida y aportando soluciones, a través de campañas pedagógicas y proyectos de reciclaje. Actualmente en Bogotá las acciones ambientales están enfocadas al aprovechamiento de residuos, mas puntualmente en el fortalecimiento del reciclaje, educando y creando conciencia en la sociedad respecto a la importancia de una conducta responsable en la obtención, separación en la fuente y disposición para el aprovechamiento de los residuos plásticos domiciliarios.

En cuanto a las opciones de reciclaje, en Colombia sólo se hace uso del reciclaje primario y el secundario, siendo este el principal método de reciclaje en la capital del país, este método secundario o mecánico se encarga de convertir el plástico original en diferentes artículos con propiedades inferiores a las del desecho original. Para la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (2017)

El primer paso hacia la realización del aprovechamiento de residuos es el compromiso del consumidor y/o generador, de hacer una separación donde se originan los residuos, la fuente; lo cual implica separar el material reciclable (residuos inorgánicos) de los demás residuos orgánicos al momento de que sean usados y dispuestos en canecas con destino a disposición final (p. 17).

A continuación se presenta el ciclo del reciclaje como proceso circular y sustentable (Ver figura 15).

Figura 15.

Ciclo del reciclaje



Nota. La figura incorpora el ciclo ideal en el proceso del reciclaje como técnica de aprovechamiento. Tomado de: Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios. Informe Nacional de aprovechamiento – 2016. 2017. p. 17

El esquema del modelo presentado en la figura anterior “busca a través del reciclaje, la mejora y rediseño en los productos y la implementación de tecnología; disminuir y finalmente erradicar la generación de residuos del consumo y la producción” (Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, 2017, p. 11) con ayuda de un modelo de economía circular, el cual tiene como objetivo la reducción de entrada de materiales vírgenes y así mismo su producción, logrando un crecimiento sostenible que repercute directamente en el aspecto social económico y ambiental.

Figura 16.

Modelo de economía circular



Nota. La figura representa el modelo de optimización de recursos mediante la economía circular. Tomado de: Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios. Informe Nacional de aprovechamiento – 2016. 2017. p. 12

Este modelo de aprovechamiento se enfoca en el uso de las cuatro R (reducir, reutilizar, reparar y reciclar), dejando de lado el modelo lineal para gestionar de manera óptima y eficiente los recursos, bienes y servicios. La aplicación de este modelo es ideal en los residuos plásticos por su recuperación y posterior transformación para volver al circuito como nuevos productos, así la gestión de estos residuos plásticos con la ayuda de una correcta separación domiciliaria, estarían incorporados en un ciclo

cerrado de aprovechamiento, proporcionando un sistema amigable con el medio ambiente y sus habitantes.

En Colombia la inclusión de este modelo de economía circular ha beneficiado la actividad de aprovechamiento en la gestión integral de residuos plásticos logrando que estos permanezcan el mayor tiempo posible en el ciclo de vida y se aproveche al máximo su materia prima. “Para 2016, se reportaron en el SUI un total de 97.905 toneladas de material recuperado, en donde el 57% del material aprovechado fue papel y cartón, el 27% metales, 8% plástico, 7% vidrio y el 1% madera y textiles” (Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, 2017). No obstante, existen varios desafíos en la gestión de los residuos plásticos domiciliarios, para que este logro sea exitoso se requiere de una filosofía evolucionista en donde la articulación, interrelación y consideración de múltiples factores garanticen un crecimiento eficiente y sostenible.

3.2 Factores involucrados en la gestión de residuos plásticos domiciliarios

El modelo de producción actual del plástico se basa en un deseo de creciente consumo, al ser un material versátil que se ajusta perfectamente a los requerimientos de la sociedad, puede ser considerado como un bien que aumenta la eficiencia de recursos, eficiencia que a su vez se ve desperdiciada cada que uno de estos residuos es desechado a la naturaleza y no aprovechado. Castro Molina (2017) Menciona “las implicaciones del manejo y tratamiento incorrecto de los residuos sólidos urbanos son extensas y afectan a la población en las distintas etapas de su proceso, desde la generación hasta la disposición final de los mismos” (p. 36). Estas implicaciones en la gestión de dichos residuos plásticos están fuertemente influenciadas por factores económicos, sociales y ecológicos, donde la integración de estos es fundamental en la consideración de cualquier plan de gestión integral.

3.2.1 Social

La crisis ambiental que hoy en día enfrentan los residuos plásticos domiciliarios es una crisis eminentemente social, una crisis que emerge de la razón y del pensamiento, es decir de la manera de pensar, de actuar, de producir y desechar. Para Enrique & Urquiza (2010) “En gran medida, los problemas ambientales se tematizan como consecuencias no deseadas del rendimiento creciente de sistemas sociales parciales, en particular el científico, el económico y el tecnológico, y sus diferentes organizaciones” (p. 39).

La apropiación de bienes de la naturaleza y el creciente hábito de consumo han fragmentado la relación del ser humano como ente social con la naturaleza, así mismo ha sido generador de grandes impactos negativos sobre el medio ambiente a corto y largo plazo.

El plástico ha definido una nueva cultura de uso y desecho, a raíz de esta compleja y cambiante dinámica han surgido diferentes conflictos. Arrieta Loyo (2016) menciona que la producción de residuos plásticos domiciliarios y su inadecuado manejo en cada uno de los procesos de gestión, “presenta importantes efectos negativos sobre el medio ambiente. Los dos factores fundamentales que pueden ser impactados directamente por su inadecuada gestión son”:

A. Salud pública: Es el conjunto de políticas dedicadas a la prevención y protección de la salud de la población. La inadecuada gestión de estos residuos promueve diferentes riesgos en la salud del ser humano como:

- La proliferación de insectos y roedores, los cuales pueden transmitir enfermedades y epidemias a las comunidades aledañas al sitio de disposición como es el caso de la población cercana al relleno sanitario, o a los habitantes ubicados en zonas en donde la recolección de dichos residuos no es frecuente y se suelen acumular.

- A la hora de consumir de un producto que ha sido elaborado en plástico y en su proceso de elaboración ha migrado alguno de los químicos usados para su procesamiento, los efectos colaterales para la salud del ser humano pueden ser nocivos dependiendo del tipo de aditivo usado, un ejemplo son “los retardantes de llama son los aditivos utilizados para modificar el comportamiento de un polímero ante la presencia de fuego. Este tipo de aditivos es nocivo para la salud, por lo que, no puede ser usado en productos que vayan a estar en contacto con alimentos” (Téllez Maldonado, 2012, p. 26).
- La ingesta de microplásticos involuntariamente a través de la cadena alimenticia. Estos residuos han sido encontrados en diferentes ambientes terrestres, allí inicia la ingesta de estas pequeñas partículas que posteriormente ingresan directamente al cuerpo humano a través de la cadena alimenticia causando efectos adversos en la salud. “De manera particular, es posible afirmar que la comida de mar es la principal fuente de consumo de microplásticos” (Universidad de los Andes et al., 2019, p. 10).
- La toxicidad de los aditivos y subproductos que se liberan en la refinación y producción de productos plásticos, en estos procesos se emiten sustancias tóxicas al aire las cuales generan problemas a la salud como afecciones en el sistema respiratorio y nervioso.
- En los procesos de incineración de estos residuos se generan sustancias tóxicas que permanecen en el medio ambiente causando problemas en la salud, “entre los riesgos presentes por la incineración de residuos, uno de los más significativos es el riesgo de contracción de enfermedades” (Universidad de los Andes et al., 2019, p. 11).

B. Medio ambiente: La inadecuada disposición de residuos plásticos puede generar diferentes efectos y amenazas que deterioran al medio ambiente, afectando directamente la relación existente entre sociedad y ambiente, para Enrique & Urquiza (2010) esta relación “se han agudizado durante los últimos cuarenta años, alcanzando intensidades y difusiones que impiden ignorarlas” (p. 31), y ha traído diferentes impactos ambientales como:

- La Contaminación de fuentes hídricas ya que en Bogotá no todos los residuos llegan al relleno sanitario y muchos de ellos navegan por los sistemas de drenaje de la ciudad contaminando los cuerpos de agua superficiales y subterráneos, esto trae consigo la obstrucción y taponamiento en los sistemas de alcantarillado, disminución en los cauces naturales, entre otros.
- El Abandono de residuos al medio ambiente, si estos desechos plásticos son arrojados a la tierra es muy posible que por su exposición y lenta degradación estos liberen sustancias tóxicas que terminan filtrando la tierra dañando sus propiedades.
- La fabricación de productos plásticos deriva de polímeros y petroquímicos que cuando son quemados liberan al medio ambiente toxinas generando contaminación en el aire.
- La generación de toxinas y lixiviados como resultado de la acumulación en los lugares de disposición masiva, en este caso en el relleno sanitario Doña Juana, ya que muchas veces al no existir un aislamiento total la generación de estas toxinas y lixiviados terminan contaminando acuíferos y erosionando el suelo. Suceso ocurrido en Bogotá según información del El Espectador (2020), donde el pasado 9 de agosto se presentó un derrame de lixiviados en el costado sur de Doña Juana el cual llegó hasta la quebrada de Aguas Claras, viéndose la necesidad de activar un plan de

contingencia para evitar impactos en la comunidad y en el medio ambiente.

3.2.2 Económico

“Las tasas de generación de residuos sólidos urbanos están influenciadas por el desarrollo económico, el grado de industrialización, los hábitos de consumo y el clima local, generalmente cuanto mayor sea el desarrollo económico y la tasa de urbanización, mayor es la cantidad de residuos producidos” (Hoornweg & Bhada-Tata, 2012, p. 8).

A nivel mundial toda la población es consumidora de algún producto plástico que posteriormente es desechado al cumplir con su servicio, sin embargo no todos son dispuestos de la misma forma, esto por cultura y conciencia ciudadana, muchas veces “el consumidor se limita a sacar la basura el día que le corresponde, su problema desaparece para él y la minimización o separación de los residuos no es un elemento fundamental. Esta percepción es preocupante para una ciudad en la que cada día vive más gente y se consume más”(Téllez Maldonado, 2012, p. 32). Puede decirse que este comportamiento consumista responde a la cultura del individuo, el estilo de vida, la motivación para dar prioridad a una necesidad sobre otra y a la percepción influenciada por estímulos externos. Estos y muchos más comportamientos encajan con el modelo de consumo del plástico al ser un material versátil, resistente, útil y diverso cada vez es más y más consumido por la sociedad aumentando su demanda interna, lo cual resulta ser una condición favorable para las empresas productoras de productos plásticos y poco favorable para el medio ambiente.

Este consumo desmedido ha llevado a optar por medidas como la economía circular, reciclando y reutilizando este tipo de productos para crear un mercado mucho más sostenible en donde el plástico tenga la posibilidad de tener más de una vida, lo cual resulta ser beneficioso y clave de esta economía, en este sentido, el intercambio de

bienes y productos resultaría ser beneficioso tanto para la sociedad como para el medio ambiente ya que se impulsaría una economía menos generadora de residuos.

Aunque no todos los plásticos son reciclables, la economía circular hoy en día es catalogada como el camino hacia una nueva economía del plástico, ya que mediante la implementación de este modelo se puede lograr el equilibrio entre los intereses económicos de la sociedad con productos ambientalmente sostenibles aumentando de esta manera las tasas de reciclaje o aprovechamiento de residuos plásticos. Este proceso genera ahorros económicos y energéticos, así mismo disminuye el impacto ambiental generado por la mala disposición y mal uso del plástico impulsando nuevos modelos de negocio.

Graziani (2018) sostiene que “esta herramienta económica puede actuar como incentivo o generar penalidades hacia los generadores y los actores claves para favorecer el reciclaje, la sostenibilidad y la compatibilidad con el medioambiente” (p. 50). Así mismo el autor destaca que la sostenibilidad económica generada a partir de la implementación de este modelo de gestión “puede garantizarse por mecanismos de tributación, financiación y de valorización de los residuos mediante la recuperación de materiales orgánicos e inorgánicos, recuperación energética por medio de modalidades de tratamiento y la disposición final de los mismos” (Graziani, 2018, p. 53)

La incorrecta disposición de estos residuos conlleva a un costo económico y social innecesario, ya que las medidas adoptadas posteriormente para la mitigación de impactos en las condiciones socioeconómicas y ambientales representan un importante gasto económico para el país. Mediante la implementación de un modelo de economía circular “se beneficia la durabilidad y facilidad de reciclaje ya que es más fácil y económico para el productor gestionar residuos que son amigables con el ambiente” (Graziani, 2018, p. 20) logrando beneficios como la optimización de recursos humanos y económicos, menores costos de inversión en el mantenimiento y la operación del sistema, una adecuada gestión en el manejo y disposición de residuos, la disminución

en la extracción de materias primas y la reducción en los impactos ambientales originados por estos residuos.

3.2.3 Ecológico

La alta demanda y oferta de productos plásticos constituyen una amenaza ecológica a nivel mundial como consecuencia del desecho incontrolado de este tipo de residuos. Estos permanecen en el medio ambiente por mucho tiempo amenazando el equilibrio ecológico de diferentes hábitats naturales.

National Geographic (2018) comenta que:

La acumulación de masivas cantidades de plástico en los ecosistemas es uno de los grandes problemas medioambientales a los que nos enfrentamos en la actualidad. El plástico encarna una grave amenaza para la biodiversidad y para todo tipo de fauna: a gran escala lo podemos encontrar en prácticamente cualquier parte del planeta contaminando lugares de lo más inaccesible; a pequeña escala, sabemos que incluso puede llegar a formar parte de los organismos por bioacumulación.

El depósito de estos residuos en entornos naturales tiene un sinnúmero de consecuencias tanto para el medio ambiente como para la sociedad, debido a sus características físicas y químicas se dispersan fácilmente contaminando los diferentes ecosistemas y a las especies que en ellos habitan.

La lenta degradación de estos desechos plásticos posibilita la liberación de sustancias químicas al medio ambiente, algunos de estos tardan 1000 años en descomponerse, un dato alarmante si se considera que cada vez son más los desechos plásticos presentes en los diferentes ecosistemas. Estos fragmentos resultantes de la descomposición destruyen la vida animal y la flora de muchos hábitats, Greenpeace (2019) menciona que las especies animales más afectadas son las tortugas, aves,

ballenas, delfines y lobos marinos, estos animales consumen una enorme cantidad de microplásticos lo cual representa una amenaza mortal para ellos y para el ser humano. Un reportaje de National Geographic (2018) asegura que:

Es difícil determinar si como consumidores de pescado y marisco nos afectan los microplásticos, porque este material está por doquier: el aire que respiramos, el agua que bebemos –del grifo y embotellada–, la comida que ingerimos y la ropa que vestimos. Además, el plástico no es un material único: existe en muchas formas y contiene una amplia gama de aditivos –pigmentos, estabilizadores UV, factores hidrofugantes, ignífugantes, endurecedores como el bisfenol A (BPA) y plastificantes como los ftalatos– que pueden filtrarse al entorno

En Colombia la diversidad del país es enorme, cuenta con “ecosistemas acuáticos, costeros, marinos, terrestres e insulares, que albergan una riqueza en fauna y flora incomparable” (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible). La capital del país es considerada como uno de estos ecosistemas, en sus alrededores hay una gran cantidad de quebradas, humedales, ríos y reservas las cuales contienen una gran variedad de fauna que se ve amenazada por el problema de los residuos plásticos domiciliarios. Un ejemplo de estos son los diversos humedales que hacen parte de la estructura ecológica de la capital, humedales que actualmente sucumben ante este problema, ya que la amenaza a la vida de las especies que en ellos habitan está latente, tal es el caso sucedido en el Humedal de Córdoba en donde RCN Radio (2020) reporto el hallazgo de un pato Canadiense enredado en lo que parecía ser una tapa de plástico, así mismo se han encontrado plásticos de un solo uso en el los diferentes cuerpos de agua de la ciudad lo que representa un déficit en los ecosistemas.

El Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible define que la huella ecológica “es un indicador ambiental que permite medir y evaluar el impacto sobre el Planeta de una determina forma de vida en relación con la capacidad de la naturaleza para renovar los recursos al servicio de la humanidad”. El plástico resulta ser una huella ecológica

duradera que incide de diferentes formas en los ecosistemas, un artículo WWF (2021) (World Wildlife) señala que los productos plásticos a evitar por su compleja recuperación son el icopor, las bombas o globos, los plásticos de un solo uso como pitillos, bolsas, botellas, cubiertos, etc. y las botellas de color oscuro como las botellas de shampoo, detergentes, entre otros. Todos estos son plásticos de difícil o imposible reincorporación y perjudican el equilibrio sostenible, WWF (2018) afirma que una de las consecuencias más graves es “la sobrecapacidad a la que estamos sometiendo a nuestros ecosistemas y que, además, es posible por un tiempo limitado antes de que se empiecen a degradar y posiblemente a colapsar”, así mismo el artículo sostiene que en Colombia:

- La mitad de los 85 ecosistemas se encuentran amenazados por su nivel de deterioro.
- La ganadería extensiva, la deforestación y los cultivos ilícitos son de las mayores amenazas para los ecosistemas terrestres.
- Múltiples especies de plantas y animales se encuentran amenazadas por la pérdida de bosque y selva.

Existe una infinidad de problemas ambientales influenciados por la compleja relación entre la sociedad y el medio ambiente, puede afirmarse que estos impactos son originados por el hombre y repercuten de manera negativa sobre él. El dinamismo presente en esta relación hace fundamental vislumbrar la gestión ambiental desde un nuevo campo del conocimiento, el cual involucra factores sociales, económicos y ecológicos en las estrategias de desarrollo y en los procesos de gestión orientados a la preservación del medio ambiente. Respaldando lo anterior, para Téllez Maldonado (2012) “desde la mirada compleja se entiende que los diferentes actores tienen un rol y como tal cualquier propuesta que busque disminuir los impactos de los residuos plásticos debe considerar que la sociedad actúa como un sistema donde hay relaciones complejas y dinámicas” (p. 61).

4. RELACIONES COMPLEJAS EN LA GESTIÓN DE RESIDUOS PLÁSTICOS DOMICILIARIOS DESDE LAS TEORÍAS DE LA COMPLEJIDAD

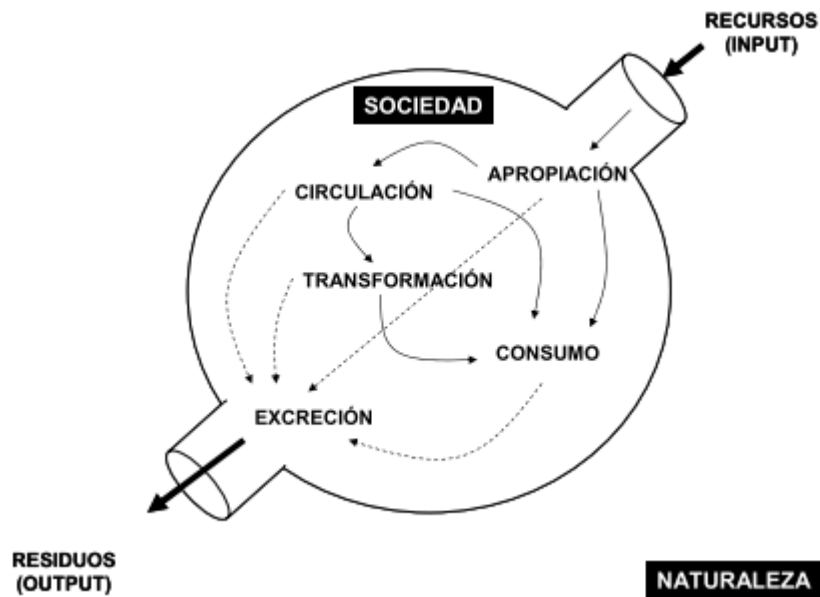
Los intercambios de materia prima que realiza el ser humano con la naturaleza son un aspecto del cual surgen diversas relaciones. Toledo (2008) menciona que estas relaciones

“Son siempre dobles: individuales o biológicas y colectivas o sociales. A nivel individual los seres humanos extraen de la naturaleza cantidades suficientes de oxígeno, agua y biomasa por unidad de tiempo para sobrevivir como organismos, y excretan calor, agua, bióxido de carbono y sustancias mineralizadas y orgánicas. Al nivel social, el conjunto de individuos articulados a través de relaciones o nexos de diferentes tipos se organizan para garantizar su subsistencia y reproducción y extraen también energía de la naturaleza por medio de estructuras meta-individuales o artefactos, y excretan toda una gama de residuos o desechos” (p. 4).

El ser humano como ser social y transformador de su entorno “genera una situación de determinación recíproca entre la sociedad y la naturaleza, pues la forma en que los seres humanos se organizan en sociedad determina la forma en que ellos afectan, transforman y se apropian a la naturaleza” (Victor M. Toledo & González de Molina, 2007, p. 4). El conjunto de flujos de materia y energía provenientes de esta relación constituye el proceso general de metabolismo socioeconómico existente entre la naturaleza y la sociedad. Estos procesos surgen de la apropiación de materiales y energía por parte de un sujeto social para su propio beneficio, de esta manera se forma un intercambio energético desde un espacio natural a un espacio social; dichos procesos están comprendidos en la transformación, circulación y consumo de recursos que posteriormente se reducen a residuos y son excretados nuevamente a la naturaleza causando diferentes impactos ambientales (Ver figura 17).

Figura 17.

Procesos en el metabolismo entre la sociedad y la naturaleza



Nota. La figura representa los cinco principales procesos existentes en el metabolismo. Tomado de: Toledo, Víctor M. *Metabolismos rurales: hacia una teoría económico-ecológica de la apropiación de la naturaleza*. 2008. p. 4

De estos procesos del metabolismo deriva la producción de bienes y servicios para el bienestar de la población. Tal es el caso de los bienes obtenidos a partir del plástico, donde el ser humano se apropia de los recursos de la naturaleza para la posterior elaboración de productos plásticos derivados del petróleo.

En esta ambivalente relación coexisten los cinco procesos metabólicos (apropiación, circulación, transformación, consumo y excreción) como resultado de la articulación de los mismos, puede afirmarse que en cada sociedad se da una relación específica entre el ser social y la naturaleza a la hora de buscar satisfacer las necesidades básicas. Esta dinámica está enmarcada por la no linealidad, puesto que cada una de las relaciones del sistema resulta ser impredecible, en otras palabras cada acción encaminada a la obtención de algún bien necesario o innecesario para la vida humana, tiene su repercusión en el medio ambiente, desde algo tan sencillo como beber agua

de una botella, hacer uso de bolsas plásticas, pitillos, ganchos, tapas, utensilios de cocina, etc., son acciones que resultan ser innecesarias, la mayoría de estos productos domiciliarios cumplen con su función y son desechados, pero su fácil acceso ha permitido que el hombre haga uso de este tipo de productos plásticos cada vez con mayor frecuencia.

El consumo de este material es una de las problemáticas más presentes en cualquier entorno. Están constituidos por una variedad de compuestos orgánicos derivados de petroquímicos, para dicho proceso el hombre se encarga de la extracción del petróleo, recurso de la naturaleza no renovable compuesto de una mezcla compleja de diferentes hidrocarburos en forma líquida, sólida y gaseosa, luego es refinado para separar sus componentes más ligeros como la Nafta, compuesto esencial en la producción del plástico. Hasta este punto el hombre ha intervenido en la apropiación como forma primaria de intercambio entre la sociedad y la naturaleza para la posterior transformación de la materia prima, allí se hace uso de la polimerización para originar largas cadenas de polímeros y transformar las resinas a través de diversos procesos como la inyección o el soplado para obtener el producto final e iniciar su comercialización o distribución, la cual va de la mano con su consumo ya que cada vez son más los productos de plástico que se encuentran en el mercado. Hoy en día el plástico hace parte esencial de la vida, su uso se ha expandido e incrementado a nivel mundial y con ello su impacto en el medio ambiente, esto en respuesta a la cultura consumista del ser humano lo cual tiene una repercusión directa en la compleja relación entre la sociedad y la naturaleza.

Ciertamente los fenómenos y procesos que se dan en la naturaleza responden a un comportamiento no lineal, cada acción repercute de manera diferente en el deterioro de los recursos naturales. Tal es el caso de la producción y el consumo de plástico, material que ha llevado a diversos problemas medioambientales de gran complejidad, debido a los impactos generados en cada uno de los procesos metabólicos, desde la apropiación hasta la excreción de estos desechos plásticos. Entre estos impactos destaca:

- La ingesta de microplásticos involuntariamente a través de la cadena alimenticia.
- La contaminación al medio ambiente por la toxicidad de los aditivos y subproductos que se liberan en la refinación y producción de productos plásticos.
- La Contaminación de fuentes hídricas.
- Problemas en la salud del ser humano.
- La Contaminación del suelo por su lenta degradación.
- La generación de toxinas y lixiviados.
- La proliferación de insectos y roedores.
- La emisión de potentes gases de efecto invernadero.
- El cambio climático.

Estos impactos no responden exclusivamente a una sola causa, por lo cual no pueden ser abordados desde una única solución, teniendo claro esto, es evidente que la relación existente en el sistema responde a un modelo no lineal, dinámico y fluctuante, en donde cada una de las variables del sistema está sujeta a cambios, entiéndase variables como las relaciones procedentes y resultantes entre el ser social y la naturaleza. Indiscutiblemente estas relaciones están determinadas por el azar haciendo imposible predecir el comportamiento del sistema.

Las normas, planes y programas actuales para la gestión integral de residuos plásticos domiciliarios son un claro ejemplo de que el problema deriva de múltiples factores, aunque la ciudad cuenta las actividades básicas para la prestación del servicio urbano

(presentación, recolección en la fuente, transporte, disposición final y tratamiento o aprovechamiento), es claro que a pesar del sistema, la normativa actual y demás, esto no es garantía de una adecuada gestión, la concentración de residuos plásticos en la ciudad y en los lugares más preciados del país como ríos, mares y manglares cada vez es mayor, en especial aquellos de un solo uso los cuales derivan principalmente de la actividad doméstica. Claro esto, es evidente que la gestión de estos residuos abarca múltiples variables que están comprendidas en la compleja relación entre la sociedad y la naturaleza. Respaldando lo anterior, Téllez Maldonado (2012) comenta que la problemática ambiental asociada a la acumulación de este tipo de residuos, se plantea como un sistema complejo que deriva de diferentes factores culturales, sociales, ecológicos y económicos.

Este comportamiento precedido por el azar y la aleatoriedad permite concebir esta problemática desde la complejidad y sus teorías, Victor M. Toledo & González de Molina (2007) considera que las relaciones sociales están presididas por la complejidad y son la base de cualquier enfoque ambiental, conllevan a una nueva concepción de la realidad mediante una nueva interpretación de las relaciones desarrolladas entre la sociedad y la naturaleza, la complejidad resulta ser una valiosa herramienta para vislumbrar adecuadamente este vínculo, permite concebir el caos como generador de orden e intenta explicar las “interrelaciones del mundo como resultado de una simplicidad subyacente de la realidad conocida; permite comprender la cultura y la constitución de la sociedad en la medida en que el ser humano es el reflejo de la sociedad-cultura que al mismo tiempo refleja al ser humano; pretende resolver el problema de cómo abordar la realidad en la forma menos reductora y fragmentada posible”(Castillo Sarmiento, Suárez Gélvez, & Mosquera Téllez, 2017, p. 353).

Martínez L., (2014) sostiene que se debe romper con el viejo esquema dualista que separa la sociedad y la naturaleza puesto a que la intervención que realiza el hombre sobre la naturaleza representa una totalidad en la que los elementos que la conforman están interconectados, por tanto ningún elemento se halla en un vacío, esto significa que los cambios en cualquier elemento del sistema afectan directa o indirectamente a

todo el sistema. Lo anterior implica que “las situaciones que vive un ser humano y los significados que le atribuye, configurando su realidad, están continuamente en una conversación compleja que se da en diversas dimensiones de la realidad” (Martínez L., 2014, p. 229). Esta es una consideración importante en las actividades de producción, consumo y disposición de residuos plásticos domiciliarios, el ser social no es ajeno en ninguno de estos procesos, de hecho la génesis de las implicaciones ambientales son eminentemente sociales, de allí la importancia de orientar la problemática hacia el camino de la complejidad.

Durante el desarrollo de estas actividades comprendidas en el metabolismo social, es indudable que los factores económicos, políticos, sociales y ecológicos siempre están presentes e influyen en la gestión de los residuos plásticos domiciliarios. Esta compleja relación ínsita a considerar que el hombre es sociedad y naturaleza haciendo evidente que la realidad está constituida por las relaciones que estos desarrollan, relaciones que a su vez intervienen y trastocan en lo real.

Dada esta complejidad estructural de la realidad, la relación naturaleza sociedad resulta ser un enfoque integrador en la gestión de residuos plásticos domiciliarios, podría decirse que su gestión depende de la manera en que el ser humano ejecuta los procesos metabólicos, especialmente el consumo y la excreción, procesos que están fuertemente ligados con las necesidades y la cultura del ser humano.

La cultura resulta ser “un aspecto destacado en el marco del desarrollo sostenible que mide la relación naturaleza-sociedad. Este aspecto se considera como un camino al desarrollo, fuera de la mirada unidimensional legada por el crecimiento económico y la globalidad, para impulsar la cultura desde una visión ecosocial y cultural” (Castillo Sarmiento et al., 2017, p. 365). Dependiendo de la manera en que el individuo se apropia de este concepto es capaz de contribuir como sujeto individual en la evolución de su entorno. Bajo esta premisa de que el hombre es el agente transformador de su entorno, buscar el compromiso con los valores morales del individuo resulta ser fundamental para elevar el nivel de cultura, de responsabilidad y de concientización en

la sociedad, todo con la finalidad de fortalecer la cultura ciudadana lo cual resulta ser una prioridad para abordar el problema existente en el manejo de los residuos plásticos. Ante esto Martínez L. (2014) expresa que esta problemática desde la complejidad brinda una visualización más amplia del panorama, permite “elaborar teorías más ajustadas de la realidad que posibiliten, al mismo tiempo, diseñar y poner en práctica modelos de intervención-social, sanitaria, educativa, política, económica, ambiental, cultural, entre otros” (p. 228), con el fin de propender por un desarrollo sostenible en donde se garantice el equilibrio entre el crecimiento económico, el bienestar social y el medio ambiente.

“Esto constituye una invitación a pensar en un mundo complejo y sistémico que, ajustado a un modelo de desarrollo incluyente, concibe la naturaleza y la sociedad como elementos que interactúan y originan el ambiente” (Castillo Sarmiento et al., 2017, p. 366).

5. CONCLUSIONES

Las ciencias de la complejidad resultan ser un novedoso y valioso instrumento hoy en día, resultan ser una herramienta integradora de incertidumbres e interrogantes producto del dinamismo presente en cualquier sistema. Su fácil adaptación a las condiciones que arroja el sistema les permite generar nuevas concepciones de la realidad, lo cual resulta ser bastante conveniente en el estudio de cualquier comportamiento de la naturaleza.

Es claro que no existe una única teoría de la complejidad, mas sin embargo cada una de las teorías expuestas se centra en el dinamismo, la inestabilidad, la interacción del sistema, la discontinuidad y la irreversibilidad de procesos, estas son un campo abierto de mutua complementación. Definitivamente al hablar de complejidad se departe sobre un mundo nuevo, estas teorías coexisten para generar nuevos conocimientos.

La reflexión descriptiva desarrollada en torno al sistema de gestión implementado para la disposición de residuos plásticos domiciliarios, permite visualizar la amplitud y complejidad del sistema, su comportamiento resulta impredecible por lo cual se dificulta identificar una única y optima solución para esta problemática, por esta razón se considera necesaria la idea de contemplar abordar los programas, planes y estrategias de gestión ambiental desde la complejidad.

Tanto el desarrollo sostenible como la economía circular son estrategias claramente comprometidas con el medio ambiente, la implementación de estas resulta ser indispensable en la sociedad. Este pensamiento estratégico promueve la reutilización y el aprovechamiento adecuado de recursos, su objetivo está encaminado a la máxima reducción de residuos. Podría decirse que estas estrategias son un pilar fundamental si se busca una relación más armónica y equilibrada entre la sociedad y la naturaleza, puesto que por medio de su implementación se logran disminuir los impactos ocasionados al medio ambiente provenientes de los residuos plásticos.

En relación a la articulación de los factores involucrados en la gestión de residuos plásticos, es claro que esta articulación es un fenómeno complejo producto de la sociedad y de su intervención en la naturaleza. Sin duda alguna esta articulación resulta ser la formación de nuevos fenómenos que no pueden ser abordados de manera unitaria e independiente, a su vez resulta ser de gran ayuda en el estudio de la dinámica que se da entre la sociedad y la naturaleza.

Finalmente es claro que el manejo adecuado de cualquier tipo de residuo resulta ser una necesidad, cada día se hace más evidente que la relación del ser humano con la naturaleza no es equilibrada, por lo contrario existe una gran descompensación que cada vez es más notoria. Es responsabilidad de cada persona implementar acciones responsables que propendan por la preservación y el cuidado del medio ambiente. La cultura y conciencia ambiental deben ser facetas presentes en todo ser humano.

6. RECOMENDACIONES

Velar por el cumplimiento de los planes de gestión integral, en este caso se pueden instaurar rigurosas medidas sancionatorias a quienes incumplan de alguna manera con lo estipulado por los programas.

Dar a conocer a la población los planes y programas a implementar mediante los diferentes canales informativos de manera que se logren adoptar las medidas que actúan sobre los diferentes procesos existentes en el metabolismo.

Diseñar e implementar un sistema de gestión estandarizado y regulado para la disposición final residuos plásticos domiciliarios, en donde se promueva la separación en la fuente para facilitar así su posterior manejo.

Diseñar un modelo de predicción de las condiciones que se requieren en la etapa de disposición final de tal manera que se logre optimizar el proceso, garantizando la mejora continua y la consecución de los objetivos encaminados al aprovechamiento de los residuos plásticos domiciliarios.

Incentivar el ecodiseño de productos elaborados a partir del reciclaje de plástico, de tal manera que se optimice la cantidad de materiales y energía en los procesos de producción, promoviendo así el diseño sostenible. Tal es el ejemplo de ciertas marcas de ropa que hoy en día incorporan plástico PET en la realización de prendas de vestir.

BIBLIOGRAFÍA

- Acoplásticos. (2018). Plásticos en Colombia 2019-2020. Acoplásticos
- Acuerdo 287 de 2007. Por el cual se establecen lineamientos para aplicar las acciones afirmativas que garantizan la inclusión de los recicladores de oficio en condiciones de pobreza y vulnerabilidad en los procesos de la gestión y manejo integral de los residuos sólidos. Concejo de Bogotá D.C. Junio de 2007
- Acuerdo 389 de 2009. Por medio del cual se crea el programa ecológico: "Si el planeta queremos cuidar, otras alternativas de empaques debemos usar. Concejo de Bogotá D.C.
- Aldana Franco, R., Gutiérrez García, A. G., & Contreras, C. M. (2011). ¿ Es tan caótico el caos ?
- Arrieta Loyo, G. (2016). Modificación de la metodología eviave bajo el contexto técnico y jurídico de Colombia. Universidad de Granada
- Avendaño Acosta, E. F. (2015). Panorama actual de la situación mundial, nacional y distrital de los residuos sólidos. análisis del caso Bogotá D.C. programa basura cero
- Azócar, R. E. (2013). Distinción entre: interdisciplinario / transdisciplinario / multidisciplinario.
<http://ramonazocargestiondetalentohumano.blogspot.com/2013/05/distincion-entre-interdisciplinario.html#:~:text=Transdisciplinario%3A%20que%20abarca%20varias%20disciplinas,cada%20una%20de%20las%20disciplinas.&text=Interdisciplinario%3A%20que%20abarca%20asp>
- Banco Mundial . (2019). Convivir con basura: el futuro que no queremos.
<https://www.bancomundial.org/es/news/feature/2019/03/06/convivir-con-basura-el-futuro-que-no-queremos>
- Cabrejo Amórtegui, Á. P. (2018). La Educación Ambiental en el manejo de residuos sólidos en El Centro de Materiales y Ensayos.
- Casas, A. (2007). II Coloquio de profesores de la facultad de ciencias políticas y relaciones internacionales. Bogotá.
- Castañares Maddox, E. J. (2009). Sistemas complejos y gestión ambiental: el caso del

- Corredor Biológico Mesoamericano México. Comisión Nacional Para El Conocimiento y Uso de La Biodiversidad. www.cbmm.gob.mx
- Castillo Sarmiento, A. Y., Suárez Gélvez, J. H., & Mosquera Téllez, J. (2017). Naturaleza y sociedad: relaciones y tendencias desde un enfoque eurocéntrico. <https://doi.org/10.17151/luaz.2017.44.21>
- Castro Molina, S. L. (2017). Gestión integral de residuos sólidos. Areandina, (Fundación Universitaria del Área Andina).
- DANE. (2019). Bogotá tiene 7'181.469 habitantes, según último censo del DANE. Bogotá, Colombia
- Decreto 312 de 2006. Por el cual se adopta el Plan Maestro para el Manejo Integral de Residuos. Alcaldía Mayor de Bogotá. 15 de agosto de 2006
- Decreto 2981 de 2013. Por el cual se reglamenta la prestación del servicio publico de aseo. 20 de diciembre de 2013
- Decreto Ley 2811 de 1974. Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente. Presidencia de la Republica. 18 de diciembre de 1974
- Dimaté Rodríguez, C. (2007). La educación como objeto de interés para las ciencias de la complejidad. Universidad Pedagógica Nacional. <http://www.scielo.org.co/pdf/folios/n26/n26a08.pdf>
- Dinero. (2020). Rellenos Sanitarios en Colombia estan en deterioro progresivo segun Contraloria. <https://www.semana.com/pais/articulo/rellenos-sanitarios-en-colombia-estan-en-deterioro-prograsivo-segun-contraloria/303100/>
- Duran Murillo, R. A., & González Hernández, A. F. (2016). Teorías de las ciencias de la complejidad: aportes a la salud mental y la psicología en Colombia. Universidad Santo Tomas.
- Durán, R., Landaeta, P., Orellana, O., & Espinoza Lolas, R. (2008). Interpretación del tiempo en Ilya Prigogine a partir de Aristóteles, Newton, Zubiri, Bergson y García Bacca.
- EcuRed. (s.f.). Lógica paraconsistente. Obtenido de https://www.ecured.cu/L%C3%B3gica_paraconsistente

- El Espectador. (2020). Emergencia en Doña Juana por derrame de lixiviados en quebrada Aguas Claras. <https://www.elespectador.com/noticias/bogota/derrame-de-lixiviados-en-dona-juana/#:~:text=En%20la%20madrugada%20de%20este,CGR%2C%20operador%20del%20relleno%20sanitario>
- Elizalde Prada, O. A. (n.d.). Aproximación a las ciencias de la complejidad
- Elizalde Prada, Ó. A. (2013). Aproximación a las ciencias de la complejidad. Revista de La Universidad de La Salle
- Encyclopaedia Herder. (s.f.). Ciencia revolucionaria. https://encyclopaedia.herdereditorial.com/wiki/Ciencia_revolucionaria
- Enrique, A., & Urquiza, A. (2010). Medio ambiente y sociedad: conceptos, metodologías y experiencias desde las ciencias sociales y humanas. (RIL Editores, Ed.). Chile.
- García, R. (2006). Sistemas complejos: Conceptos, método y fundamentación epistemológica de la investigación interdisciplinaria. Filosofía de la ciencia. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Gestion. (2019). ¿Cuál es la diferencia entre desarrollo sustentable y desarrollo sostenible? Obtenido de <https://gestion.pe/tendencias/diferencia-desarrollo-sustentable-desarrollo-sostenible-nnda-nnlt-258375-noticia/>
- Gómez Joves, L. (2018). Una mirada hacia la crisis medioambiental en Colombia: la utilidad del análisis económico del derecho como herramienta de transformación económica
- González, J. (2009). La teoría de la complejidad. Redalyc, 76, 243–245. <http://www.redalyc.org/pdf/496/49611942024.pdf>
- Graziani, P. (2018). Economía circular e innovación tecnológica en residuos sólidos: Oportunidades en América Latina
- Greenpeace. (s.f.). ¿Cómo llega el plástico a los océanos y qué sucede entonces? <https://es.greenpeace.org/es/trabajamos-en/consumismo/plasticos/como-llega-el-plastico-a-los-oceanos-y-que-sucede-entonces/>
- Greenpeace. (2018). ¿Cómo es la sopa de plásticos del Pacífico y quién la ha creado? <https://es.greenpeace.org/es/noticias/como-es-la-sopa-de-plasticos-del-pacifico-y-quien-la-ha-creado/>

- Greenpeace. (2018). Colombia, mejor sin plásticos: La contaminación plástica en Colombia y el mundo
- Greenpeace. (2019). 4 animales que sufren por la contaminación plástica.
<https://www.greenpeace.org/mexico/blog/2588/4-animales-que-sufren-por-la-contaminacion-plastica/>
- Hayek, N. (2006). Caos y coherencia: una introducción a la teoría de las catástrofes de René Thom. Universidad de La Laguna
- Hoornweg, D., & Bhada-Tata, P. (2012). What a waste a Global Review of Solid Waste Management. The World Bank
- Ibáñez, J. J. (2007). Thomas Kuhn: Los Paradigmas y la Ciencia Normal.
<https://www.madrimasd.org/blogs/universo/2007/05/26/66445>
- Kaza, S., Yao, L., Bhada-Tata, P., & Van Woerden, F. (2018). What a waste 2.0 A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050. World Bank Group
- Kling, A. (2004). El pensamiento no lineal es la nueva forma de ver el mundo.
https://tendencias21.levante-emv.com/el-pensamiento-no-lineal-es-la-nueva-forma-de-ver-el-mundo_a267.html
- Leff, E. (2007). La Complejidad Ambiental. Polis Revista Latinoamericana.
<https://doi.org/10.4000/polis.4605>
- Ley 9 de 1979. Por la cual se dictan Medidas Sanitarias. Congreso de Colombia. 16 de julio de 1979
- Ley 99 de 1993. Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el SINA, y se dictan otras disposiciones. Congreso de Colombia. Diciembre 22 de 1993
- Madrid Casado, C. M. (2010). Historia de la teoría del caos contada para escépticos. Encuentros Multidisciplinarios
- Maldonado, C. E. (2005). Ciencias de la complejidad: Ciencias de los cambios súbitos. Universidad Externado de Colombia. <http://www.redalyc.org/pdf/532/53200205.pdf>
- Maldonado, C. E. (2009). Exploración de una teoría general de la complejidad.
<https://books.google.com.co/books?id=7lsyDwAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>

- Maldonado, C. E. (2016). Pensar la complejidad con ayuda de las lógicas no-clásicas. Universidad Del Rosario
- Maldonado, C. E., & Gómez Cruz, N. A. (2010a). El mundo de las ciencias de la complejidad: un estado del arte. Documento de Investigación. <http://www.urosario.edu.co/Administracion/ur/Investigacion/Centro-de-Estudios-Empresariales-para-la-Perdurabi/LMyS/Documentos/El-Mundo-de-las-Ciencias-de-la-Complejidad.pdf>
- Maldonado, C. E., & Gómez Cruz, N. A. (2010b). El Mundo de las Ciencias de la Complejidad: Una investigación sobre qué son, su desarrollo y sus posibilidades.
- Martin Santos, L. (1990). Teoría de las catástrofes. Política y Sociedad, Universida.
- Martínez L., E. M. (2014). Análisis crítico reflexivo sobre complejidad ambiental. Revista de Postgrado FACE-UC., 225–232. <http://arje.bc.uc.edu.ve/arj14/art14.pdf>
- McNabb Costa, D. (2004). Peirce y la Teoría del Caos. <https://www.uv.mx/df/files/2013/04/CV-Mcnabb.pdf>
- Melo Escobar, D. A., & De Castro Arce, E. (2010). Gestión de residuos sólidos domiciliarios en unidades residenciales. Caso de estudio: Conjunto Residencial “Portal De La 183.” Revista Gestión Integral En Ingeniería Neogranadina. http://www.umng.edu.co/documents/10162/745277/V2N1_6.pdf
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (s.f.). 10 ecosistemas para enamorarse de Colombia. <https://www.minambiente.gov.co/index.php/noticias/4711-10-ecosistemas-para-enamorarse-de-colombia>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible . (s.f.). En cuenta regresiva para limpiar Colombia. <https://www.minambiente.gov.co/index.php/noticias-minambiente/2512-en-cuenta-regresiva-para-limpiar-colombia>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (s.f.). Soy ECOlombiano. <https://www.minambiente.gov.co/index.php/component/content/article?id=157:plataforma-asuntos-ambientales-y-sectorial-y-urbana-10>
- Ministerio de ambiente y desarrollo Sostenible. (2012). República de Colombia Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Diagnostico Nacional de Salud Ambiental

- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible . (2017). Minambiente cambia uso de bolsas en Colombia para promover reciclaje y separación en la fuente. <https://www.minambiente.gov.co/index.php/noticias-minambiente/3417-minambiente-cambia-uso-de-bolsas-en-colombia-para-promover-reciclaje-y-separacion-en-la-fuente>
- Ministerio de vivienda ciudad y territorio. (2013). Decreto 2981 de 2013
- Ministerio de Vivienda Ciudad y territorio. (2015). Decreto 1077 de 2015
- Morin, E. (1990). Introduccion Al Pensamiento Complejo. http://cursoenlineasincostoedgarmorin.org/images/descargables/Morin_Introduccion_al_pensamiento_complejo.pdf
- Muriel F., R. D. (2006). Gestión ambiental. Ideas Sostenibles Espacio de Reflexión y Comunicación En Desarrollo Sostenible. https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099/1110/13_GestAmbientaIRafaelMuriel_cast.pdf
- National Geographic. (21 de 06 de 2018). El plástico es una amenaza para la salud de los humanos. https://www.nationalgeographic.com.es/ciencia/grandes-reportajes/es-plastico-amenaza-para-nuestra-salud_12739/2#slide-1
- National Geographic. (2018). La degradación del plástico potencia el efecto invernadero. https://www.nationalgeographic.com.es/ciencia/actualidad/degradacion-plastico-potencia-efecto-invernadero_13126
- Prigogine, I. El nacimiento del tiempo. <http://lelibros.org/>
- Prigogine, I., & Stengers, I. (2004). La nueva alianza Metamorfosis de la ciencia. Alianza Editorial
- Quintero, M., & Solarte, M. C. (2019). Las concepciones de ambiente inciden en el modelo de enseñanza de la educación ambiental. Ciencias Sociales
- Ramos Gutiérrez, P. E. (2020). Una tecnología equivocada, el problema del Relleno Sanitario Doña Juana. UN Periódico Digital
- RCN Radio. (2020). Buscan a pato canadiense enredado con plástico en humedal de Bogotá. <https://www.rcnradio.com/estilo-de-vida/medio-ambiente/buscan-pato-canadiense-enredado-con-plastico-en-humedal-de-bogota>

Resolución 1045 de 2003. Por la cual se adopta la metodología para la elaboración de los Planes de Gestión Integral de Residuos Sólidos, PGIRS, y se toman otras determinaciones. Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial. 3 de octubre de 2003

Resolución 829 de 2011. Por la cual se establece el programa de racionalización, reutilización y reciclaje de bolsas en el Distrito Capital. Secretaria distrital de ambiente

Rodríguez Becerra, M., & Espinoza, G. (2002). Gestión ambiental en América Latina y el Caribe Evolución , tendencias y principales prácticas. Banco Interamericano de Desarrollo. <https://doi.org/10.1590/S0021-75572006000800003>

Rodríguez Miranda, R. (1995). La teoría de fractales: aplicación experimental e implicaciones en la metodología de la ciencia. Universidad Autónoma De Nuevo León

Sánchez Santillán, N., De la Lanza Espino, G., Garduño, R., & Sánchez Trejo, R. (2015). La influencia antropogénica en el Cambio Climático bajo la óptica de los Sistemas Complejos. Revista Iberoamericana de Ciencias

Scielo. (2010). La naturaleza, las matemáticas, la ingeniería y el caos. https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-33052010000100001#:~:text=As%C3%AD%20pues%2C%20el%20caos%20representa,un%20comportamiento%20din%C3%A1mico%20aparentemente%20aleatorio.

Significados. (2014). Qué es Impacto ambiental. <https://www.significados.com/impacto-ambiental/>

Significados. (2016). Qué es Axioma. <https://www.significados.com/axioma/>

Significados. (2017). Qué es Complejidad. <https://www.significados.com/complejidad/>

Significados. (2017). Qué es Convergente. <https://www.significados.com/convergente/>

Significados. (2017). Qué es Gestión. <https://www.significados.com/gestion/>

Significados. (2017). Qué es Holístico. <https://www.significados.com/holistico/>

Significados. (2017). Qué es Paradigma. <https://www.significados.com/paradigma/>

Significados. (2018). Qué es el Medio ambiente. <https://www.significados.com/medio-ambiente/>

- Significados. (2018). Qué es Fenómeno. <https://www.significados.com/fenomeno/>
- Significados. (2019). Qué es Efecto invernadero. <https://www.significados.com/efecto-invernadero/>
- Significados. (2019). Qué es Epistemología. <https://www.significados.com/epistemologia/>
- Significados. (2019). Qué es Heterogeneidad. <https://www.significados.com/heterogeneidad/>
- Significados. (2019). Qué es la Contaminación. <https://www.significados.com/contaminacion/>
- Significados. (2019). Qué es Sustentabilidad. <https://www.significados.com/sustentabilidad/>
- Significados. (2019). Qué es Teoría. <https://www.significados.com/teoria/>
- Significados. (2020). Qué es Filosofía. <https://www.significados.com/filosofia/>
- Significados. (2020). Qué es un Ecosistema. <https://www.significados.com/ecosistema/>
- Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios. (2017). Informe Nacional de aprovechamiento - 2016
- Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios. (2019a). Informe de Disposición Final de Residuos Sólidos - 2018
- Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios. (2019b). Informe Sectorial de la Actividad de Aprovechamiento 2018, 11
- Tchobanoglous, G., & Kreith, F. (2002). Handbook of solid waste management. (McGRAW-HILL, Ed.) (Second Ed.)
- Téllez Maldonado, A. (2012). La complejidad de la problemática ambiental de los residuos plásticos: una aproximación al análisis narrativo de política pública en Bogotá
- Toledo, Víctor M., & González de Molina, M. (2007). El metabolismo social: las relaciones entre la sociedad y la naturaleza, 1–23
- Toledo, Víctor M. (2008). Metabolismos rurales: hacia una teoría económico-ecológica de la apropiación de la naturaleza. Revista Iberoamericana de Economía Ecológica.

- UAESP. (s.f.). ¿Qué es el relleno sanitario doña Juana?
<http://www.uaesp.gov.co/especiales/relleno/>
- Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos. (2015). Plan de gestión integral de residuos solidos 2016 – 2027. Bogotá
- Universidad de los Andes, Greenpeace Colombia, & MASP. (2019). Situación actual de los plasticos en Colombia y su impacto en el medio ambiente. Campaña Plasticos.
http://greenpeace.co/pdf/2019/gp_informe_plasticos_colombia_02.pdf
- WWF. (2018). Los colombianos también están en sobregiro con el planeta. Obtenido de
<https://www.wwf.org.co/?uNewsID=338490>
- WWF. (2021). Estos son los productos plásticos que deberíamos evitar a toda costa para empezar bien el 2021.
https://www.wwf.org.co/?uNewsID=365675&ads_cmpid=1012927830&ads_adid=47937055377&ads_matchtype=e&ads_network=g&ads_creative=315412007169&utm_term=wwf&ads_targetid=kwd-302731971966&utm_campaign=&utm_source=adwords&utm_medium=ppc&ttv=2&gclid=CjwKCAiAo5qABhB
- Xataka Ciencia. (2010). Efecto mariposa y atractores (III).
<https://www.xatakaciencia.com/matematicas/efecto-mariposa-y-atractores-iii>