



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

Análisis sistémico de los Programas de Gestión Integral de Residuos en la Universidad Nacional de Colombia y lineamientos para el mejoramiento continuo.

Jerson Stiven Lizarazo Lizarazo

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Ciencias Económicas
Instituto de Estudios Ambientales IDEA
Bogotá, Colombia

2017

Análisis sistémico de los Programas de Gestión Integral de Residuos en la Universidad Nacional de Colombia y lineamientos para el mejoramiento continuo.

Jerson Stiven Lizarazo Lizarazo

Tesis o trabajo de investigación presentada(o) como requisito parcial para optar al título
de:

Magister en Medio Ambiente y Desarrollo

Director (a):

Dr. José Javier Toro Calderón

Línea de Investigación:

Economía, Ambiente y Desarrollo

Grupo de Investigación del Instituto de Estudios Ambientales - Bogotá

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Ciencias Económicas
Instituto de Estudios Ambientales IDEA
Bogotá, Colombia

2017

“Cualquier otra cosa que te interese simplemente no va a suceder si no puedes respirar el aire y beber el agua. No dejes pasar esto, ¡haz algo! Por accidente del destino estás viviendo en un momento absolutamente crítico en la historia de nuestro planeta”

“Y bien, si ves algo en el mundo que deseas cambiar, ¡hazlo! Te fue dado el don de estar justo aquí, justo ahora, entonces ¿por qué no sacar el máximo provecho de ello?”

Carl Sagan

Agradecimientos

El desarrollo de este Trabajo de Grado ha sido una experiencia muy formadora en todo aspecto. Pero también fue un reto complejo que no habría podido superar de ninguna forma sin apoyo, confianza, buena energía y respaldo en los momentos difíciles –que no escasearon-. No quiero dejar pasar esta oportunidad sin agradecer a todas las personas que, directa o indirectamente, contribuyeron en el desarrollo de este proyecto.

Quiero agradecerle en primer lugar a mi madre, Dora. Estoy seguro de que no estaría aquí, tecleando estas palabras de no ser por su apoyo, por su comprensión, confianza, por la crianza exigente que me brindó a lo largo de todos estos años y, por sobre todo, el impulso que ella logró transmitirme por hacer de este mundo un lugar mejor. También quiero agradecerle con un profundo cariño a mi abuela Edilsa. Aunque ella no sea del todo consciente de ello, su influencia ha sido fundamental y mucho del amor que le tengo a la vida y a este planeta se lo debo a ella. A mi tía Flor, quien muchas veces se puso en el rol de mi madre. A mi hermano Yuldor, quien inculcó en mí el sentimiento revolucionario que me llevó a jugármela toda por el medio ambiente, por la vida en la Tierra y en contra de quienes se lucran con la muerte, la destrucción y la mentira. A Darío y Freddy, que han sido como mis hermanos, por haber traído al mundo a Catalina, Gabriela y a Mateo, a Jonathan y a los Gemelos. Ellos son el futuro por el cual estoy luchando. El futuro por el cual estamos luchando. A mi papá, Gratiniano, mi constante recordatorio de que nunca debo olvidar quién soy y de dónde vengo.

A mis amigas y amigos. Son muchos, por fortuna para mí. Mencionarlos a todos sería una tarea titánica en sí, pero quiero agradecer de forma especial a Santiago, Stefano, Felipe, Nestor, Pedro, Andrés, Bryan, Miguel y Pacho. Ellos son mi segunda familia, la familia que elegí. Sin su apoyo incondicional, confianza, buena energía, amor y bacanería total, nada de esto habría sido posible. También a Leidy, Natalia, Juan, Andrés, Diana, Laura, Karoll, Salomé, Maria Paula y todos los demás.

A mis profesores. Sus enseñanzas han sido invaluable. Quiero mencionar particularmente al profesor Carlos Eduardo Moreno, quien me apoyó incluso desde antes de empezar esta maestría. A él le debo más que a nadie el haber podido encontrar la pasión en mi profesión. Al profesor José Javier Toro, director de este trabajo de grado. Su apoyo y guía han sido invaluable desde el día cero de este proyecto. A la profesora Carmenza Castiblanco. Su apoyo y su confianza fueron determinantes en la etapa más crítica de este trabajo. Ellos han sido una inspiración enorme para mí, son mi modelo a seguir y me siento profundamente orgulloso por haber podido compartir tiempo y conocimiento con ellos.

A Edna Florian, Herminso Bustos, Zulma Garzón y los demás funcionarios de la Oficina de Gestión Ambiental y la División de Logística de la Universidad Nacional de Colombia – sede Bogotá. Su apoyo con datos, información, tiempo, disposición y amabilidad fue fundamental para la culminación de este trabajo.

A Carl Sagan. No tengo palabras para expresar lo mucho que me cambió haber conocido su obra.

A la Universidad Nacional de Colombia. Mi segundo hogar. Lo mejor que me ha pasado en la vida.

Al Planeta Tierra y a la vida.

Resumen

La generación de residuos sólidos y peligrosos a nivel mundial ha crecido de forma considerable en los últimos 30 años, generando cada vez mayores conflictos entre el sistema económico y los ecosistemas. Una adecuada gestión de los residuos permite prevenir problemáticas ambientales a lo largo de todas las etapas de extracción, producción, consumo y disposición final. La Universidad Nacional de Colombia no es ajena a esta problemática y existen avances importantes en la gestión de residuos, sin embargo existen aún situaciones particulares en el campus de la sede Bogotá que impiden realizar mejoras sustanciales sobre el proceso. Este trabajo se fundamenta en un conjunto de análisis de tipo sistémico que integra a los actores más importantes en el proceso de generación de residuos en la Ciudad Universitaria de Bogotá y se centra en las relaciones entre estos y el sistema en general. El análisis sistémico se desarrolla en seis etapas: Caracterización general, identificación de procesos, análisis de la red de flujo de residuos, revisión del estado de la integración de la comunidad universitaria en el proceso, análisis de flujo de materiales y de ciclo de vida. A partir de dicho análisis se identifican las propiedades emergentes del sistema y se plantean lineamientos de mejoramiento continuo con base en el ciclo PHVA que se adapten a las condiciones particulares de la Universidad Nacional de Colombia. Los resultados de este trabajo muestran que un mayor nivel de integración de toda la comunidad universitaria en torno a la solución de problemas complejos es fundamental para seguir mejorando en los aspectos ambientales del campus de la sede Bogotá.

Palabras clave: LCA, MFA, campus, residuos, sistema, análisis, PHVA.

Abstract

Solid and hazardous waste generation has been growing worldwide during the last 30 years. It causes even more complex issues between ecosystems and the world economic system. An appropriate waste management system has the potential to address environmental problems at every stage of extraction, production, consumption and disposal. The Universidad Nacional de Colombia is not blind to this situation and it has developed important advances in its waste management system, but there are still some particular situations that don't allow improving the related processes. This work is a set of diverse and complementary systems analyses that integrates the most important internal stakeholders and focuses on the relationships between those stakeholders and the system in a general view. This analysis has been conducted on six stages: general characterization, identification of related processes, analysis of the inner supply chain, review of the integration of the academic community, material flow and life cycle analysis. From these analyses emergent properties of the system are identified and continuous improvement guidelines that adapt to the particular conditions of the Universidad Nacional de Colombia are proposed based on the PDCA framework. Results from this work show that the aim to solve complex problems should lead to a higher level of integration between the institution's managerial, operative entities and the academic community. This integration is required in order to keep improving the environmental aspects related to the Bogotá campus.

Keywords: LCA, MFA, campus, waste, system, analysis, PDCA.

Contenido

	Pág.
Resumen	IX
Lista de figuras	XIV
Lista de tablas	XVI
Lista de Símbolos y abreviaturas	XVIII
Introducción	1
1. Planteamiento del problema	5
1.1 Antecedentes: Residuos sólidos y peligrosos	6
1.1.1 A nivel mundial.....	9
1.1.2 A nivel regional.....	13
1.1.3 A nivel nacional.....	15
1.2 Descripción del problema: Residuos sólidos y peligrosos en la Universidad Nacional de Colombia	19
1.3 Formulación del problema	20
1.3.1 Preguntas de investigación	20
1.4 Objetivos.....	21
1.4.1 Objetivo General	21
1.4.2 Objetivos específicos	21
1.5 Justificación e importancia del tema	21
2. Gestión de los residuos sólidos y peligrosos en campus universitarios	23
2.1 Marco conceptual	23
2.1.1 Los residuos sólidos y peligrosos y su clasificación	24
2.1.2 Generación de residuos sólidos y peligrosos	31
2.2 Marco teórico.....	33
2.2.1 Ecología Industrial y Teoría de sistemas.....	33
2.2.2 Logística verde.....	40
2.2.3 Estrategias para la recolección y manipulación de residuos.....	44
2.2.4 Sistemas de Gestión Ambiental en universidades.....	45
2.2.5 Zero Waste Management en campus universitarios.....	49
2.3 Marco Normativo	53
3. Metodología para el análisis del sistema	57
3.1 Etapas del análisis	58
3.1.1 Caracterización general del campus	58
3.1.2 Procesos administrativos y operativos de los PGIR-UN	58

3.1.3	Red de flujo y recolección de residuos sólidos en el campus.....	59
3.1.4	Integración de la comunidad universitaria en los PGIR-UN.....	59
4.	Residuos sólidos y peligrosos en la Universidad Nacional de Colombia	63
4.1	Caracterización general del campus sede Bogotá.....	63
4.1.1	Población y localización geográfica	65
4.1.2	Generación de residuos sólidos y peligrosos en el campus	68
4.2	Procesos administrativos y operativos de los PGIR-UN	76
4.2.1	Oficina de Gestión Ambiental OGA-UN.....	79
4.2.2	División de Logística y Transportes	82
4.3	Red de flujo y recolección de residuos sólidos y peligrosos	87
4.3.1	Análisis por tipo de residuo	88
4.3.2	Nodos y arcos en la red de transporte	101
4.4	Integración de la comunidad universitaria en los PGIR-UN	107
4.5	Análisis de flujo de materiales MFA.....	115
4.5.1	Definición de los límites del sistema y cuantificación	115
4.5.2	Cálculo de indicadores MFA y modelado del metabolismo del sistema.....	116
4.6	Análisis de ciclo de vida LCA.....	123
4.6.1	Definición de objetivos y alcance	123
4.6.2	Inventario de ciclo de vida	124
4.6.3	Evaluación y estimación de impactos ambientales	127
4.6.4	Interpretación de resultados de ciclo de vida	138
5.	Lineamientos para el mejoramiento continuo	141
5.1	Propiedades emergentes del sistema.....	141
5.1.1	Relaciones entre las directivas de la Universidad Nacional y los funcionarios administrativos	142
5.1.2	Relaciones entre la Oficina de Gestión Ambiental y la División de Logística.....	142
5.1.3	Condiciones físicas, operativas y de infraestructura	143
5.1.4	Relaciones entre las instancias administrativas y la comunidad académica: Educación e integración.....	144
5.1.5	Particularidades propias de las actividades académicas de la institución.....	145
5.1.6	Patrones de consumo.....	146
5.1.7	Interacción del sistema analizado con la tecnosfera y la biosfera	147
5.2	Lineamientos para el mejoramiento continuo en el corto plazo.....	148
5.3	Lineamientos para el mejoramiento continuo en el mediano plazo	150
5.4	Lineamientos para el mejoramiento continuo en el largo plazo.....	151
6.	Conclusiones y recomendaciones	153
6.1	Conclusiones.....	153
6.2	Recomendaciones.....	154
A.	Anexo: Encuesta de percepción de la comunidad académica sobre la generación, manejo y disposición de residuos sólidos y peligrosos en la Universidad Nacional - Sede Bogotá.....	157
B.	Anexo: Transcripción de entrevistas a funcionarios de la OGA y la División de Logística	161
C.	Anexo: Cuestionario	173

D. Anexo: Listado de grupos de investigación de la UNAL relacionados con residuos y otras cuestiones ambientales.....	177
E. Anexo: Dependencias (unidades administrativas) de la Ciudad Universitaria	183
F. Anexo: Matriz de generación de residuos en la Ciudad Universitaria.....	205
G. Anexo: Residuos químicos generados en la Ciudad Universitaria	209
Bibliografía	215

Lista de figuras

	Pág.
Figura 1-1: Generación de residuos sólidos a nivel mundial por nivel de ingresos.....	11
Figura 1-2: Generación de residuos sólidos a nivel mundial por tipo de residuo.....	12
Figura 1-3: Opciones de disposición de residuos y cantidades por tipo de opción a nivel mundial (en millones de toneladas).....	12
Figura 1-4: Composición de los residuos sólidos generados en Latinoamérica.....	14
Figura 1-5: Residuos sólidos generados en Colombia entre los años 2010-2012.	16
Figura 1-6: Cantidad de residuos sólidos dispuestos en el Relleno Sanitario Doña Juana.	18
Figura 2-1: Clasificación de los residuos municipales por nivel de peligrosidad y tipo....	25
Figura 2-2: Clasificación de los residuos peligrosos de acuerdo a sus características. ...	28
Figura 2-3: Ciclo PHVA de mejoramiento continuo.....	47
Figura 2-4: Jerarquía de alternativas de manejo de residuos.	50
Figura 4-1: Ubicación sedes Universidad Nacional.	64
Figura 4-2: Localización geográfica de la Ciudad Universitaria.	66
Figura 4-3: Mapa del campus de la Universidad Nacional de Colombia – Sede Bogotá.	67
Figura 4-4: Datos históricos de generación de residuos generados en la Ciudad Universitaria, años 2005-2015.	69
Figura 4-5: Datos históricos de generación de residuos sólidos ordinarios en la Ciudad Universitaria, años 2005-2014.	70
Figura 4-6: Datos históricos de la generación de residuos sólidos biodegradables en la Ciudad Universitaria, años 2005-2015.	70
Figura 4-7: Datos históricos de generación de residuos sólidos reciclables en la Ciudad Universitaria, años 2005-2014.	71
Figura 4-8: Datos históricos de generación de residuos químicos peligrosos en la Ciudad Universitaria, años 2005-2014.	72
Figura 4-9: Datos históricos de generación de residuos infecciosos en la Ciudad Universitaria, años 2005-2014.	73
Figura 4-10: Datos históricos de generación de residuos de posconsumo en la Ciudad Universitaria, años 2009-2014.	74
Figura 4-11: Composición de residuos totales generados en la Ciudad Universitaria, año 2014.....	75
Figura 4-12: Composición de residuos generados en la Ciudad Universitaria y alternativas de manejo, año 2014.	75

Figura 4-13: Estructuración del Comité Técnico Nacional y las Oficinas de Gestión Ambiental de cada sede.	80
Figura 4-14: Tipos de recipientes de los puntos de recolección de residuos sólidos ordinarios y reciclables en el campus de la sede Bogotá.....	89
Figura 4-15: Composición de los residuos reciclables generados en el campus, año 2015.	91
Figura 4-16: Datos históricos de generación de residuos reciclables en el campus.....	92
Figura 4-17: Composición y peso(kg) de residuos biodegradables en el campus año 2015.	93
Figura 4-18: Unidades generadoras de residuos biodegradables (en kg) en el campus, año 2015.	94
Figura 4-19: Composición residuos químicos generados en el campus, año 2015.....	95
Figura 4-20: Edificios generadores de residuos químicos en el campus y cantidades generadas en el año 2015.....	95
Figura 4-21: Composición de los residuos infecciosos generados en el campus, año 2015.	96
Figura 4-22: Edificios generadores de residuos infecciosos en el campus, año 2015....	99
Figura 4-23: Composición de los residuos de posconsumo recolectados en el campus, año 2015.	100
Figura 4-24: Localización de los centros de acopio, trazado de la ruta de recolección y puntos de tránsito para residuos ordinarios y reciclables en el campus.....	102
Figura 4-25: Puntos de tránsito para residuos ordinarios y reciclables (a) y contenedores móviles para el transporte (b).	104
Figura 4-26: Puntos críticos en la generación de residuos químicos e infecciosos y ruta de recolección de residuos infecciosos.	106
Figura 4-27: Información demográfica de los participantes en la encuesta. Rol en la comunidad académica (a) y distribución de edad de los participantes (b).	108
Figura 4-28: Relaciones entre actores, holones y holarquías dentro de los PGIR-UN. .	114
Figura 4-29: Límites físicos del sistema PGIR-UN.....	116
Figura 4-30: Metabolismo del campus en relación a los PGIR-UN. Modelo del balance material de entradas y salidas del sistema, medido en toneladas/año.....	117
Figura 4-31: Balance material de entradas y salidas al sistema en toneladas/año. Indicadores MFA.	121
Figura 4-32: Modelado del flujo de residuos sólidos y peligrosos dentro del campus y alternativas de manejo viable.	127
Figura 4-33: Estimación de emisiones contaminantes asociadas a cambio climático. ...	130
Figura 4-34: Estimación de emisiones asociadas a acidificación de suelos.....	133
Figura 4-35: Estimación de impactos ambientales asociados a eutrofización de agua. ...	134
Figura 4-36: Estimación de impactos ambientales asociados a agotamiento de agua. ...	135
Figura 4-37: Estimación de emisiones asociadas a ecotoxicidad de agua.....	136
Figura 4-38: Estimación de impactos ambientales asociados a ecotoxicidad terrestre y toxicidad a humanos.....	137
Figura 4-39: Estimación de impactos ambientales asociados a agotamiento de combustibles fósiles.	138

Lista de tablas

	Pág.
Tabla 1-1: Generación de residuos sólidos a nivel mundial. Datos actuales y proyecciones a 2025.	9
Tabla 1-2: Comparación entre la generación per cápita de residuos sólidos en países desarrollados y en la región de América Latina y el Caribe.	13
Tabla 1-3: Composición porcentual de residuos sólidos en tres ciudades de Colombia para el año 2009.	16
Tabla 1-4: Sistemas de disposición de residuos sólidos usados en Colombia y proporción en toneladas y cantidad de municipios. Año 2013.	17
Tabla 2-1: Diversos enfoques para el modelado de cadenas de suministro verdes.	42
Tabla 2-2: Normativa vigente en Colombia con respecto a residuos sólidos y peligrosos.	53
Tabla 4-1: Facultades, institutos interfacultades y museos de la Universidad Nacional de Colombia – Sede Bogotá.	68
Tabla 4-2: Dependencias asociadas a la Vicerrectoría de la sede Bogotá.	79
Tabla 4-3: Entidades y dependencias generadoras de residuos ordinarios en el campus sede Bogotá, año 2015.	91
Tabla 4-4: Principales unidades generadoras de residuos químicos y composición de los residuos generados (en kg), año 2015.	97
Tabla 4-5: Composición de los residuos de posconsumo recolectados en cada unidad generadora en el campus, año 2015.	103
Tabla 4-6: Vehículos utilizados en el proceso de recolección de residuos sólidos y peligrosos en la Ciudad Universitaria.	105
Tabla 4-7: Rangos de tiempo estimados entre la adquisición de alimentos, bebidas y artículos de consumo y su transformación en residuos.	109
Tabla 4-8: Total y proporción de participantes en la encuesta por facultades.	110
Tabla 4-9: Actitudes de los participantes con respecto a la separación de residuos sólidos y de separación en la fuente.	112
Tabla 4-10: Escala de Lickert. Percepciones de los participantes con respecto a la recolección de residuos sólidos en el campus.	113
Tabla 4-11: Cálculo de indicadores MFA para el flujo de materiales-residuos en la Ciudad Universitaria. Datos año 2015.	119
Tabla 4-12: Entradas de materiales a los PGIR-UN.	125

Tabla 4-13: Emisiones contaminantes para el total de residuos químicos tratados por incineración.	125
Tabla 4-14: Emisiones estimadas de subproductos para el total de residuos solidos compostados en el campus, año 2014.	126
Tabla 4-15: Emisiones contaminantes para un kilogramo de residuos dispuesto en relleno sanitario.	126
Tabla 4-16: Resultados del inventario de ciclo de vida LCI e indicadores de impacto ...	131

Lista de Símbolos y abreviaturas

Símbolos con letras latinas

Símbolo	Término	Unidad SI	Definición
n	Tamaño muestral para proporciones en poblaciones finitas	1	Ecuación 3.1
N	Tamaño de la población	1	Ecuación 3.1
Z	Puntuación Z para el nivel de confianza α elegido	1	Ecuación 3.1
p	Proporción esperada	1	Ecuación 3.1
q	$1-p$	1	Ecuación 3.1
I	Magnitud de intervención sobre el ecosistema	1	Ecuación 4.1
Qm	Factores de caracterización para LCIA	1	Ecuación 4.1
Im	Indicador de punto medio LCIA	1	Ecuación 4.1

Símbolos con letras griegas

Símbolo	Término	Unidad SI	Definición
α	Nivel de confianza deseado	1	Ecuación 3.1
ε	Error esperado	1	Ecuación 3.1

Abreviaturas

Abreviatura Término

<i>3R</i>	Reducir, Reutilizar, Reciclar. Jerarquía para la minimización de los desperdicios a nivel industrial y de consumo
<i>BID</i>	Banco Interamericano de Desarrollo
<i>CRA</i>	Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básica
<i>CRETIB</i>	Código de clasificación de residuos peligrosos en Corrosivos (C), Reactivos (R), Explosivos (E), Tóxicos (T), Inflamables (I), y Biológico-infeccioso (B)
<i>CSU</i>	Consejo Superior Universitario. Universidad Nacional de Colombia
<i>EPA</i>	Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (Environmental Protection Agency en inglés)
<i>IDEA</i>	Instituto de Estudios Ambientales de la Universidad Nacional de Colombia
<i>IDEAM</i>	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia
<i>ISO</i>	Organización Internacional de Normalización
<i>LCA</i>	Análisis de ciclo de vida (Life cycle analysis en inglés)
<i>LCIA</i>	Análisis de inventario de ciclo de vida (Life cycle inventory analysis en inglés)
<i>MAVDT</i>	Ministerio de Medio Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Ahora Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible
<i>MFA</i>	Análisis de flujo de materiales (Material flow analysis en inglés)
<i>OCDE</i>	Organización para la Cooperación y el

Abreviatura Término

	Desarrollo Económico
<i>OGA</i>	Oficina de Gestión Ambiental de la sede Bogotá. Universidad Nacional de Colombia
<i>PGIR-UN</i>	Programas de Gestión Integral de Residuos – Universidad Nacional de Colombia. Hace referencia al Programa de Gestión Integral de Residuos Peligrosos y al Programa de Gestión Integral de Residuos No Peligrosos, ambos a cargo de la OGA.
<i>PHVA</i>	Ciclo del mejoramiento continuo. Planear-Hacer-Verificar-Actuar
<i>RAEE</i>	Residuos de aparatos eléctricos y electrónicos
<i>SGA</i>	Sistema de Gestión Ambiental
<i>SWM</i>	Gestión de residuos sólidos (Solid Waste Management en inglés)
<i>UNAL</i>	Universidad Nacional de Colombia
<i>ZWM</i>	Gestión de basura cero (Zero Waste Management en inglés)

Introducción

El sistema económico mundial basado en la producción industrial, la comercialización masiva de bienes y servicios y el crecimiento ilimitado como paradigma, genera una cantidad cada vez mayor de residuos sólidos y peligrosos que ponen en riesgo la salud de los organismos, así como la integridad de la estructura ecológica del planeta. Los modelos de producción industrializada carecen de estrategias integrales para la gestión de los residuos generados por el consumo masivo de materiales y energía. De esta manera, la problemática de los residuos sólidos y peligrosos queda relegada a un segundo plano dentro de los intereses estratégicos de las empresas y organizaciones productoras de bienes y servicios. Sin embargo, en las últimas tres décadas esta problemática ha empezado a ganar importancia en la agenda internacional de forma gradual y existe un interés social cada vez mayor por reducir la cantidad de residuos generados por el sistema económico (ONU, 1987).

Los problemas asociados a la gestión de los residuos sólidos y peligrosos en Colombia, siguiendo la tendencia mundial (Banco Mundial, 2012), se han acentuado en los últimos años, ocasionados por el crecimiento descontrolado de los centros urbanos y la modificación de los patrones sociales de consumo. En últimas, la urbanización creciente y el consumismo como fenómeno cultural redundan en el deterioro de los factores ambientales asociados a la producción de bienes y servicios y a la disposición final de los residuos producidos por dichas actividades (Salamanca, 2005).

La Universidad Nacional de Colombia no es ajena a esta problemática y en documentos oficiales como el Plan Global de Desarrollo 2013-2015, la Política Ambiental de la Universidad y los diagnósticos ambientales de la sede Bogotá, se establece la necesidad de garantizar la protección del entorno natural y la inclusión transversal de la dimensión ambiental en los procesos de docencia, investigación y extensión. Teniendo en cuenta lo anterior, surge la necesidad de diseñar, implementar y mejorar continuamente los

Programas de Gestión Integral de Residuos Peligrosos y No Peligrosos con el fin de involucrar todas las actividades del campus de la sede Bogotá dentro de un enfoque holístico, eco-integrador y encaminado a la sostenibilidad de largo plazo. Con el fin de lograr un análisis holístico, el Programa de Gestión Integral de Residuos Peligrosos es entendido en conjunto con el Programa de Gestión Integral de Residuos No Peligrosos (en el documento se hace referencia a los dos programas en conjunto con la sigla PGIR-UN). El campus de la sede Bogotá es estudiado como un polígono de servicio (Côté & Hall, 1995). El análisis de los PGIR-UN necesariamente debe incluir las dinámicas culturales y las propiedades emergentes del sistema.

El mejoramiento continuo de los PGIR-UN requiere entender a profundidad y de manera integral los flujos de residuos, las redes de transporte, los nodos de recolección y las propiedades emergentes que surgen de las particularidades de la actividad en la Universidad Nacional de Colombia. De esta manera se realiza el análisis del sistema bajo el marco teórico y las herramientas planteadas por la Ecología Industrial. Este enfoque teórico se fundamenta en la Economía Ecológica y la Teoría General de Sistemas, la complejidad y la incertidumbre en los procesos de flujo de materiales y energía a través de los sistemas de producción de bienes y servicios. Propende al diseño e implementación de modelos que se ajusten a las dinámicas ecológicas y culturales específicas de cada sistema y materializa la necesaria transición desde los modelos de producción y consumo insostenibles hacia un ecosistema industrial viable en el largo plazo (Graedel & Allenby, 2010).

Para la caracterización del sistema y la identificación de nodos, redes y propiedades emergentes se hace uso de dos metodologías complementarias: i) el Análisis de Flujo de Materiales MFA y ii) el Análisis de Ciclo de Vida del producto LCA (Lopes Silva et al., 2015). Adicionalmente, se propone la optimización de las operaciones logísticas en términos de emisiones contaminantes, riesgo de accidentes y mejora de los efectos ambientales asociados a la recolección, acopio, manejo y disposición de residuos sólidos y peligrosos, con base en modelos matemáticos de ruteo, programación y localización “Green Logistics” (Brandenburg, Govindan, Sarkis, & Seuring, 2014). También resulta de gran relevancia en el análisis la identificación y caracterización de la flota y los equipos asociados a las actividades logísticas. Esto con el objetivo de lograr una optimización en la capacidad instalada y la utilización de la misma, así como una mejora en las

condiciones de seguridad industrial y salud ocupacional de las personas que entran en contacto directo con los residuos (Lin, Choy, Ho, Chung, & Lam, 2014).

La comprensión a profundidad de los PGIR-UN, la identificación de sus propiedades emergentes y la optimización de su plataforma operativa, como proceso iterativo, posibilita plantear estrategias que apunten a la reducción en la generación de residuos, clasificación en la fuente, prolongación del ciclo de vida del producto, reciclaje, utilización de los residuos en la producción de energía o nuevas materias primas a través del diseño e implementación de redes de cooperación interinstitucional. En los casos en que no sea posible implementar ninguna de las alternativas anteriores, las estrategias están encaminadas a lograr una adecuada disposición final de los residuos. Estas estrategias deben integrarse de manera efectiva al Sistema de Gestión Ambiental SGA de la Universidad Nacional de Colombia, a través de mecanismos operativos y de gestión, teniendo en cuenta las relaciones con actores externos y la participación activa de la comunidad universitaria, como actor fundamental, para lograr el mejoramiento continuo de los Programas de Gestión Integral y la reducción en los efectos ambientales producto de la generación de residuos sólidos y peligrosos al interior del campus (Clarke & Kouri, 2009; Lozano et al., 2014.)

De esta manera, se busca entender a la Universidad Nacional de Colombia como un sistema de generación de servicios educativos que, dadas las particularidades académicas, de extensión e investigación, requiere un análisis detallado de las relaciones entre la comunidad académica, la estructura organizacional de la universidad, el espacio físico, la plataforma tecnológica asociada a dicho espacio y las dinámicas de consumo de materiales y energía, así como su conversión a residuos. Estos aspectos en operación sinérgica configuran el comportamiento de los residuos sólidos y peligrosos dentro del campus sede Bogotá, objeto de estudio del presente trabajo.

Esta tesis se divide en 6 capítulos. El capítulo 1 contextualiza la problemática de residuos sólidos a nivel mundial, regional y local, y especifica el problema de investigación, la justificación, el alcance y los objetivos. En el capítulo 2 se presentan marco conceptual y marco teórico de la gestión de residuos sólidos y peligrosos en campus y polígonos de servicio. El capítulo 3 traza la metodología para la obtención, análisis y verificación de información y datos. El capítulo 4 contextualiza e identifica con detalle las

particularidades del sistema estudiado: los PGIR-UN en la sede Bogotá. Se especifican en detalle los procesos administrativos, operativos, las redes de flujo de materiales, los puntos críticos, estimaciones del impacto ambiental de los PGIR-UN y análisis cualitativos de las percepciones sobre la interacción e integración de la comunidad académica con los residuos sólidos y peligrosos generados en el campus,. En el capítulo 5 se identifican las propiedades emergentes más relevantes del sistema y, a partir de estas propiedades, se proponen lineamientos para el mejoramiento continuo de los PGIR-UN Sede Bogotá, basados en los hallazgos del presente trabajo. Finalmente en el capítulo 6 se presentan las conclusiones y recomendaciones.

1. Planteamiento del problema

El modelo económico capitalista, centrado en el paradigma del crecimiento económico ilimitado, requiere un uso cada vez más intensivo de recursos materiales obtenidos del planeta para satisfacer las demandas de consumo de la sociedad moderna globalizada. Dicho consumo intensivo de materiales y energía generan dos fuertes conflictos con los sistemas ecológicos de soporte a la vida y a la actividad económica industrial en general.

El primero de estos conflictos es la continua extracción de recursos naturales de los ecosistemas, ligado a un elevado consumo energético asociado a la transformación de los materiales en mercancías. Debido a los fenómenos de globalización, tercerización de la industria y la división internacional del trabajo, las demandas energéticas del subsistema económico exceden los procesos de fabricación. De esta manera deben tenerse en cuenta, como condición necesaria para el funcionamiento del modelo económico, los procesos de transporte de larga distancia desde los lugares de extracción hasta los entornos industriales de transformación y desde éstos hacia los centros de distribución y consumo.

El segundo conflicto entre el sistema económico mundial y la funcionalidad ecológica del planeta es la creciente demanda de mercancías y el rápido consumo de las mismas, el corto ciclo de vida como paradigma de diseño de los productos y servicios comercializados, así como la carencia crónica de estrategias integradas para la gestión de los residuos sólidos y peligrosos que se generan como producto del consumo, entendido a la par como una actividad económica y social. Como agravante de la problemática, muchas de las mercancías comercializadas exigen la utilización de sustancias químicas peligrosas para los seres humanos, animales y vegetales, y altamente contaminantes para los ecosistemas, ya sea durante los procesos de producción o en las etapas mismas de consumo. Incluso, estas mismas sustancias

peligrosas son las mercancías que son comercializadas, consumidas y vertidas a los ecosistemas por los consumidores al final de las cadenas de suministro.

Ambos conflictos, operando en sinergia, configuran una de las problemáticas más relevantes dentro de la crisis ambiental. Al inicio del ciclo de vida de los productos, la continua extracción de recursos naturales degrada los ecosistemas de soporte a la vida (en algunos casos los destruye por completo) y pone en riesgo cuencas hídricas y especies animales y vegetales que ceden espacio forzosamente a la continuación del modelo extractivista. Durante las etapas de transformación y transporte, el consumo de energía de fuentes fósiles genera emisiones de gases de efecto invernadero y se intensifica el cambio climático antropogénico. Por otra parte, al final del ciclo de vida, cuando los materiales han sido transformados en mercancías comercializadas y utilizadas por los consumidores, dichas mercancías son descartadas y dispuestas directamente a la biosfera en forma de residuos o vertimientos de sustancias peligrosas, generando aún más conflictos entre el modelo económico y los sistemas ecológicos del planeta, evidenciadas en una mayor degradación ambiental.

Si bien existe una carencia de estrategias en gestión integral de los residuos sólidos, que conduce a la disposición final en rellenos sanitarios y quema no controlada, también hay avances importantes en desarrollo de teorías e implementación de las mismas, con el objetivo primordial de reducir la cantidad de residuos sólidos y peligrosos que son depositados en la biosfera (sin tratamiento y sin posibilidades de reciclaje o reutilización). Si se establecen políticas, programas y proyectos integrales de gestión de residuos, no sólo es posible reducir la cantidad de materiales que terminan su ciclo de vida en rellenos sanitarios sino que también es posible, a partir del tratamiento y recirculación, reducir la cantidad de materiales vírgenes extraídos desde los ecosistemas, disminuir significativamente los impactos ambientales asociados a la actividad económica y sentar las bases materiales para la implementación de alternativas al paradigma de crecimiento ilimitado de la economía.

1.1 Antecedentes: Residuos sólidos y peligrosos

A pesar de que la teoría económica clásica y neoclásica ignora que el proceso económico es, en esencia, un proceso de transformación y transporte de materia, dadas

unas inversiones energéticas, existe una dependencia total de las sociedades humanas de la disponibilidad de materiales, recursos, energía y una estructura ecológica de soporte para toda actividad económica (Martínez & Roca, 2013). El aprovechamiento de materiales como entrada para la transformación y la satisfacción de necesidades conduce a la generación de residuos y subproductos, de acuerdo a la primera y segunda ley de la termodinámica (Ayres, 1995). Toda vez que las leyes termodinámicas rigen el funcionamiento mismo del universo, es imposible para ninguna sociedad organizada llevar a cabo cualquier tipo de actividad sin generar residuos en el proceso. Así ha sido desde la existencia misma de la especie humana. En las excavaciones arqueológicas que han permitido trazar y datar la evolución humana se obtiene información a partir de dos fuentes primordiales: restos óseos y residuos sólidos, siendo estos últimos los determinantes para identificar conductas, modos de organización social, avances tecnológicos e incluso variaciones sobre las condiciones de los ecosistemas en el largo plazo (Campbell, 1995).

Si bien la generación de residuos sólidos es una característica ineludible del metabolismo social, antes del surgimiento de la agricultura esto no ocasionaba mayores conflictos, toda vez que los residuos generados por sociedades de cazadores y recolectores son producto de transformaciones simples de materiales orgánicos. Sin embargo, con la aparición de la agricultura y los modelos de organización urbana que esta impulsa y requiere, la generación de residuos aumentó considerablemente en cantidad y riesgo para la salud humana, animal, vegetal y ecológica (Campbell, 1995). Al tratarse de entornos urbanos, la capacidad del ecosistema para asimilar residuos es casi nula. La generación de desperdicios era ya una problemática fundamental en Roma y otros grandes imperios agrarios (Lozada, 2011). Sin embargo, no es hasta la industrialización que la problemática empieza a tomar la dimensión crítica que tiene en la actualidad. Los procesos de industrialización progresiva, así como el fenómeno del consumismo y la globalización en las últimas décadas han acentuado fuertemente el problema. Se estima que para 2025 la generación de residuos sólidos a nivel mundial sea de 2.2 mil millones de toneladas al año. En 2012 se generaron 1.3 mil millones de toneladas (Banco Mundial, 2012). La complejidad creciente de los procesos de producción, así como la de los bienes y servicios comercializados en el sistema económico mundial ha hecho, por otra parte, que se generen cada vez mayor cantidad de nuevas sustancias químicas

peligrosas para los organismos vivos y los ecosistemas, ya sea por su composición química, concentración o acumulación biológica (Banco Mundial, 2012).

La forma tradicional en la que las sociedades humanas han elegido tratar con el problema de la generación continua de residuos sólidos se reduce a depositarlos y trasladar el problema donde no sea visible. Así surgen los rellenos sanitarios y/o los botaderos no controlados como mecanismo para el manejo de residuos sólidos y peligrosos. Alternativas como la reutilización o el reciclaje de materiales nacen en la civilización occidental en épocas recientes y como producto de la creciente conciencia social sobre las problemáticas ambientales, aunque hay evidencia de que otras civilizaciones ya habían desarrollado sistemas para el reaprovechamiento sistemático de residuos sólidos y peligrosos (Lozada, 2011). Sin embargo, el reciclaje y la reutilización no han logrado el alcance requerido, entre otras razones, porque existe poca claridad sobre el concepto mismo de lo que es un residuo. La naturaleza opera de forma tal que la mayor cantidad de residuos son reintegrados a las cadenas tróficas a través de la existencia y operación de nichos ecológicos especializados en el ciclado de materia. Nada se desaprovecha en la naturaleza (Odum & Barret, 2005). Por otra parte, la sociedad industrial se configuró a sí misma de tal forma que los subproductos de las actividades de transformación y consumo tienen un valor económico bajo, incluso nulo. De esta manera, aun cuando los residuos de cierta actividad pueden ser los insumos de entrada para alguna otra; la inexistencia de redes de cooperación, de una infraestructura inadecuada para favorecer un ciclado de materia a nivel industrial y de servicios, así como la carencia de valor económico para las actividades de recuperación y reutilización de materiales, hace que muchos materiales aprovechables simplemente sean descartados y acumulados en rellenos sanitarios (Graedel & Allenby, 2010).

En la actualidad, el 99% de los materiales transformados para dar sustento a las actividades económicas termina en rellenos sanitarios en un lapso menor a seis meses (Banco Mundial, 2012). El sistema mundial de producción de bienes y servicios es notablemente eficiente en los procesos de transformación y distribución de materiales, pero presenta serias deficiencias a la hora de descomponer y reciclar dichos materiales. Se puede argumentar que la sociedad mundial globalizada no es, estrictamente dicho, una sociedad de consumo sino una sociedad del desperdicio (Pardo, 1998). A

continuación, se examina el contexto actual de generación de residuos sólidos y peligrosos a nivel mundial, regional y local.

1.1.1 A nivel mundial

En la actualidad, las ciudades del mundo generan aproximadamente 1.3 mil millones de toneladas de residuos sólidos al año y se espera que esta cifra crezca hasta 2.2 mil millones de toneladas en 2025 (Tabla 1-1). En el año 2002 se generaban 0,63 mil millones de toneladas de residuos al año (Banco Mundial, 2012). Existe una tendencia a crecer de los residuos generados a nivel mundial. Los impactos asociados a la generación de gases de efecto invernadero y de lixiviados en los rellenos sanitarios también están creciendo y presentan fuertes conflictividades en el corto plazo.

Tabla 1-1: Generación de residuos sólidos a nivel mundial. Datos actuales y proyecciones a 2025.

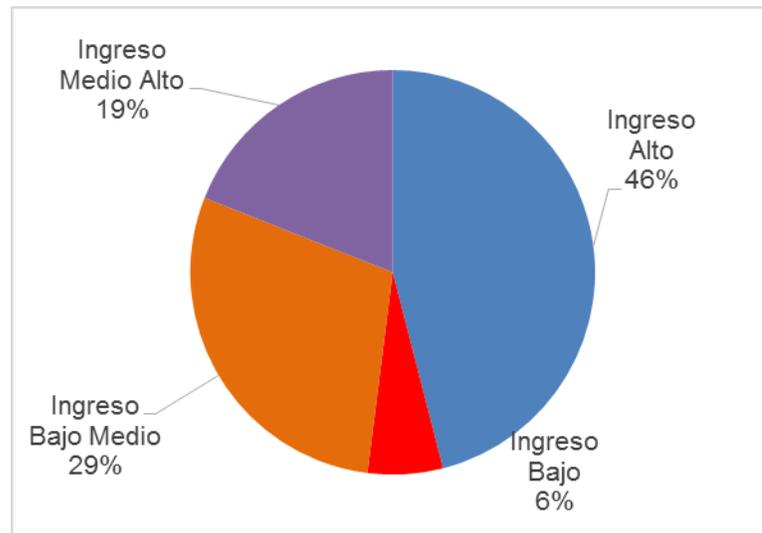
Región	Información actual			Proyecciones a 2025			
	Población urbana (en millones de habitantes)	Generación de residuos sólidos urbanos		Proyección de población		Proyección en residuos sólidos	
		Pér cápita (kg/hab/día)	Total (ton/día)	Población total (millones)	Población urbana (millones)	Per cápita (kg/hab/día)	Total (ton/día)
África	260	0,65	169.119	1152	518	0,85	441.840
Este asiático y Pacífico	777	0,95	738.958	2124	1229	1,5	1.865.379
Asia Central	227	1,1	254.389	339	239	1,5	354.810

Tabla 1-1 (Continuación): Generación de residuos sólidos a nivel mundial. Datos actuales y proyecciones a 2025.

Region	Información actual			Proyecciones a 2025			
	Población urbana (en millones de habitantes)	Generación de residuos sólidos urbanos		Proyección de población		Proyección en residuos sólidos	
		Pér cápita (kg/hab/día)	Total (ton/día)	Población total (millones)	Población urbana (millones)	Per cápita (kg/hb/día)	Total (ton/día)
Latinoamérica y el Caribe	399	1,1	437.545	681	466	1,6	728.392
Medio Oriente y norte de África	162	1,1	1.735.454	379	257	1,43	369.320
OCDE	729	2,2	1.566.286	1031	842	2,1	1.742.417
Sur de Asia	426	0,45	192.410	1938	734	0,77	567.545
TOTAL	2980	1,2	3.532.252	7644	4285	1,4	6.069.703

Fuente: Elaboración propia con base en Banco Mundial (2012)

En los datos de la Tabla 1-1 se puede observar que la generación de residuos per cápita está ligada al nivel de desarrollo económico de una región. Mientras en los países miembros de la OCDE, la producción de residuos sólidos es de 2.2 kg/hab/día, regiones con menor crecimiento económico como África y el sur de Asia generan menos de 0,5 kg/hab/día (Banco Mundial, 2012). La figura 1-1 ilustra la proporción de residuos sólidos generados a nivel mundial, de acuerdo a una clasificación por ingresos. En esta figura es más evidente el hecho de que los países con altos niveles de ingreso per cápita generan más residuos sólidos que los países con bajos niveles de ingreso.

Figura 1-1: Generación de residuos sólidos a nivel mundial por nivel de ingresos..

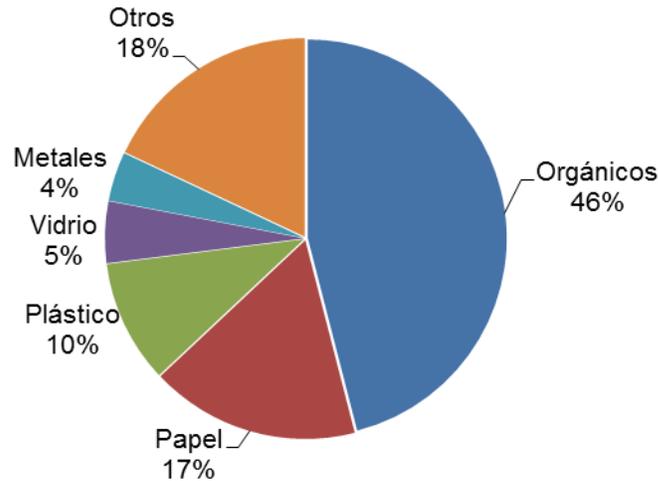
Fuente: Elaboración propia con información de Banco Mundial (2012)

En cuanto a la generación de residuos por tipo, la Figura 1-2 muestra la composición de los residuos sólidos urbanos generados a nivel mundial. Es de notar, que el 46% de los residuos son de tipo orgánico (es decir, con potencial de aprovechamiento para un reciclado directo) y que el 18% correspondiente a la categoría “otros” incluye todos los residuos clasificados como peligrosos. Dicha clasificación se presenta a fondo en el capítulo 2 del presente trabajo.

Si bien el 82% de los residuos sólidos generados a nivel mundial tienen el potencial de reutilización, ya sea como nuevos insumos en procesos productivos (papel, vidrio, metales y plásticos) o como fertilizantes y fuentes de generación de energía (orgánicos), el potencial de reutilización y reciclaje es desperdiciado debido a serias carencias en infraestructura, políticas públicas para el manejo adecuado de los residuos y conciencia social sobre la problemática. La figura 1-3 ilustra la cantidad de residuos sólidos tratados de acuerdo a las diferentes técnicas existentes para el manejo los mismos. Es de resaltar en este caso que, si bien el potencial de aprovechamiento es del 82%, la cantidad de materiales reutilizados ya sea mediante reciclaje directo, compostaje o generación de energía vía incineración es de apenas el 41%. Los demás residuos generados por la

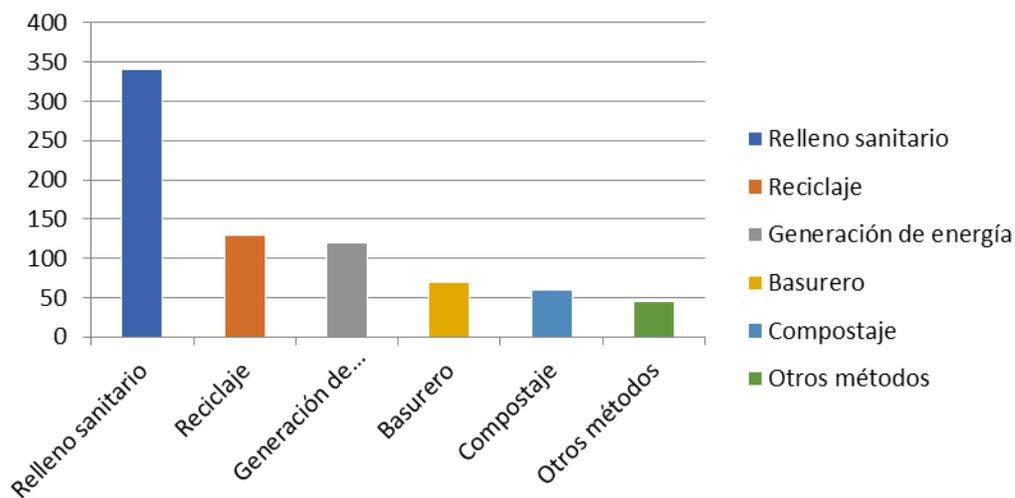
actividad económica mundial resultan en rellenos sanitarios o botaderos de basura a cielo abierto.

Figura 1-2: Generación de residuos sólidos a nivel mundial por tipo de residuo.



Fuente: Elaboración propia con base en Banco Mundial (2012).

Figura 1-3: Opciones de disposición de residuos y cantidades por tipo de opción a nivel mundial (en millones de toneladas).



Fuente: Elaboración propia con base en Banco Mundial (2012).

1.1.2 A nivel regional

Latinoamérica se ha caracterizado en los últimos cincuenta años por una urbanización creciente, ligada a patrones de consumo que requieren cada vez una mayor complejidad en los procesos de producción y distribución, siguiendo la tendencia mundial evaluada en la sección anterior (Sáez et al., 2014). De acuerdo a la tabla 1-1, la población urbana en Latinoamérica era de 399 millones en 2012 y se estima que crezca hasta los 466 millones en 2025 (Banco Mundial, 2012). La región de Latinoamérica y el Caribe es la más urbanizada entre los países considerados “del tercer mundo” y este fenómeno se ha dado por migraciones masivas desde los entornos rurales hacia las metrópolis y grandes urbes, generando y agudizando problemas de segregación social, desigualdad y acceso limitado a servicios públicos y de saneamiento (Sáez et al., 2014).

La Tabla 1-2 muestra la cantidad de residuos sólidos per cápita generados en países desarrollados con respecto a la generación per cápita en los países de Latinoamérica y el Caribe. Las cifras muestran que la generación de residuos sólidos es muy inferior en la región que en países ricos y con altos niveles de consumo.

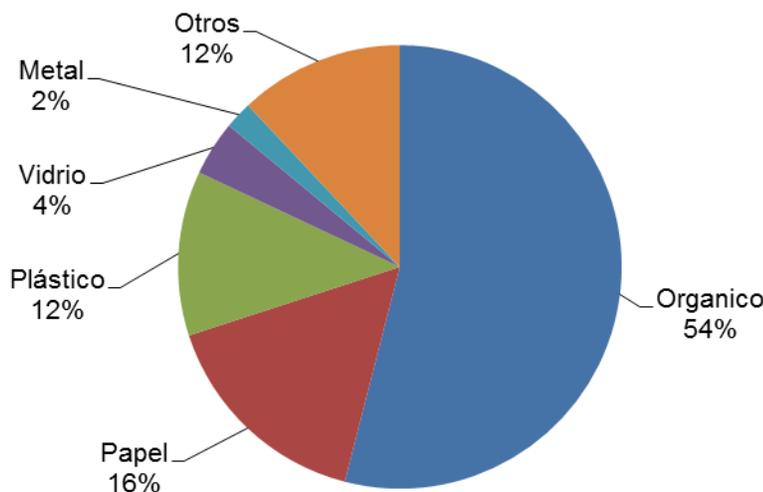
Tabla 1-2: Comparación entre la generación per cápita de residuos sólidos en países desarrollados y en la región de América Latina y el Caribe.

País/Región	Kg/hab/día
Estados Unidos	2,08
Suiza	1,95
Alemania	1,59
España	1,59
Reino Unido	1,56
Italia	1,51
Francia	1,48
Suecia	1,42
América Latina y el Caribe	0,93

Fuente: Elaboración propia con base en (BID, 2012).

La principal problemática con respecto a residuos sólidos y peligrosos en la región subyace en la deficiencia de la infraestructura y la tecnología asociada a la recolección y manejo adecuado de los desperdicios (BID, 2011). Las migraciones desde el campo hacia la ciudad y los procesos desordenados de urbanización han configurado una situación en la cual las administraciones municipales, tradicionalmente encargadas de los servicios de recolección y disposición final de residuos, no alcanzan a cubrir con la totalidad de la demanda en el servicio. Así, las ciudades latinoamericanas recolectan en promedio el 80% de los residuos, mientras que el 20% restante termina en las calles, basureros a cielo abierto, cuencas de agua y demás ecosistemas (BID, 2011; Sáez et al., 2014). Si bien la cobertura en los servicios de recolección ha crecido en la región en los últimos años, existen aún serios problemas de tipo estructural en la calidad del servicio y en las alternativas para el aprovechamiento viable de los residuos.

Figura 1-4: Composición de los residuos sólidos generados en Latinoamérica.



Fuente: Elaboración propia con base en Banco Mundial (2012).

Se estima que solo el 2,2% de los residuos municipales se recuperan formalmente y se reciclan en Latinoamérica (BID, 2011), lo cual conduce a métodos de disposición final inadecuados. En la región el relleno sanitario es el principal sistema utilizado para la gestión de residuos sólidos y peligrosos; sin embargo, solo el 54,4% de la población cuenta con el servicio de disposición final en relleno sanitario (BID, 2011). La infraestructura asociada a la reutilización y reciclaje de materiales en Latinoamérica es

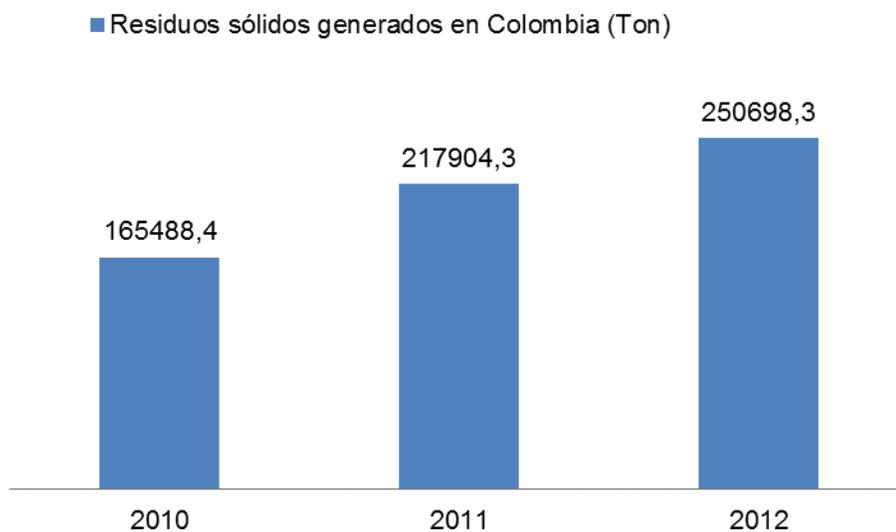
incipiente y tiene serias carencias de capacidad y operatividad. La figura 1-4 muestra la composición de los residuos sólidos generados en la región de Latinoamérica y el Caribe. Más de la mitad de los residuos son de tipo orgánico y el 12% corresponde a la categoría de residuos peligrosos.

El reciclaje como actividad económica es llevada a cabo, normalmente, por recicladores informales pertenecientes a los grupos poblacionales más vulnerables y con menores niveles de ingresos (Rollandi, 2009; Sáez et al., 2014). Su papel es el de satisfacer la demanda de materiales reciclables o reutilizables de bajo costo. Toda la red logística de flujo de materiales recuperados se estableció en la informalidad e incluso ligada a fenómenos de delincuencia organizada, como sucede en el caso particular colombiano (Saéz et al, 2014; BID 2012).

1.1.3 A nivel nacional

Colombia no ha sido ajena a los procesos de urbanización creciente que han tenido lugar en los últimos 50 años, ni a la modificación de los patrones de consumo que se ha dado como fenómeno en toda la región. De igual manera, la cantidad de residuos sólidos y peligrosos generados en el país presenta una tendencia al alza. La figura 1-5 muestra la cantidad de residuos sólidos generados en Colombia entre los años 2010 y 2012. Es clara la tendencia a generar cada vez más residuos sólidos en el país, pero es preocupante el hecho de que la tasa de crecimiento oscile entre 40 y 50 mil toneladas adicionales por año. Sin embargo, de acuerdo a Avendaño (2015), este crecimiento exagerado puede ser ocasionado porque el IDEAM añadió nuevas fuentes de datos.

En cuanto a la cobertura, si bien se mencionó que el BID publicó en 1997 que, a excepción de Bogotá y Medellín, el país no contaba con rellenos sanitarios en condiciones, esta problemática se ha ido solucionando de forma gradual en diversas ciudades y municipios del país. La Superintendencia de Servicios publicó en 2013 la proporción de sistemas de disposición utilizados en Colombia, la cantidad de toneladas dispuestas al día de acuerdo a los diferentes sistemas y el número de municipios que utilizan determinado sistema de tratamiento (ver tabla 1-4).

Figura 1-5: Residuos sólidos generados en Colombia entre los años 2010-2012.

Fuente: Elaboración propia con base en (Avendaño, 2015)

Tabla 1-3: Composición porcentual de residuos sólidos en tres ciudades de Colombia para el año 2009.

Componente	Ciudad		
	Bogotá	Cali	Medellin
Orgánicos			
Residuos de comida	64,3	82,4	59,5
Papel y cartón	8,2	7,9	12
Plásticos y caucho	18,7	2,6	11,3
Textiles	4	0,8	1,9
Cuero	0,3	-	0,3
Madera	0,6	1,4	-
Inorgánicos			
Vidrio	1	1,6	2,7
Metales	0,8	0,1	1,3
Suciedad, cenizas, etc	2,1	3,2	3

Fuente: Elaboración propia con base en (Avendaño, 2015)

Si bien 798 municipios cuentan con rellenos sanitarios, esta cifra representa el 73% de los municipios del país. Es decir, el 27% de los municipios no cuentan ni siquiera con rellenos sanitarios (Avendaño, 2015). El informe de la Superintendencia de Servicios tampoco hace referencia a si los rellenos sanitarios contabilizados tenían condiciones de operación para garantizar la minimización de los impactos ambientales generados por la disposición de los residuos.

Tabla 1-4: Sistemas de disposición de residuos sólidos usados en Colombia y proporción en toneladas y cantidad de municipios. Año 2013.

Tipo/sitio de disposición	Promedio toneladas dispuestas por día	Número de municipios que disponen en este sitio
Relleno sanitario	23866	789
Celdas transitorias	695	51
Botadero a cielo abierto	722	163
Planta integral	294	57
Celdas de contingencia	1122	28
Cuerpos de agua	27	14
Incineración	0	0

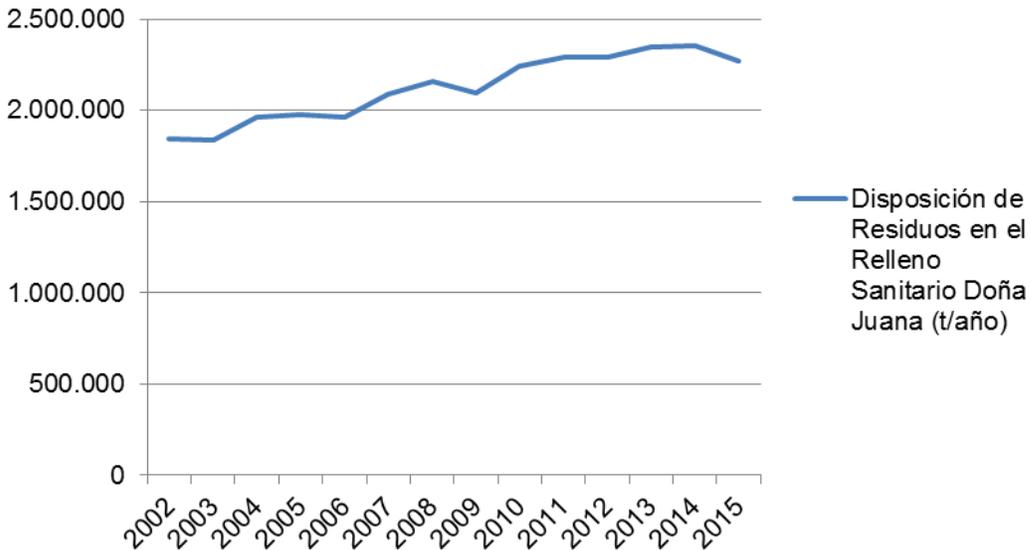
Fuente: Elaboración propia con base en (Avendaño, 2015)

Con respecto a los residuos peligrosos, en el año 2011 se generaron en Colombia 174.418 toneladas. En 2010 la cifra fue de 141.735 toneladas y en 2009 se generaron 176.887 toneladas (IDEAM, 2012). Sin embargo, al igual que con los datos correspondientes a residuos sólidos ordinarios, entre el año 2010 y 2011 se incluyeron nuevos registros que afectaron la cifra final obtenida. También es necesario aclarar que en residuos peligrosos la medida de cantidad no es indicativa por sí misma. Es decir, en este caso no solo influyen las toneladas generadas sino la peligrosidad del residuo para la salud humana y de los ecosistemas. Se profundizará en la peligrosidad de los residuos, así como en la legislación nacional vigente con respecto al manejo y disposición de residuos sólidos y peligrosos en la sección 2 del presente trabajo.

La infraestructura y los procesos logísticos asociados a la recolección de residuos sólidos en Colombia han visto, desde principios del siglo XXI, un fenómeno de privatización sistemática del servicio que, tradicionalmente, fue responsabilidad de las administraciones municipales y solía representar entre el 20 y el 40% del gasto presupuestal de las administraciones (Banco Mundial, 2012; BID, 2011). Dicha privatización se ha dado bajo intereses económicos y políticos bien definidos. En el caso particular de la ciudad de Bogotá, la Alcandía de Gustavo Petro intentó implementar un modelo de basura cero, que generó debates políticos en contra y choques de intereses económicos y políticos que condujeron a su destitución temporal del cargo. La figura 1-6 muestra la cantidad de residuos dispuestos en el Relleno Sanitario Doña Juana en el periodo 2002- 2015.

El reciclaje se hace tradicionalmente en la informalidad y, al igual que en otros países de Latinoamérica, se efectúa por miembros de poblaciones vulnerables, con escasos recursos económicos y sin equipos ni infraestructura adecuados para todo el proceso logístico (BID, 2011).

Figura 1-6: Cantidad de residuos sólidos dispuestos en el Relleno Sanitario Doña Juana.



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del Observatorio Ambiental de Bogotá.

La problemática de los residuos sólidos en Bogotá excede las cuestiones de poder político y se materializan en el hecho de que el Relleno Sanitario Doña Juana, principal vertedero controlado de los residuos generados en la ciudad, está al borde del colapso. Las estimaciones de capacidad del Doña Juana hechas en 2007 por la Agencia de Protección Ambiental Estadounidense, EPA (por sus siglas en inglés *Environmental Protection Agency*), hablan de una fecha de clausura para el año 2016, correspondientes a una capacidad total de 32'800.000 toneladas (SCS Engineers, 2007). Al momento de escribir este trabajo y toda vez que el modelo de basura cero planteado por la alcaldía no fue implementado a cabalidad, la administración distrital no cuenta aún con estrategias claras para el tratamiento y disposición final de los residuos sólidos de la ciudad. Ya se han presentado varias emergencias sanitarias en Doña Juana, incluyendo un deslizamiento de 500.000 toneladas en el año 1997, generado por una explosión por acumulación de lixiviados que ocasionó serias afectaciones de salubridad en los sectores cercanos al relleno, siendo los más afectados los habitantes del municipio de Mochuelo, Cundinamarca, y de las localidades de Usme y Ciudad Bolívar (SCS Engineers, 2007).

1.2 Descripción del problema: Residuos sólidos y peligrosos en la Universidad Nacional de Colombia

La Universidad Nacional de Colombia no es ajena, a la problemática de generación y disposición de residuos sólidos y peligrosos. En el año 2015 el campus de la sede Bogotá generó 684 toneladas de residuos y en 2014 la cifra fue de 730 toneladas, correspondientes a una población superior a 30.000 personas que tienen acceso al campus diariamente. Las actividades de docencia, investigación y extensión, así como las dinámicas propias de la comunidad universitaria generan residuos sólidos y peligrosos. Si bien en la Universidad Nacional existe un Comité Técnico de Gestión Ambiental, un Sistema de Gestión Ambiental y Programas de Gestión Integral de Residuos Peligrosos y No Peligrosos (PGIR-UN) que ha permitido una reducción continua en la cantidad de residuos generados, reaprovechados en la generación de energía y producción de fertilizantes, entre otras, aún los PGIR-UN presentan grandes oportunidades de mejora y potencialidades que permitirían lograr una mayor reducción de los residuos generados. En el capítulo 3 del presente trabajo se realiza una caracterización a profundidad de la Universidad Nacional de Colombia y sus modelos de

gestión de residuos sólidos y peligrosos. Dichas oportunidades solo pueden ser detectadas y aprovechadas si se realiza un análisis que entienda en detalle las particularidades del campus, de la comunidad universitaria, sus actividades académicas y de esparcimiento, así como las cuestiones técnicas asociadas a los procesos logísticos de recolección.

En aras de reducir los efectos e impactos ambientales que la actividad de la Universidad Nacional de Colombia genera sobre los ecosistemas y sobre la salud humana, es necesario plantear estrategias sistémicas que ataquen el problema en todas sus fases, desde los hábitos de consumo y la generación en la fuente, pasando por los sistemas logísticos de recolección, proponiendo la inclusión de nuevas alternativas de manejo viable y el mejoramiento continuo de las ya existentes, hasta llegar a una minimización continua de la cantidad de residuos sólidos y peligrosos que salen desde el campus hacia el Relleno Sanitario Doña Juana y en general a la biósfera. Deben tenerse en cuenta las complejidades y propiedades emergentes de la Universidad Nacional, entendida de forma sistémica, así como el rol que tiene como principal centro de formación universitaria y de investigación en el país.

1.3 Formulación del problema

Teniendo en cuenta la necesidad de reducir los efectos e impactos ambientales generados por la actividad de la Universidad Nacional de Colombia – sede Bogotá, debe entenderse a profundidad la dinámica de flujos de materia y energía dentro del campus y la adaptación de los PGIR-UN a las necesidades y características específicas del espacio geográfico, la estructura ecológica y las particularidades culturales de la comunidad académica. El análisis detallado del sistema, es el insumo para la construcción de lineamientos y propuestas que puedan convertirse en proyectos de mejoramiento continuo, que tiendan hacia el establecimiento de un modelo de gestión integral del metabolismo urbano al interior del campus. Surgen así las siguientes preguntas:

1.3.1 Preguntas de investigación

- ¿Cuáles son las dinámicas de generación, flujo, recolección, selección y disposición de residuos sólidos y peligrosos al interior del campus de la Universidad Nacional de Colombia – sede Bogotá?

- ¿La plataforma tecnológica y material instalada en la Universidad Nacional de Colombia – sede Bogotá se adecúa a las necesidades, dinámicas y propiedades emergentes del sistema de redes de flujo de residuos peligrosos y no peligrosos?
- ¿Cuáles son las potencialidades y aspectos a mejorar para lograr un mejoramiento continuo en los PGIR-UN del campus y una prevención y/o mitigación de los efectos ambientales ocasionados por la actividad de la universidad?
- ¿Cómo influyen las percepciones, costumbres y hábitos de consumo de la comunidad universitaria en el desempeño logístico del sistema de recolección de residuos?

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

Analizar los Programas de Gestión Integral de Residuos Peligrosos y No Peligrosos de la Universidad Nacional de Colombia – Sede Bogotá desde una perspectiva sistémica.

1.4.2 Objetivos específicos

- Identificar el metabolismo y las propiedades emergentes del sistema de flujo de materiales y recolección de residuos del campus y su relación con la comunidad universitaria.
- Fijar metas realizables de mejoramiento continuo en la gestión, operación y en los mecanismos de evaluación del sistema para el corto y mediano plazo.
- Generar lineamientos desde la plataforma tecnológica para la gestión, manejo y recolección óptimos de los residuos sólidos y peligrosos en el campus.

1.5 Justificación e importancia del tema

La Universidad Nacional de Colombia, siendo el principal centro de formación superior e investigación del país, podría ser líder en los procesos de transformación cultural que se requieren en tiempos de crisis ambiental. Así, entender los Programas de Gestión Integral de Residuos Peligrosos y No Peligrosos como un sistema, es esencial para la mejora de la relación entre la comunidad universitaria, el campus y los servicios ecológicos de soporte a la actividad académica, en términos de uso de materiales, generación de residuos, gastos energéticos asociados y la comprensión del componente

cultural como un factor fundamental en dicha relación. Por otra parte, los avances que se logren al interior del campus y en las estructuras de gestión y operación en la Universidad Nacional de Colombia han de servir como ejemplo y ruta a seguir para otras instituciones educativas y para la sociedad colombiana en general.

Existe un fuerte vínculo entre los patrones de consumo, las particularidades culturales, la generación de residuos sólidos y peligrosos y el impacto ambiental ocasionado por las actividades académicas, de extensión e investigación propias del componente misional de la universidad. Por tanto, es necesario vincular a la comunidad académica a los Programa de Gestión Integral de Residuos Peligrosos y No Peligrosos mediante el establecimiento de mecanismos participativos e inclusivos, toda vez que la participación de la comunidad es un componente clave en el manejo efectivo de residuos que propenda a la prevención, reducción, mitigación en la generación y al manejo ambientalmente viable de los mismos.

Adicional a la reducción de los efectos ambientales de la generación de residuos, el análisis a profundidad y mejoramiento continuo de un programa hecho a la medida del campus permite una reducción en los costos de operación y establece los lineamientos para la definición y aplicación de las mejores alternativas para el manejo, reutilización, reciclaje o disposición final de los residuos sólidos. Se tiene como premisa fundamental que los ecosistemas que prestan servicios en la producción de bienes y en la disposición final de los residuos, al final del ciclo de vida del producto tienen límites físicos determinados por las leyes termodinámicas y las dinámicas ecológicas, a los cuales cualquier sistema de producción de bienes y servicios, incluyendo servicios educativos, debe adaptarse en busca de una viabilidad ambiental de largo plazo.

2. Gestión de los residuos sólidos y peligrosos en campus universitarios

Las actividades académicas, de investigación y extensión, propias de cualquier espacio físico asociado a la educación superior, generan necesariamente residuos sólidos y peligrosos que, en su etapa de disposición final, pueden entrar en contacto con los ecosistemas y generar efectos e impactos sobre los mismos. En el presente capítulo se introducen los conceptos de residuos sólidos y peligrosos, su clasificación, alternativas de manejo viable y modelos para la recolección y disposición final. Igualmente, se hace un recorrido por los principales planteamientos que surgen desde la Teoría General de Sistemas, la Ecología Industrial y la Logística Verde para el diseño e implementación de redes de flujo de materiales y residuos, que permitan minimizar la cantidad de subproductos que finalizan su ciclo de vida en rellenos sanitarios o basureros. También se introducen modelos de gestión integral de residuos sólidos y peligrosos en campus universitarios y demás polígonos de servicios, ligados a la implementación de análisis de tipo sistémico, en el flujo de dichos residuos desde la generación hasta la disposición final. Por último, se hace una revisión de la legislación colombiana vigente con respecto a la gestión integral de residuos sólidos y peligrosos.

2.1 Marco conceptual

Se establecen a continuación las definiciones, generalidades, clasificaciones y tendencias mundiales con respecto al manejo y disposición de residuos sólidos y peligrosos en entornos urbanos. Del mismo modo, se identifican las fuentes principales de generación a nivel mundial y las diversas alternativas para el manejo y disposición final.

2.1.1 Los residuos sólidos y peligrosos y su clasificación

De acuerdo a las leyes de la termodinámica, la energía tiende a degradarse a medida que es utilizada en procesos de transformación y reciclado de materia. En la naturaleza existe una constante renovación de materia y producción de residuos, toda vez que ningún sistema termodinámico es 100% eficiente (Graedel & Allenby, 2010). De igual manera los sistemas de producción de bienes y servicios están generando continuamente subproductos de la transformación y el consumo, que pueden o no ser reintegrados dentro de las actividades humanas. Si bien existen varias definiciones de lo que es un residuo y se establecen diferencias conceptuales entre residuos (subproductos reaprovechados por el subsistema económico) y basuras (subproductos no aprovechados y enviados a disposición final), dicha diferenciación conceptual se estructura en términos de la capacidad instalada y las políticas públicas puntuales que maneje cada municipalidad con respecto al manejo de dichos subproductos (Rodríguez, 2011). De esta manera, la frontera entre residuos y basuras se establece en las políticas de manejo. Para efectos teóricos y siguiendo la línea de los planteamientos en Ecología Industrial sobre los cuales se fundamenta el análisis desarrollado en este trabajo, se entenderá como residuo cualquier subproducto de la actividad humana, sea o no reutilizado por el subsistema económico.

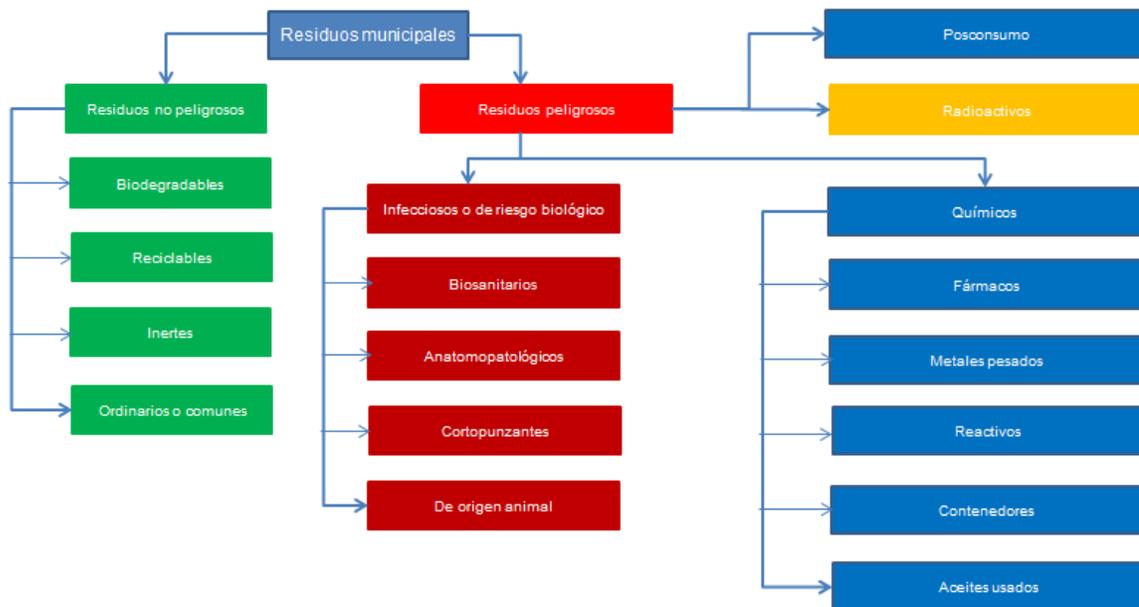
Las problemáticas asociadas a la generación de residuos subyacen tanto en la cantidad como en la variedad y efectos ambientales. Por sus características, su interacción con el medio natural y sus posibilidades de manejo, existen principalmente dos clases: i) residuos no peligrosos y ii) residuos peligrosos. Ambas categorías se definen a continuación.

- **Residuos no peligrosos**

Los residuos no peligrosos son aquellos generados en cualquier lugar y en el desarrollo de las actividades normales del generador. La particularidad de este tipo de residuos es que no presentan riesgos inmediatos para la salud humana o el ambiente (Universidad Nacional de Colombia, 2007), aunque sí pueden generar problemáticas en la etapa final del ciclo de vida de los productos, debido a las prácticas de quema no controlada o disposición en rellenos sanitarios cercanos a poblaciones humanas o animales, cuencas

de agua y otros ecosistemas estratégicos (Ayres, 1999). La figura 2-1 muestra la clasificación de los residuos de acuerdo a su nivel de peligrosidad y tipo.

Figura 2-1: Clasificación de los residuos municipales por nivel de peligrosidad y tipo.



Fuente: Elaboración propia con base en (UNAL, 2007)

Los residuos no peligrosos se pueden clasificar a su vez de acuerdo al tipo de material en las siguientes categorías (BM; 2012)

- **Biodegradables:** Aquellos cuyas características físico-químicas permiten una fácil asimilación por los entornos naturales en lapsos de tiempo cortos. Los residuos que pueden ser fácilmente transformados en materia orgánica y los residuos orgánicos propiamente dichos como alimentos entran en la categoría de biodegradables.
- **Reciclables:** Son los residuos que no pueden ser incorporados a los entornos naturales con facilidad, o bien que requieren lapsos de tiempo muy largos para que los ecosistemas puedan asimilarlos. Tienen la característica fundamental de que pueden ser recuperados sin mayores esfuerzos tecnológicos y pueden ser reincorporados a los procesos productivos como materias primas o insumos. Entre los residuos reciclables se cuentan algunos papeles y plásticos, elementos

metálicos, vidrio, telas y componentes obsoletos de equipos mecánicos y electrónicos.

- **Inertes:** De igual forma que los residuos reciclables, no pueden ser incorporados a los entornos naturales o bien dicha incorporación toma periodos de tiempo prolongados. Sin embargo, la diferencia entre los residuos reciclables y los inertes es que estos últimos tampoco pueden ser reutilizados como materia en procesos productivos, ocasionando efectos ambientales negativos en su interacción con los entornos naturales. Entre estos se encuentran los escombros de construcción y demás residuos pétreos, algunos tipos de papel y algunos plásticos y variedades de poliestireno (conocido en Colombia como icopor).
- **Ordinarios o comunes:** Se generan en el desempeño normal de cualquier actividad de los núcleos poblacionales a escala unitaria en viviendas, urbana-regional o industrial y de servicios. Corresponden a elementos desechados de oficinas, cafeterías, salas de espera, emplazamientos públicos, entre otros. La característica fundamental de los residuos comunes u ordinarios es que, en principio, pueden ser reciclables o biodegradables, pero debido a un manejo inadecuado éstos pierden dichas potencialidades.

De acuerdo al Informe de la Evaluación Regional del Manejo de Residuos Sólidos Urbanos en América Latina (BID, 2011) y al informe What a Waste (Banco Mundial, 2012), los residuos sólidos, pueden clasificarse en cuatro categorías dependiendo de la fuente de generación:

- **Residuos sólidos domiciliarios:** De origen exclusivamente residencial y generados por la actividad humana y familiar dentro de las viviendas
- **Residuos sólidos urbanos o municipales:** Generados por las actividades propias de los núcleos poblacionales en general. En esta categoría se incluyen los residuos de origen domiciliario, comercial y de servicios, institucional, industrial e institucional, así como los residuos producidos en actividades de mantenimiento del espacio público tales como barridos en calles, plazas públicas y por la poda de plantas.
- **Residuos especiales:** Aquellos que no se consideran peligrosos pero tampoco pueden entrar de una forma directa en la categoría de residuos sólidos urbanos; es decir, se encuentran en un punto intermedio determinado por los potenciales

efectos ambientales que son capaces de generar si no se disponen de manera adecuada y porque constituyen en sí mismos grandes volúmenes. En esta categoría entran artefactos como muebles, colchones, electrodomésticos, restos de automóviles y neumáticos usados, entre otros.

- **Residuos de la construcción:** Producidos durante el proceso de construcción o demolición de infraestructuras de cualquier tipo. Usualmente están compuestos por hormigón, ladrillos, madera usada y piezas metálicas de soporte estructural (varillas y vigas), así como materiales de embalaje plástico o de cartón.

- **Residuos peligrosos**

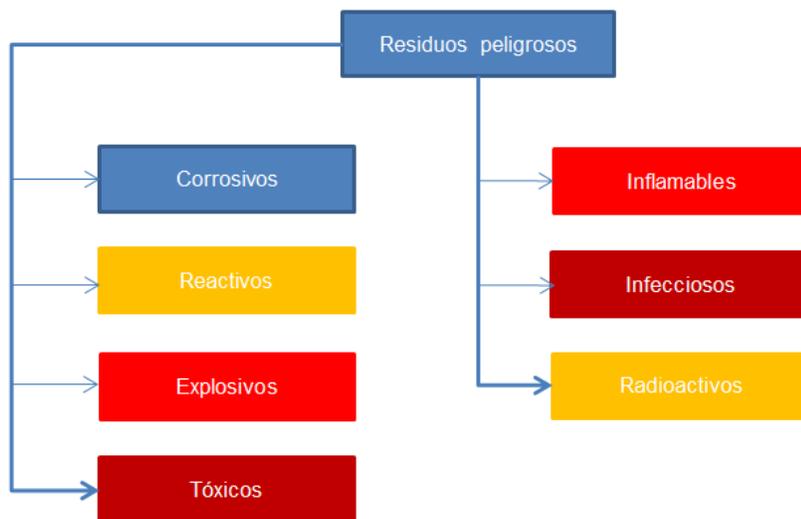
Los residuos peligrosos son aquellos que presentan algún tipo de riesgo directo o indirecto para los seres humanos, animales y plantas, cuencas de agua y ecosistemas. De igual manera se consideran peligrosos aquellos embalajes, envases y empaques que hayan tenido contacto con sustancias peligrosas. Para que un residuo se considere peligroso debe ser infeccioso, combustible, inflamable, explosivo, reactivo, radiactivo, volátil o de toxicidad comprobada (PNUMA, 1992; UNAL, 2007; IDEAM, 2012; BM, 2012). La conceptualización de los residuos peligrosos no obedece exclusivamente a una definición técnica de propiedades físico-químicas que permiten identificarlos como riesgosos en su interacción con sistemas vivos sino también a la evolución de normas formales legales e informales que adopta determinado grupo social para controlar dichas sustancias (Lozada, 2011). En Colombia se utilizan los lineamientos otorgados por el Código CRETIB para identificar las características que permiten clasificar un residuo en la categoría de peligroso (Lozada, 2011). Así, se tienen los siguientes tipos de sustancias peligrosas:

- Corrosivas (C)
- Reactivas (R)
- Tóxicas (T)
- Inflamables (I)
- Biológicas-patológicas (B)

Según la legislación colombiana, mediante el Decreto 4741 de 2005 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, se establece que la peligrosidad del residuo

se determina de acuerdo a su clasificación en el Código CRETIB, como se muestra en la Figura 2-2.

Figura 2-2: Clasificación de los residuos peligrosos de acuerdo a sus características.



Fuente: Elaboración propia con base en (PNUMA, 1992)

De acuerdo con el Convenio de Basilea (PNUMA, 1992), el Decreto 2676 de 2000 y el Decreto 351 de 2014, los residuos peligrosos pueden clasificarse en:

- **Residuos Infecciosos o de Riesgo Biológico**

Son aquellos que contienen microorganismos patógenos tales como bacterias, parásitos, virus, hongos, virus oncogénicos y recombinantes como sus toxinas, con el suficiente grado de virulencia y concentración que pueda producir una enfermedad infecciosa en huéspedes susceptibles. Todo residuo hospitalario y similar que se sospeche haya sido mezclado con residuos infecciosos (incluyendo restos de alimentos parcialmente consumidos o sin consumir que han tenido contacto con pacientes considerados de alto riesgo) o genere dudas en su clasificación, debe ser tratado como tal. Los residuos infecciosos o de riesgo biológico se clasifican en:

- **Biosanitarios:** Son todos aquellos elementos o instrumentos utilizados durante la ejecución de los procedimientos asistenciales que tienen contacto con materia orgánica, sangre o fluidos corporales del paciente humano o animal tales como:

gasas, apósitos, aplicadores, algodones, drenes, vendajes, mechas, guantes, bolsas para transfusiones sanguíneas, catéteres, sondas, material de laboratorio como tubos capilares y de ensayo, medios de cultivo, láminas porta objetos y cubre objetos, laminillas, sistemas cerrados y sellados de drenajes, ropas desechables, toallas higiénicas, pañales o cualquier otro elemento desechable.

- **Anatomopatológicos:** Son los provenientes de restos humanos, muestras para análisis, incluyendo biopsias, tejidos orgánicos amputados, partes y fluidos corporales, que se remueven durante necropsias, cirugías u otros procedimientos, tales como placentas, restos de exhumaciones entre otros.
- **Cortopunzantes:** Son aquellos que por sus características punzantes o cortantes pueden dar origen a un accidente percutáneo infeccioso. Dentro de estos se encuentran: limas, lancetas, cuchillas, agujas, restos de ampollas, pipetas, láminas de bisturí o vidrio, y cualquier otro elemento que por sus características físicas pueda lesionar y ocasionar un riesgo infeccioso.
- **De animales:** Son aquellos provenientes de animales de experimentación, inoculados con microorganismos patógenos y/o los provenientes de animales portadores de enfermedades infectocontagiosas.

Residuos Químicos

Son los restos de sustancias químicas y sus empaques o cualquier otro residuo contaminado con estos, los cuales, dependiendo de su concentración y tiempo de exposición tienen el potencial para causar la muerte, lesiones graves o efectos adversos a la salud y el medio ambiente. Se pueden clasificar en:

- **Fármacos parcialmente consumidos, vencidos y/o deteriorados:** Son aquellos medicamentos vencidos, deteriorados y/o excedentes de sustancias que han sido empleadas en cualquier tipo de procedimiento, dentro de los cuales se incluyen los residuos producidos en laboratorios farmacéuticos y dispositivos médicos que no cumplen los estándares de calidad, incluyendo sus empaques.
- **Residuos de Citotóxicos:** Son los excedentes de fármacos provenientes de tratamientos oncológicos y elementos utilizados en su aplicación tales como: jeringas, guantes, frascos, batas, bolsas de papel absorbente y demás material usado en la aplicación del fármaco.

- **Metales Pesados:** Son objetos, elementos o restos de estos en desuso, contaminados o que contengan metales pesados como: Plomo, Cromo, Cadmio, Antimonio, Bario, Níquel, Estaño, Vanadio, Zinc, Mercurio. Este último procedente del servicio de odontología en procesos de retiro o preparación de amalgamas, por rompimiento de termómetros y demás accidentes de trabajo en los que esté presente el mercurio.
- **Reactivos:** Son aquellos que por sí solos y en condiciones normales, al mezclarse o al entrar en contacto con otros elementos, compuestos, sustancias o residuos, generan gases, vapores, humos tóxicos, explosión o reaccionan térmicamente colocando en riesgo la salud humana o el medio ambiente. Incluyen líquidos de revelado y fijado, residuos de laboratorios, medios de contraste, reactivos de diagnóstico in vitro y de bancos de sangre.
- **Contenedores Presurizados:** Son los empaques presurizados de gases anestésicos, medicamentos, óxidos de etileno y otros que tengan esta presentación, llenos o vacíos.
- **Aceites usados:** Son aquellos aceites con base mineral o sintética que se han convertido o tornado inadecuados para el uso asignado o previsto inicialmente, tales como: lubricantes de motores y de transformadores, aceites usados en vehículos, grasas, aceites de equipos y residuos de trampas de grasas.

Residuos Radiactivos

Son sustancias emisoras de energía predecible y continua (alfa, beta o de fotones), cuya interacción con materia puede dar lugar a rayos X y neutrones. Estos residuos contienen o están contaminados por radionúclidos, en concentraciones o actividades superiores a los niveles de exención establecidos por la autoridad competente para el control del material radiactivo, y para los cuales no se prevé ningún uso. Se originan en el uso de fuentes radiactivas adscritas a una práctica y se retienen con la intención de restringir las tasas de emisión a la biosfera, independientemente de su estado físico.

2.1.2 Generación de residuos sólidos y peligrosos

De acuerdo al informe *What a Waste*, publicado por el Banco Mundial (2012), la generación de residuos sólidos y peligrosos varía en composición y cantidad dependiendo de la actividad económica y social desarrollada en diversos entornos tanto de producción de bienes y servicios como de consumo de los mismos. Así, se tienen en cuenta las siguientes actividades, con particularidades propias en la generación:

- Residencial:
- Industrial
- Comercial
- Institucional
- Construcción y demolición
- Servicios municipales
- Producción
- Hospitales y servicios médicos
- Agricultura

El campus de la Universidad Nacional de Colombia – Sede Bogotá, dadas sus funciones académicas, de extensión e investigación, así como las actividades de soporte al componente misional de la institución, presenta actividades de tipo comercial, institucional, de construcción y demolición, servicios municipales (principalmente asociado a la recolección de residuos sólidos, barridos y tratamiento de aguas), hospitalarias y agrícolas (IDEA, 2005). Los residuos asociados a estas actividades son, principalmente (Banco Mundial, 2012):

- Papel y cartón
- Plásticos
- Madera
- Sobrantes de comida
- Metales
- Residuos electrónicos
- Residuos peligrosos (hospitalarios, químicos y farmacéuticos, biomasa animal, pesticidas)

- Concreto, ladrillos y escoria
- Barredura
- Residuos orgánicos por la poda de pastos y árboles

Se han hecho hallazgos que relacionan la cantidad de residuos sólidos generados con diferencias en los niveles socioeconómicos de los individuos generadores. Es posible establecer diferentes parámetros socioeconómicos para la desagregación de las tasas de generación, tales como nivel educativo, ocupación, ingresos económicos personales o del grupo familiar, número de miembros en las unidades residenciales, industriales o comerciales, entre otros (Khan et al., 2016). También se ha encontrado evidencia estadística que apunta a que las políticas públicas asociadas al manejo de residuos sólidos influye en la generación de los mismos, a la vez que el crecimiento poblacional no es *per se* un factor que influya de forma directa en el incremento de residuos producidos por un entorno particular (Grazhdani, 2016).

Si bien existen generalidades con respecto a los tipos de residuos generados por las diferentes actividades económicas y sociales ya mencionadas, es necesario determinar y caracterizar tanto la cantidad y composición como las fuentes puntuales de los diferentes tipos de residuos generados en un entorno particular. También resulta necesario identificar las dinámicas de flujo de los residuos, toda vez que esta información es el insumo básico para cualquier análisis posterior (Turner et al., 2015).

Existen metodologías básicas para la identificación de fuentes y cantidades de residuos generados por un sistema de producción o servicios, principalmente relacionadas con el muestreo directo y el pesaje de los residuos una vez llegan a los centros de acopio (Armijo de Vega et al., 2008). Sin embargo, como se mencionó en la introducción del presente capítulo, desde el enfoque de Ecología Industrial se propone el análisis de metabolismos industriales a través de las herramientas MFA y LCA como metodología sistémica para desarrollar dicha caracterización.

2.2 Marco teórico

La generación de residuos sólidos y peligrosos es un problema de orden sistémico y enraizado en falencias fundamentales del modelo económico preponderante. Del mismo modo, la problemática se configura en términos de debilidad institucional, de infraestructuras inadecuadas, hábitos de consumo y visiones y percepciones de tipo sociocultural. Un análisis efectivo sobre la generación, tratamiento y disposición final de los mismos requiere un enfoque sistémico e integrador de todos los elementos que configuran la problemática, que permita a su vez identificar las potencialidades y oportunidades que permitan una gestión más adecuada de los residuos.

Como se expuso en la introducción del presente capítulo, el enfoque sistémico e integral propuesto por la Ecología Industrial, su entendimiento de las dinámicas ecológicas y su relación con la cultura, así como la variedad de herramientas cuantitativas y cualitativas para entender los flujos de materia y energía y sus relaciones tanto con los ecosistemas naturales como con los tecnoecosistemas construidos socialmente, hacen de este enfoque teórico una alternativa robusta y holística para el análisis y evaluación sistémica de los PGIR-UN. Adicionalmente, los planteamientos en optimización de factores e indicadores ambientales dados por la logística verde permiten aterrizar los hallazgos del análisis en ecología industrial y convertirlos en propuestas concretas y tangibles para el mejoramiento de los PGIR-UN y la mejora en las condiciones ambientales asociadas a la generación de residuos peligrosos y no peligrosos al interior del campus. Teniendo en cuenta lo anterior se exponen a continuación los principales fundamentos teóricos en Ecología Industrial.

2.2.1 Ecología Industrial y Teoría de sistemas

A pesar de que suele considerarse que los entornos industriales son por completo ajenos a la biosfera y a las leyes y enfoques ecosistémicos, y que se tiende a pensar que tanto las ciudades como sus producciones industriales están de un lado y el entorno natural en el otro, la ecología industrial tiene el planteamiento contrario. Así, los entornos industriales de producción de bienes y servicios pueden ser considerados, como subsistemas que se alimentan e interactúan con el ambiente en términos de ciclos de materia y flujos de energía e información, sin poder ser disociados de los recursos y

servicios prestados por la biosfera, en un comportamiento análogo al de los ecosistemas (Erkman, 1997).

Los sistemas industriales son parte fundamental de las ciudades, definidas por Odum como tecnoecosistemas y entendidas desde un punto de vista ecológico como parásitos de la biosfera. Si un parásito toma más recursos de los que su huésped puede otorgarle sin afectar sus propios procesos de metabolización de energía, tanto el parásito como el huésped se verán en situaciones de riesgo (Odum, 2005). Teniendo en cuenta lo anterior, resulta de gran interés e importancia analizar las relaciones entre los componentes al interior del aparato industrial y las que surgen entre este y el medio natural que lo circunda, lo alimenta y funciona como vertedero de sus residuos, en términos de relaciones ecosistémicas.

2.2.1.1 Teoría general de sistemas

Un sistema puede ser entendido como un conjunto de partes interdependientes y que interactúan a través de intercambios de materia, energía o información y sujetos a un plan común o sirviendo un propósito conjunto (Graedel & Allenby, 2010). Todos los sistemas están configurados como redes con nodos que establecen relaciones con otros nodos a través de arcos, en los que se dan los flujos de materia, energía o información y que mantienen al sistema operando como un todo. Además de las relaciones directas de intercambio, también los nodos de una red comparten similitudes y relaciones continuas, así como interacciones y transacciones en tiempo discreto (Schiller et al., 2014). Los sistemas pueden ser de tipo simple o lineal y de tipo complejo. De acuerdo a Graedel & Allenby (2010), esta diferenciación acarrea ciertos principios que se exponen a continuación:

- Los sistemas simples tienen a comportarse de manera lineal, o en otras palabras, las salidas del sistema están linealmente relacionadas a las entradas. Si se tienen dos elementos A y B, la relación lineal genera un impacto (Y) dado (Ecuación XX)

$$Y=A+B \quad (2.1)$$

En los sistemas complejos, la interacción de dos o elementos dan lugar a propiedades emergentes que no pueden ser totalizados ni comprendidos mediante una suma aritmética. La interacción entre los elementos A y B se puede describir de forma general con la Ecuación 2.2

$$Y=A+B+(AB) \quad (2.2)$$

- Los sistemas simples pueden ser analizados en términos de relaciones causa-efecto y es relativamente sencillo hacer predicciones de futuro y trazabilidad de eventos pasados. Sin embargo, los sistemas complejos, dados los flujos de retroalimentación y otras características de respuesta a estímulos, complican el establecimiento de relaciones de tipo causa-efecto lineales.
- Los sistemas complejos se caracterizan por discontinuidades significativas en el espacio y el tiempo.
- Los sistemas simples tienden a estabilizarse en un punto de equilibrio conocido, en el cual es posible predecir las respuestas que el sistema tendrá a alteraciones y perturbaciones externas. Muchos sistemas complejos operan lejos del equilibrio, en estados de constante adaptación a las condiciones cambiantes internas y del entorno.

Los entornos de producción, distribución y consumo de materiales transformados, así como las redes de transporte, manejo y disposición final de los residuos sólidos y peligrosos operan de acuerdo a la teoría general de sistemas, obedeciendo a los principios mencionados anteriormente. La Ecología Industrial es el planteamiento teórico derivado de la Teoría General de Sistemas para analizar los sistemas de producción, consumo y tratamiento de residuos.

2.2.1.2 Definiciones y alcance de la Ecología Industrial

La Ecología Industrial es el estudio del flujo de materiales y energía en actividades de producción de bienes y servicios, del efecto de dichos flujos en el ambiente y de la influencia de factores externos en el uso, transformación y disposición de recursos, bajo el enfoque de la Teoría General de Sistemas (Schiller et al, 2014). En definiciones iniciales, diversos autores concuerdan en tres elementos principales de la Ecología Industrial (Côté & Hall, 1995):

- Otorga una visión sistémica, comprensiva e integral de todos los componentes del aparato industrial y sus relaciones con la biosfera.
- Enfatiza el carácter biofísico de las actividades humanas en términos de flujos de energía y ciclos de materia, dejando de lado la tendencia a analizar la industria desde una perspectiva estrictamente monetaria.
- Considera la evolución en el largo plazo de las dinámicas tecnológicas como elemento crucial para la transición entre el sistema industrial actual (insostenible) hacia un ecosistema industrial viable.

La Ecología Industrial no se limita a analizar la industria desde un punto de vista estrictamente tecnológico. Al contrario, se fundamenta en el estudio de las relaciones sociales entre el sistema tecnológico y la naturaleza, entendiendo que la cultura, las instituciones sociales y las preferencias individuales juegan un papel preponderante en dichas relaciones (Graedel et. Al, 2010). Se considera además a la Economía Ecológica una hermana de la Ecología Industrial, toda vez que su ideal de sustentabilidad está fuertemente ligado a la comprensión económica de los límites del crecimiento, la capacidad de carga de los ecosistemas de soporte, el carácter eminentemente material que sustenta toda actividad económica y las leyes termodinámicas como restricciones naturales e ineludibles (Schiller et al., 2014).

2.2.1.3 Relaciones entre el sistema industrial y el ecosistema

Semánticamente, el término Ecología Industrial indica de una fuerte relación con la ecología y los ecosistemas, incluyendo claramente la interpretación de los sistemas industriales bajo las mismas consideraciones de los sistemas naturales (Nielsen, 2007). Esta interpretación requiere del desarrollo conceptual de analogías entre las dinámicas ecológicas y las operaciones industriales, tanto como la definición clara de los límites y alcances de dichas analogías.

Teniendo en cuenta que los sistemas industriales se alimentan de los recursos materiales y la energía que provienen de los ecosistemas, y que los productos de la actividad industrial, una vez finalizado su ciclo de vida, se convierten en desechos que van a parar de nuevo en los ecosistemas, es claro que la industria no es más que un subsistema

anidado en un nivel ecosistémico superior y más complejo. La Ecología Industrial intenta replicar el comportamiento natural de los ecosistemas, prestando especial atención en convertir los flujos de materiales en ciclos de materia a través del reciclado en todos los niveles de la cadena de suministro, el establecimiento de redes comerciales de desperdicios y cambios en los procesos fisicoquímicos de transformación (Lifset et. al, 2015).

2.2.1.4 Holarquías y propiedades emergentes

Las jerarquías son naturales en los sistemas ecológicos analizados por la Biología y la Ecología. Dichas jerarquías generan diferentes tipos de estructuras organizativas anidadas en todo el sistema, comparten similitudes y permiten optimizar los flujos de energía e información que facilitan intercambios de materia. La ecología industrial, como propuesta biomimética (es decir, que intenta imitar el comportamiento de la naturaleza en entornos construidos por seres humanos), plantea un análisis similar de jerarquías y estructuras anidadas. En un sistema de sistemas anidados, una entidad individual es llamada “holon” y la red de holones se denomina “holarquía” (Graedel & Allenby, 2010). Los holones pueden crear grupos y nexos colaborativos, así como cortarlos o modificarlos según sea necesario (L. Wang & Haghghi, 2016).

Todas las holarquías son redes formadas de holones o de otras holarquías y, además de su estructura anidada, tienen características asociadas a su comportamiento sistémico. No son lineales y por tanto, no son susceptibles del todo a predicciones; son dinámicas y se mantienen en estados semi-estables alejados del equilibrio; ocasionalmente presentan ciclos de retroalimentación en términos de materia, energía o información y pueden caer en estados caóticos de acuerdo a las perturbaciones del medio (Graedel & Allenby, 2010). De acuerdo a las relaciones establecidas en la red de holones y a la no linealidad en el comportamiento del sistema, ciertas propiedades particulares del sistema surgen como resultado de dichas relaciones. En Teoría General de Sistemas se les conoce como propiedades emergentes. Todos los sistemas tienen una funcionalidad que surge, ya sea de forma intencional o no, de la interacción entre holones y holarquías. Si bien cada holon es una entidad individual con características propias y que cumple una función determinada, la interacción entre los mismos da lugar a comportamientos que no pueden ser dados por la actividad individual (Como & Fagnani, 2016). Estas relaciones

pueden ser de cooperación, interconectividad, integración, sincronización e interoperabilidad entre holones (Stary & Wachholder, 2015) y dan lugar a condiciones de resiliencia, adaptabilidad y transformabilidad (Graedel & Allenby, 2010).

En Ecología es claro que el estudio de organismos individuales no es suficiente para entender toda la dinámica de sistemas que surge desde la interacción de dichos organismos con su medio natural. De igual manera sucede en los sistemas industriales (Harper et al, 2004). El análisis de las holarquías debe hacerse de acuerdo a las características particulares de cada sistema, identificando los holones y los diferentes niveles de organización holárquica, así como las características particulares de cada holon y los comportamientos emergentes que surgen en la red. En Ecología Industrial, los sistemas de producción de bienes y servicios son delimitados espacialmente y analizados como ecosistemas industriales, estableciendo niveles holárquicos determinados por el consumo de materia y energía en la cadena trófica (Graedel & Allenby, 2010). Las propiedades emergentes surgen de la interacción de holones mediada en términos de flujos materiales y energéticos que pueden ser identificados a partir de un análisis centrado en las características comunes, contrarias o complementarias que determinan las dinámicas de interacción entre holones y el sistema en general.

2.2.1.5 Metabolismo industrial

La determinación del metabolismo industrial y social por medio de la caracterización de flujos de materia, energía y sus relaciones con los factores culturales es la principal herramienta utilizada en Ecología Industrial para la comprensión a profundidad de las características y propiedades emergentes de los sistemas de producción de bienes y servicios. Además de tener en cuenta los flujos de energía e información y los ciclos de materia, el enfoque de la ecología industrial requiere el entendimiento de la influencia de factores económicos, sociales, políticos y regulatorios en el uso y transformación de los recursos (Schiller et al., 2014).

Las interrelaciones entre todos los factores mencionados configuran el metabolismo industrial. Este se define inicialmente como la colección de procesos físicos, trabajo, materia y energía que son convertidos en un bien o servicio y en desechos, dentro de un análisis del uso social de recursos naturales y el impacto ambiental ocasionado por el

mismo (Ayres, 1994 en Anderberg, 1998). Así, el análisis no recae exclusivamente en un balance de materia, sino que se fundamenta en las dimensiones sociales y culturales que determinan la extracción, transformación, uso y disposición de materiales (Graedel et. al, 2010). Este enfoque implica necesariamente entender la evolución histórica del uso que hacen las sociedades de materiales y de sus modos de generación de energía, así como las regulaciones jurídicas y los constructos culturales que sustentan dichos usos (Wernick, 2001).

2.2.1.6 Metodologías para la cuantificación de los flujos de energía y ciclos de materia en el metabolismo industrial

Para la cuantificación de los flujos de energía, el establecimiento del metabolismo industrial y la identificación de los ciclos de materia en la industria existen dos metodologías complementarias: el Análisis de Flujo de Materiales (MFA) y el Análisis de Ciclo de Vida (LCA) (Seager & Theis, 2002). Mientras el análisis MFA es más idóneo para configurar las redes, nodos e interrelaciones del sistema industrial en el nivel macro, entendiendo además las particularidades socioeconómicas y culturales del sistema (Binder, 2007); el análisis LCA ayuda a tener perspectivas al nivel de ciclos de vida de los productos y entender cómo se dan los procesos de transformación de los materiales a lo largo de todo el sistema, y en últimas, cómo pueden estos ser reintegrados al ciclo (Gerber et al, 2011). El análisis MFA permite identificar las holarquías que configuran el sistema y el análisis LCA dilucida aspectos del comportamiento individual de los holones.

Desde el enfoque de la Ecología Industrial y el análisis de sistemas se han venido haciendo trabajos en la caracterización de metabolismos industriales, urbanos y sociales en pequeña, mediana y gran escala, en los cuales se da protagonismo a los análisis sociales y estudios de redes de cooperación y economía ecológica en gran diversidad de actividades económicas de producción de bienes y servicios (Schiller et al., 2014). Toda vez que el análisis del presente trabajo se hace en un entorno universitario, las referencias analizadas en esta sección son, de igual manera, provenientes de estudios desarrollados en campus universitarios y polígonos de servicios con características análogas. Esto con el fin de acotar la adaptación del análisis de metabolismos industriales a contextos similares al de la Universidad Nacional de Colombia – Sede Bogotá.

La Ecología Industrial tiene como principal objetivo mimetizar las dinámicas ecológicas y adaptarlas a los sistemas industriales de producción de bienes y servicios. Así, se busca cerrar el ciclo de materiales y acercarse tanto como sea posible a un estado de cero desperdicios. Trabajos como el de Hiremath et al (2014) han llevado este objetivo a la práctica en parques eco-industriales en India a través de caracterizaciones en flujos de materiales peligrosos para la construcción de navíos. Sin embargo, trabajos como este y el de Cerceau et al (2014) no cuestionan el modelo de crecimiento ilimitado de la economía, a diferencia del análisis de vulnerabilidades y simbiosis en parques ecoindustriales en China (Zeng, Xiao, & Li, 2013), en el que se plantea que uno de los principales factores de riesgo en la implementación de redes de Ecología Industrial es precisamente la eventual escasez de materias primas fundamentales para los modelos de producción y que, en últimas, el objetivo de establecer redes de cooperación es minimizar tanto la entrada de materiales vírgenes como la salida de desechos contaminantes, condición *sine qua non* de alternativas de crecimiento cero o decrecimiento económico.

Trabajos adicionales en caracterización de metabolismos industriales, sociales y urbanos fueron realizados también por Leigh & Li, (2014), Fikri et al (2015), Boix et al (2015) y Tsvetkova et al (2015), en contextos que van desde el análisis al interior de fábricas hasta cuentas urbanas de flujos de materiales, en gran diversidad de sectores económicos, incluyendo la educación y las dinámicas de desperdicios y residuos peligrosos en campus universitarios (Fuchs, Mihelcic, & Gierke, 2011; Lozano et al., 2014). Otros casos de aplicación de metabolismos urbanos, modelos matemáticos y estrategias Zero Waste (Cero residuos) en campus universitarios se muestran en el numeral 2.2.5 del presente trabajo. Las metodologías para la caracterización de los flujos, composición y cantidades de residuos sólidos generados, se abordan con detalle en el Capítulo 4 del presente trabajo.

2.2.2 Logística verde

El estudio de una “logística verde” se ve incentivado por la necesidad de reconvertir los procesos de producción y distribución de bienes y servicios a un modelo ambientalmente viable en el largo plazo (Lin et al., 2014), dando prioridad a los factores ambientales y de conservación ecológica sobre las consideraciones meramente economicistas y enfocadas al costo del servicio que componen la teoría logística clásica (Verhoef et al.,

2006). Se establecen de esta manera nuevos modelos en el ruteo, localización selectiva y asignaciones de tiempo, recursos monetarios y capacidad de la plataforma tecnológica en torno a una nueva lógica donde los indicadores de desempeño ambiental Green KPI adquieren el protagonismo que tradicionalmente se le otorgaba a la optimización en términos de reducción de costos de operación (Zaman, 2014).

El centro del análisis en logística verde es la interacción entre la localización de los espacios de producción (de bienes, servicios o residuos), la configuración de las redes de transporte y flujo de materiales entre los nodos de producción y consumo y los flujos inversos que recirculan los materiales y productos al final de la cadena de suministro hasta los proveedores (List & Mirchandani, 1991) y demás actores que puedan alimentarse de dichos flujos de materiales y productos descartados para abastecer sus procesos de transformación. Así, la logística verde necesariamente va de la mano con el establecimiento de redes de cooperación en reutilización y reciclaje, de acuerdo con los planteamientos en ciclado de materiales y flujos de energía propios de la Ecología Industrial (Verhoef et al., 2006).

2.2.2.1 Logística verde y modelos de optimización ambiental

Los modelos en logística y logística verde integran las relaciones entre diferentes holones y holarquías de la cadena de abastecimiento analizada, cuantifican los flujos materiales y monetarios en la red y buscan encontrar soluciones o estados óptimos de operación del sistema. Estos estados óptimos se encuentran definidos por parámetros que miden el desempeño del sistema en términos monetarios o materiales, y determinados por variables que representan la interacción de los holones dentro de la red. La elección de los parámetros, las variables y la función objetivo a optimizar, depende de las características particulares del sistema, sus límites y las relaciones que se juzgue necesario tener en cuenta. Tradicionalmente la optimización se ha hecho en términos de costos de producción o utilidades, pero la logística verde integró indicadores y métricas de desempeño ambiental en los modelos, así como metodologías de análisis multicriterio entre dichos indicadores. Si bien los modelos buscan encontrar soluciones óptimas, es necesario resaltar la necesidad de que la optimización sea un proceso iterativo y que se adapte a las condiciones cambiantes de los sistemas analizados.

La solución de los problemas de optimización se hace por medio de algoritmos matemáticos y herramientas de software como GAMS, Lingo, Stata, WinQSB o el

complemento Solver de Excel. Existe una importante variedad de enfoques para la construcción de los modelos y metodologías para la solución de los mismos. Los criterios de elección para la construcción y solución del modelo dependen de las características particulares del sistema analizado. La Tabla 2-1 presenta los principales tipos de modelos en logística verde y las diferentes técnicas para la construcción del modelo. La programación matemática se basa en la construcción de funciones objetivo que integran los elementos constitutivos del sistema y sus relaciones y busca un estado óptimo del sistema a partir de un proceso iterativo de evaluación de alternativas. El estado óptimo puede estar determinado por un solo indicador (mono objetivo) o varias métricas de desempeño (multiobjetivo). La simulación de modelos consiste en la imitación del comportamiento del sistema en herramientas de software, con fines descriptivos, predictivos, de control operativo y gestión. Las heurísticas corresponden a metodologías simplificadas para la solución de problemas de programación matemática, cuya solución por métodos iterativos demandaría capacidades de cómputo muy altas, dada la alta complejidad y cantidad de variables y parámetros en modelos complejos. Los modelos analíticos multicriterio, LCA y MFA permiten, adicionalmente, identificar propiedades del sistema que los parámetros y variables de los modelos matemáticos pasan por alto (Brandenburg et al., 2014).

Tabla 2-1: Diversos enfoques para el modelado de cadenas de suministro verdes.

Tipo de modelo	Técnica de modelado
Programación matemática	Mono objetivo
	Multi objetivo
Simulación	Dinámica de sistemas
	Eventos discretos
	Simulación Montecarlo
Heurísticas	Heurísticas simples
	Metaheurísticas
	Lógica difusa
Modelos analíticos	Análisis multicriterio
	Modelos sistémicos

Fuente (Brandenburg et al., 2014)

2.2.2.2 Implementación

Desde hace varias décadas se ha trabajado en la construcción e implementación de esquemas de logística verde asociados a la recolección, manejo y disposición de residuos sólidos y peligrosos. Un modelo base de optimización orientada a la minimización del riesgo en manejo de residuos peligrosos fue el propuesto por List & Mirchandani (1991), sobre el cual se han construido nuevos algoritmos de localización y ruteo selectivo destinado a la minimización en emisiones contaminantes como el propuesto por Angelelli & Speranza (2002) o, más recientemente, la definición de ruteos verdes con el objetivo de maximizar los efectos positivos sobre el ambiente medidos en emisiones, concentración de contaminantes, generación de ruido y disminución de impactos sociales en la circulación de vehículos de distribución en entornos urbanos (Pamučar, Gigović, Ćirović, & Regodić, 2015).

El análisis multicriterio ha servido para diseñar los trazados de autopistas al sur de Italia, minimizando los efectos ambientales y sociales, optimizando los tiempos y, por ende, los consumos de combustibles (De Luca, Dell'Acqua, & Lamberti, 2012); también para cuantificar los impactos de un ruteo y la implementación de infraestructura sobre el territorio (Ortega, Otero, & Mancebo, 2014) o directamente la minimización de emisiones de gases de efecto invernadero a través de la selección de rutas y horarios para operaciones logísticas de transporte (Bektaş & Laporte, 2011; Pradenas, Oportus, & Parada, 2013). Si bien todos estos análisis se han efectuado a nivel urbano, los algoritmos y metodologías son perfectamente aplicables a polígonos de servicio y ciudadelas como lo fue en el caso del campus de la Universidad de Newcastle (Zunder, Aditjandra, & Carnaby, 2014)

Para los problemas puntuales de localización de puntos de acopio de residuos peligrosos y recolección,, existe una amplia variedad de modelos logísticos de optimización. Dichos modelos tienen en consideración las múltiples variantes en tipos de residuos peligrosos y diversidad en estrategias de manejo (Jiang, Zhang, Rong, & Zhang, 2014), como también el hecho de que el acopio, almacenamiento y disposición de residuos peligrosos requiere de condiciones físicas particulares y específicas al tipo de residuo. Así, se realizan análisis bi-objetivo para la localización y ruteo de flujos de aceites usados (Zhao & Verter, 2015) y optimización multi-objetivo para cualquier tipo de residuo peligroso, teniendo en cuenta las capacidades tecnológicas, los nodos potenciales de recolección, disposición y

los costos de la operación (Samanlioglu, 2013) a través de metodologías de ruteo por ventanas de tiempo (Wy, Kim, & Kim, 2013).

2.2.3 Estrategias para la recolección y manipulación de residuos

La recolección de residuos sólidos y peligrosos en contextos urbanos, se lleva a cabo desde los puntos de generación (residencial, comercial, industrial e institucional) hasta los sitios de tratamiento, reciclaje, incineración o disposición final en rellenos sanitarios. Existen diferentes modos para realizar la recolección de los residuos (Banco Mundial, 2012), dependiendo de las necesidades y características particulares de los entornos, así como del diseño y ejecución de políticas de manejo. Dichos modos se describen de forma general a continuación:

- **Puerta a puerta:** Los recolectores visitan cada casa de manera individual para recolectar la basura. Los usuarios generalmente pagan una tasa por este servicio.
- **Contenedores comunitarios (puntos de tránsito):** Los usuarios llevan la basura hasta contenedores ubicados en puntos fijos en las calles de los vecindarios o localidades. Luego, los residuos son recolectados por la administración municipal o algún prestador del servicio autorizado por la administración. Para ello se establecen horarios fijos.
- **Recolección en aceras:** Los usuarios dejan las basuras en bolsas frente a sus casas, teniendo en cuenta horarios fijos y establecidos de manera previa por la autoridad encargada del proceso de recolección.
- **Entrega autónoma:** Los generadores llevan sus residuos directamente a los sitios de tratamiento o a puntos de tránsito intermedio, o bien contratan operadores logísticos para el proceso.
- **Servicios contratados o delegados:** Tanto los generadores individuales como las autoridades encargadas del proceso de recolección contratan a empresas privadas que se encargan del proceso, incluyendo el establecimiento de horarios y rutas específicas para la recolección. Estos sistemas se utilizan para incentivar la eficiencia en la recolección a través de los mecanismos de oferta, demanda y ventajas competitivas de las empresas.

Dependiendo de las regulaciones y políticas establecidas por las autoridades encargadas de administrar el proceso de recolección, es posible exigir a los generadores la

separación en la fuente, principalmente en dos categorías principales: i) residuos “húmedos” (restos de comida y desechos orgánicos) y ii) residuos “secos” o reciclables. Cuando no se exige a los generadores hacer la separación en la fuente, es posible desarrollar procesos de separación en estaciones de separación. El grado de separación (ya sea en la fuente o a través de estaciones de separación) puede variar dependiendo de la ciudad y el periodo de tiempo (Banco Mundial, 2012).

Para la recolección dentro de entornos institucionales, se ubican dentro de las instalaciones de la institución recipientes para la recolección primaria y luego los residuos son transportados a centros de acopio locales, donde se da la conexión con los sistemas de recolección urbanos (Barros et al., 2013). De igual manera, dependiendo de las políticas y estrategias implementadas en cada institución, se puede hacer separación en la fuente (por medio de contenedores especiales), a través de instalaciones para la separación en los centros de acopio o simplemente entregar los residuos sin una selección previa a la autoridad urbana/municipal encargada del proceso de recolección.

Dadas las características particulares de los residuos peligrosos, la recolección selectiva a través de separación en la fuente es absolutamente necesaria, así como la contratación de servicios logísticos especializados en el manejo de dichos residuos (Decreto 1669 de 2002). También se requiere por parte del generador que el manejo y disposición inicial de los residuos peligrosos se haga de acuerdo a las normas de seguridad industrial y salud ocupacional pertinentes, de acuerdo a cada tipo de residuo, con el fin de minimizar el riesgo de contaminación, accidentes y afectaciones a la salud humana (Decreto 2676 de 2000).

2.2.4 Sistemas de Gestión Ambiental en universidades

Las presiones sociales y los requerimientos legales en los últimos años han llevado a una tendencia creciente en la implementación de Sistemas de Gestión Ambiental (SGA) en empresas y organizaciones de todo tipo (Clarke & Kouri, 2009). Hay un especial interés en el diseño, implementación y análisis de los SGA en campus universitarios. Los campus son espacios donde confluyen relaciones sociales y económicas, a manera de una ciudad en miniatura que requiere un continuo flujo de materiales y energía y asimismo genera impactos directos e indirectos en los ecosistemas (Gallardo et al., 2016). También se considera que las universidades, como centros académicos y de

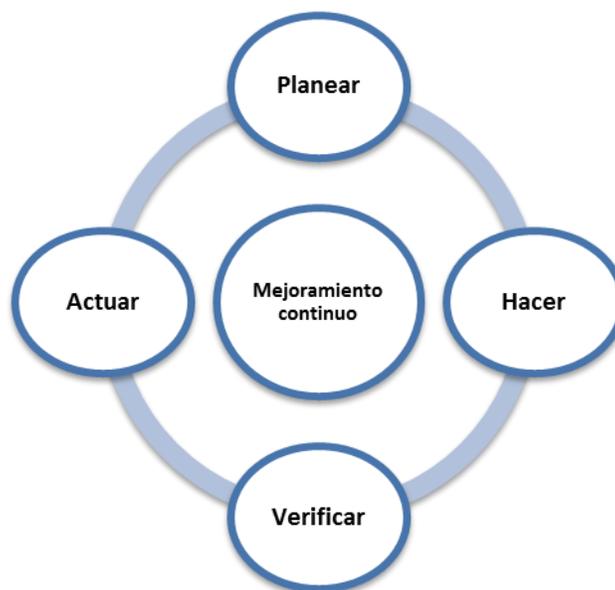
creación y difusión de conocimiento, tienen la responsabilidad social de liderar los cambios necesarios para llevar la sociedad actual, insostenible, a modelos de producción y consumo viables con las dinámicas ecológicas del planeta (Y. Wang et al., 2013).

La serie de normas ISO 14000, y en particular la norma ISO 14001, establecen los lineamientos básicos en documentación, estructura organizacional y herramientas de gestión para la implementación de sistemas de gestión ambiental en organizaciones. El propósito de la norma es establecer un marco para facilitarle a las organizaciones el alcanzar y demostrar un sólido desempeño ambiental, mediante el control de los impactos de sus actividades, productos o servicios sobre el ambiente (ISO, 2004). Sin embargo, las certificaciones ISO 14001 no garantizan que los procesos de la organización no generen impactos negativos en los ecosistemas, solamente demuestran que existe voluntad desde la dirección, una estructura organizativa y una serie de procesos alineados y bien documentados para mejorar su desempeño ambiental. La norma está alineada a la filosofía organizacional de mejoramiento continuo y se centra en la metodología PHVA (Planear-Hacer-Verificar-Actuar), estableciendo procesos iterativos y recursos para cada uno de los componentes del ciclo de mejoramiento continuo (ver figura 2-3). La norma ISO 14001 plantea los siguientes requisitos generales para el diseño, implementación, documentación y mejoramiento continuo de los sistemas de gestión ambiental (ISO, 2004):

- Establecimiento de una política ambiental adecuada para la organización
- Identificación de los aspectos ambientales que surgen de las actividades propias de la organización y determinación de impactos
- Identificación de requisitos legales y otros requisitos y compromisos que la organización suscriba
- Establecimiento de objetivos y metas ambientales apropiados
- Establecimiento de una estructura y de programas para implementar la política y alcanzar los objetivos y metas
- Documentación rigurosa de la planificación, control, seguimiento, actividades de auditoría, acciones preventivas y correctivas en el sistema
- Capacidad de adaptación a circunstancias cambiantes

Los campus universitarios tienen la particularidad de que su actividad principal es la educación y transferencia de conocimiento, a diferencia de empresas productoras de bienes o servicios tangibles. Partiendo de este hecho, diversos autores han planteado e implementados modelos y marcos de referencia para la gestión ambiental en universidades que también tienen en cuenta las actividades académicas y socioculturales propias de un campus, además que favorecen e incentivan la integración de toda la comunidad académica en la gestión ambiental. Entre estos destacan el modelo AISHE (Auditing Instrument for Sustainability in Higher Education) y el Sustainable University Model (Clarke & Kouri, 2009).

Figura 2-3: Ciclo PHVA de mejoramiento continuo.



Fuente: Elaboración propia.

El modelo AISHE tiene un enfoque que difiere sustancialmente del sugerido por la ISO. También presenta diferentes categorías, componentes y un marco referencial que se centra en la relación entre las actividades académicas y los aspectos ambientales generados por la educación, la investigación y la extensión. El Sustainable University Model integra el análisis de redes en los procesos de seguimiento y mejoramiento continuo; además permite identificar estrategias funcionales para las actividades académicas del campus y sus interacciones ambientales (Clarke & Kouri, 2009). Si bien ISO 14001 otorga las herramientas necesarias para la implementación de un SGA, la decisión de elegir un marco de referencia diferente a la norma depende de las

necesidades puntuales y la motivación por la cual se implementa un SGA en el campus, así como de decisiones de tipo estratégico en la institución educativa.

Sin embargo, los modelos de gestión ambiental solo establecen una metodología para el mejoramiento continuo a partir de la identificación de aspectos, efectos e impactos ambientales, buscando siempre la modificación y documentación de procesos para lograr dicho mejoramiento, medido en indicadores de gestión definidos por la propia institución y siguiendo la lógica del ciclo PHVA. Las acciones concretas que tomen las instituciones dependen de las características particulares de cada una (entendida como sistema), las propiedades emergentes y el nivel de compromiso de la comunidad académica por las problemáticas ambientales, entre otros factores. La norma ISO 14001 (ISO, 2004) sugiere las siguientes categorías para la identificación de aspectos ambientales:

- Emisiones a la atmósfera
- Vertidos al agua
- Descargas al suelo
- Uso de materias primas y recursos naturales
- Uso de energía
- Energía disipada emitida
- Residuos y subproductos
- Propiedades físicas (tamaño, color, forma)

La problemática de residuos sólidos y peligrosos es compleja y genera impactos ambientales significativos sobre la sociedad y los ecosistemas (como se muestra en la sección 1 del presente trabajo). El enfoque propuesto por la norma ISO 14001, resulta por sí solo insuficiente para plantear soluciones efectivas al problema. Dando respuesta a dicho vacío metodológico, han surgido Solid Waste Management SWM (Gestión de Residuos Sólidos) y Zero Waste Management ZWM (Gestión de Residuos Cero), como propuestas de gestión integral de residuos sólidos y peligrosos que buscan minimizar la generación de residuos, a través del diseño e implementación de programas, proyectos y estrategias transversales a todas las etapas del consumo. Recientemente, la ZWM ha empezado a incorporar conceptos y herramientas de la Ecología Industrial en sus análisis.

2.2.5 Zero Waste Management en campus universitarios

El manejo de residuos sólidos y peligrosos ha evolucionado en las últimas dos décadas, desde la simple disposición en rellenos sanitarios o botaderos al aire libre hacia estrategias de sostenibilidad sistémicas en toda la cadena de suministro y el ciclo de vida de los productos (Ma & Hipel, 2016). Una de las primeras estrategias planteadas y puestas en práctica fue la de 3R: Reducir, reusar, reciclar. Las prácticas en 3R integran diferentes indicadores, técnicas de diseño de procesos y productos, así como políticas públicas a nivel local y regional para minimizar el volumen total de materiales que se convierten en desperdicios (Jibril et al., 2012). Dicha integración debe darse entre productores, instituciones de gobierno, negocios privados y consumidores en todos los niveles del ciclo de vida (Ma & Hipel, 2016).

El interés de las organizaciones, la academia y las instituciones de gobierno por lograr, como objetivo estratégico, una minimización de los desperdicios generados por las actividades económicas condujo al nuevo paradigma. ZWM es un nuevo objetivo que busca rediseñar la manera en que fluyen los materiales en la sociedad, por medio de un enfoque sistémico que visualiza la transformación de las redes industriales a un modelo que entienda e incorpore los límites naturales del planeta (Zaman, 2015). Se considera que la base conceptual de ZWM es la jerarquía de enfoques para la minimización de desperdicios (ver Figura 2-4), una herramienta de política pública difundida en mayor medida en países europeos e incipiente en el resto del mundo. Zero Waste, aunque ha visto un desarrollo notorio en los últimos años, aún es un campo en construcción (Jibril et al., 2012).

De acuerdo a Zaman (2014), los aspectos clave de ZW pueden ser clasificados en 7 categorías, a saber:

- I. **Geográficas y de contexto:** Población, ingresos, gastos, límites geográficos, límites administrativos y de gestión.
- II. **Socio-culturales:** Niveles educativos, conciencia social, patrones de consumo y comportamiento.
- III. **Administrativas:** Reducción, generación, composición, reuso, reciclaje, transporte y recuperación, tratamiento y disposición final de residuos.
- IV. **Ambientales:** Servicios ecosistémicos, límites espaciales, seguridad y salud.
- V. **Económicas:** Costos de operación, utilidades, incentivos.

- VI. **Organizacionales:** Infraestructura, equipos, herramientas, talento humano, sistemas de información.
- VII. **Políticas públicas:** Programas de concienciación, regulaciones, auditorías y seguimientos, flujos interno y externo de residuos.

Figura 2-4: Jerarquía de alternativas de manejo de residuos.



Fuente: Elaboración propia con base en (Jibril et al., 2012)

Los indicadores que se tengan en cuenta para la gestión de ZW, dependerán de las particularidades del sistema en el cual se desean implementar estas estrategias. Dichas estrategias contemplan la comprensión y la gestión de sistemas a través de modelos matemáticos y de simulación, que permiten evaluar el desempeño de los mismos, identificar oportunidades de mejora en el corto y mediano plazo y servir como apoyo a las decisiones. Se han propuesto modelos de análisis de costo/beneficio (para medir impactos positivos y negativos desde lo económico y lo físico), modelos de predicción (para caracterizar flujos de desperdicios de forma cualitativa y cuantitativa en el tiempo, además de hacer predicciones en generación de residuos), modelos de simulación (para el comportamiento de eventos discretos y continuos en el sistema), modelos de optimización (para obtener la mejor alternativa entre varias disponibles, en ruteos y localización), apoyados por software de apoyo en la toma de decisiones con el objetivo de construir políticas, instrumentos económicos y regulaciones aplicables a entornos desde pequeñas poblaciones hasta grandes metrópolis (Pires, Martinho, & Chang, 2011), incluyendo campus universitarios de mediano y gran tamaño. Recientemente, se han

integrado a los modelos mencionados anteriormente, análisis de MFA y LCA como herramientas que complementan y refinan los modelos, a la vez que permiten identificar propiedades emergentes invisibles al modelado matemático y análisis de datos convencional (Lopes Silva et al., 2015).

Los programas Zero Waste requieren un entendimiento completo de la composición de los flujos de residuos y de las actividades que determinan la generación de los mismos, toda vez que las estrategias son efectivas solo en la medida de que se ajusten a las condiciones particulares de los sistemas analizados. Este entendimiento es también el primer paso en la reducción de residuos generados y en el ciclo PHVA de mejoramiento continuo (Smyth et al., 2010). A pesar de que el paradigma Zero Waste es relativamente reciente, ya se han efectuado análisis preliminares e implementación de programas de minimización de los residuos en campus universitarios y polígonos de servicio.

Zero Waste Management en campus universitarios y otros polígonos de servicio

Los sistemas de manejo integrado de residuos sólidos son uno de los grandes retos para la sustentabilidad. El primer paso para el éxito de los mismos es la caracterización de los residuos. Se hace la caracterización con el objetivo de sentar las bases para programas de recuperación, reducción y reciclaje de residuos en el campus. Toda vez que las universidades tienen la obligación moral y ética de actuar responsablemente hacia el medio ambiente, se espera que estas sean líderes en la protección ambiental. Además, se espera que un adecuado SWM beneficie a la institución en términos de reducción de los recursos destinados al manejo de residuos, pero, sobre todo, sería un ejemplo para toda la comunidad académica (Armijo de Vega et al., 2008).

En estudios como el efectuado en el distrito de Nablus en Palestina se efectuaron caracterizaciones en la dinámica de residuos sólidos, basados en encuestas a la comunidad y a los operadores del sistema de recolección (Al-Khatib et al, 2010). La obtención de los datos se dio a partir de las siguientes metodologías:

1. Encuestas aplicadas a casas con un nivel de confianza del 95% a través de cuestionarios que buscan recolectar información socioeconómica y sobre actitudes hacia los residuos y separación en la fuente

2. Encuestas a los operadores del SWM. El cuestionario recolecta información sobre las prácticas en recolección, métodos de disposición final, capacidad del subsistema tecnológico, localización de los puntos de recolección y disposición
3. Caracterización de residuos sólidos
4. Recolección de datos asociados a los costos de operación del sistema por medio de los encargados de la administración del mismo

En la Universidad de Massey, Nueva Zelanda, se realizó la implementación de un programa de basura cero en un campus universitario a partir del impulso por parte de los estudiantes. La implementación se dio desde el mapeo de residuos sólidos orgánicos, programas de compostaje y campañas para incentivar la separación en la fuente (Mason et al., 2003). La implementación se planeó desde dos estrategias diferentes:

1. Caracterización y mapeo de residuos sólidos orgánicos (residuos de comida, desperdicios vegetales y estiércol animal). Diseño e implementación de programas de compostaje.
2. Separación en la fuente. Se instalaron canecas recolectoras selectivas con identificación para incentivar buenas prácticas en separación en la fuente. Se acompañó el proceso con una campaña de concienciación.

Otros estudios se han enfocado en la identificación del potencial de reciclaje del sistema, como el efectuado en la Universidad Autónoma de Baja California en México (Armijo de Vega et al., 2008), siguiendo una metodología en tres etapas:

1. Estimación de la generación diaria de residuos sólidos (mediante pesaje al final del proceso de recolección)
2. Muestreo de residuos y caracterización de las muestras (en tres puntos representativos del campus, tomadas durante 14 días hábiles consecutivos)
3. Análisis de las cantidades y tipos de residuos generados en el campus

En la Universidad Federal de Itajubá, Brasil, se diseñó e implementó un programa de recolección selectiva permanente para minimizar el impacto ambiental del tratamiento y disposición final de los residuos a través de modelos WARM y LandGEM (Barros et al., 2013). El diseño del programa se dio en tres fases:

1. Diagnósticos en residuos sólidos.

2. Diseño de planes de acción e indicadores.
3. Diseño de programas de gestión de la energía y emisión de gases de efecto invernadero a través de modelos matemáticos WARM y LandGEM.

En la Universidad Autónoma de Barcelona se desarrollaron caracterizaciones del metabolismo por medio del Análisis MFA y LCA (Lopes Silva et al., 2015). A partir de las metodologías MFA y LCA fue posible identificar la red y los nodos que configuran el ecosistema industrial (Schiller et al., 2014). Para el análisis de ciclo de vida del producto se usan bases de datos que presentan estimaciones sobre los tiempos de producción y consumo de diversos productos y asimismo permiten identificar la frecuencia y la intensidad con la que cada producto se convierte en residuo (Gerber et al., 2011). Las metodologías para la recolección de datos se presentan en la sección 4 del presente trabajo. Estos ejemplos, entre otros, sientan los precedentes conceptuales y metodológicos para el análisis sistémico de los PGIR-UN en la Universidad Nacional de Colombia.

2.3 Marco Normativo

Las leyes, decretos, políticas y resoluciones que rigen los asuntos relacionados con residuos sólidos y los temas sanitarios, de salud y riesgo en Colombia se presentan a continuación en la Tabla 2-2

Tabla 2-2: Normativa vigente en Colombia con respecto a residuos sólidos y peligrosos.

Norma	Entidad	Asunto
Resolución 351 de 2014	Ministerio de Salud y Protección Social	Gestión integral de los residuos generados en la atención en salud y otras actividades
Resolución 1297 de 2010	MAVDT	Gestión ambiental de residuos de pilas
Resolución 1512 de 2010	MAVDT	Gestión ambiental de residuos de computadores
Resolución 1511 de 2010	MAVDT	Gestión ambiental de residuos de bombillas
Resolución 1457 de 2010	MAVDT	Gestión ambiental de llantas usadas
Resolución 482 de 2009	MAVDT	Residuos Sólidos Hospitalarios y Similares

Tabla 2-2 (continuación): Normativa vigente en Colombia con respecto a residuos sólidos y peligrosos.

Norma	Entidad	Asunto
Resolución 372 de 2009	MAVDT	Gestión ambiental de residuos de baterías
Resolución 503 de 2009	MAVDT	Aclara la Res. 372 de 2009
Resolución 371 de 2009	MAVDT	Gestión ambiental de medicamentos vencidos
Ley 1252 de 2008	Congreso de Colombia	Desechos peligrosos
Resolución 1362 de 2007	MAVDT	Respel/Registro Generadores
Resolución 693 de 2007	MAVDT	Planes de gestión de devolución de plaguicidas
Resolución 1402 de 2006	MAVDT	Desarrolla parcialmente el Dec. 4741 de 2005
Decreto 4126 de 2005	Presidencia de la República	Modifica parcialmente el Dec. 2676 de 2000
Decreto 4741 de 2005	Presidencia de la República	Manejo de residuos peligrosos
Resolución 351 de 2005	CRA	Tarifas del servicio de aseo
Decreto 838 de 2005	Presidencia de la República	Modifica el Dec. 1713 de 2002
Decreto 1443 de 2004	Presidencia de la República	Contaminación ambiental por plaguicidas
Resoluciones 0008 y 10202-0526 de 2004	Área Metropolitana	Entidades que deben formular e implementar los PMIRS
Resolución 526 de 2004	Área Metropolitana	Reglamenta los PMIRS
Resolución 1045 de 2003	MAVDT	Metodología para la elaboración de los PGIRS
Decreto 1713 de 2002	Presidencia de la República	Gestión Integral de residuos sólidos
Decreto 289 de 2002	Alcaldía de Medellín	Residuos sólidos
Decreto 1669 de 2002	Presidencia de la República	Modifica el Dec. 2676 de 2000
Decreto 1609 de 2002	Presidencia de la República	Transporte de mercancías peligrosas por carreteras.

Tabla 2-2 (continuación): Normativa vigente en Colombia con respecto a residuos sólidos y peligrosos.

Norma	Entidad	Asunto
Resolución 1164 de 2002	Ministerio de Ambiente y Salud	Manual de procedimientos para la gestión de residuos hospitalarios y similares
Decreto 2763 de 2001	Ministerio de Ambiente	Modifica el Dec. 2676 de 2000
Decreto 2676 de 2000	Presidencia de la República	Residuos Sólidos Hospitalarios y Similares
Resolución 2309 de 1986	Ministerio de Salud	Residuos especiales
Resolución 541 de 1994	Ministerio de Ambiente	Gestión de residuos especiales (escombros)

Fuente: Elaboración propia con base en (Salamanca, 2005).

3. Metodología para el análisis del sistema

El análisis del Programa de Gestión Integral de Residuos Sólidos y Peligrosos de la Universidad Nacional de Colombia – Sede Bogotá se desarrolla en seis etapas que integran los objetivos misionales de la institución con elementos administrativos y operativos del programa, así como la relación de estas estructuras y procesos con la comunidad universitaria. La identificación de estos elementos y sus interrelaciones componen la caracterización general del sistema, que a su vez será utilizada para desarrollar el análisis de flujo de materiales y el metabolismo del campus. Esta información es el insumo para la realización del análisis de ciclo de vida de los procesos de generación de residuos sólidos y peligrosos en el campus, la recolección y las alternativas de tratamiento, reaprovechamiento o disposición final de los mismos. El análisis de ciclo de vida permite identificar los impactos ambientales derivados de las actividades académicas, administrativas y culturales de la Universidad Nacional, realizar proyecciones de distintos escenarios y servir como guía para la gestión y el mejoramiento continuo.

El conocimiento de las condiciones particulares del campus es fundamental para trazar metas de mejoramiento continuo realizables y que se ajusten a las características y propiedades emergentes del sistema. Dichas propiedades emergentes se encuentran no en el análisis individual de las partes sino en el estudio de las relaciones entre dichas partes, con el sistema analizado y los sistemas en los cuales están anidados los PGIR-UN. Para identificar las relaciones determinantes del sistema y las propiedades emergentes se requiere de información primaria y secundaria, obtenida a través de métodos cuantitativos y cualitativos. A continuación se describen las etapas del análisis y los métodos para la obtención de la información requerida

3.1 Etapas del análisis

3.1.1 Caracterización general del campus

En la caracterización general se incluyen aspectos históricos y del contexto actual de la Universidad Nacional de Colombia – sede Bogotá, así como su ubicación geográfica y las actividades académicas, de investigación y extensión desarrolladas en el campus. También se identifican aspectos generales sobre el flujo de personas y residuos sólidos en el campus. Para los aspectos históricos y de contexto se hace uso de fuentes de información secundaria, informes oficiales de gestión de la institución así como otras fuentes de Internet referenciadas en el desarrollo de la caracterización. Los datos históricos de generación de residuos sólidos y peligrosos en el campus fueron proporcionados por la Oficina de Gestión Ambiental de la sede Bogotá y son los que se utilizan desde las instancias administrativas de la Universidad Nacional para el seguimiento y control de los PGIR-UN. El levantamiento de dichos datos está a cargo de las entidades administrativas y operativas responsables de los PGIR-UN y su consolidación y análisis está a cargo de la Oficina de Gestión Ambiental de la sede.

3.1.2 Procesos administrativos y operativos de los PGIR-UN

Para la identificación de los procesos asociados a los PGIR-UN se hace una revisión de documentos oficiales de la institución, con especial atención en los objetivos misionales, los planes de gestión administrativa de la sede, la estructura organizacional de la Universidad y las entidades internas relacionadas directa e indirectamente con el flujo de residuos en el campus. Por medio de la revisión de los protocolos para el manejo por tipo de residuo se identifican las operaciones unitarias y los responsables en cada etapa del proceso.

Adicionalmente se realizó el levantamiento de información cualitativa por medio de entrevistas semi-estructuradas a tres funcionarios administrativos profesionales relacionados directamente con la recolección, manejo y disposición de los residuos generados en el campus. De igual manera, se hizo entrega de cuestionarios con preguntas abiertas a otros funcionarios administrativos relacionados a los PGIR-UN. Tanto las entrevistas como los cuestionarios tienen el objetivo de identificar de primera mano las particularidades de los PGIR-UN, sus fortalezas y oportunidades de

mejoramiento continuo, el interés y el financiamiento por parte de las instancias directivas de la institución a los Programas, así como propuestas de mejoramiento continuo planteadas por las personas que conocen a profundidad y están a cargo de las estructuras administrativas y operativas que configuran la plataforma tecnológica y organizacional del sistema. En la sección Anexos se incluyen la transcripción de las entrevistas y el modelo del cuestionario utilizado para la obtención de la información. El análisis de las entrevistas y cuestionarios se realizó utilizando el software de análisis cualitativo ATLAS.ti.

3.1.3 Red de flujo y recolección de residuos sólidos en el campus

La caracterización de la red de flujo y recolección de residuos se da a partir de los datos de la operación consolidados por la Oficina de Gestión Ambiental y su posterior análisis por medio de herramientas de software como Microsoft Excel®, Microsoft Access® y el complemento PowerPivot® para la integración y análisis de bases de datos con una gran cantidad de registros. Se utiliza como soporte del análisis el Informe de Aspectos Ambientales de la Sede Bogotá (Martínez, 2016) para la identificación de los puntos críticos en la red de generación de residuos sólidos y peligrosos en el campus, así como las dependencias, edificios y facultades con mayores niveles de generación. Los hallazgos en los puntos críticos de la red se integran con las entrevistas y cuestionarios a funcionarios para la identificación de otros aspectos no incluidos en las fuentes mencionadas. Para determinar los arcos de la red, las rutas, los vehículos, centros de acopio y el modelo de gestión de almacenamiento se revisan los protocolos establecidos para la recolección y manejo interno de residuos disponibles para consulta en la página web de la Oficina de Gestión Ambiental (OGA-UN, 2016). Esta información se complementa con las entrevistas realizadas a los funcionarios administrativos y con múltiples recorridos por diferentes zonas del campus.

3.1.4 Integración de la comunidad universitaria en los PGIR-UN

Una vez analizadas todas las estructuras organizacionales, administrativas y operativas asociadas a los PGIR-UN es necesario entender la relación entre dichas estructuras y la comunidad que habita el campus y, por ende, es responsable por la generación de residuos peligrosos y no peligrosos. Algunos aspectos referentes a la integración de la comunidad se mencionan en las entrevistas y cuestionarios a funcionarios. Para

complementar dicha información preliminar se aplicó una encuesta abierta a estudiantes, profesores, funcionarios administrativos y visitantes ocasionales del campus. Esta encuesta fue socializada por correo electrónico masivo y por medio de grupos de estudiantes de la Universidad Nacional en redes sociales. Dada una población estimada de 30.000 estudiantes y para un nivel de confianza del 95% en cuanto a proporciones, se calculó el (n) muestral en 244 individuos, con un nivel de heterogeneidad del 20%. Finalmente participaron 354 individuos que respondieron entre los días 5 y 9 de noviembre de 2016, para un (n) muestral de 354 y una heterogeneidad de la muestra del 10%, que permitió obtener un nivel de confianza del 97% y un margen de error del 3,5%. La fórmula y los parámetros para el cálculo del (n) muestral para proporciones de una población finita se presentan en la Ecuación (3.1):

$$n = \frac{NZ_{1-\alpha/2}^2 pq}{(N-1)\varepsilon^2 + Z_{1-\alpha/2}^2 pq} \quad (3.1)$$

Donde:

n : Tamaño muestral para proporciones en poblaciones finitas

N : Tamaño de la población

$Z_{1-\alpha/2}^2$: Puntuación Z para el nivel de confianza α elegido

p : Proporción esperada

$q=1-p$

ε : Error esperado

La encuesta está estructurada en tres secciones. La primera sección busca identificar los aspectos demográficos de la muestra (edad, género, rol en la comunidad universitaria y la facultad o dependencia asociada) a partir de preguntas cerradas. La segunda sección indaga sobre los hábitos y dinámicas de consumo dentro del campus, así como la generación de residuos sólidos y peligrosos en el consumo y en las actividades académicas, utilizando preguntas abiertas y cerradas. La tercera sección identifica las percepciones, actitudes y comportamientos de la comunidad académica con respecto a la generación de residuos. Se examinan los hábitos de separación en la fuente, las percepciones sobre los procesos administrativos y operativos de los PGIR-UN, la

integración de la comunidad universitaria, la percepción sobre el rol de la academia en la solución de problemas ambientales y las propuestas que puedan surgir por parte de la comunidad para el mejoramiento continuo. Para esta sección se usaron preguntas abiertas, cerradas y escalas de Lickert. El modelo de la encuesta utilizada se incluye en el anexo A.

Una vez identificados los actores y las relaciones que componen los PGIR-UN, se procede al desarrollo de las etapas 5 y 6 de la metodología, correspondientes al Análisis de Flujo de Materiales MFA y Análisis de Ciclo de Vida LCA. La metodología MFA+LCA se explica con detalle en la sección 4.5 del presente trabajo.

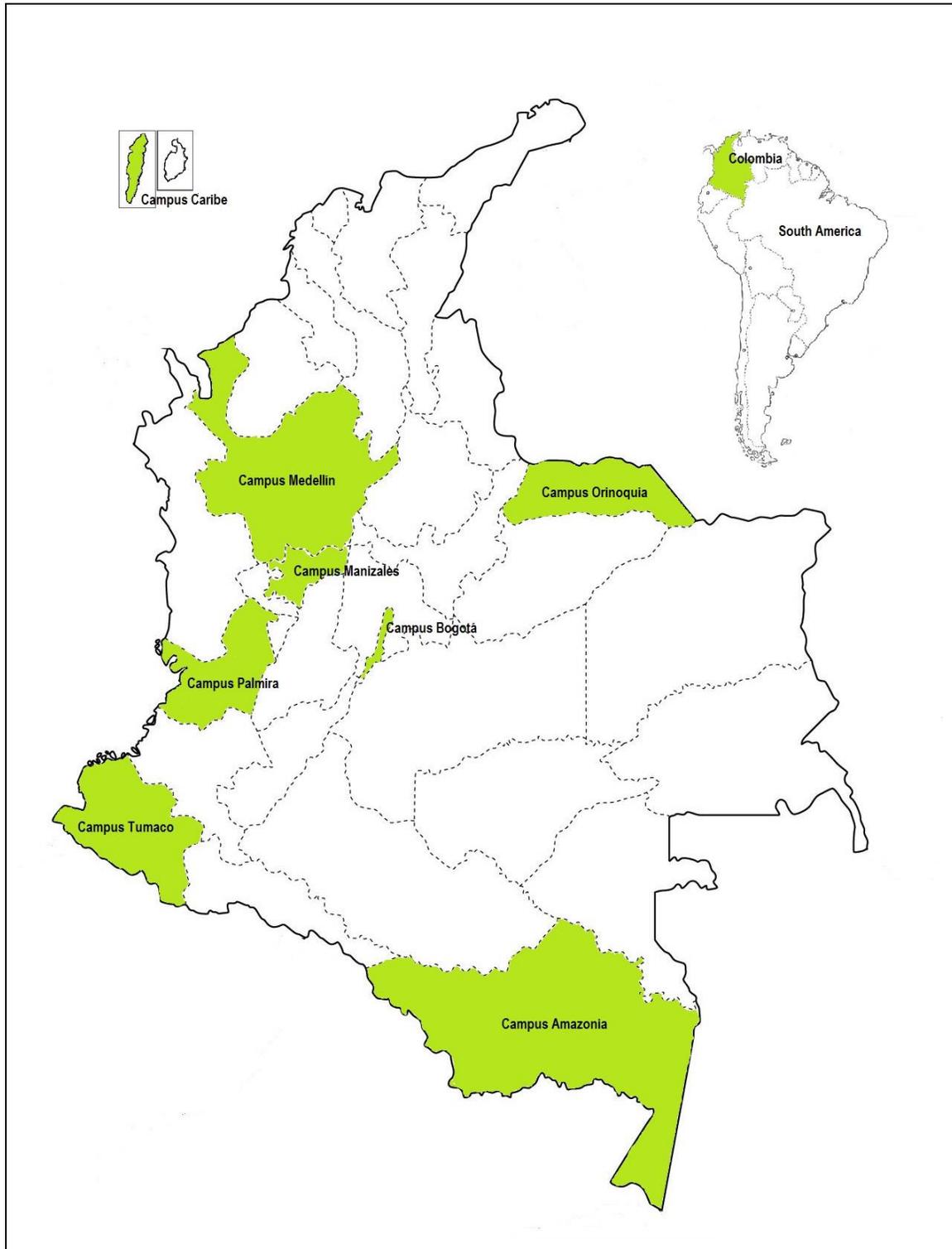
4. Residuos sólidos y peligrosos en la Universidad Nacional de Colombia

Los planteamientos y enfoques teóricos expuestos previamente, se materializan en el análisis de sistemas de producción de bienes y servicios dentro de entornos reales, con características y propiedades emergentes particulares que no son extrapolables ni mucho menos generalizables a la totalidad de entornos productivos. De esta manera, la propuesta integral para el análisis de sistemas que surge desde la Ecología Industrial requiere la existencia de un sistema de flujos de materia, energía e información claramente delimitado, asociado a las particularidades socioculturales que surgen de las interacciones internas del sistema y aquellas entre el sistema y su entorno. El propósito de esta sección es caracterizar y delimitar el sistema de generación y flujo de residuos sólidos y peligrosos dentro del campus sede Bogotá de la Universidad Nacional de Colombia, teniendo en cuenta todas las consideraciones ya mencionadas.

4.1 Caracterización general del campus sede Bogotá

La Universidad Nacional de Colombia es el principal centro académico, de extensión e investigación del país. Fundada por medio de la Ley 66 de 1867, se ha caracterizado desde su misma conformación como un escenario para las ideas críticas y de vanguardia, tradicionalmente conectada con las problemáticas nacionales e internacionales (UNAL, 2016). Constituida como universidad pública y de carácter estatal, la Universidad Nacional de Colombia es líder en investigación científica en el país y en Latinoamérica. Cuenta con sedes en las ciudades de Bogotá, Medellín, Palmira, Manizales, San Andrés, Leticia, Arauca y Tumaco (Figura 4-1), además de museos e institutos de investigación en otras poblaciones del país.

Figura 4-1: Ubicación sedes Universidad Nacional.

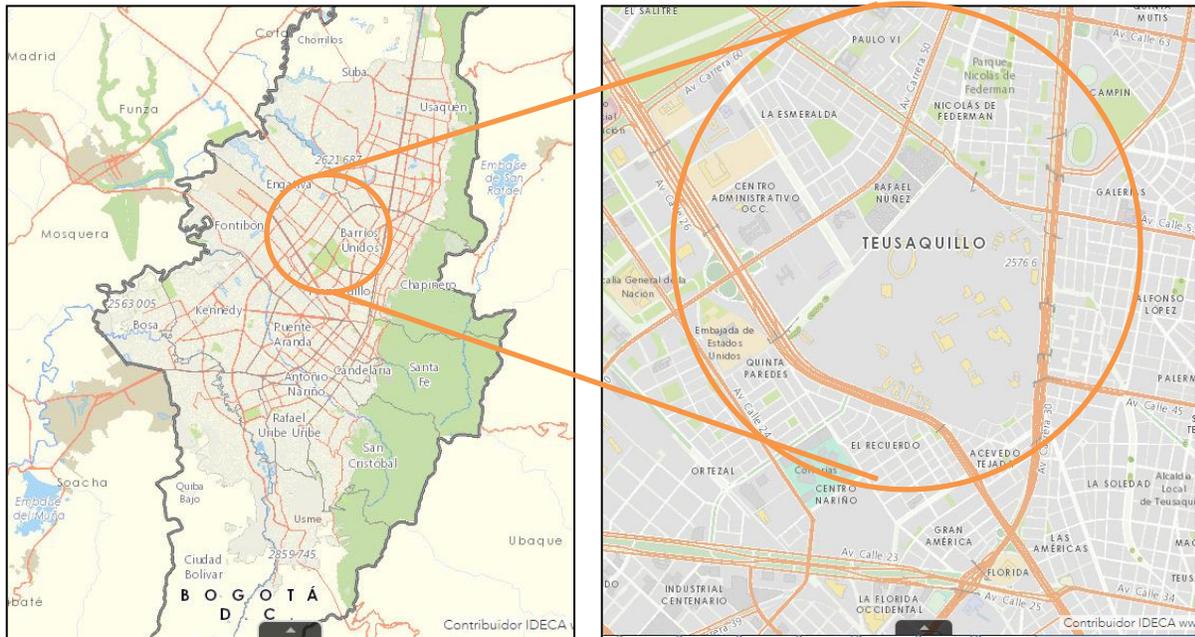


Fuente: Toro, J (2017)

4.1.1 Población y localización geográfica

La Ciudad Universitaria en Bogotá es el campus insignia de la Universidad Nacional, y también el campus universitario más grande y con mayor afluencia de personas en el país (El Tiempo, 2014). En su totalidad, la Universidad Nacional de Colombia cuenta con 51.374 estudiantes, 2.863 profesores y 3.008 funcionarios de niveles operativos y administrativos. La Ciudad Universitaria o Ciudad Blanca (dado que la mayoría de los edificios del campus son de color blanco) es el campus universitario más grande del país y uno de los más grandes en América del Sur. La población de la Ciudad Universitaria es de 29.788 estudiantes (23.861 de pregrado distribuidos en 49 programas académicos y 6.107 estudiantes de posgrados distribuidos en 138 programas), 1.963 profesores 1.705 trabajadores administrativos, además de población flotante estimada en 10.000 personas al día y población animal (UNAL, 2016). La Ciudad Universitaria está ubicada en el centro geográfico de la ciudad de Bogotá, en la localidad de Teusaquillo y rodeada por la Avenida Carrera 30 y la Avenida Calle 26 (ver Figura 4-2), dos de las vías de tráfico vehicular principales de la ciudad. Por su localización geográfica y la población que acude diariamente a sus instalaciones, las actividades desarrolladas en el campus tienen efectos considerables sobre las dinámicas de la ciudad. Además de la Ciudad Universitaria, la sede Bogotá de la Universidad Nacional de Colombia cuenta con el Hospital Universitario Santa Rosa, el Edificio Uriel Gutiérrez y la Unidad Camilo Torres (al costado occidental de la Ciudad Universitaria), el Claustro San Agustín y la Librería Universitaria, estos últimos ubicados en el centro histórico de la ciudad de Bogotá.

En la figura 4-3 se muestra el mapa de la Ciudad Universitaria. El área sombreada, estimada en 1'213.500 metros cuadrados (121,3 hectáreas) corresponde a la delimitación geográfica del campus, incluyendo el edificio Uriel Gutiérrez y la Unidad Camilo Torres (en la parte superior izquierda del mapa). En el mapa se identifican de forma preliminar los edificios e instalaciones construidas dentro del campus, que corresponden a un área total de 308.541 metros cuadrados (UNAL, 2016) .El área construida se compone de 136 bloques arquitectónicos, entre los cuales 17 han sido declarados como Monumento Arquitectónico de la Nación. El área restante se compone de paseos peatonales, áreas verdes y espacios abiertos. Para un mapa más detallado y el listado de bloques arquitectónicos, ver Anexo 1.

Figura 4-2: Localización geográfica de la Ciudad Universitaria.

Fuente: Elaboración propia con información de: www.mapas.bogota.gov.co

La Universidad Nacional de Colombia – Sede Bogotá está organizada por facultades, institutos interfacultades, laboratorios y centros de investigación, museos, bibliotecas y edificios externos al campus. A cada una de estas entidades se encuentran asociados diferentes edificios e instalaciones, con actividades en la enseñanza, investigación y extensión que varían dependiendo de las características propias de cada campo del conocimiento. Las facultades e institutos interfacultades que componen la estructura académica de la Universidad Nacional se muestran en la tabla 4-1 (se demarcan con asterisco “*” las instalaciones externas a la Ciudad Universitaria). Además de las actividades académicas, de investigación y extensión, en la Ciudad Universitaria existe una infraestructura asociada a actividades administrativas y operativas de soporte. Entre estas actividades se encuentran la provisión de alimentos (formal e informal), los servicios de papelería, el Sistema Nacional de Bibliotecas SINAB, la red de museos, programas de bienestar universitario, servicios administrativos, consultorías externas, atención médica y veterinaria, servicios de mantenimiento y de recolección de residuos sólidos y peligrosos, entre otros.

Figura 4-3: Mapa del campus de la Universidad Nacional de Colombia – Sede Bogotá.

Fuente: Elaboración propia con base en maps.google.com

Como todas las actividades de producción de bienes y servicios, las funciones académicas y administrativas de la Universidad Nacional también generan residuos sólidos y peligrosos junto con emisiones contaminantes al agua y atmósfera. Se presentan a continuación las generalidades sobre las dinámicas de generación, recolección, manejo y disposición de los residuos generados en la sede.

Tabla 4-1: Facultades, institutos interfacultades y museos de la Universidad Nacional de Colombia – Sede Bogotá.

Facultades	Institutos interfacultades	Museos	Otros
Agronomía	Biología	Arte	Sistema Nacional de Bibliotecas
Artes	Ciencia y tecnología de alimentos ICTA	Arquitectura	Centro Agropecuario Marengo*
Ciencias	Estudios Ambientales IDEA	Museo de la ciencia y el juego	Claustro de San Agustín*
Ciencias Económicas	Estudios en Comunicación ICEO	Historia Natural	Librería UN*
Ciencias Humanas	Estudios políticos y relaciones internacionales IEPRI	Museo Entomológico	Hospital Universitario*
Derecho	Estudios Urbanos (IEU)	Museo organológico musical	
Enfermería	Genética	Museo paleontológico (Villa de Leyva)*	
Ingeniería	IPARM	Casa museo Jorge Eliécer Gaitán*	
Medicina			
Medicina veterinaria y zootecnia			
Odontología			

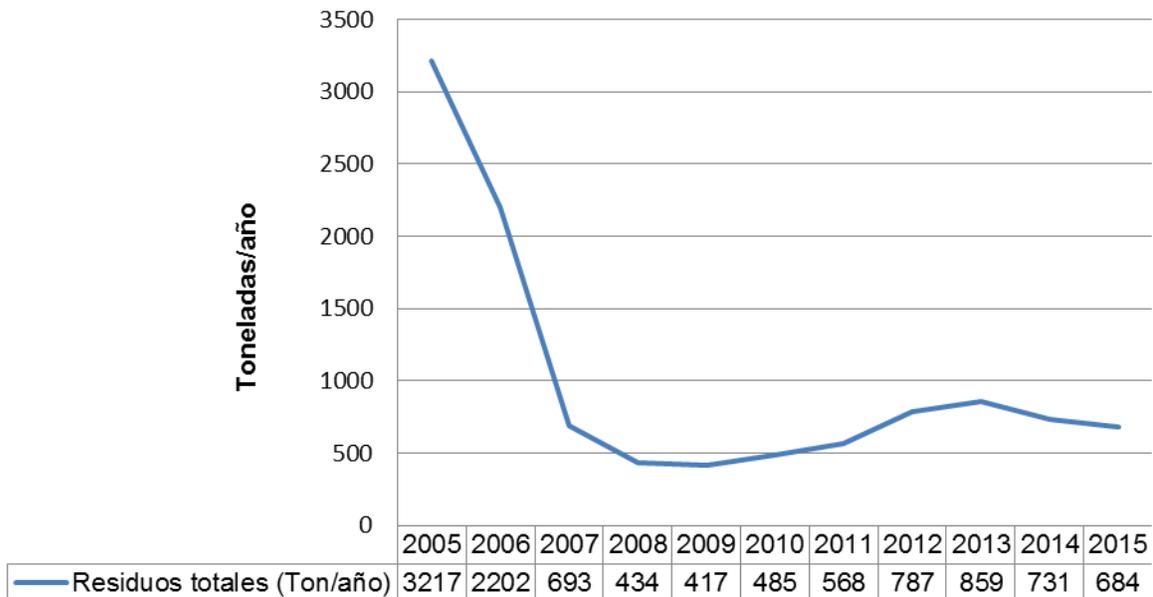
Fuente: Elaboración propia con base en (IDEA, 2005).

4.1.2 Generación de residuos sólidos y peligrosos en el campus

De acuerdo a los datos proporcionados por la Oficina de Gestión Ambiental de sede (OGA), en el año 2015 la Ciudad Universitaria generó 684 toneladas de residuos sólidos y peligrosos. La figura 4-4 muestra la cantidad total de residuos generados en el campus desde el año 2005 hasta 2015. Los datos históricos presentados totalizan los residuos

por masa, sin tener en cuenta las características de cada tipo de residuo y sus niveles de peligrosidad.

Figura 4-4: Datos históricos de generación de residuos generados en la Ciudad Universitaria, años 2005-2015.

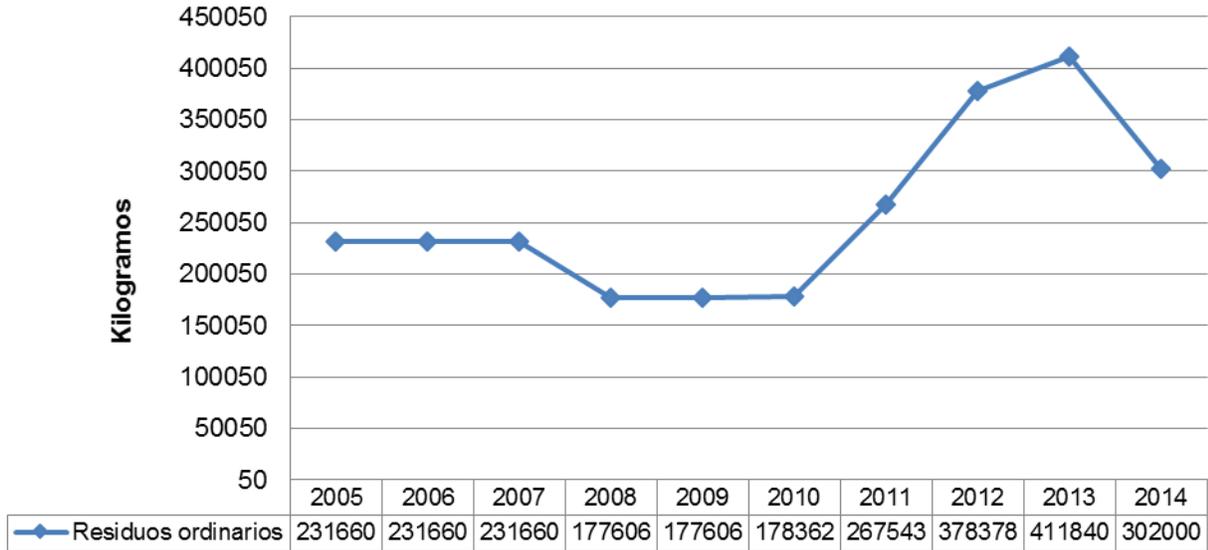


Fuente: Elaboración propia con base en datos de la OGA.

Debido a la naturaleza de las actividades académicas y de soporte efectuadas en la Ciudad Universitaria, los residuos generados por dichas actividades pueden ser clasificados de acuerdo a los criterios sugeridos por el Banco Mundial (2012) en residuos sólidos ordinarios, biodegradables, reciclables, inertes, químicos, infecciosos y residuos posconsumo. Las Figuras 4-5, 4-6, 4-7, 4-8 y 4-9 muestran, respectivamente, los datos históricos de generación para cada tipo de residuo. Cabe anotar que los picos en generación de residuos para los años 2005 y 2006 corresponden a residuos inertes debidos a los procesos de construcción, demolición y remoción de escombros en nuevos bloques arquitectónicos en la Ciudad Universitaria. Así, en 2005 se generaron 2650 toneladas de residuos inertes y 1680 toneladas en 2006. Para los demás años el total de residuos inertes reportados es cero, a excepción del año 2014 en el que se reportaron 78 toneladas. Aunque en estos años no existen datos de residuos inertes no quiere decir que no se hayan generado.

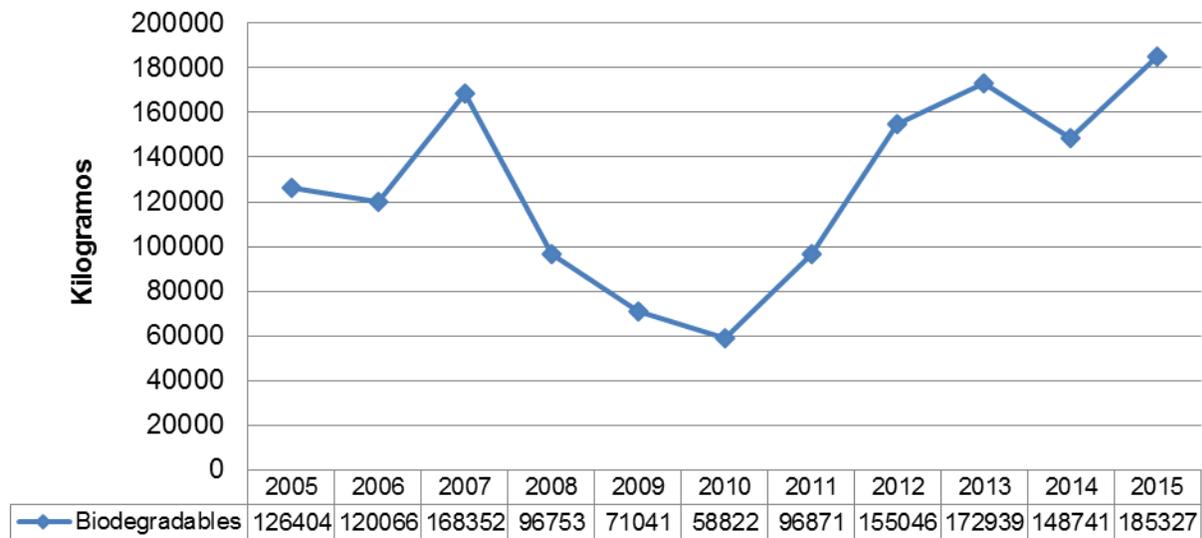
Las estrategias de manejo puntuales para cada tipo de residuos utilizados en la Ciudad Universitaria se presentan con detalle en las secciones 3.2 y 3.3 del presente capítulo.

Figura 4-5: Datos históricos de generación de residuos sólidos ordinarios en la Ciudad Universitaria, años 2005-2014.



Fuente: Elaboración propia con base en datos de la OGA.

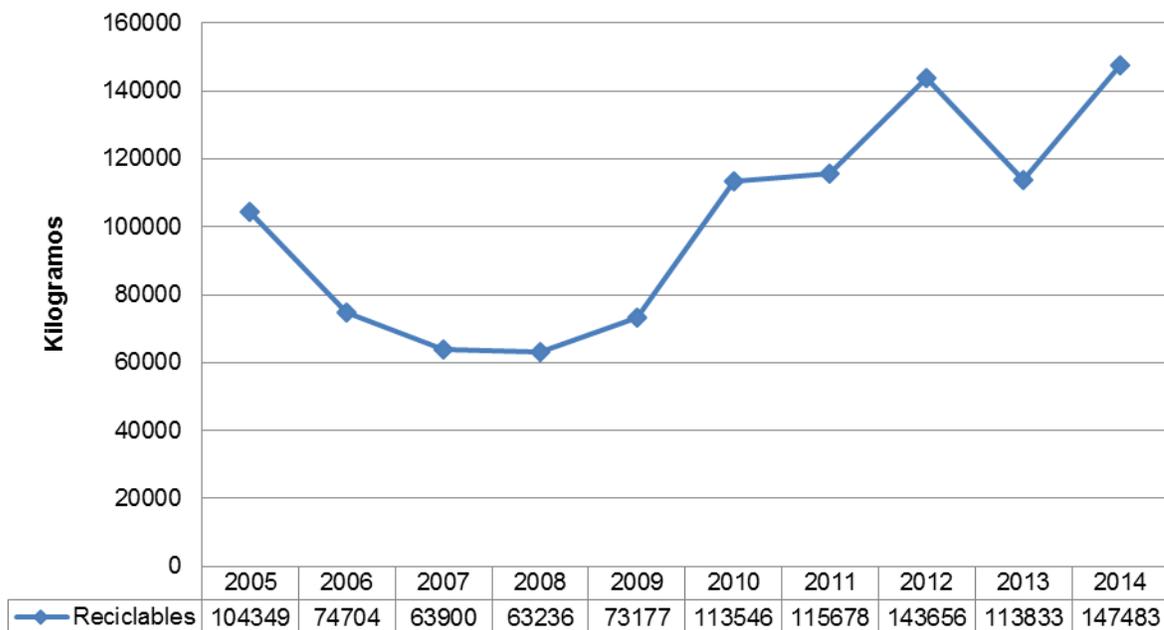
Figura 4-6: Datos históricos de la generación de residuos sólidos biodegradables en la Ciudad Universitaria, años 2005-2015.



Fuente: Elaboración propia con base en datos de la OGA.

Los residuos sólidos ordinarios generados en la Ciudad Universitaria corresponden principalmente a materiales cuyas características no permiten el reaprovechamiento. Entre estos, papeles y cartones metalizados, servilletas y papel sanitario. También se incluyen residuos de papel, cartón, vidrio y otros que no pueden ser aprovechados ni reutilizados de forma directa, entre otras razones, porque los materiales podrían haber sido contaminados con residuos de alimentos o biológicos, sus propiedades físicas se han visto afectadas o no existe separación en la fuente, por lo que resulta más económico disponerlos en rellenos sanitarios que efectuar procesos de separación (IDEA, 2005). Los residuos ordinarios no aprovechables son entregados a los contratistas de la administración distrital para la recolección y disposición final en el Relleno Sanitario Doña Juana.

Figura 4-7: Datos históricos de generación de residuos sólidos reciclables en la Ciudad Universitaria, años 2005-2014.



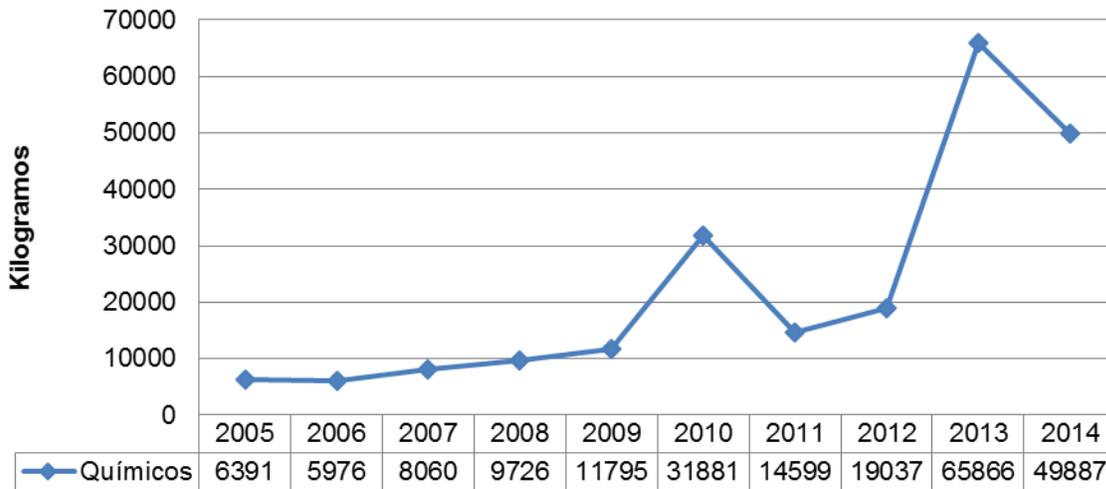
Fuente: Elaboración propia con base en datos de la OGA.

La generación de residuos sólidos biodegradables se debe al consumo de alimentos y la recolección de sobrantes de los restaurantes y cafeterías, la poda de pastos y el mantenimiento de áreas verdes, así como los residuos animales y vegetales que se producen por actividades académicas en facultades como Medicina Veterinaria, Ciencias Humanas y Agronomía, y la estructura ecológica del campus (IDEA, 2005). En la

Universidad Nacional existe un programa de recolección selectiva de residuos biodegradables para ser aprovechados en procesos de compostaje. La composición de los residuos sólidos reciclables en el campus corresponde principalmente a papel, cartón, vidrio y metales cuyas condiciones físicas no han sido alteradas significativamente durante las etapas de consumo y, por ende, tienen el potencial de ser reutilizados dentro o fuera de los límites de la Ciudad Universitaria.

La Figura 4-8 muestra los datos históricos de generación de residuos reciclables en el campus. Las políticas y programas para el manejo y aprovechamiento de residuos reciclables se detallan en la sección 4.2 del presente trabajo. Se evidencia que la mayor participación en la generación de residuos reciclables corresponde a papel, cartón, periódico, vidrio y chatarra.

Figura 4-8: Datos históricos de generación de residuos químicos peligrosos en la Ciudad Universitaria, años 2005-2014.



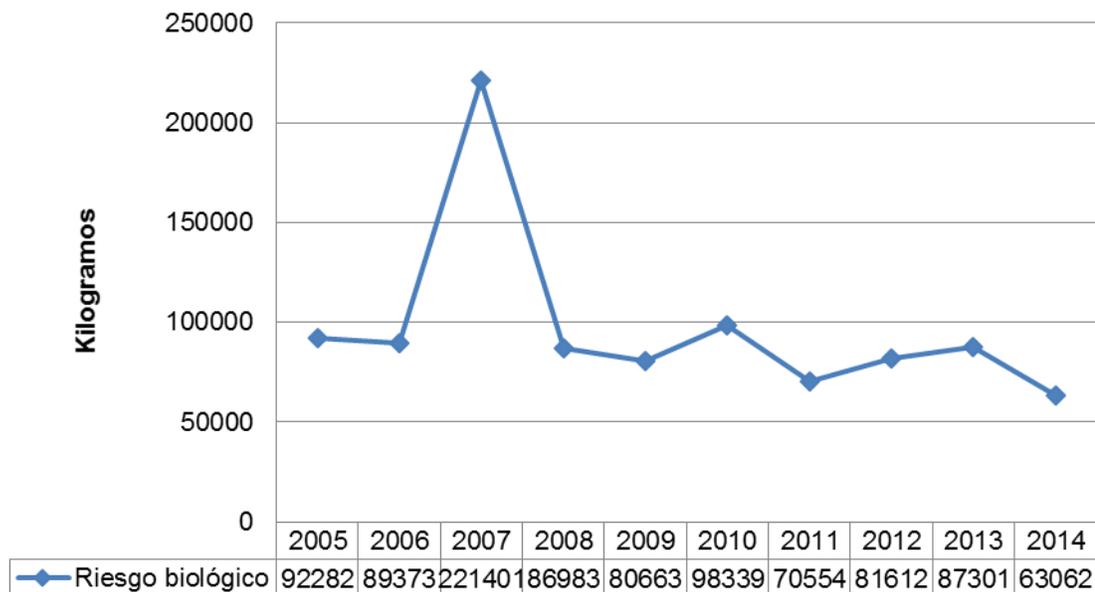
Fuente: Elaboración propia con base en datos de la OGA.

Los residuos químicos e infecciosos son generados principalmente en actividades de soporte a la academia, en las facultades de Ingeniería, Medicina, Medicina Veterinaria y Zootecnia, así como en los laboratorios asociados a dichas dependencias. Las Figuras 4-8, 4-9 y 4-10 muestran, respectivamente, los históricos de generación de residuos químicos, infecciosos y de posconsumo. Entre los residuos de posconsumo se clasifican tóneres, cartuchos y baterías usadas, llantas y luminarias descartadas, así como medios de almacenamiento de información digital como diskettes, CDs y memorias USB. En el

Anexo 1 del presente trabajo se presenta la matriz de generación de residuos sólidos y peligrosos para el campus sede Bogotá, en la cual se identifica qué tipos de residuos se están generando en cada uno de los bloques arquitectónicos y dependencias administrativas, según la clasificación sugerida por el Banco Mundial (2012).

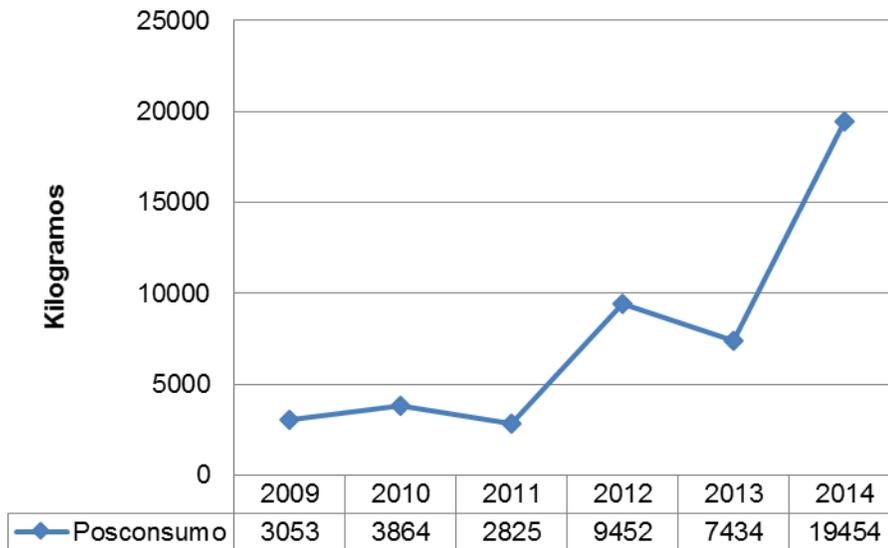
Cabe anotar que, desde la OGA y el Sistema de Gestión Ambiental de la Universidad Nacional se han desarrollado estrategias administrativas y operativas para el mejoramiento continuo en el desempeño ambiental asociado a la generación, manejo y disposición de residuos sólidos y peligrosos. La organización UI GreenMetric Ranking of World Universities, que mide el desempeño ambiental de más de 400 universidades en el mundo ubicó a la Universidad Nacional de Colombia en el puesto 67 a nivel mundial en el año 2016, lo que representa un ascenso de 40 posiciones con respecto a su posición en el ranking en el año 2015. La Universidad Nacional de Colombia es la universidad colombiana mejor posicionada en el ranking y la tercera mejor en Latinoamérica (UNAL, 2016).

Figura 4-9: Datos históricos de generación de residuos infecciosos en la Ciudad Universitaria, años 2005-2014.



Fuente: Elaboración propia con base en datos de la OGA.

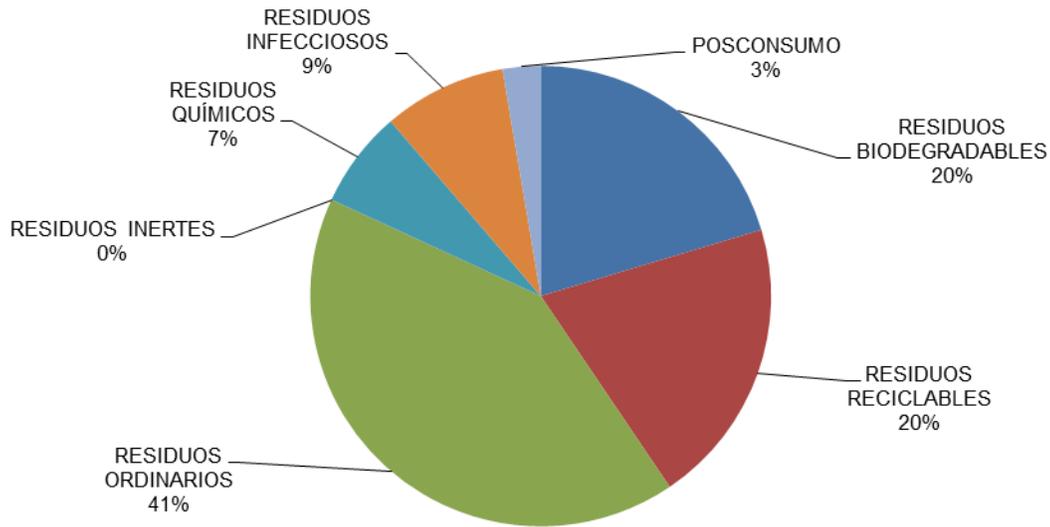
Figura 4-10: Datos históricos de generación de residuos de posconsumo en la Ciudad Universitaria, años 2009-2014.



Fuente: Elaboración propia con base en datos de la OGA.

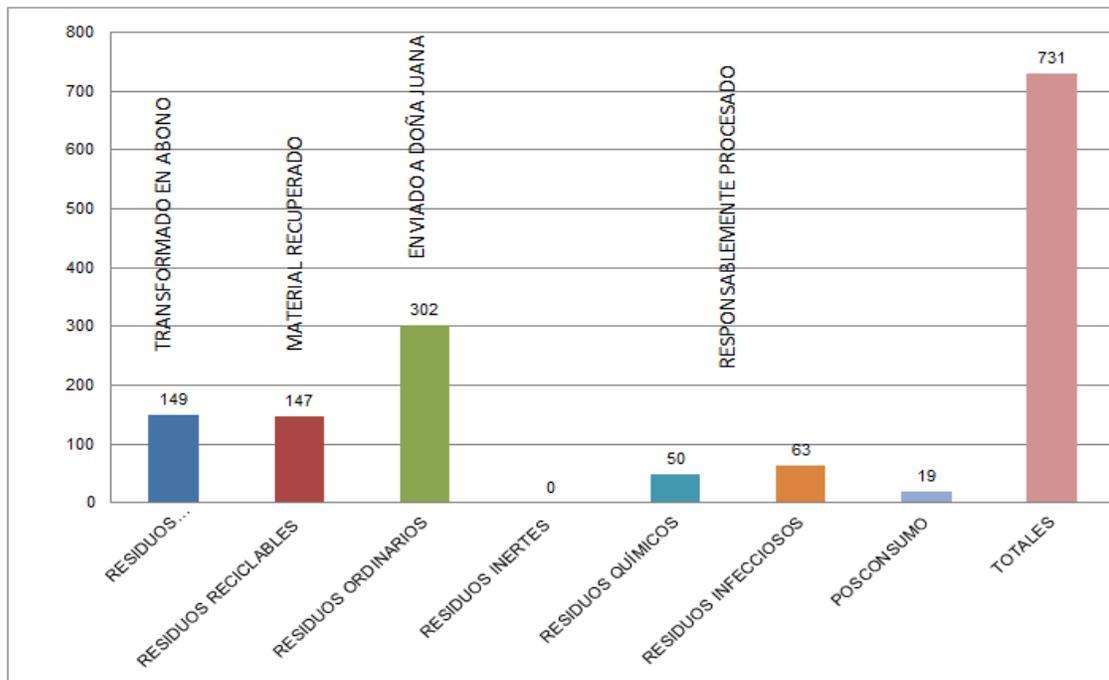
La Figura 4-11 muestra la composición del total de residuos sólidos y peligrosos generados en el campus en el año 2014 y la figura 4-12, las alternativas de manejo y disposición final que se utilizaron para cada tipo de residuo. Se evidencia que un 41% de los residuos generados son del tipo ordinario, un 20% corresponde a residuos reciclables y un 20% adicional a residuos biodegradables. Los residuos ordinarios representan una limitante a las posibilidades de reaprovechamiento de materiales del sistema. El 41% de los residuos generados en el campus sede Bogotá no fueron reaprovechados debido a carencias tecnológicas para la reintegración de materiales particulares o a hábitos de consumo. Si estas condiciones mejoran desde lo tecnológico, los hábitos y el aprendizaje social, existe entonces un potencial para el reaprovechamiento viable de residuos del 81%. Sin embargo, en 2014 tan solo se reutilizaron 296 de las 731 toneladas generadas en forma de material reciclable o abono por compost, correspondientes al 40,4% del total generado en el año. Las cantidades restantes fueron enviadas a relleno sanitario, en el caso de residuos ordinarios (contaminados o no reciclables), o a entidades de manejo responsable para residuos peligrosos.

Figura 4-11: Composición de residuos totales generados en la Ciudad Universitaria, año 2014.



Fuente: Elaboración propia con base en datos de la OGA.

Figura 4-12: Composición de residuos generados en la Ciudad Universitaria y alternativas de manejo, año 2014.



Fuente: Elaboración propia con base en datos de la OGA.

Una vez identificados de forma preliminar los tipos y cantidades de residuos sólidos y peligrosos generados en la Ciudad Universitaria, resulta necesario revisar los procesos administrativos y operativos para la reducción y separación en la fuente, recolección, manejo y disposición final de los mismos, enmarcados en las estructuras organizativas internas de la universidad.

4.2 Procesos administrativos y operativos de los PGIR-UN

La recolección, manejo y disposición final de residuos sólidos y peligrosos en la Ciudad Universitaria es un proceso complejo. Requiere la existencia de una estructura administrativa y operativa que ejecute y controle todas las actividades asociadas al manejo de residuos, a la vez que sea capaz de detectar problemáticas y oportunidades de mejora, de acuerdo a los lineamientos de la norma ISO 14001 y a la legislación nacional vigente. Es de notar que, según Lozano et al. (2014) y Wang et al. (2013), el éxito de cualquier programa o plan de acción de mejoramiento sobre las condiciones ambientales de un entorno universitario dependen de la motivación de la comunidad académica ante la problemática, esta a su vez determinada por la efectividad percibida de las operaciones administrativas y operativas relacionadas, la educación ambiental y el conocimiento de temas ambientales por parte de la comunidad, sin dejar de lado las perspectivas de género transversales a cualquier entorno social. El liderazgo desde los entes administrativos, el aseguramiento de una capacidad de financiamiento adecuada, mecanismos robustos de comando y control y la integración de la sustentabilidad dentro de estructuras académicas existentes son factores críticos para el éxito de cualquier programa ambiental en una universidad a corto y largo plazo. Los aspectos clave se pueden resumir así en una notoria intención administrativa, estrategias de integración de la comunidad universitaria y mecanismos de comando y control que permitan trazar y evaluar metas de mejoramiento continuo.

La Universidad Nacional de Colombia establece su componente institucional a partir de la misión y visión institucional, así como en documentos oficiales de planeación y gestión como el Plan Global de Desarrollo 2016-2018 y los informes de gestión por facultades e institutos. La misión de la Universidad Nacional de Colombia está enfocada a *“fomentar el acceso con equidad al sistema educativo colombiano, proveer la mayor oferta de*

programas académicos, formar profesionales competentes y socialmente responsables. Contribuir a la elaboración y resignificación del proyecto de nación, estudiar y enriquecer el patrimonio cultural, natural y ambiental del país. Como tal lo asesora en los órdenes científico, tecnológico, cultural y artístico con autonomía académica e investigativa". La visión a 2017 de la Universidad Nacional resalta, entre otras cuestiones, la necesidad de *"fortalecer su carácter nacional mediante la articulación de proyectos nacionales y regionales, que promuevan el avance en los campos social, científico, tecnológico, artístico y filosófico del país"*, de facilitar *"una rápida respuesta de la comunidad académica a los cambios y nuevos retos de su entorno e inserción en el mundo global"*, y de hacer *"un énfasis especial en el desarrollo de investigación desde múltiples formas organizativas (grupos, centros disciplinares y temáticos, institutos inter y transdisciplinarios) coordinadas en un sistema con metas claras, con políticas de fomento e instrumentos de comunicación eficaces, así como con programas integrados a grupos y redes en los ámbitos nacional e internacional"* (UNAL, 2016).

Estos elementos de la misión y visión institucional evidencian la intención que tiene la Universidad Nacional de mantenerse como universidad líder en los procesos de generación, transmisión y aplicación del conocimiento en la solución de problemáticas coyunturales nacionales e internacionales, como lo es la crisis ambiental. Esta intención se hace concreta mediante la reestructuración de los entes administrativos de la Universidad Nacional propuesta y ejecutada a través de los Acuerdos 016 de 2011 y 164 de 2014 del Consejo Superior Universitario. El Acuerdo 016 de 2011 establece la Política Ambiental de la universidad, en la que se resalta la necesidad de promover un entorno académico ambientalmente sano, proteger el entorno natural del campus, proponer alternativas sostenibles dentro y fuera de la universidad, cumplir requisitos legales en prevención de la contaminación, incluir la dimensión ambiental en los procesos académicos a través del fomento de un modelo educativo orientado a consolidar la cultura ambiental y promover la participación individual y colectiva de la comunidad universitaria en cuestiones ambientales. Por su parte, el acuerdo 164 de 2014 modifica la estructura académica y administrativa de la Universidad Nacional de Colombia – Sede Bogotá (CSU, 2014) de la siguiente manera:

1. Consejo de sede
2. Vicerrectoría de sede y dependencias asociadas

3. Facultades
4. Institutos de investigación y centros de sede

El Consejo de Sede se encarga de la administración a nivel estratégico y gerencial, y tanto las facultades como los institutos de investigación efectúan las actividades netamente académicas propias de la Universidad. La Vicerrectoría de sede tiene a su cargo la gestión administrativa y operativa de todos los procesos de soporte a las actividades académicas, de extensión e investigación. Las dependencias asociadas a la Vicerrectoría de sede se muestran en la tabla 4-2. Las tareas relacionadas con los aspectos ambientales de la sede corresponden a la Oficina de Gestión Ambiental OGA. De acuerdo al Diagnóstico Ambiental de la Universidad Nacional de Colombia - sede Bogotá (IDEA, 2005), las dependencias, institutos y grupos con funciones ambientales dentro de la Ciudad Universitaria son:

1. Unimedios
2. Unisalud
3. Oficina de planeación y estadística
4. Instituto de ciencia y tecnología de alimentos ICTA
5. Instituto de Estudios Ambientales IDEA
6. Dirección de Bienestar Universitario
7. Dirección de ordenamiento físico
8. Anfiteatro Facultad de Medicina
9. Laboratorios de Ingeniería Química
10. Clínica de pequeños animales
11. Comité de prevención y atención a emergencias CPRAE

Además de las dependencias mencionadas anteriormente, mediante el Acuerdo 187 de 2015 del CSU la División de Logística y Transportes quedó encargada de las tareas operativas de recolección de residuos sólidos y peligrosos, así como el aseo y limpieza general del campus. De esta manera, los procesos administrativos y operativos asociados directamente a la recolección, manejo y disposición de residuos sólidos y peligrosos de la Universidad Nacional de Colombia – Sede Bogotá, quedan a cargo de dos entidades principales que coordinan las tareas necesarias para el funcionamiento de los PGIR-UN: la Oficina de Gestión Ambiental y la División de Logística y Transportes.

Tabla 4-2: Dependencias asociadas a la Vicerrectoría de la sede Bogotá.

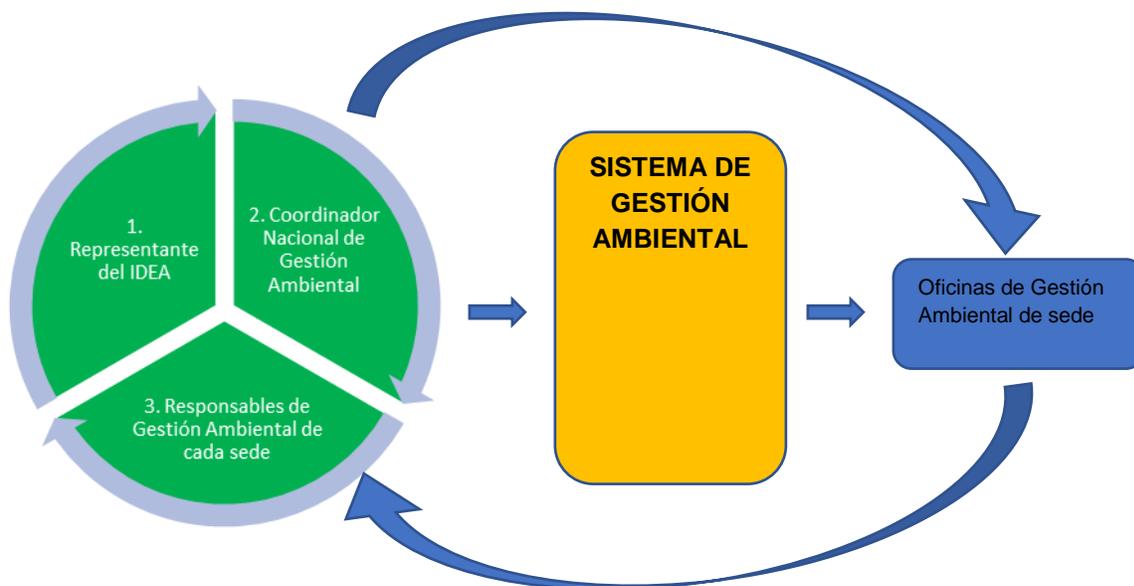
VICERRECTORÍA DE SEDE	
Secretaría de sede	
Direcciones	Oficinas
Académica	Planeación y estadística
Investigación y extensión	Jurídica
Laboratorios	TIC
Bienestar universitario	Relaciones interinstitucionales
Patrimonio cultural	Veeduría disciplinaria
Personal	Oficina de Gestión ambiental
Financiera y administrativa	
Ordenamiento físico	
Logística	

Fuente: Elaboración propia con base en el Acuerdo 164 del Consejo Superior Universitario.

4.2.1 Oficina de Gestión Ambiental OGA-UN

Por medio de la Resolución 035 de 2012 de Rectoría, se crea el Comité Técnico Nacional de Gestión Ambiental (CTNGA), destinado a ser el ente asesor y consultivo oficial de la institución en materia ambiental, dirige sus funciones a la formulación de propuestas y políticas para el desarrollo de la Política Ambiental de la Universidad Nacional. Los lineamientos y políticas propuestos desde el comité tienen alcance en todas las sedes de la Universidad Nacional y a través del Sistema de Gestión Ambiental se ponen en práctica por medio de las Oficinas de Gestión Ambiental (OGA) de cada sede. La figura 4-13 muestra la integración de las OGA al Comité Técnico Nacional por medio del Sistema de Gestión Ambiental. El CTNGA está conformado por un asesor, representante de uno de los Institutos de Estudios Ambientales de la universidad, el Coordinador Nacional de Gestión Ambiental y los representantes de cada sede.

Figura 4-13: Estructuración del Comité Técnico Nacional y las Oficinas de Gestión Ambiental de cada sede.



Fuente: Elaboración propia con base en el Acuerdo 164 del Consejo Superior Universitario.

El Sistema de Gestión Ambiental se instituyó en 1998 para ocuparse del manejo de residuos químicos. Después entró a manejar residuos biosanitarios, biodegradables y reciclables. Sin embargo, hasta antes de la creación del CTN cada sede tenía su propio Sistema de Gestión Ambiental, generando disparidades en las propuestas y líneas de trabajo. Es desde el trabajo de dicho comité que las directivas adquieren una participación más activa en las cuestiones ambientales propias de la institución y del país. Vale la pena mencionar que la Universidad Nacional está en proceso de establecer su Sistema de Gestión Ambiental de acuerdo a los lineamientos de la norma ISO 14001 y se busca como objetivo institucional la certificación otorgada por dicha organización (Bustos, 2016). A partir de la reestructuración de los entes administrativos de la institución por el Acuerdo 164 de 2014, a la OGA de la sede Bogotá quedaron a cargo las siguientes funciones:

1. Velar por el cumplimiento de la política ambiental
2. Fortalecer la gestión ambiental: prevenir, mitigar, controlar y reducir impactos ambientales

3. Planificar, establecer e implementar programas de gestión ambiental
4. Atender visitas de inspección, vigilancia y control de entes regulatorios
5. Apoyar y asesorar a la Vicerrectoría de Sede en el cumplimiento de la normatividad vigente

La OGA de la sede Bogotá tiene a su cargo diez programas ambientales, entre los que se destacan los programas de gestión de la energía, gestión del agua, conservación de ecosistemas, gestión de la calidad del aire, integración de la comunidad universitaria y los Programas de Gestión Integral de Residuos Peligrosos y No Peligrosos (Florian, 2016). Desde la OGA se han creado y comunicado protocolos, procedimientos y formatos que permitan el adecuado manejo de residuos sólidos y peligrosos, a la vez que garantizan la existencia de mecanismos de comando y control sobre los procesos asociados a los PGIR-UN. Estos formatos se han implementado en las operaciones diarias de manipulación, recolección, transporte, manejo y disposición final para residuos infecciosos, biosanitarios, químicos, ordinarios, reciclables y residuos de la construcción (Florian, 2016) en laboratorios, cafeterías, centros de acopio y demás dependencias generadoras de residuos. Dichas dependencias se identifican y analizan en la sección 4.3 del presente trabajo.

Por medio de cuestionarios y entrevistas con trabajadores de la OGA, se determinaron como principales fortalezas en la gestión administrativa de residuos sólidos y peligrosos: i) la existencia de centros de acopio y procesos estratificados por tipo de residuo, ii) el avance en la implementación de protocolos de manejo de residuos, iii) las estrategias de manejo viable de residuos en el campus, principalmente en los procesos de compostaje, reciclaje de residuos aprovechables y disposición final de residuos peligrosos con gestores ambientales autorizados, iv) el gran potencial que tiene la Universidad Nacional en su talento humano a todo nivel (estudiantes, profesores, administrativos) para la creación de conocimiento por medio de grupos de investigación y otras actividades académicas y de extensión, y v) el creciente interés de las directivas de la universidad por las cuestiones ambientales actuales. A su vez, las oportunidades de mejora más relevantes que se identificaron pasan todas por carencias crónicas en la integración de la comunidad universitaria en las cuestiones ambientales relacionadas directa e indirectamente con el campus (Florian, 2016; Bustos, 2016) y algunos atrasos en infraestructura (Garzón, 2016). En la sección 4.4 del presente trabajo se analiza con

mayor profundidad la integración de la comunidad universitaria con respecto a la gestión de residuos.

Los procesos operativos asociados directamente a la recolección y manejo de los residuos sólidos y peligrosos en el campus están a cargo de la División de Logística y Transportes, siguiendo los lineamientos, políticas y protocolos de la Oficina de Gestión Ambiental, según lo establecido en el Acuerdo 187 de 2015 del Consejo Superior Universitario.

4.2.2 División de Logística y Transportes

La División de Logística y Transportes hace parte de la Dirección Financiera y Administrativa de la institución y tiene a cargo la recolección, manejo, acopio y salida de los residuos generados por el campus. Todas las disposiciones administrativas y estratégicas surgen desde la OGA y la División de Logística se encarga de poner en práctica los protocolos y procesos ya definidos para cada tipo de residuo. La Universidad Nacional de Colombia cuenta con centros de acopio diferenciados para cada tipo de residuos. Las propiedades físicas y químicas de los residuos hacen necesarios procesos de recolección, acopio y disposición final que se adecúen a estas características. De esta manera, la División de Logística tiene procesos definidos para el manejo de todos los residuos generados en el campus. A continuación, se describe de forma general las operaciones para residuos sólidos ordinarios, reciclables, químicos, infecciosos y posconsumo. En la sección 4.3 se detalla sobre las unidades generadoras de residuos y sus particularidades.

4.2.2.1 Residuos sólidos ordinarios

El campus de la Universidad Nacional genera 720 kilogramos de residuos sólidos ordinarios al día y la División de Logística debe garantizar su adecuada recolección, transporte al centro de acopio y disposición final. Entre los residuos sólidos ordinarios se categorizan todos aquellos que no pueden ser reutilizados por sus condiciones físico-químicas o porque no se hizo la separación en la fuente de materiales potencialmente reutilizables.

Para la recolección se hace uso de un camión compactador propiedad de la universidad y se hacen rutas de recolección todos los días. Operarios de empresas prestadoras del servicio de aseo en coordinación con la Dirección de Mantenimiento se encargan de la recolección de los residuos generados en todas las dependencias de la Universidad y el transporte a 5 centros de paso distribuidos por el campus (ver figura 4-24) en donde son recolectados por un camión compactador y transportados al centro de acopio de residuos sólidos. En el centro de acopio los residuos son pesados y revisados para extraer el material reciclable aún aprovechable. Finalmente los residuos no reciclables son embalados y entregados a las empresas que se encargan de la recolección y disposición final en el Relleno Sanitario Doña Juana (Garzón, 2016). Los 720 kilogramos diarios mencionados hacen referencia al material que, después de toda la segregación, terminan como desperdicios al final del ciclo de vida. Todo el proceso, las cantidades y otros indicadores están documentados por la División de Logística y la Oficina de Gestión Ambiental para el cumplimiento de requisitos legales.

4.2.2.2 Residuos reciclables

De acuerdo a los principios de 3R (reducir, reusar, reciclar), la administración de la institución busca que existan condiciones físicas adecuadas y una comunicación efectiva para impulsar y facilitar hábitos de separación en la fuente dentro de la comunidad universitaria. Existen puntos ecológicos para la separación por tipo de residuo (en plásticos, papel y residuos orgánicos/ordinarios) dentro del campus universitario para favorecer la separación, sin embargo, es una situación frecuente encontrar las canecas en malas condiciones físicas o que, si bien existen las condiciones físicas, aún no hay una cultura del reciclaje en la comunidad académica, por lo que no se da la separación en canecas que lo permiten (Garzón, 2016). También se encuentran en el campus canecas que no permiten la separación y, de entrada, residuos sólidos de todo tipo se mezclan en la recolección. Esto resulta en el hecho de que muchos materiales potencialmente re-aprovechables no lo sean. Se profundizará con respecto a esta condición del sistema en la sección 4.4 del presente trabajo. La recolección de los residuos reciclables sigue el mismo proceso que la de residuos sólidos ordinarios, se utiliza una volqueta y el proceso se maneja de forma diferenciada para permitir la separación en el centro de acopio de residuos sólidos. Una vez identificados, separados, pesados y embalados, se procede a hacer entrega de los materiales reciclables a

empresas externas que se encargan de reprocesarlos y venderlos de nuevo como materias primas para procesos industriales de todo tipo. La selección de estas empresas está a cargo de la OGA y la División de Logística solo se encarga de enlaces operativos, control del proceso y gestión de los certificados correspondientes exigidos por ley (Florian, 2016).

4.2.2.3 Residuos orgánicos/biodegradables

Al igual que los residuos reciclables, una parte importante del éxito del manejo segregado de residuos orgánicos depende de la separación en la fuente. Las principales dependencias generadoras de residuos orgánicos en el campus son cafeterías, edificios de alto tráfico de estudiantes, prados y la población animal del campus (Martínez, 2016), en donde se generan entre 40 y 150 kilogramos al día, dependiendo de las actividades específicas del campus y programación de mantenimiento puntuales del día. Para la recolección de los residuos orgánicos se cuenta con 2 tractores con tráiler tipo volco y un remolque que comparte la operación entre residuos orgánicos y químicos. La ruta de recolección de residuos orgánicos biodegradables tiene una frecuencia diaria y los materiales se transportan a una planta de compostaje interna, previo pesaje y control de cantidades, de acuerdo a los protocolos establecidos por la OGA. Los residuos son transportados a la planta de compostaje del campus, a cargo de la Facultad de Ciencias Agrarias, donde se produce compost para usar dentro y fuera del campus, cumpliendo con todos los requisitos legales (Garzón, 2016).

4.2.2.4 Residuos químicos

La gestión y manejo de los residuos químicos requiere un esfuerzo administrativo y operativo mayor que el de residuos sólidos ordinarios y orgánicos, dada la naturaleza de su peligrosidad y los potenciales riesgos que se ocasionan por su uso dentro del campus. Debido a las actividades académicas y de investigación, así como el consumo de alimentos en las cafeterías, se generan residuos químicos en todas las facultades de la Universidad Nacional. Para la recolección de los mismos es necesario tener en cuenta que los residuos de equipos utilizados para manipular materiales químicos también se consideran residuos químicos. A este efecto, la División de Logística programa una ruta de recolección de equipos los días lunes y otra ruta para recoger residuos químicos los días miércoles.

La programación de las rutas se hace con base en la demanda, es decir, de acuerdo a solicitudes hechas directamente a la División de Logística por parte de los laboratorios y unidades generadoras, siguiendo los mecanismos de comunicación establecidos por la institución (Garzón, 2016). Este modelo requiere de un almacenamiento temporal de los residuos por parte de las unidades generadoras, el cual se debe hacer con todas las condiciones físicas y de seguridad, protocolos de emergencia, identificación de los residuos y elementos de protección personal para la manipulación, de acuerdo a los protocolos definidos por la OGA para dar cumplimiento a los requisitos de ley (Florian, 2016). En el proceso de recolección se llevan formatos para el control de cantidades y los residuos son transportados al centro de acopio de residuos químicos para su almacenamiento temporal (que nunca debe superar los dos meses) y su posterior entrega a gestores ambientales externos, certificados por la OGA, que darán tratamiento a dichos residuos mediante incineración o disposición final en celdas de seguridad y autoclavado.

4.2.2.5 Residuos infecciosos

Al igual que los residuos químicos, el manejo de los residuos infecciosos requiere de esfuerzos operativos y administrativos para garantizar que el riesgo sea mínimo y que existan protocolos para contingencias y emergencias en todo el proceso de transporte y acopio. La recolección de residuos infecciosos es diaria y la División de Logística cuenta con un vehículo especializado para su manejo, diseñado y construido por estudiantes y profesores de la Escuela de Diseño Industrial de la Universidad Nacional y puesto en operación en 2015. Vale la pena anotar que este vehículo es el primero en el país que cumple la Resolución 1609 de 2002, la cual reglamenta el manejo y transporte terrestre automotor de sustancias peligrosas (UNAL, 2015) y permite minimizar el riesgo asociado al transporte mediante soluciones de diseño a la medida de las necesidades de la institución.

Las unidades generadoras deben hacer un acopio temporal de los residuos, siguiendo protocolos ya establecidos por la OGA y el Comité para la Prevención y Atención de Emergencias CPRAE. Dichos protocolos están definidos para cumplir con la legislación vigente en términos de rotulación e identificación adecuada, seguimiento y control a inventarios, códigos de color, identificación y límites de peso para las bolsas así como las

condiciones de almacenamiento exigidas. La ruta de residuos infecciosos funciona los días lunes, miércoles y jueves, de acuerdo a una programación previamente establecida en la División de Logística. Una vez recogidos, los residuos son llevados al centro de acopio de residuos infecciosos, donde son puestos en un cuarto de congelación hasta que sean recogidos por los gestores ambientales certificados por las autoridades competentes con licencias ambientales sobre los procesos desarrollados. La OGA verifica que las licencias estén vigentes y que los gestores cumplan los requerimientos y necesidades de la Universidad. Los residuos anatomopatológicos, animales y cortopunzantes son incinerados y a los demás se les hace procesos de autoclavado.

4.2.2.6 Residuos de posconsumo

Los residuos de posconsumo son residuos tecnológicos de equipos y herramientas como baterías, llantas, tóneres, luminarias y residuos de equipos electrónicos (RAEE). Salvo las baterías y algunos equipos electrónicos, cuya recolección se da en puntos ubicados en varios (pero no todos los) edificios de la universidad, la recolección de residuos de posconsumo se hace los días martes previa programación por demanda. Las unidades generadoras deben solicitar a la División de Logística la recolección de los residuos mínimo con un día de anticipación y por los canales de comunicación establecidos por la institución (Garzón, 2016). La recolección de baterías en los puntos de recolección de los edificios debe hacerse cada 15 días y garantizando que los contenedores nunca excedan su capacidad de almacenamiento. Una vez recogidos son transportados al centro de acopio en una volqueta o un motocarro, dependiendo de la cantidad a recoger en la ruta. Allí son pesados, rotulados y almacenados para la posterior entrega a los gestores, con licencia ambiental para el tratamiento y disposición de residuos y autorizados por la OGA. Adicional a esto, la OGA hace campañas periódicas de recolección de residuos de posconsumo dirigidas a la comunidad académica y llevadas a cabo en el campus. El tratamiento que dan los gestores a algunos residuos posconsumo como llantas usadas es confidencial y considerado "*parte del modelo de negocio*" de estas empresas (Florián, 2016). También se usan técnicas de autoclavado y celdas de seguridad.

4.2.2.7 Fortalezas y oportunidades en la operación

Por medio de encuestas y entrevistas a los trabajadores de la División de Logística se determinó que una de las principales fortalezas en los procesos operativos asociados a la

recolección, manejo y disposición de residuos sólidos y peligrosos en el campus es la experiencia y el mejoramiento continuo en la operación. Ya existen protocolos bien definidos, experiencia en la programación de las rutas y buena capacidad de respuesta a eventualidades. También existe un buen grado de control sobre el proceso, toda vez que por requerimientos legales y en un esfuerzo dirigido desde la OGA, existe una base de datos con cifras de generación de residuos sólidos y peligrosos por cada dependencia (unidad administrativa) del campus. Si bien dicha base de datos es robusta, aún falta detalle sobre los puntos de generación de residuos sólidos ordinarios y las estrategias de almacenamiento usadas por laboratorios y otras dependencias (Florián, 2016). Desde la División de Logística se recalca en la necesidad de hacer actualizaciones de infraestructura y equipos, se manifestó por parte de los trabajadores administrativos que es necesario más presupuesto para poder llevar a cabo mejoras en la infraestructura y equipos de todos los centros de acopio y así hacer más eficientes los procesos operativos (Garzón, 2016).

4.3 Red de flujo y recolección de residuos sólidos y peligrosos

Para dar cumplimiento a las exigencias de la normativa vigente en gestión de residuos sólidos y peligrosos, los procesos logísticos de recolección, transporte, acopio y salida de los mismos están documentados y las cantidades generadas son cuantificadas durante la recolección y verificadas durante el resto del proceso. Existen datos de generación de residuos sólidos reciclables, biodegradables, infecciosos, químicos y de posconsumo que permiten identificar la fuente generadora, la cantidad y tipo del residuo generado, así como la fecha de recolección de los mismos (Florian, 2016). Para los residuos sólidos ordinarios no existen datos que permitan identificar la fuente generadora. De acuerdo a la información obtenida en entrevistas, el volumen del material transportado, el modelo logístico usado para la recolección con contenedores de tránsito y la no separación en la fuente dificultan la recolección de datos para residuos ordinarios con el mismo nivel de detalle de los demás (Florián, 2016; Garzón, 2016). Sin embargo, de acuerdo a (Laurent et al., 2014; Lozano et al., 2014; Mason et al., 2003; Y. Wang et al., 2013), la existencia de esta información ya es una fortaleza administrativa y operativa al nivel actual.

A partir de dichos datos, consolidados por la OGA y compartidos para el desarrollo del presente trabajo, se identifican los puntos de generación, los nodos y arcos relevantes en la red de flujo de residuos del campus. Adicionalmente, el análisis se apoya en los hallazgos encontrados en el Informe de Aspectos Ambientales de la Universidad Nacional de Colombia – Sede Bogotá (Martínez, 2016) para identificar los puntos críticos tanto en la generación como en la magnitud de los aspectos ambientales asociados a los residuos.

4.3.1 Análisis por tipo de residuo

Las condiciones físico-químicas de los residuos exigen un tratamiento diferenciado y adecuado a dichas características. Si bien se comparten estructuras administrativas y operativas para el manejo y la recolección, las dinámicas de generación varían de acuerdo al tipo de residuo y están ligadas a los patrones de consumo, la infraestructura disponible, la naturaleza de las actividades académicas y las perturbaciones que la comunidad académica ejerza sobre el sistema. Esto conduce a estrategias administrativas y operativas diferenciadas por tipo de residuo (ver sección 4.2). Para seguir la misma línea y para facilitar la identificación de la red y sus propiedades, se estratificará el análisis en cinco categorías correspondientes a cada tipo de residuo en: ordinarios y reciclables, biodegradables, químicos, infecciosos y posconsumo.

Ordinarios y reciclables

Para la recolección de los residuos sólidos ordinarios y reciclables, la Universidad Nacional de Colombia cuenta con puntos de recolección en todas las dependencias de la Ciudad Universitaria. Los puntos de recolección son identificados con el código de color, de acuerdo al tipo de residuo. El color verde se usa para designar los residuos ordinarios, el azul para residuos reciclables y el gris para papel y cartón. Pero la carencia de un modelo unificado para la separación en la recolección de residuos potencialmente aprovechables resulta en el hecho de que el 40% de los residuos ordinarios no pueden ser segregados y, en última instancia, terminan en el Relleno Sanitario Doña Juana (Garzón, 2016; Florián, 2016). Si bien el Sistema de Gestión Ambiental ha implementado mecanismos para la separación en la fuente, las condiciones físicas del campus limitan el alcance de dicha separación. La figura 4-14 muestra los cuatro tipos de puntos de recolección que maneja actualmente la Universidad Nacional. Hay puntos de recolección

(denominados “puntos ecológicos”) que permiten la separación entre: i) residuos ordinarios, que debido a sus propiedades físico-químicas o a la carencia de sistemas de reaprovechamiento no se pueden reciclar o contaminados por alimentos, ii) papel y cartón y iii) demás residuos reciclables.

Figura 4-14: Tipos de recipientes de los puntos de recolección de residuos sólidos ordinarios y reciclables en el campus de la sede Bogotá.



Fuente: Elaboración propia.

La Oficina de Gestión Ambiental de la sede no cuenta con datos sobre la generación de residuos sólidos ordinarios en cada una de las dependencias. Esto se debe principalmente a tres factores: i) todas las unidades de la Ciudad Universitaria generan residuos ordinarios, lo cual hace que la recolección de estos datos sea un proceso tan complejo como lo es la misma recolección, ii) la gran cantidad de residuos generados por facultad dificulta el pesaje y cuantificación de los mismos y iii) el sistema de recolección para estos residuos no permite llegar al nivel de detalle requerido para hacer un análisis de cada unidad. El sistema de recolección de estos residuos se analiza con más detalle posteriormente en este trabajo. Sin embargo, la OGA, en cooperación con el Instituto de Estudios Ambientales IDEA, desarrolló y aplicó en el campus una metodología para la

evaluación de aspectos ambientales que incluye, entre otros aspectos relevantes para el desempeño ambiental de la sede, la identificación de los puntos críticos en generación de residuos sólidos y peligrosos. De acuerdo al Informe de Aspectos Ambientales de la sede Bogotá (Martínez et al, 2016), las unidades que más evidencian la generación de residuos sólidos ordinarios son cafeterías, pasillos, fotocopiadoras, baños y áreas comunes de los edificios. Es una situación común en el campus encontrar que no se hace separación en la fuente, incluso cuando se trata de un punto de recolección que permite la separación y que se encuentra señalizado. Sin embargo, en el centro de acopio para residuos de este tipo se hace un proceso adicional de separación de residuos para la posterior entrega a gestores ambientales, empresas del sector del reciclaje y a las entidades encargadas de la operación del Relleno Sanitario Doña Juana.

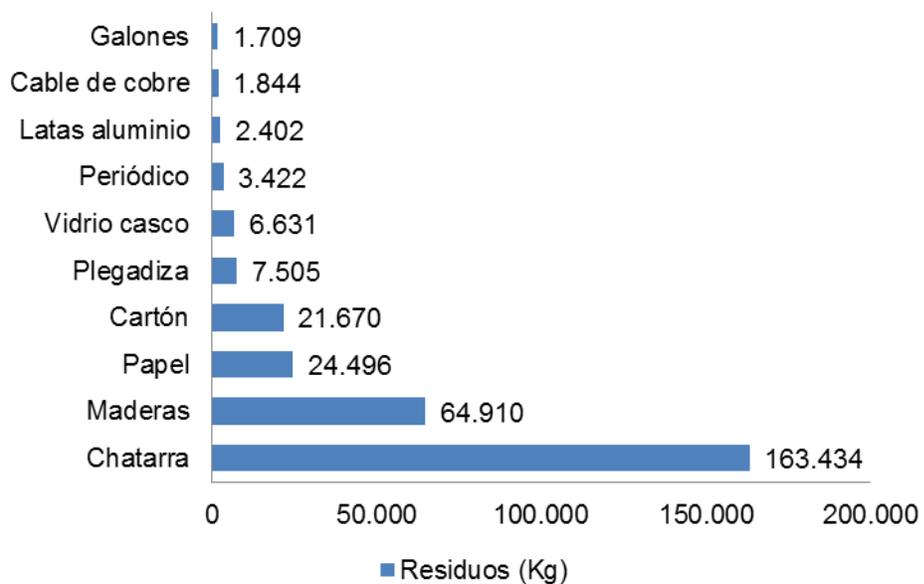
Los residuos reciclables que se obtienen por la separación en la fuente y en el centro de acopio son contabilizados para permitir el control sobre la entrega de los mismos a empresas que se encargan del tratamiento y aprovechamiento de los mismos. La figura 4-15 muestra la composición de los residuos reciclables generados en el campus y la Figura 4-16 muestra la evolución histórica en la generación de las 6 clases de materiales más comunes. En la Tabla 4-3 se identifican las unidades generadoras de residuos ordinarios.

Cabe aclarar que todos los residuos ilustrados en la figura 4-16 tienen una tendencia creciente debido a que la implementación de los puntos ecológicos en el campus es nueva. La OGA totaliza como residuos reciclables todos aquellos que cumplen las condiciones adecuadas y son entregados a empresas que se encargan del tratamiento y reciclaje de dichos residuos (Florián, 2016). Si bien se puede evidenciar un avance en este aspecto, aún en 2015 el total de residuos generados en la Ciudad Universitaria terminan en el Relleno Sanitario Doña Juana. Las unidades donde se presenta la generación de residuos reciclables con mayor magnitud corresponden a laboratorios de artes, oficinas administrativas y la Plaza Central del campus.

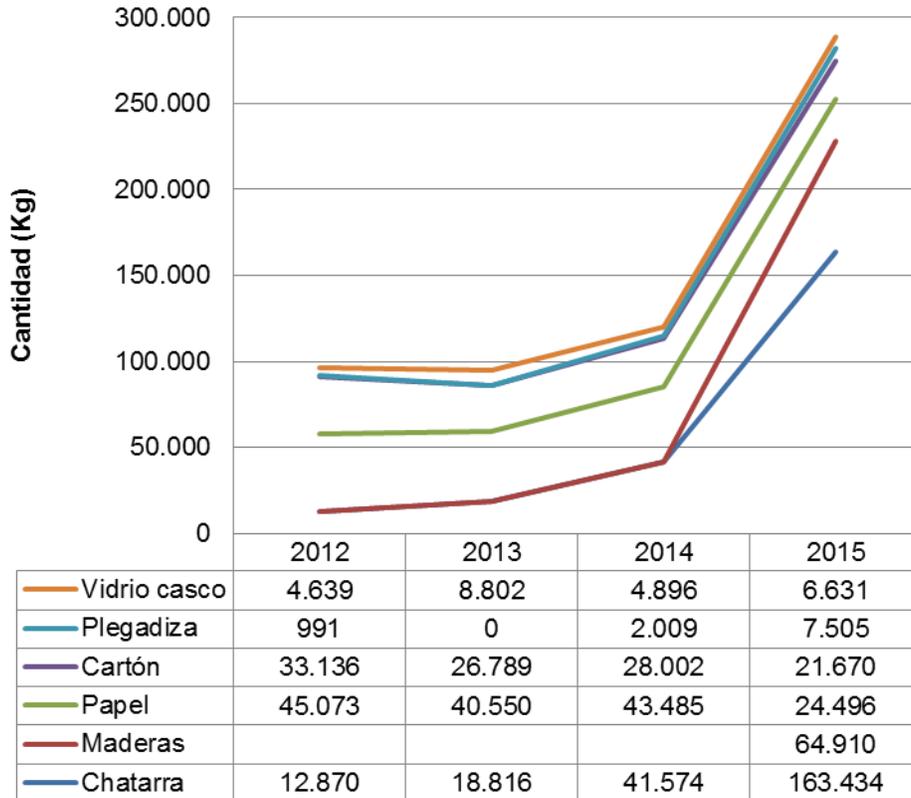
Tabla 4-3: Entidades y dependencias generadoras de residuos ordinarios en el campus sede Bogotá, año 2015.

UNIDAD GENERADORA	CANTIDAD (KG)
Campus, Centros De Acopio	188.238
Campus Universitario	76.258
Casa Gaitán	23.060
Gestion Documental	8.711
Hospital Sta Rosa	2.940
Cine Y Televisión	2.350
Laboratorio De Ingeniería Química	1.910
Bloque 3 Hospital Sta Rosa	323
Total general	303.790

Fuente: Elaboración propia con base en datos de la OGA.

Figura 4-15: Composición de los residuos reciclables generados en el campus, año 2015.

Fuente: Elaboración propia con base en datos de la OGA.

Figura 4-16: Datos históricos de generación de residuos reciclables en el campus.

Fuente: Elaboración propia con base en datos de la OGA

Biodegradables

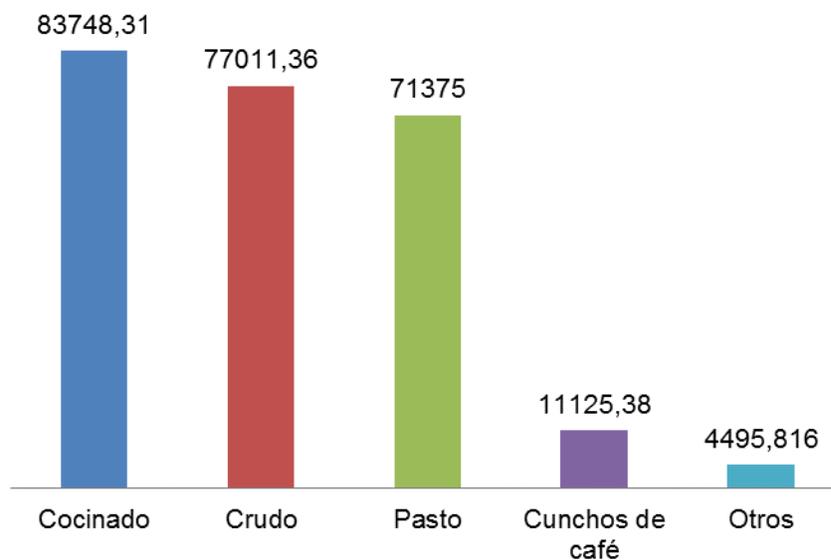
Los residuos biodegradables generados en el campus corresponden a residuos de alimentos (cocinados y crudos), poda de pastos y árboles, sólidos de preparación de café y residuos generados por las actividades académicas en las facultades de Medicina Veterinaria y Zootecnia y Agronomía, así como la venta de alimentos al interior del campus en cafeterías o en puntos informales sin autorización por parte de la Vicerrectoría de Sede. La Figura 4-17 muestra la composición de los residuos biodegradables generados en el campus y la Figura 4-18 las principales unidades generadoras de residuos biodegradables.

Todos los residuos biodegradables son utilizados para la producción de compost que se utiliza al interior del campus como fertilizante y como insumo para algunas actividades académicas (Florián, 2016). Se puede evidenciar en el Informe de Aspectos Ambientales

del campus como en el análisis presentado en este trabajo que la generación de residuos biodegradables se ubica en las cafeterías y el consumo de alimentos dentro del campus.

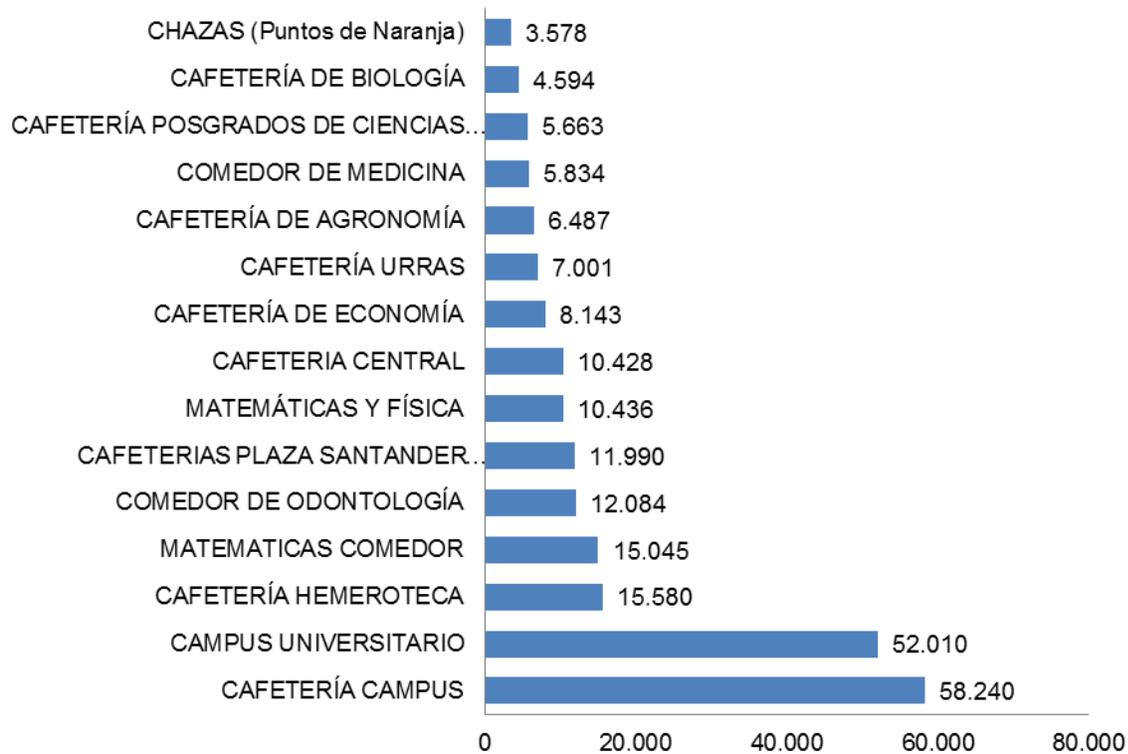
La producción de compost genera impactos asociados a emisiones contaminantes de metano, óxidos nitrosos, dióxido de carbono y demás subproductos de la descomposición (San Joaquin Valley Technology Advancement Program, 2013). De igual manera el compost y los materiales biodegradables en descomposición generan emisiones de olores ofensivos y lixiviados. En el campus dichas emisiones son más relevantes en los centros de acopio de residuos ordinarios, biodegradables, infecciosos y químicos (Martínez, 2016). La población animal del campus también contribuye a la generación de residuos biodegradables, pero en una medida mucho menor a los producidos por la comunidad universitaria.

Figura 4-17: Composición y peso(kg) de residuos biodegradables en el campus año 2015.



Fuente: Elaboración propia con base en datos de la OGA

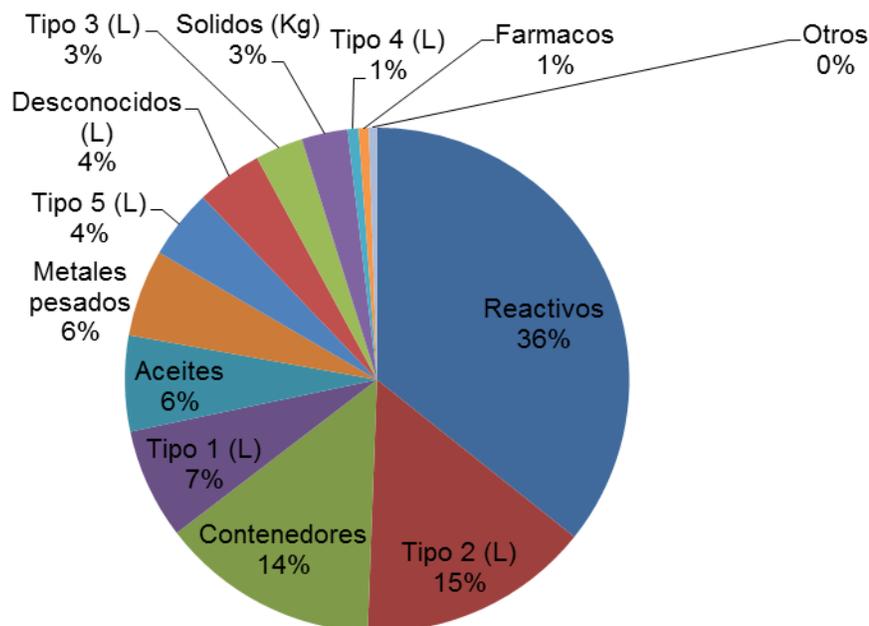
Figura 4-18: Unidades generadoras de residuos biodegradables (en kg) en el campus, año 2015.



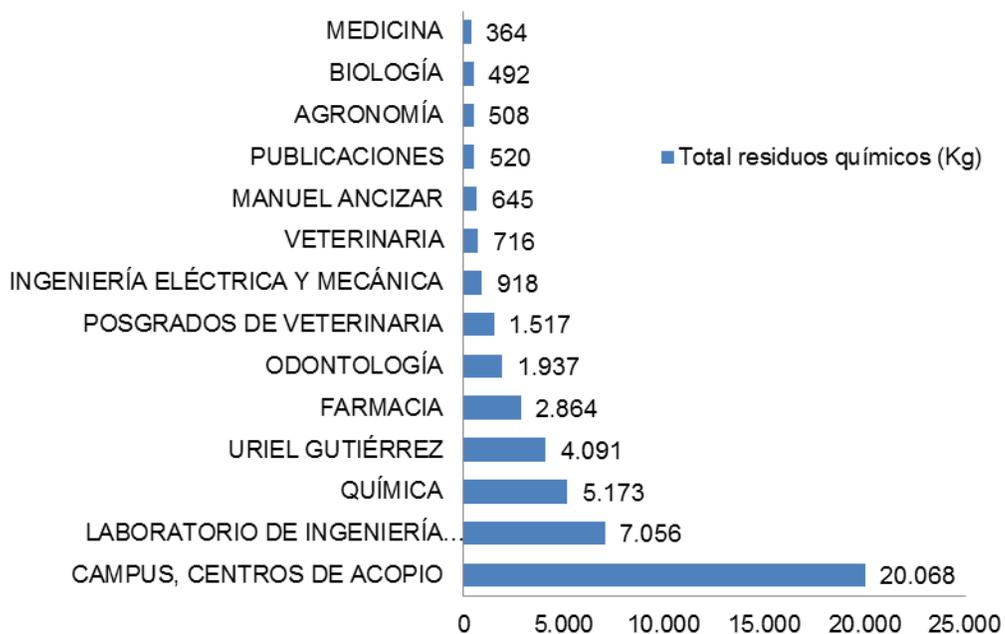
Fuente: Elaboración propia con base en datos de la OGA.

Residuos químicos

Para facilitar el análisis se agruparon los residuos químicos en las categorías que se muestran en la figura 4-19. Se puede evidenciar que la mayor parte de estos residuos corresponden a reactivos utilizados en laboratorios, líquidos inflamables, aceites y metales pesados. Desde el Sistema de Gestión Ambiental se han creado protocolos de manejo y almacenamiento de residuos químicos para cumplir los requisitos de la legislación vigente (Florián, 2016), rigurosos en cuanto al control de incompatibilidades de los materiales y que se basan tanto en la clasificación de materiales peligrosos del Convenio de Basilea como en las normas dispuestas en la Resolución 1164 de 2002. La figura 4-20 ilustra el total de residuos químicos generados en cada edificio y la tabla 4-4 hace un detalle de las dependencias que más generan y las cantidades en kilogramos para los residuos Pareto (que representan más del 85% del total de residuos químicos generados, de acuerdo a la Regla de Pareto).

Figura 4-19: Composición residuos químicos generados en el campus, año 2015.

Fuente: Elaboración propia con base en datos de la OGA.

Figura 4-20: Edificios generadores de residuos químicos en el campus y cantidades generadas en el año 2015.

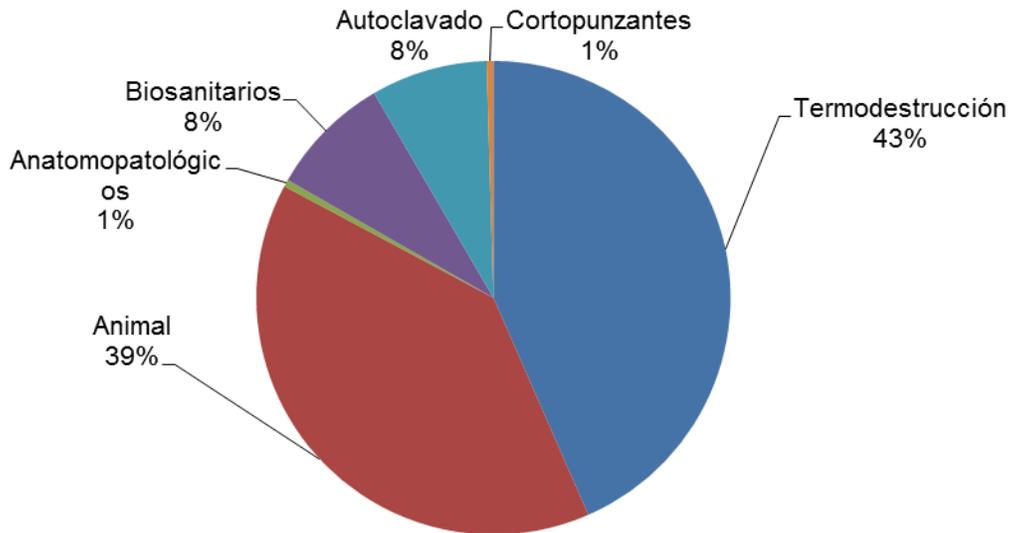
Fuente: Elaboración propia con base en datos de la OGA.

La Universidad Nacional de Colombia genera más de 50 tipos diferentes de residuos químicos (Ver anexos) producto de las actividades académicas y de investigación en laboratorios de Química Farmacéutica, Odontología e Ingeniería Química, así como el centro de atención de la Unidad de Salud Unisalud ubicado en el edificio Uriel Gutiérrez. A su vez, las facultades que más generan residuos químicos son Ingeniería, Ciencias, Ciencias Agrarias y Medicina Veterinaria y Zootecnia.

Residuos Infecciosos

El campus también genera residuos infecciosos debidos a las actividades académicas en las Facultades de Medicina, Agronomía, Odontología y Medicina Veterinaria y Zootecnia, así como la atención en salud que se brinda a los miembros de la comunidad académica dentro del campus en el Instituto de Genética, en Unisalud y en el Hospital Santa Rosa (ubicado fuera de los límites geográficos de la Ciudad Universitaria). La figura 4-21 muestra la composición de los residuos infecciosos (o de riesgo biológico) generados en el campus y en la figura 4-22 se identifican los edificios asociados.

Figura 4-21: Composición de los residuos infecciosos generados en el campus, año 2015.



Fuente: Elaboración propia con base en datos de la OGA

Tabla 4-4: Principales unidades generadoras de residuos químicos y composición de los residuos generados (en kg), año 2015.

Unidad	Facultad o dirección	Total	Reacti- vos	Tipo 2 (L)	Contene- dores	Tipo 1 (L)	Aceites	Metales pesados
Campus universitario	Vicerrectoría de sede	20.068	13.238	0	2.874	0	2.040	1.609
Lab. Electroquímica y catálisis	Facultad de ingeniería	5.037	424	1.976	0	878	18	59
Inventarios	Vicerrectoría de sede	3.915	0	0	3.915	0	0	0
Lab. Físico-químico de alimentos	Cafeterías	1.937	432	249	0	946	0	67
Departamento de farmacia	Facultad de ciencias	1.442	0	266	0	50	0	0
Hospital universitario	Vicerrectoría de sede	1.215	0	757	0	250	0	57
Lab. Nutrición animal	Facultad de medicina veterinaria y zootécnia	1.134	108	49	0	76	0	338
Lab. Química general a	Facultad de ciencias	1.038	376	419	0	75	0	100
Lab. Ingeniería química	Facultad de ingeniería	917	0	535	0	53	0	0
Laboratorio 115	Facultad de ciencias	897	0	0	0	0	897	0
Lab. Motores	Facultad de ingeniería	824	0	742	0	0	20	0
Planta piloto (liq)	Facultad de ingeniería	767	32	223	0	138	4	0
Lab. Productos naturales vegetales	Facultad de ciencias	633	632	0	0	0	0	1
Lab. Química analítica-análisis cualitativo y cuantitativo	Facultad de ciencias	570	73	3	0	19	0	0
Publicaciones	Vicerrectoría de sede	520	0	413	0	107	0	0

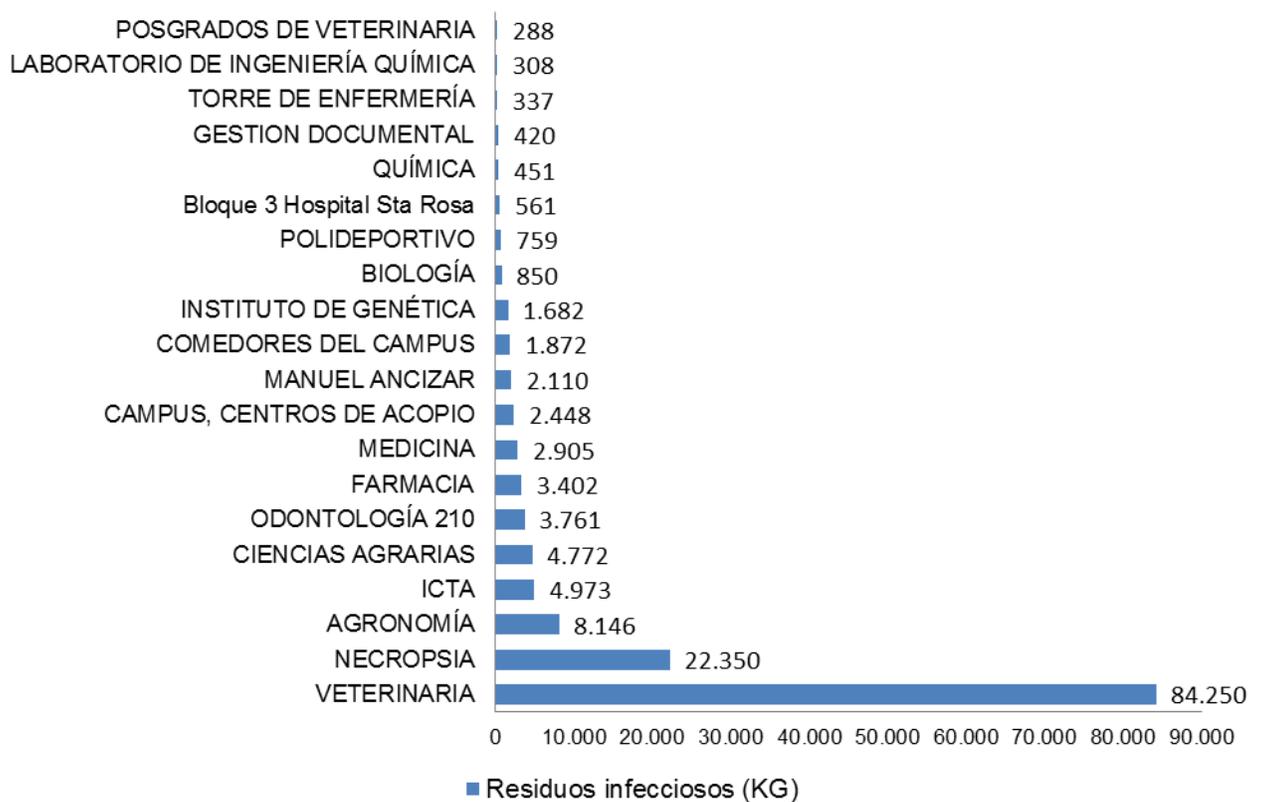
Tabla 4-4 (Continuación): Principales unidades generadoras de residuos químicos y composición de los residuos generados (en kg), año 2015.

Unidad	Facultad o dirección	Total	Reactivos	Tipo 2 (L)	Contenedores	Tipo 1 (L)	Aceites	Metales pesados
Lab. Farmacia industrial	Facultad de ciencias	428	151	206	0	26	0	26
Lab. Toxicología	Facultad de medicina veterinaria y zootecnia	376	152	119	0	0	0	0
Lab. Análisis de residuos de plaguicidas	Facultad de ciencias	341	86	99	0	79	0	0
Lab. De aguas y suelos	Facultad de ciencias agrarias	329	0	22	0	55	0	0
Lab. Frutas tropicales	Facultad de ciencias	322	93	52	0	150	0	2

Fuente: Elaboración propia con base en datos de la OGA

La recolección de los residuos infecciosos debe tener en cuenta la peligrosidad de dichos residuos y así mismo es necesario que existan estrategias para el adecuado almacenamiento, toda vez que la ruta de recolección solo funciona los días lunes, miércoles y jueves. Para ello, el Sistema de Gestión Ambiental estableció un protocolo para el manejo de residuos infecciosos que permite a la institución cumplir con los requisitos legales y, a la vez, garantizar condiciones de seguridad y salud para las personas que entran en contacto con materiales de riesgo biológico. Tanto las canecas como las bolsas y los centros de acopio temporal se encuentran debidamente señalizados, siguiendo los lineamientos del Convenio de Basilea para el manejo de residuos peligrosos.

Figura 4-22: Edificios generadores de residuos infecciosos en el campus, año 2015.



Fuente: Elaboración propia con base en datos de la OGA

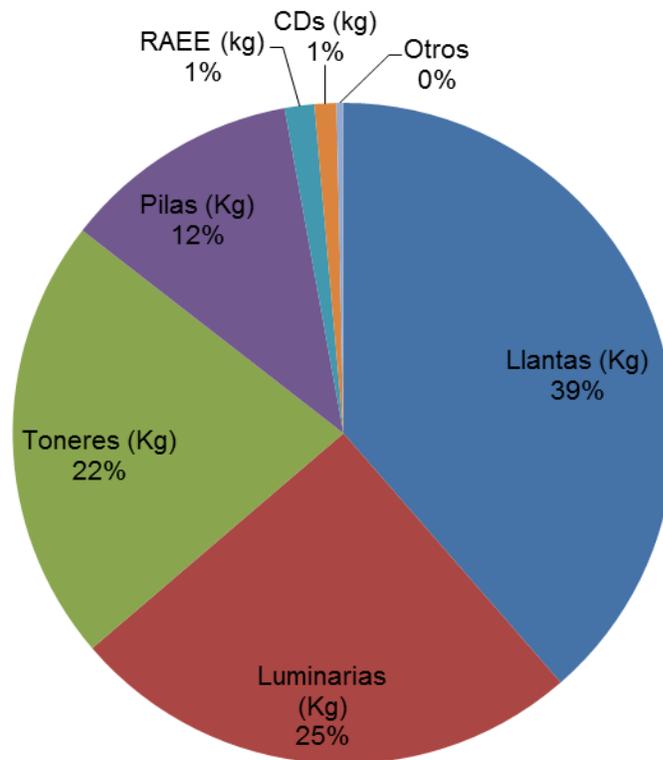
La Clínica de Pequeños Animales y la Unidad de Rescate y Rehabilitación de Animales Salvajes (URRAS), adscritas a la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, así como

el laboratorio de necropsia de la Facultad de Medicina son las unidades que más generan residuos infecciosos. También se presentan contribuciones importantes en el Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos (ICTA) y la Facultad de Agronomía. La figura 4-22 identifica las 20 unidades que más generan residuos infecciosos.

Residuos de posconsumo

Si bien las actividades administrativas y los equipos periféricos y locativos propios de la institución son fuentes considerables de generación de residuos de posconsumo, la principal actividad generadora es el mantenimiento de los vehículos asociados a la Dirección de Mantenimiento, particularmente en cuanto al descarte de llantas usadas. También el descarte de luminarias, tóneres y pilas representa un aporte importante en la generación. La figura 4-23 muestra la composición de residuos de posconsumo generados en el campus.

Figura 4-23: Composición de los residuos de posconsumo recolectados en el campus, año 2015.



Fuente: Elaboración propia con base en datos de la OGA.

En la Ciudad Universitaria hay puntos para la recolección de baterías, tóneres, medicamentos usados, residuos electrónicos (RAEE) y luminarias y desde la Oficina de Gestión Ambiental se desarrollan campañas periódicas para la recolección de estos residuos. La disposición final de los mismos es un proceso desconocido para la institución, desde donde simplemente se hace entrega de dichos residuos a gestores ambientales autorizados por la OGA y cuyos procesos están protegidos por patentes y derechos de propiedad, por lo cual la OGA no tiene conocimiento del tratamiento que se le da a estos residuos una vez que salen del campus.

Salvo el centro de acopio de residuos posconsumo y la unidad de mantenimiento, todas las demás unidades generadoras corresponden a los puntos de recolección mencionados. La tabla 4-5 muestra las principales unidades generadoras, así como la composición de los residuos para cada unidad (en kg). Todas las unidades identificadas en la tabla 4-5 (a excepción de las tres primeras columnas) cuentan con puntos de recolección de residuos posconsumo.

4.3.2 Nodos y arcos en la red de transporte

Una vez identificados los puntos críticos en la generación de residuos sólidos y peligrosos en la Ciudad Universitaria, es necesario localizar los centros de acopio y las rutas de recolección asociadas a cada tipo de residuo. Como se mencionó en la sección 4.3.1, todas las dependencias de la institución generan residuos sólidos ordinarios y reciclables. Toda vez que son 136 edificios y 346 dependencias (ver Anexos) las que componen la estructura física del campus, la recolección de residuos en cada una de ellas es un reto considerable (Garzón, 2016).

Para dar solución a esta particularidad, desde la Oficina de Gestión Ambiental se decidió ubicar cinco puntos de tránsito distribuidos por todo el campus para satisfacer las demandas del servicio. Cada uno de los puntos de tránsito consiste en dos contenedores separados en los cuales se almacenan temporalmente los residuos sólidos ordinarios y reciclables generados en el campus, hasta que el camión compactador propiedad de la institución haga la recolección. A cada punto de tránsito corresponde un área de influencia en el campus y los operarios del servicio de aseo locativo que contrata la institución para el mantenimiento de los edificios y áreas comunes están encargados de

la fase primaria de la recolección. Una vez reunidos los residuos generados en cada edificio, un operario procede a transportarlos a pie hasta el punto de tránsito, haciendo uso de contenedores móviles que facilitan el transporte. La figura 4-24 indica la ubicación de los centros de acopio de residuos sólidos ordinarios y reciclables, posconsumo, químicos e infecciosos, la localización y las áreas de influencia de cada punto de tránsito, así como el recorrido de la ruta de recolección. La figura 4-25 muestra los puntos de tránsito y los contenedores móviles para el transporte inicial de residuos ordinarios y reciclables. Por normatividad interna, el tránsito del camión compactador debe ser siempre por el anillo vial (demarcado con azul en la figura 4-24) y en sentido contrario a las manecillas del reloj.

Figura 4-24: Localización de los centros de acopio, trazado de la ruta de recolección y puntos de tránsito para residuos ordinarios y reciclables en el campus.



Fuente: Elaboración propia con base en mapa tomado de maps.google.com

Tabla 4-5: Composición de los residuos de posconsumo recolectados en cada unidad generadora en el campus, año 2015.

Unidad	Facultad o Dirección	Total	Llantas (Kg)	Luminarias (Kg)	Toneres (Kg)	Pilas (Kg)	RAEE (kg)
Campus universitario	Vicerrectoría de sede	4300	1529	1619	840	196	60
Transportes	Vicerrectoría de sede	1006	1000	0	6	0	0
Vicerrectoría de sede	Vicerrectoría de sede	180	0	0	164	15,3	0
Instituto de estudios ambientales - IDEA	Instituto de estudios ambientales - IDEA	154	0	0	141	5,7	0
Facultad de derecho, ciencias políticas y sociales	Facultad de derecho, ciencias políticas y sociales	127	0	0	0	127	0
Unisalud	Unisalud	107	0	0	74	30	0
Punto de recolección café y aromática uriel guierrez	Cafeterías internas	62	0	0	15	46	0
Odontología	Facultad de odontología	55	0	0	28	17	10
Planta de investigación en procesos de carnes y derivados - ICTA	Instituto de ciencia y tecnología de alimentos - ICTA	49	0	0	28	21	0
Facultad de ingeniería	Facultad de ingeniería	48	0	0	4	39	5
Instituto de biotecnología IBUN	Instituto de biotecnología	47	0	0	0	47	0
Facultad de agronomía	Facultad de ciencias agrarias	43	0	8	12	12	10
Economía	Facultad de Economía	41	0	0	0	41	0
Matemáticas y física	Facultad de ciencias	36	0	0	2	34	0
Edificios camilo torres	Vicerrectoría de sede	36	0	0	23	5	0

Fuente: Elaboración propia con base en datos de la OGA.

Figura 4-25: Puntos de tránsito para residuos ordinarios y reciclables (a) y contenedores móviles para el transporte (b).



Fuente: Elaboración propia

Dadas las condiciones del sistema vial interno de la Ciudad Universitaria, el proceso de recolección ya establecido minimiza la distancia recorrida por el camión compactador y, por ende, las emisiones de gases de efecto invernadero producto de la combustión del camión compactador y demás aspectos ambientales relacionados con el consumo de combustibles fósiles. El recorrido de la ruta tiene una longitud de 3,9 kilómetros¹ pero tiene la desventaja de requerir flujos de transporte unitarios que superan los 200 metros y deben hacerse a pie.

Otro resultado no deseado de configurar la recolección de residuos de esta manera y sin contar con información al nivel de detalle de cada dependencia es que los puntos de recolección tienden a sobrepasar su capacidad y no existe la información suficiente para generar modelos preventivos y predictivos por procesos estocásticos. Esta situación es evidente en los puntos de mayor tránsito peatonal en el campus, tales como la Plaza Central, las porterías de la Calle 45 y la Calle 26 y las áreas comunes cercanas a los edificios de Aulas de Ciencias Humanas, Derecho, Ingeniería, Medicina y Ciencias Económicas, entre otros. Los vehículos utilizados por la División de Logística para la recolección de los residuos sólidos y peligrosos en el campus se listan en la tabla 4-6.

¹ Distancia obtenida por medio de la herramienta "ruta" del software Google Earth. Fecha de consulta: 21 de noviembre de 2016.

A diferencia de los residuos sólidos ordinarios y reciclables, no todas las dependencias generan residuos químicos o infecciosos. En la sección 4.3.1 se identificaron los puntos críticos en la generación de residuos peligrosos y en la figura 4-26 se ubican en el mapa de la Ciudad Universitaria los edificios generadores de residuos peligrosos y la ruta de recolección de residuos infecciosos.

Tabla 4-6: Vehículos utilizados en el proceso de recolección de residuos sólidos y peligrosos en la Ciudad Universitaria.

Cantidad	Descripción
2	Tractor con volco
2	Motocarro
2	Camioneta
1	Remolque de residuos químicos
1	Vehículo de residuos infecciosos
1	Minicargador
1	Carro compactador
1	Volqueta

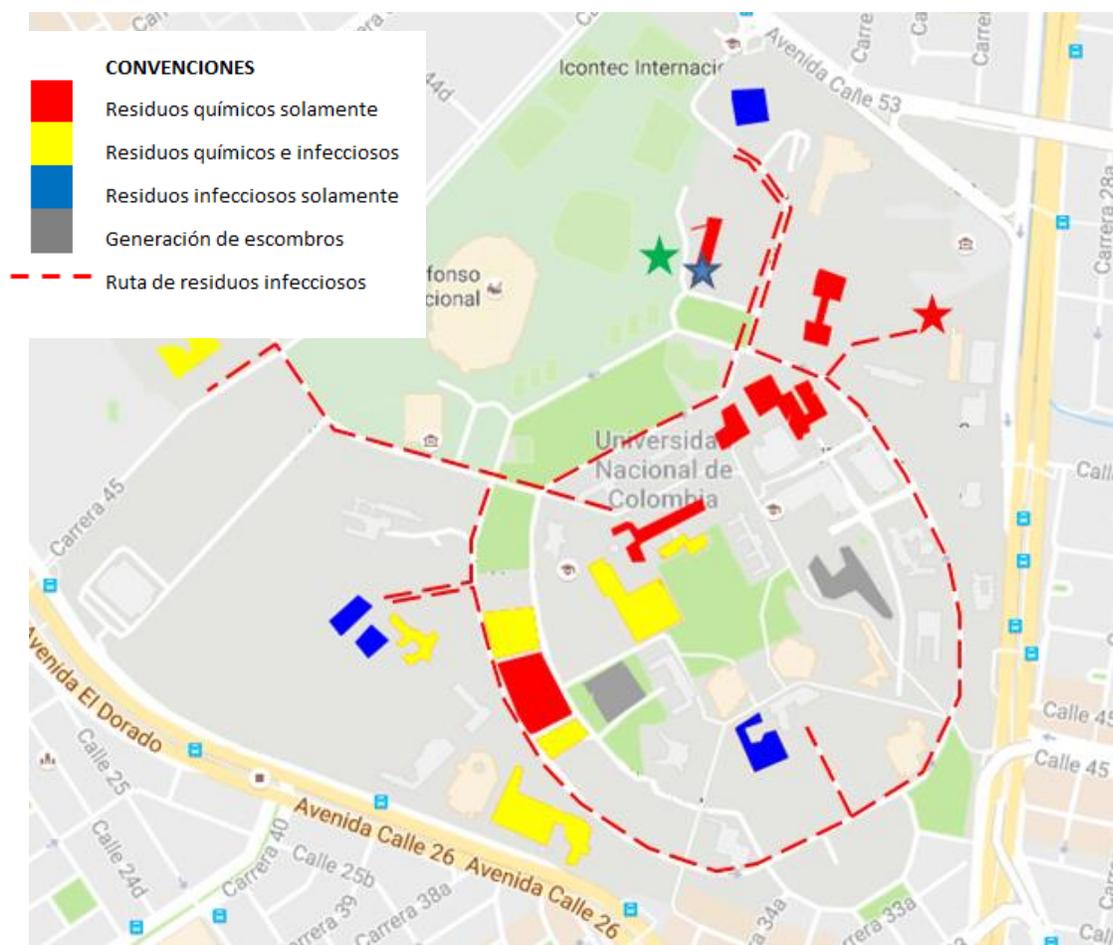
Fuente: Elaboración propia con base en datos de la OGA.

Como se mencionó en la sección 4.2.2, la generación de residuos químicos depende de las actividades académicas en los laboratorios, las cuales no son constantes, sino que dependen de particularidades propias de los profesores, administradores de laboratorios y estudiantes. La División de Logística responde a esta situación de incertidumbre planeando la ruta de recolección con base en solicitudes directas de cada laboratorio. En el caso de los residuos infecciosos se da la situación contraria y las cantidades son predecibles por la División de Logística, por lo cual es posible tener una ruta predefinida que tenga la capacidad de satisfacer las necesidades del sistema (Garzón, 2016). En total, 16 edificios generan más del 95% de los residuos peligrosos en el campus y la generación de estos residuos está directamente asociada a los objetivos estratégicos de

la institución. Los puntos de generación de escombros mostrada en la figura 4-26 dependen de la ubicación de las obras civiles dentro del campus.

Si bien, por medio de políticas y estrategias de control de inventarios es posible minimizar la cantidad de productos químicos utilizados y residuos infecciosos generados por la Universidad Nacional, una reducción ulterior en la generación de residuos peligrosos requiere necesariamente modificaciones en el nivel estratégico y directivo de la institución, así como las actitudes y percepciones de estudiantes, profesores, administrativos y personal externo directamente involucrados en la generación de residuos peligrosos.

Figura 4-26: Puntos críticos en la generación de residuos químicos e infecciosos y ruta de recolección de residuos infecciosos.



Fuente: Elaboración propia con base en mapa tomado de maps.google.com

4.4 Integración de la comunidad universitaria en los PGIR-UN

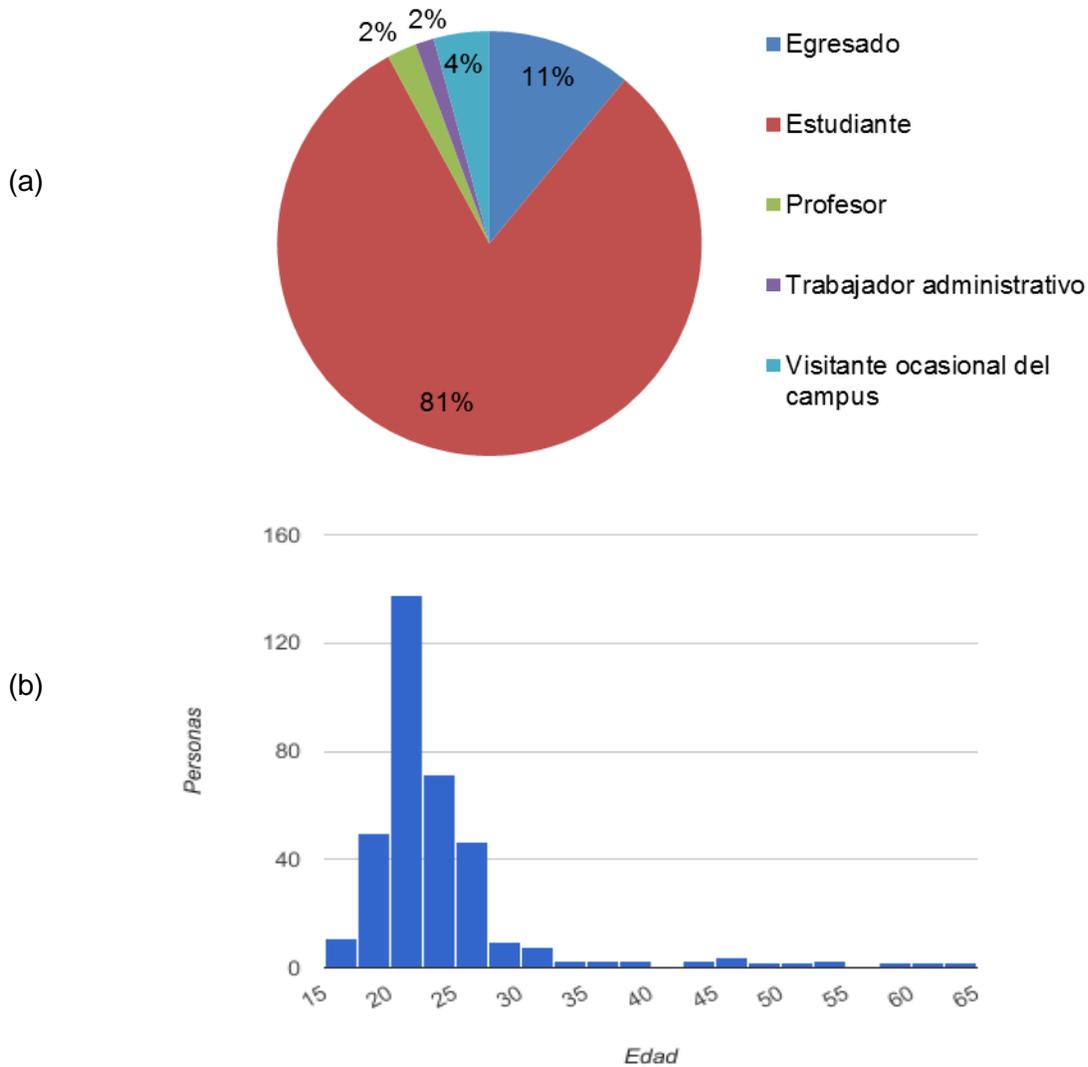
Una vez revisados y analizados los procesos administrativos y operativos, así como los puntos críticos y las redes de transporte asociados a la recolección de residuos sólidos y peligrosos en la Ciudad Universitaria, es necesario entender cómo se relaciona la comunidad académica con la estructura física y administrativa mencionada. Toda vez que son las actividades y necesidades propias de dicha comunidad las que determinan la generación de residuos en el campus, comprender las percepciones y actitudes de estudiantes, profesores, trabajadores administrativos y visitantes externos es fundamental para el análisis presentado en este trabajo. Con este fin se aplicó una encuesta a 354 integrantes de la comunidad académica para conocer sus hábitos de consumo dentro del campus, percepciones, actitudes y propuestas para el mejoramiento continuo de los PGIR-UN desde sus actividades académicas, de investigación o el diario vivir del campus. El formato de la encuesta se presenta en la sección Anexos.

La encuesta fue aplicada a 354 integrantes de la comunidad universitaria por medio de un formulario virtual enviado a las cuentas de correo electrónico institucional de los estudiantes y compartido en grupos en redes sociales de estudiantes y miembros de la comunidad académica de la Universidad Nacional. La figura 4-27 ilustra la información demográfica de los participantes en la encuesta. El 55% de los participantes se identificó con el género masculino, 44% con el género femenino y un 1% en la categoría “otro”. De acuerdo al censo publicado en la Revista de Estadísticas e Indicadores de la Universidad Nacional, el 50% de los estudiantes está matriculado en programas curriculares de Ingeniería, el 15% en Ciencias Humanas, el 8,7% en Matemáticas y Ciencias y el 8% en Economía y afines (Oficina Nacional de Planeación UN, 2013). El 95% de los participantes se encuentra en el rango de edad de 17 a 25 años y las edades con mayor frecuencia son 21 y 22 años.

Con respecto a los hábitos de consumo, entre los 354 participantes, 320 manifestaron que compran alimentos, bebidas y otros artículos de consumo dentro del campus. El 50% compra artículos de consumo en la Ciudad Universitaria entre dos y cinco veces a la semana, el 30% lo hace de manera diaria y el 20% lo hace una vez a la semana. La tabla 4-7 muestra los rangos de tiempo estimados entre los cuales los artículos de consumo

adquiridos dentro del campus se convierten en residuos sólidos. El 38% de los participantes manifestó que en el desarrollo de sus actividades académicas se presenta la generación de residuos peligrosos, principalmente en laboratorios y en el trabajo con la población animal del campus, mientras que el 62% restante no evidencia la generación de residuos peligrosos de forma directa. Es de notar que el 60% de los participantes manifiesta pasar más de 20 horas a la semana en el campus, lo cual representa un promedio de entre 4 y 10 horas al día en el campus.

Figura 4-27: Información demográfica de los participantes en la encuesta. Rol en la comunidad académica (a) y distribución de edad de los participantes (b).



Fuente: Elaboración propia con base en datos de la OGA.

Tabla 4-7: Rangos de tiempo estimados entre la adquisición de alimentos, bebidas y artículos de consumo y su transformación en residuos.

Rangos de tiempo	Frecuencia	Proporción
Entre 5 y 10 minutos	69	19%
Entre 10 y 30 minutos	159	45%
Entre 30 minutos y 1 hora	40	11%
Entre 1 y 5 horas	43	12%
1 día	8	2%
Más de 1 día	13	4%
No aplica	17	5%
(en blanco)	5	1%

Fuente: Elaboración propia.

La tabla 4-8 muestra el total y la proporción de participantes por facultad. Se puede ver que las proporciones de la tabla 4-8 corresponden a la información publicada por la dirección de la institución. De igual manera, las proporciones en cuanto al rol en la comunidad académica (ver figura 4-27) también corresponden a los datos generales de la institución.

Se identificó que el 23% de los participantes fuma y tan solo el 2% manifiesta que hace disposición de las colillas de cigarrillo en canecas y puntos de recolección, la proporción restante afirmó arrojarlas al suelo. Esta información es relevante toda vez que las colillas de cigarrillo no solo representan un deterioro de los espacios comunes en el campus, sino que además quienes fuman y disponen las colillas en canecas apagan el cigarrillo usando las canecas, generando un deterioro progresivo sobre las condiciones físicas de las mismas. Además, las colillas de cigarrillo son fuentes de contaminación para la estructura ecológica del campus. Con respecto a las percepciones y actitudes frente a la recolección de residuos sólidos, la tabla 4-9 muestra las respuestas frente a los hábitos de separación en la fuente dentro y fuera del campus y la tabla 4-10 totaliza los

resultados de 10 preguntas tipo escala de Lickert (donde 1 representa estar totalmente en desacuerdo con la afirmación y 5 representa estar totalmente de acuerdo).

Tabla 4-8: Total y proporción de participantes en la encuesta por facultades.

FACULTAD	PARTICIPANTES	%
Ingeniería	182	51,4%
Ciencias humanas	55	15,5%
Ciencias	33	9,3%
Artes	23	6,5%
Ciencias económicas	14	4,0%
Medicina	13	3,7%
Derecho	9	2,5%
Enfermería	7	2,0%
Medicina veterinaria y Zootecnia	4	1,1%
Odontología	3	0,8%
Agronomía	3	0,8%
Auditorio león	1	0,3%
IDEA	1	0,3%
Bibliotecas	1	0,3%
Visitante ocasional del campus	4	0,3%
División de salud estudiantil	1	0,3%
TOTAL	354	100%

Fuente: Elaboración propia

La información contenida en las tablas 4-9 y 4-10 permite identificar varias particularidades:

- La disponibilidad de puntos ecológicos en el campus favorece en cierto grado la separación en la fuente y ayuda a crear hábitos que no existen en el hogar. Sin embargo, las falencias en el estándar de las canecas y puntos ecológicos limitan el alcance de dicha separación en la fuente. Producto de esto, los miembros de la comunidad académica en general consideran que no se hace buena separación en la fuente en el campus.
- Más del 80% de los participantes considera que la venta de alimentos, bebidas y artículos de consumo dentro del campus tiene una influencia significativa en la generación de residuos sólidos.
- Las estrategias de comunicación, educación y capacitación por parte de la administración de la institución no son consideradas suficientes y en general los participantes manifiestan que los esfuerzos administrativos para conducir a la reducción en la generación y la separación en la fuente no son notorios. Existe la intención de las instancias administrativas de la Universidad Nacional por dar soluciones a las problemáticas ambientales y esta intención se ve materializada en una estructura administrativa y operativa robusta (pese a las limitaciones de infraestructura), pero la comunicación e integración de la comunidad académica como actor determinante en el proceso aún es débil.
- La mayoría de los participantes manifiesta que es necesaria la integración y la interdisciplinariedad para la solución de problemáticas ambientales y así mismo están dispuestos a participar activamente en proyectos interdisciplinarios e interfacultades para dar solución a dichas problemáticas. También la mayoría de los participantes afirma estar de acuerdo con modificar sus patrones de consumo dentro del campus si existieran alternativas de consumo con menor impacto ambiental.
- Adicionalmente, el 85% de los participantes manifiesta no conocer las estrategias de manejo ambientalmente viable de los residuos generados en el campus y el 15% restante menciona la planta de compostaje, la separación en la fuente y la recolección de residuos de posconsumo. El 70% considera que desde la academia es posible plantear soluciones de impacto a las problemáticas

ambientales y las propuestas de mejoramiento continuo que los participantes plantearon se revisan en el capítulo 5 del presente trabajo.

Tabla 4-9: Actitudes de los participantes con respecto a la separación de residuos sólidos y de separación en la fuente.

Preguntas/ Respuestas	¿Separa los residuos por tipo en los puntos de recolección del campus?	¿Separa los residuos por tipo en su casa?	Cuenta de ¿Hace usted uso de los puntos de recolección de residuos de posconsumo ubicados en el campus?
No	17	134	252
Ocasionalmente	113	84	-
Sí	224	136	102
Total general	354	354	354

Fuente: Elaboración propia

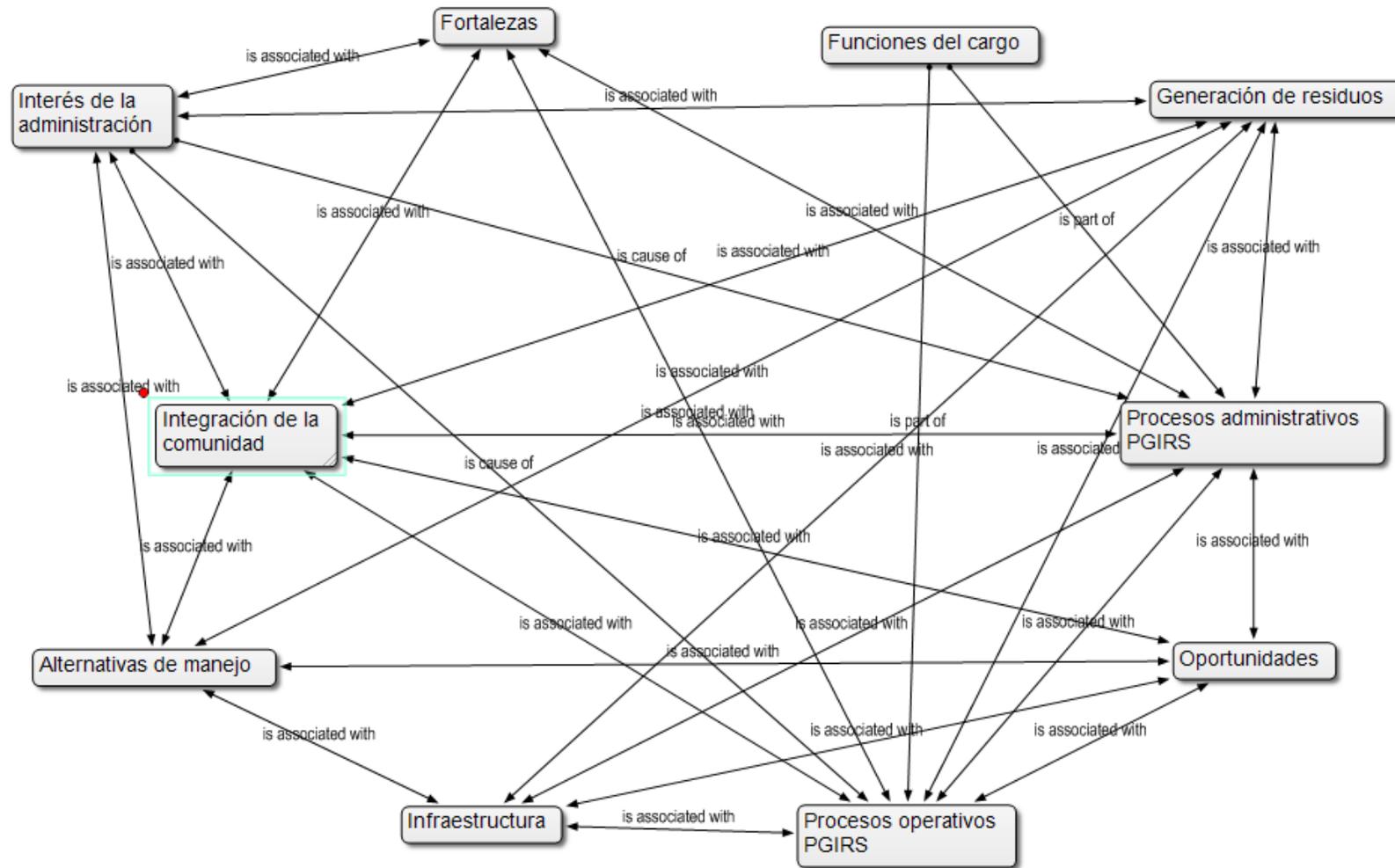
En los Anexos se presenta un listado de los grupos de investigación de la Universidad Nacional que tienen relación directa o indirecta con residuos sólidos y peligrosos. La figura 4-28 muestra las relaciones entre todos los actores y elementos relevantes del sistema identificados en las primeras 4 etapas del análisis.

Tabla 4-10: Escala de Lickert. Percepciones de los participantes con respecto a la recolección de residuos sólidos en el campus.

Pregunta	Escala y frecuencias de respuesta				
	1	2	3	4	5
Hay canecas y puntos de recolección de residuos sólidos suficientes en el campus	31	76	103	114	30
Es fácil encontrar un punto ecológico (que permite la separación en la fuente) dentro del campus	34	88	126	78	28
Las personas que transitan el campus disponen sus residuos separando en la fuente	96	153	80	19	6
Las canecas y puntos ecológicos están debidamente señalizados y se encuentran en buenas condiciones físicas	32	84	130	81	27
La venta de artículos de consumo dentro del campus influye en la generación de residuos en el campus	14	20	29	98	193
Es notorio el esfuerzo de la administración de la Universidad Nacional para reducir y mejorar el manejo de residuos en el campus	38	108	124	69	15
La administración de la Universidad Nacional comunica y capacita a los miembros de la comunidad académica sobre cómo separar y tratar residuos adecuadamente	95	144	82	22	11
La integración entre facultades y disciplinas es necesaria para la solución de problemáticas ambientales y sociales	17	24	34	78	201
Participaría en proyectos de investigación interdisciplinar e interfacultades para trabajar y solucionar problemas ambientales	22	23	70	93	144
Modificaría mis patrones de consumo dentro de la Universidad si existieran alternativas de menor impacto ambiental	7	5	31	83	226

Fuente: Elaboración propia

Figura 4-28: Relaciones entre actores, holones y holarquías dentro de los PGIR-UN.



Fuente: Elaboración propia a partir del software ATLAS.ti

4.5 Análisis de flujo de materiales MFA

La información consolidada en las primeras cuatro etapas del análisis son el insumo para el análisis de flujo de materiales (MFA) y la identificación del metabolismo del campus. De acuerdo al enfoque abordado por Lopes Silva (et al., 2015) y siguiendo los lineamientos de la metodología Eurostat, el análisis de flujo de materiales debe plantearse en términos de flujos de entrada y salida de materiales en el sistema analizado. La metodología Eurostat establece que no es necesario incluir flujos de agua y energía para sistemas que no hacen un uso directo y extensivo del mismo, como los PGIR-UN. El análisis MFA debe hacerse en tres etapas, a saber:

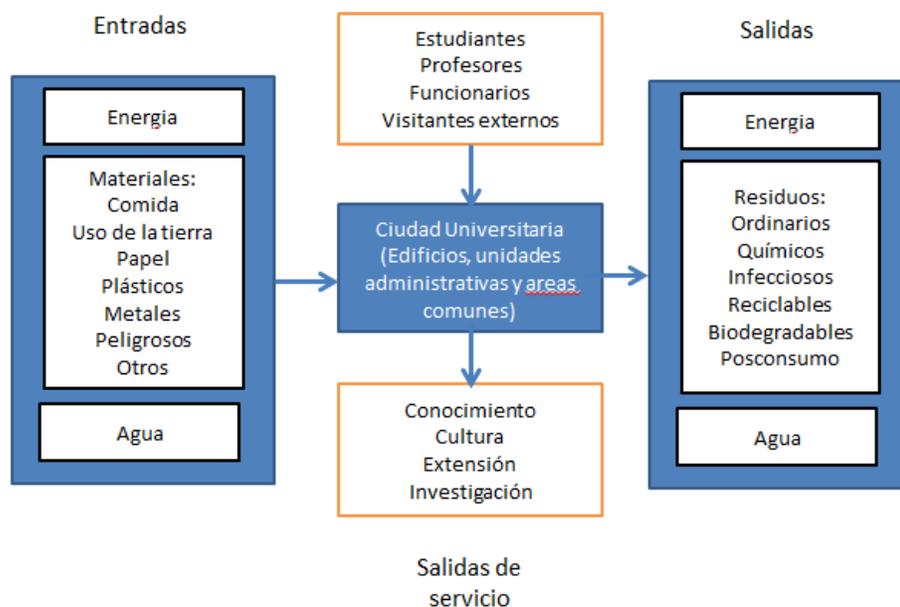
- Definición de los límites del sistema: Debe definirse y acotarse el sistema objeto del análisis, especificando subsistemas y límites físicos
- Cuantificación del límite del sistema: Inventario de todos los flujos de entrada y salida (directos e indirectos) del sistema.
- Cálculo de indicadores MFA: la cuantificación de los flujos de entrada y salida permite obtener indicadores asociados a la relación de dichos flujos con los sistemas sociales y ecológicos en los que se encuentra anidado el sistema analizado

4.5.1 Definición de los límites del sistema y cuantificación

El análisis MFA y LCA se hace usando datos del año 2014. Los límites físicos y subsistemas analizados están determinados por los hallazgos presentados en la sección 4.1 del presente trabajo. Los límites del sistema se definen como todas las operaciones de generación, recolección, transporte, acopio y disposición final de los residuos peligrosos y no peligrosos del campus, identificados en la sección 4.3 del presente trabajo. Se excluyen del análisis MFA y LCA los procesos asociados a la generación de residuos de post-consumo, porque la OGA no conoce las alternativas de manejo utilizadas por los gestores encargados del aprovechamiento o disposición final de llantas, ni las proporciones de reaprovechamiento, autoclavado y celda de seguridad en los otros residuos. Los edificios y unidades (dependencias) que componen la Ciudad Universitaria se muestran en la sección de Anexos, y las principales actividades académicas, así como la estructura organizacional de la Universidad Nacional se detallan en las secciones 4.1 y

4.2 del presente trabajo. La figura 4-29 ilustra los límites definidos para el sistema. Los datos de ingreso de materiales se asumen iguales a los de generación de residuos, de acuerdo a la primera ley de la termodinámica y siguiendo una lógica de balance de materiales (Lopes Silva et al., 2015). La cuantificación de los límites del sistema se asume igual a la composición de residuos sólidos y peligrosos generados en el campus. Toda vez que el consumo de agua y energía es despreciable para el proceso de recolección y manejo de residuos sólidos en comparación con otras actividades de la institución, y de acuerdo a los lineamientos de la metodología Eurostat, se omiten los flujos energéticos (salvo el consumo de combustibles para operaciones de transporte) y de agua en el análisis MFA.

Figura 4-29: Límites físicos del sistema PGIR-UN.



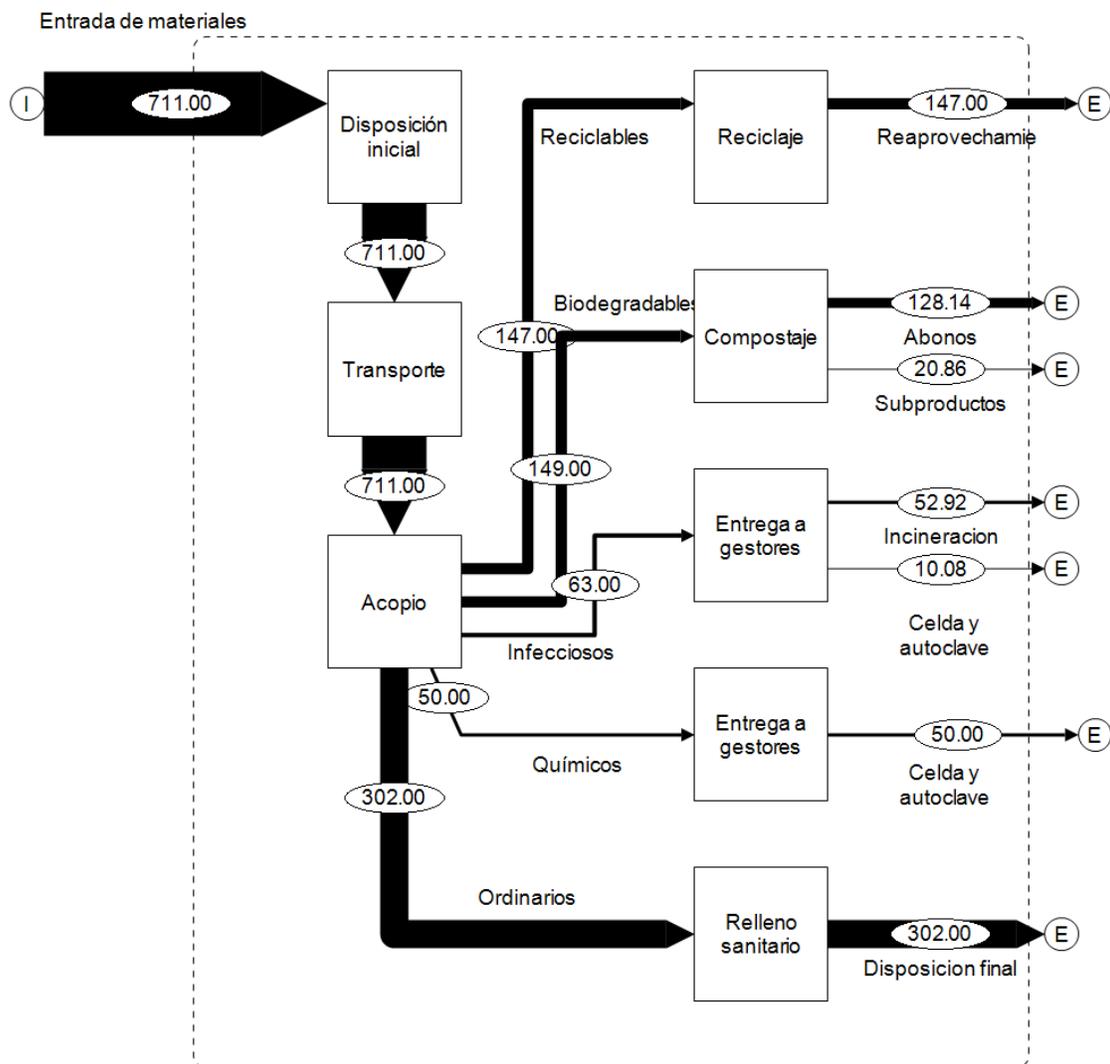
Fuente: Elaboración propia con base en (Lopes Silva et al., 2015)

4.5.2 Cálculo de indicadores MFA y modelado del metabolismo del sistema

Una vez definidos los flujos relevantes para el sistema analizado, todos correspondientes a flujos materiales de residuos sólidos y peligrosos, se procede a calcular los indicadores MFA. Es importante tener en cuenta que el sistema analizado es un entorno de producción de conocimiento y cultura que, a diferencia de los sistemas industriales de

producción de bienes, es menos intensivo en el uso de la tierra, energía, agua y generación de residuos sólidos por la producción y el consumo. Se incluye solo la energía consumida directamente por el transporte interno de residuos en el campus. La Tabla 4-11 muestra el cálculo de los indicadores MFA de acuerdo a la metodología Eurostat y la figuras 4-30 y 4-31 representan el modelo de entradas y salidas netas del sistema y el balance de materia resultado del cálculo de indicadores MFA.

Figura 4-30: Metabolismo del campus en relación a los PGIR-UN. Modelo del balance material de entradas y salidas del sistema, medido en toneladas/año.



UNAL-Bog, 2016

Fuente: Elaboración propia

En la figura 4-30 se pueden ver los diferentes procesos que componen la red de flujo de materiales al interior del campus, así como las alternativas de manejo para cada tipo de residuo. Los procesos son: i) disposición inicial, ii) transporte a centro de acopio, iii) acopio y separación. Las alternativas de manejo disponibles son: i) reciclaje, ii) compostaje, iii) incineración, iv) entrega a gestores ambientales y v) disposición en relleno sanitario. Los flujos señalados por las flechas negras representan los flujos materiales (en toneladas) que ingresan al sistema y cómo se mueven dentro del sistema, especificando en cada ruta la cantidad que fluye, su origen y su destino. Se toman 711 toneladas de materiales que ingresan al sistema y fluyen dentro del mismo, de acuerdo a la definición de límites y a los resultados mostrados en los numerales 4.1.2 y 4.3 (ver figuras 4-4 a 4-9). De acuerdo a lo anterior, se excluyen 19,5 toneladas de residuos posconsumo del total generado. Para el proceso de compostaje se tiene en cuenta que las 149 toneladas de residuos biodegradables generan aproximadamente 20 toneladas de subproductos y emisiones, de acuerdo a la tabla 4-13 en la sección 4.6. Para residuos infecciosos se tienen procesos de incineración y de autoclavado, de acuerdo a la figura 4-21. El 84% de los residuos infecciosos es incinerado, mientras que el 16% correspondiente a residuos biosanitarios es tratado mediante autoclavado.

Para la representación gráfica del balance material del campus se utilizó el software STAN para análisis MFA, desarrollado por la Universidad Técnica de Viena. El cálculo de los indicadores en la tabla 4-11 permite evidenciar que las estrategias de manejo viable de residuos reciclables y biodegradables conducen a un valor de adiciones netas a stock negativo. Esto significa que el funcionamiento actual de los PGIR-UN de la Universidad Nacional disminuye la cantidad de emisiones materiales y contaminantes a la biosfera, debido a la reutilización de materiales como materias primas para procesos productivos externos a la institución y el aprovechamiento de los residuos biodegradables en la producción de compost. Dicha reducción está cuantificada en 157,43 toneladas de materiales al año que ingresan a la Ciudad Universitaria y salen del campus pero no del tecnosistema.

Una vez identificado el metabolismo del campus y los indicadores MFA, el último paso en el análisis sistémico de los PGIR-UN es el Análisis de Ciclo de Vida y la estimación de impactos ambientales generados por las condiciones actuales del sistema.

Tabla 4-11: Cálculo de indicadores MFA para el flujo de materiales-residuos en la Ciudad Universitaria. Datos año 2015.

Indicador	Abreviación	Valor (Ton)	Justificación o fórmula
Entradas			
Extracción doméstica usada	DE (used)	71	Cantidad usada de materias primas extraídas del sistema para uso como insumos materiales en otros sistemas. En PGIR-UN: compostaje producto de biomasa propia del campus: pasto y residuos animales (Ver figura 4-17)
Extracción doméstica no usada	DE (unused)	0	Cantidad de materiales extraídos del sistema, pero no usados en el mismo, uso de la tierra. Se toma como cero: en el sistema no se desarrollan actividades extractivas
Flujos de entrada directos	IM	711	Flujos materiales que ingresan al sistema. En el sistema analizado corresponde al total de residuos generados por el campus, de acuerdo a la definición de límites en la sección 4.5.1 del presente trabajo. (Ver figuras 4-4 a 4-9)
Flujos de entrada indirectos	IM (indirect)	1,5	Flujos materiales o energéticos asociados a los flujos de entrada directos. Para el sistema analizado se toma el consumo de combustible para el transporte. Calculado con la base de datos Ecoinvent 99, con base en estimaciones de distancias recorridas. Ver sección 4.3.2
Entradas directas de materiales	DMI	782	IM+DE
Requerimientos totales de material doméstico	DTMR	71	DE+DE (unused)
Entradas totales de materiales	TMI	853	DMI+DE(unused)
Requerimientos totales de materiales	TMR	854,5	TMI+IM (indirect)

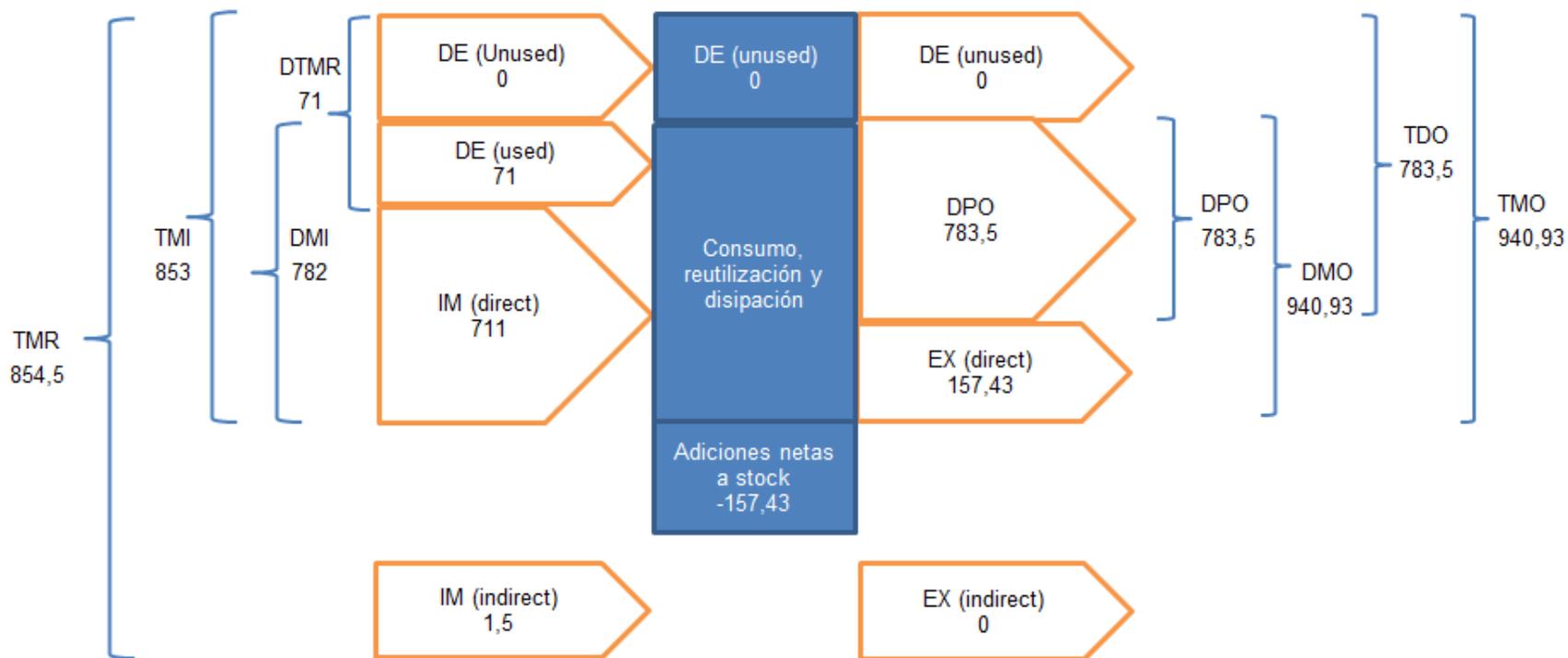
Fuente: Elaboración propia con base en (Lopes Silva et al., 2015)

Tabla 4-11 (continuación): Cálculo de indicadores MFA para el flujo de materiales-residuos en la Ciudad Universitaria. Datos año 2015.

Salidas			
Indicador	Abreviación	Valor	Justificación o fórmula
Exportaciones directas	EX	157,43	Flujos directos para uso en todo el sistema como insumos materiales. En el sistema analizado, materiales reciclables que fueron efectivamente recuperados. Ver figura 4-12
Exportaciones indirectas	EX (indirect)	0	Flujos indirectos asociados a las exportaciones directas. Se toman como cero, dado que los flujos de materiales reciclables recuperados no son responsabilidad de los PGIR-UN y están fuera de los límites del sistema.
Salidas domésticas procesadas	DPO	783,5	Peso total de los materiales usados en el sistema antes de fluir a los ecosistemas. Total de residuos (711 ton) + combustible (1,5 ton) + biomasa reaprovechada (71 ton)
Salidas directas de materiales	DMO	940,93	DPO+EX
Salidas totales domésticas	TDO	783,5	DPO+DE(unused)
Salidas materiales totales	TMO	940,93	TDO+EX
Balance			
Consumo doméstico de materiales	DMC	624,57	DMI-EX
Balance físico comercial	PTB	555,07	IM(total)+EX(total)
Adiciones netas a stock	NAS	-157,43	Adiciones materiales del sistema al sistema social. En el caso PGIR-UN es negativo debido a que los procesos de flujo de materiales reaprovecha 157,43 toneladas de material que no debe ser extraído de la biosfera. TMR-TMO

Fuente: Elaboración propia con base en (Lopes Silva et al., 2015)

Figura 4-31: Balance material de entradas y salidas al sistema en toneladas/año. Indicadores MFA.



Fuente: Elaboración propia con base en (Lopes Silva et al., 2015)

4.6 Análisis de ciclo de vida LCA

Tomando como referencia las dinámicas de flujo de materiales, consumo y alternativas de aprovechamiento viable de residuos impulsadas por la OGA dentro y fuera de la Ciudad Universitaria, se desarrolla el análisis de ciclo de vida del sistema. El análisis de ciclo de vida es un proceso iterativo que se desarrolla en cuatro etapas que se retroalimentan y complementan a lo largo de todo el proceso, de acuerdo a los lineamientos de la norma ISO 14040 (ISO, 2006). Estas etapas son:

- i) Definición de alcance y objetivos.
- ii) Inventario de ciclo de vida LCI.
- iii) Estimación y evaluación de impactos ambientales y
- iv) Interpretación.

4.6.1 Definición de objetivos y alcance

El objetivo de este Análisis de Ciclo de Vida es identificar los impactos y/o efectos ambientales asociados a los PGIR-UN, particularmente a las dinámicas de consumo, separación en la fuente y las alternativas para el manejo viable de los residuos que se han establecido e implementado en el campus de la Universidad Nacional de Colombia – sede Bogotá. También se pretende usar los resultados de este análisis como base para plantear lineamientos de mejoramiento continuo en los PGIR-UN de acuerdo a los objetivos propuestos en el presente trabajo. Se recomienda no usar los resultados de forma inmediata para la toma de decisiones, teniendo en cuenta que este LCA solo evalúa la situación actual y hay algunos procesos determinantes para el final del ciclo de vida de los productos, que la UN no conoce o de los cuales no existen datos al nivel de detalle requerido en cuanto a la composición y puntos críticos en la generación de residuos ordinarios y reciclables para que este LCA pueda ser usado directamente.

Las estrategias de manejo viable para residuos de posconsumo como llantas son desconocidas por los estamentos operativos y administrativos de la institución, tampoco se conocen las proporciones de reaprovechamiento, autoclavado y celda de seguridad para los demás residuos. Tampoco se tienen en cuenta residuos cuya participación en la composición estratificada por tipo sea menor al 5% (Graedel, 2010). Para los procesos de reciclaje, la premisa es que las emisiones contaminantes, el consumo energético y los

desperdicios generados por los procesos de recuperación de los materiales no están directamente relacionados a los límites del sistema definido y hacen parte de los procesos particulares de recuperación llevados a cabo por entidades externas. El sistema analizado será de tipo *gate to grave*, lo que significa que sólo el proceso de producción del combustible utilizado por los vehículos asignados a la recolección será evaluado. Los demás flujos materiales corresponden a productos terminados y en su etapa de consumo. La audiencia de este LCA es la Oficina de Gestión Ambiental de la Universidad Nacional de Colombia, como apoyo a los lineamientos, políticas y proyectos que ya se están desarrollando desde esta entidad.

El sistema que será analizado es el conjunto de Programas de Gestión Integral de Residuos Peligrosos y No Peligrosos de la Universidad Nacional de Colombia – sede Bogotá (PGIR-UN) y la unidad funcional es el total de residuos generados en el campus en el año 2014, correspondientes a 711 toneladas de residuos sólidos ordinarios y peligrosos, sin incluir residuos posconsumo (ver figuras 4-4 a 4-9). El análisis empieza cuando los productos ya manufacturados entran a la etapa de consumo dentro del campus universitario y termina cuando los residuos generados por dicho consumo son reintegrados a los procesos productivos o enviados para disposición final, de acuerdo a las alternativas para el manejo ambientalmente viable de los mismos. La asignación de cantidades está dada por los datos recopilados para la generación de residuos en el campus, presentados en las secciones 4.1 y 4.3 del presente trabajo. La información de generación de residuos y las alternativas de manejo es información primaria obtenida directamente de la operación de los PGIR-UN, como se menciona en la sección 4.2. De igual manera se hace uso de literatura científica para determinar las emisiones producidas por las alternativas de manejo usadas en la UNAL.

4.6.2 Inventario de ciclo de vida

El inventario de ciclo de vida consiste en la cuantificación de todos los flujos de materia y energía relevantes en el proceso o sistema analizado. Para el caso específico de análisis de ciclo de vida aplicados a gestión de residuos sólidos y peligrosos, esta etapa puede comprenderse por medio de la ejecución de 3 pasos: i) Descripción de la composición de los residuos, ii) modelado de los flujos internos y el sistema de recolección, y iii) identificación de flujos contaminantes en la disposición final o reaprovechamiento

La composición de los residuos sólidos y peligrosos generados en el campus es detallada en la sección 4.2 y la figura 4-31 muestra el modelo de flujo interno de los residuos. La identificación de los flujos materiales y emisiones contaminantes al final del ciclo de vida se realizó con base en revisión de literatura científica para cada tipo de residuo y teniendo en cuenta las alternativas de reciclaje y aprovechamiento de residuos biodegradables, así como la disposición final en rellenos sanitarios y la incineración de residuos de riesgo biológico. Las Tablas 4-12, 4-13, 4-14 y 4-15 muestran respectivamente las entradas de materiales a los PGIR-UN, las salidas en términos de emisiones contaminantes al agua y aire para residuos dispuestos en relleno sanitario, compostaje e incineración de residuos. Indicadores adicionales para los procesos fueron obtenidos mediante la base de datos Ecolnvent99®.

Tabla 4-12: Entradas de materiales a los PGIR-UN.

Entradas						
Flujo	Magnitud	Cantidad	Unidad	M _a	Desviaci	Origen
→ Cardboard [Consumer waste]	Mass	2,17E004	kg	X	0 %	Measured
→ Hazardous waste (unspec.) [Haz]	Mass	1,34E005	kg	X	0 %	Measured
→ Municipal waste [Consumer was]	Mass	3,02E005	kg	X	0 %	Measured
→ Packaging waste (plastic) [Cons]	Mass	7,51E003	kg	X	0 %	Measured
→ Paper (unspecified) [Consumer]	Mass	2,45E004	kg	X	0 %	Measured
→ Toxic chemicals (unspecified) [H]	Mass	3,54E004	kg	X	0 %	Measured
→ Unspecified biomass [Consumer]	Mass	2,48E005	kg	X	0 %	Measured
→ Unspecified scrap waste [Consumi]	Mass	1,63E005	kg	X	0 %	Measured
→ Wood, hard, dry matter (raw ma)	Mass	6,49E004	kg	X	0 %	Measured
Flujo						

Fuente: Elaboración propia con base en datos de la OGA

Tabla 4-13: Emisiones contaminantes para el total de residuos químicos tratados por incineración.

Salidas						
Flujo	Magnitud	Cantidad	Unidad	M _a	Desviaci	Origen
→ Carbon dioxide [Inorganic emissions to]	Mass	1,21E005	kg		0 %	Literature
→ Nitrogen dioxide [Inorganic emissions]	Mass	2,15E004	kg		0 %	Literature
Flujo						

Fuente: Elaboración propia con base en (Bernt, 2002)

Tabla 4-14: Emisiones estimadas de subproductos para el total de residuos solidos compostados en el campus, año 2014.

Salidas						
Flujo	Magnitud	Cantidad	Unidad	Ma	Desviaci	Origen
➔ Biomass (solid) for bioenergy [B	Mass	1,73E004	kg	X	0 %	(Ningún dato)
➔ Ammonia [Inorganic emissions to air]	Mass	1,72	kg		0 %	(Ningún dato)
➔ Carbon dioxide [Inorganic emissions to air]	Mass	6,29	kg		0 %	(Ningún dato)
➔ Methane [Organic emissions to air (gross)]	Mass	0,000575	kg		0 %	(Ningún dato)
➔ Nitrogen dioxide [Inorganic emissions to air]	Mass	0,068	kg		0 %	(Ningún dato)
➔ VOC (unspecified) [Organic emissions to air]	Mass	2,13E003	kg		0 %	(Ningún dato)
Flujo						

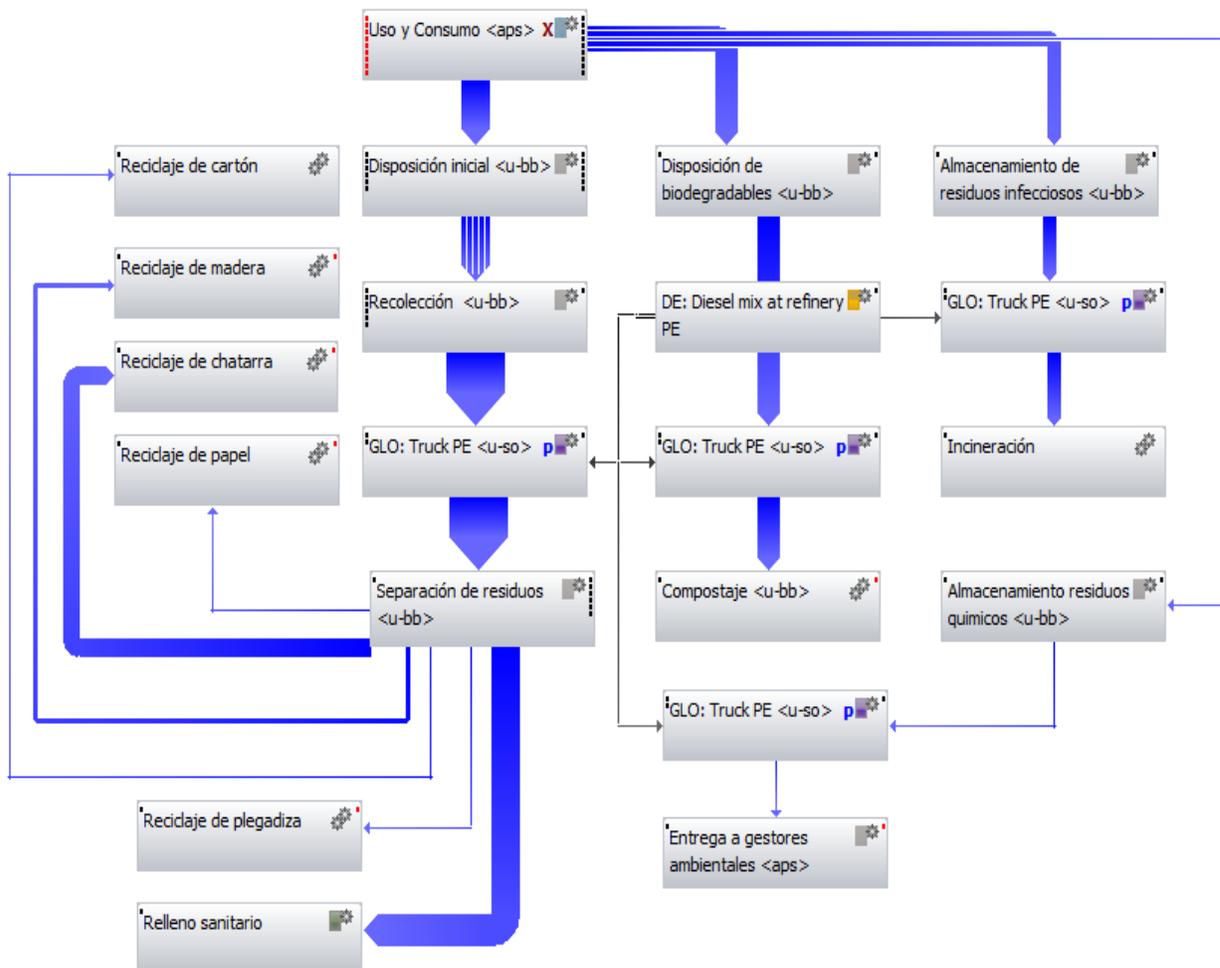
Fuente: Elaboración propia con base en (EPA, 2015)

Tabla 4-15: Emisiones contaminantes para un kilogramo de residuos dispuesto en relleno sanitario.

Salidas						
Flujo	Magnitud	Cantidad	Unidad	Ma	Desviaci	Origen
➔ Cadmium [Heavy metals to fresh water]	Mass	0,000951	kg		0 %	(Ningún dato)
➔ Cadmium [Heavy metals to air]	Mass	9,3E-006	kg		0 %	(Ningún dato)
➔ Chromium (unspecified) [Heavy metals to fresh water]	Mass	0,00444	kg		0 %	(Ningún dato)
➔ Chromium (unspecified) [Heavy metals to air]	Mass	0,00667	kg		0 %	(Ningún dato)
➔ Copper [Heavy metals to fresh water]	Mass	0,00529	kg		0 %	(Ningún dato)
➔ Copper [Heavy metals to air]	Mass	0,00667	kg		0 %	(Ningún dato)
➔ Lead [Heavy metals to fresh water]	Mass	0,000483	kg		0 %	(Ningún dato)
➔ Lead [Heavy metals to air]	Mass	0,000951	kg		0 %	(Ningún dato)
➔ Mercury [Heavy metals to fresh water]	Mass	2,33E-006	kg		0 %	(Ningún dato)
➔ Mercury [Heavy metals to air]	Mass	0,00529	kg		0 %	(Ningún dato)
➔ Methane [Organic emissions to air (gross)]	Mass	5,44E004	kg		0 %	Literature
➔ Municipal solid waste deposition [Consolidation]	Mass	3,02E005	kg		0 %	Measured
➔ Nickel [Heavy metals to fresh water]	Mass	0,0278	kg		0 %	(Ningún dato)
➔ Nickel [Heavy metals to air]	Mass	0,0185	kg		0 %	(Ningún dato)
➔ Zinc [Heavy metals to fresh water]	Mass	0,00329	kg		0 %	(Ningún dato)
➔ Zinc [Heavy metals to air]	Mass	0,0297	kg		0 %	(Ningún dato)
Flujo						

Fuente: Elaboración propia con base en (San Joaquin Valley Technology Advancement Program, 2013)

Figura 4-32: Modelado del flujo de residuos sólidos y peligrosos dentro del campus y alternativas de manejo viable.



Fuente: Elaboración propia

Una vez identificados los flujos contaminantes que componen el inventario de ciclo de vida, se procede a realizar la estimación y evaluación de impactos y/o efectos ambientales.

4.6.3 Evaluación y estimación de impactos ambientales

Para la estimación de impactos ambientales asociados a la operación de los PGIR-UN y a los patrones de consumo de la comunidad académica en el campus se utilizó el software de modelado LCA GaBi y la base de datos EcoInvent99®, de acuerdo a la metodología ReCiPe 2008 (Goedkoop et al, 2009; Lopes Silva et al., 2015). El software

GaBi permite obtener resultados en emisiones contaminantes del Inventario de Ciclo de Vida. La metodología ReCiPe 2008 consiste en la agregación de dichos resultados en categorías de impacto ambiental. A partir de la estimación de aspectos ambientales obtenida mediante el software GaBi, los resultados del LCI, medidos en emisiones contaminantes, son integrados en indicadores de impacto ambiental por categorías de punto medio y punto final. El modelo para la agregación de los resultados del LCI en categorías de impacto se ilustra en la Tabla 4-16.

La metodología ReCiPe 2008 incluye, además de los enunciados en la Tabla 4-16, aspectos ambientales asociados a agotamiento de la capa de ozono, radiación ionizante, ocupación de tierras agrícolas y urbanas, agotamiento de recursos minerales y transformación del suelo natural. Estos no fueron incluidos en el presente análisis, dado que la participación de los PGIR-UN en estas categorías de impacto es mínima, de acuerdo a la definición de límites del sistema en las secciones 4.5.1 y 4.6.1. Los resultados del LCI están asociados a aspectos ambientales, de acuerdo a la Tabla 4-16. Dichos aspectos ambientales son integrados en un indicador de impacto ambiental potencial PEI de punto medio, de acuerdo a la fórmula dada por la Ecuación (4.1). Este indicador tiene un grado de incertidumbre bajo, determinado por las limitaciones en el alcance del LCA. Los indicadores PEI se agregan en tres indicadores de impacto ambiental de punto final (con alta incertidumbre) a saber: i) daños a la salud humana, medidos en años de vida perdidos, ii) daños a los ecosistemas, medidos en extinción de especies y iii) daños a la disponibilidad de recursos, medidos en incrementos en el precio de los mismos (Goedkoop et al., 2009).

$$I_m = \sum_m Q_m * m_i \quad (4.1)$$

Donde:

I_m : Indicador PEI de punto medio

m_i : Magnitud de la intervención inicial i

Q_m : Factor de caracterización de punto medio

El software GaBi calcula los indicadores PEI de punto medio para cada categoría de impacto, de acuerdo a las bases de datos EcolInvent99 y ReCiPe 2008. Dichos indicadores se presentan en la Tabla 4-16 junto a los factores de caracterización para la obtención de los indicadores de impacto de punto final. Estos no fueron calculados para el sistema analizado, dado que la incertidumbre es alta (Goedkoop et.al, 2009) y la obtención de los datos necesarios para ello excede el alcance del presente trabajo.

Las categorías elegidas para la evaluación de impacto son potencial de cambio climático, acidificación de suelos, eutrofización de agua, agotamiento de combustibles fósiles, reducción de la oferta hídrica, ecotoxicidad terrestre, ecotoxicidad de agua dulce, toxicidad a humanos, ecotoxicidad marina y eutrofización marina. La estimación de los impactos ambientales se presenta a continuación:

4.6.3.1 Potencial de cambio climático

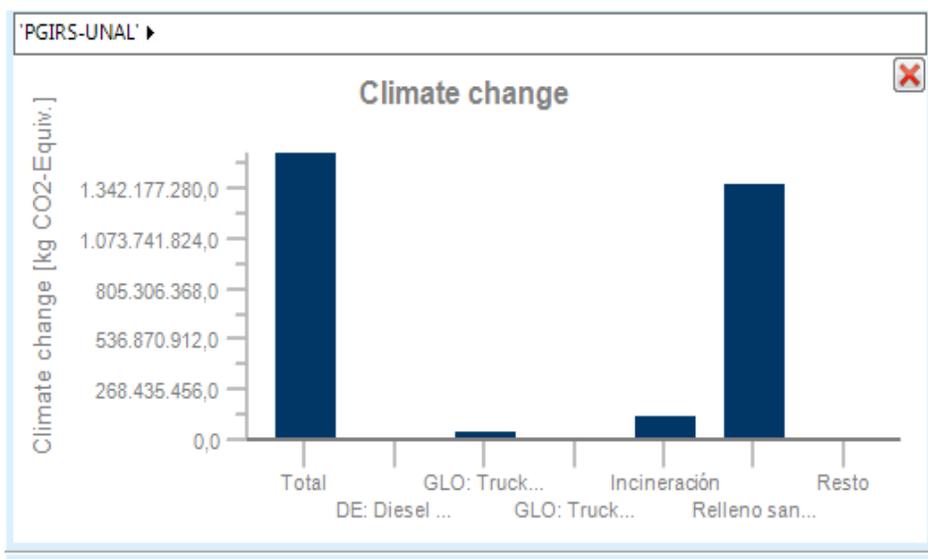
El cambio climático, entendido como el aumento progresivo de la temperatura promedio en el planeta y de origen antropogénico, causa una serie de efectos negativos sobre los sistemas vivos. La estimación del potencial de cambio climático en ReCiPe 2008 tiene en cuenta proyecciones de escenarios a futuro y se centra en estimar los efectos del incremento marginal en las cantidades de CO₂ equivalente en la atmósfera (Goedkoop et al., 2009). Para el sistema analizado, se estimó una generación de 150 toneladas de CO₂ equivalente al año, principalmente por la disposición de residuos sólidos ordinarios en relleno sanitario, la emisión de metano y otros gases de efecto invernadero (BM, 2012). El metano tiene un valor de conversión de 25 unidades de CO₂ Eq, por lo que 150 toneladas de CO₂Eq corresponden a 6 toneladas de metano. La Figura 4-33 muestra, además, que la incineración de residuos químicos y la quema de combustibles en los transportes internos tienen una incidencia menor en el potencial de cambio climático.

4.6.3.2 Acidificación de suelos

La emisión a la atmósfera de sustancias inorgánicas como sulfatos, nitratos y fosfatos, así como la inadecuada disposición de cenizas ocasiona cambios en la acidez del suelo, por deposición simple o lluvia ácida. Una modificación pequeña en el pH del suelo puede causar daños en los organismos vivos y desertificación de los suelos. La estimación del impacto en ReCiPe 2008 se expresa con el indicador de Saturación Base (BS), una medida de la saturación de los suelos con cationes diferentes al hidrógeno o aluminio

(Goedkoop et al., 2009). Los resultados se muestran en kilogramos de dióxido de azufre equivalente (SO₂ Eq). Para el sistema se estimó una generación anual de 11,74 toneladas de SO₂ Eq. El total de estas emisiones se debe a los procesos de incineración de residuos peligrosos (ver Figura 4-34), en los que se emite dióxido de carbono, dióxido de nitrógeno y dióxido de azufre a la atmósfera, además de metales pesados directamente a los suelos (ver Tablas 4-14 y 4-15).

Figura 4-33: Estimación de emisiones contaminantes asociadas a cambio climático.

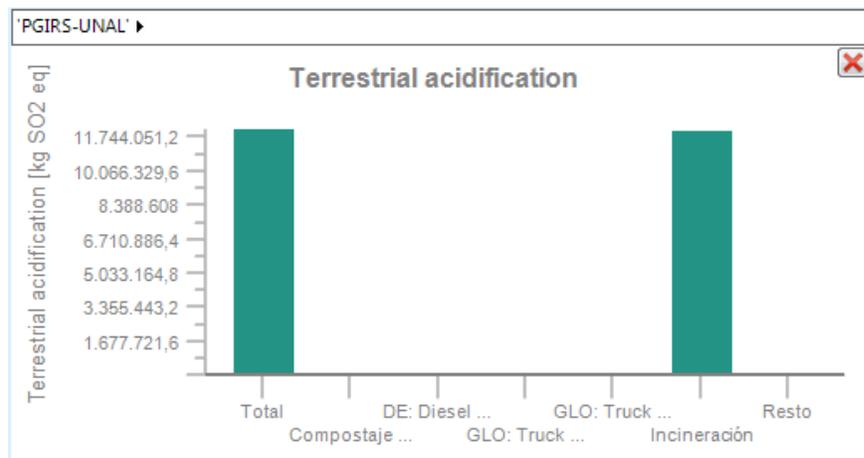


Fuente: Elaboración propia

Tabla 4-16: Resultados del inventario de ciclo de vida LCI e indicadores de impacto

Resultado LCI	Aspecto ambiental	Abrev	Categoría de impacto punto medio		Magnitud del indicador punto medio	Unidad	Factor de caracterización Qem	Indicador de impacto punto final
PAH	Toxicidad humana	HT	Exposición a materiales peligrosos	Daño	4.900	kg 1,4-DB Eq	7,00E-07	Salud humana. Días perdidos DALY (años)
CO2 Eq	Potencial de cambio climático	CC	Radiación infrarroja	Daño	1.500.000	kg CO2 Eq	3,51E-06	
		CC		Daño terrestre	1.500.000	kg CO2 Eq	1,88E-05	
Cd	Ecotoxicidad terrestre	TET	Concentración de materiales peligrosos	Daño terrestre	2,34	kg 1,4-DB Eq	1,30E-07	Pérdida de especies (año)
SO2	Acidificación de suelos	TA	Saturación base	Daño terrestre	11.744	kg SO2 Eq	1,42E-08	
DDT	Ecotoxicidad marina	MET	Concentración de materiales peligrosos	Daño al agua marina	10,63	kg 1,4-DB Eq	4,20E-14	
NO x	Eutrofización marina	ME	Crecimiento de algas		8.389	kg N Eq	0,00E+00	
1,4 DB Eq	Ecotoxicidad de agua dulce	FET	Concentración de materiales peligrosos	Daño al agua dulce	8,9	kg 1,4-DB Eq	2,60E-10	
P	Eutrofización de agua dulce	FE	Crecimiento de algas	Daño al agua dulce	0,41	kg P Eq	4,44E-08	
Petróleo Eq	Agotamiento de recursos fósiles	FD	Contenido energético	Daño	16.890	kg petroleo Eq	1,61E+01	Incremento precio del recurso (dólares/año)
H2O	Disminución de oferta hídrica	WD	Uso de agua		2.936	m3		

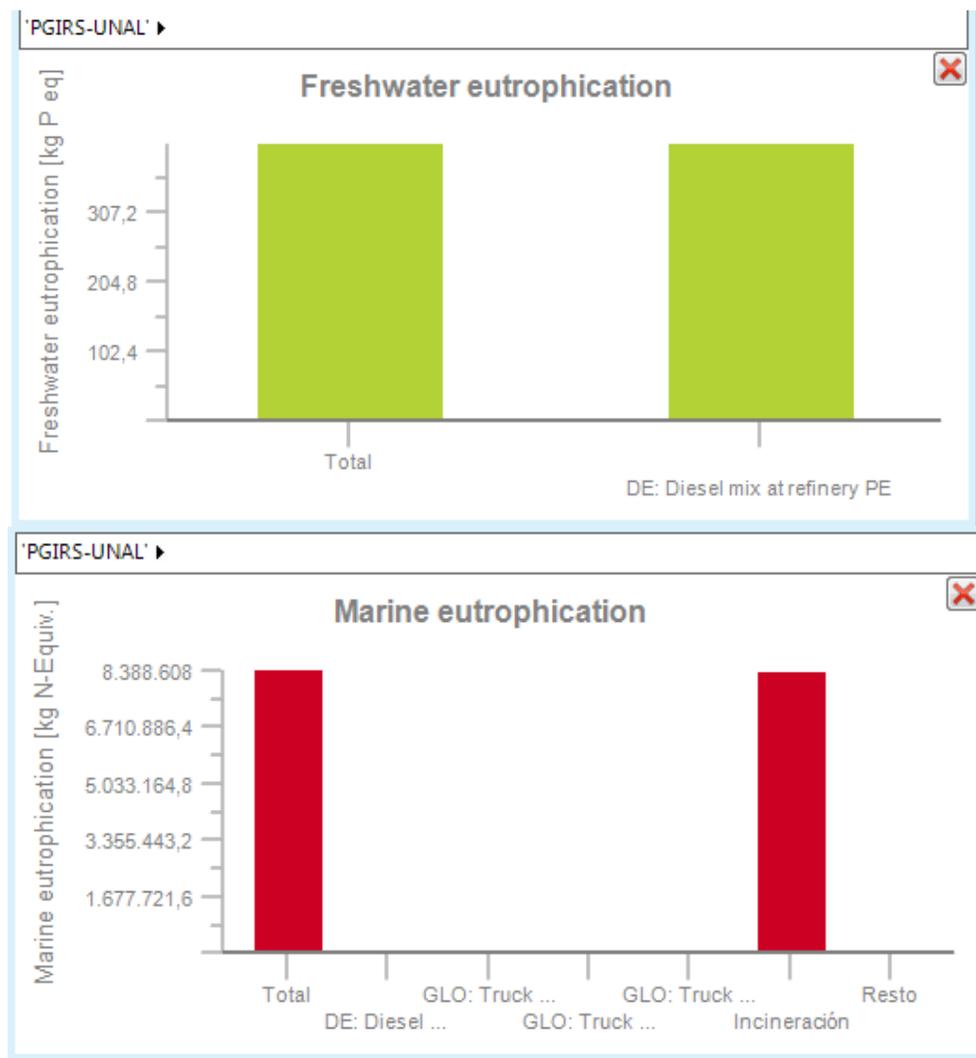
Fuente: Elaboración propia con base en (Goedkoop et al., 2009)

Figura 4-34: Estimación de emisiones asociadas a acidificación de suelos.

Fuente: Elaboración propia

4.6.3.3 Eutrofización de agua dulce y marina

La eutrofización es el aumento repentino de nutrientes en un cuerpo de agua. El aumento de nutrientes específicos, subproductos de actividades industriales como compuestos nitrogenados y fosfatos, favorece el crecimiento de algas y otras especies que ahogan los ecosistemas y ponen en riesgo a las demás especies. Los impactos de la eutrofización acuática son la desaparición de comunidades y la extinción de especies marinas y de agua dulce (Goedkoop et al., 2009). La metodología ReCiPe 2008 usa el indicador de kilogramos de fósforo equivalente (kg P Eq) para cuantificar las emisiones de materiales eutrofizantes a fuentes de agua dulce, y kilogramos de nitrógeno equivalente (kg N Eq) para la eutrofización del océano. Para el sistema se estimó una emisión anual de 0,41 kg de P Eq, debida a los procesos de producción del combustible para los transportes de residuos al interior del campus. Las emisiones estimadas de N Eq son de 8,4 toneladas, generadas en la incineración de residuos peligrosos. La Figura 4-35 muestra la estimación de las emisiones y las actividades que las originan.

Figura 4-35: Estimación de impactos ambientales asociados a eutrofización de agua.

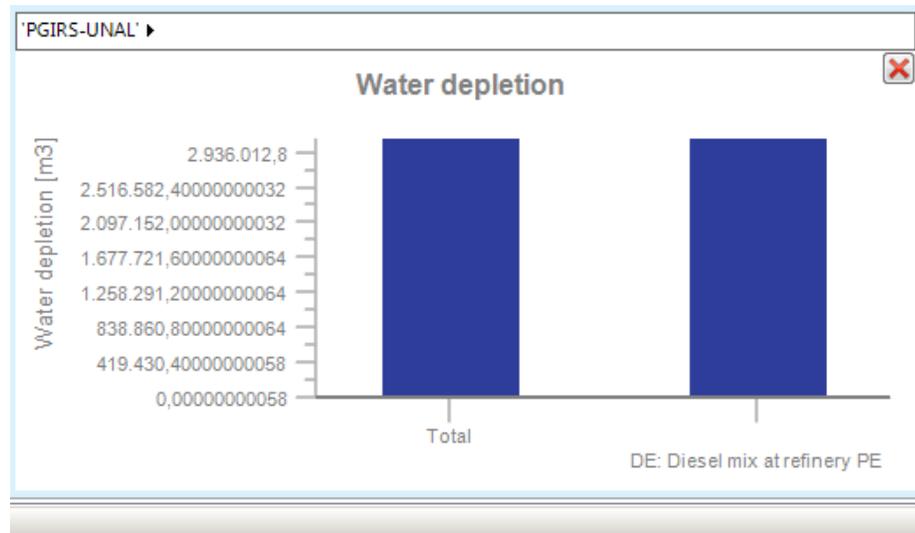
Fuente: Elaboración propia

4.6.3.4 Disminución de oferta hídrica

La diversidad en fuentes de agua y cuencas abastecedoras hace que este sea un recurso escaso en diferentes lugares del mundo y épocas del año, mientras que es un recurso abundante en otras regiones y épocas. El uso industrial del agua y las deficiencias en capacidad para el tratamiento de aguas residuales hace que cada vez la disponibilidad de agua potable sea menor. Los problemas de escasez de agua están directamente relacionados a la pérdida de biodiversidad, riesgos en salud pública y como origen de conflictos ambientales (ONU, 1987). El indicador utilizado en la metodología

ReCiPe para medir el agotamiento de agua es el volumen consumido en metros cúbicos (Goedkoop et al., 2009). Se estimó que el sistema analizado consume 2936 metros cúbicos de agua en el proceso de refinamiento del combustible utilizado para los transportes, de acuerdo a la definición de límites y alcance (ver Figura 4-36).

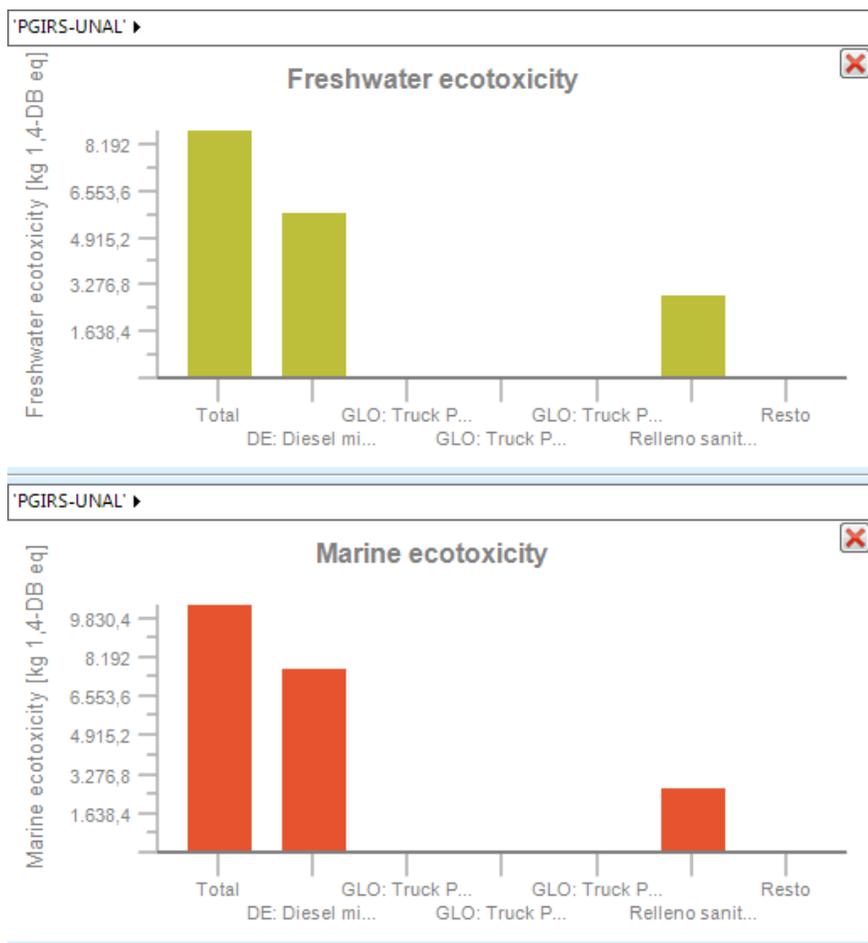
Figura 4-36: Estimación de impactos ambientales asociados a agotamiento de agua.



Fuente: Elaboración propia

4.6.3.5 Toxicidad humana y ecotoxicidad

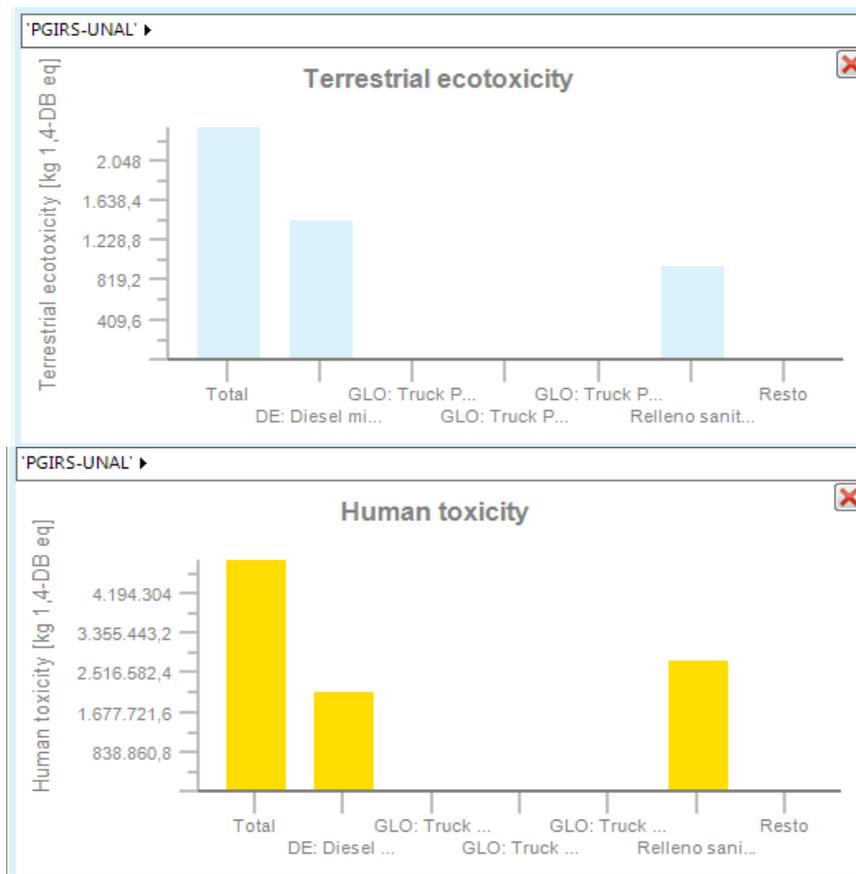
La acumulación de elementos químicos que no pueden ser asimilados biológicamente, en ecosistemas y en las cadenas tróficas, se definen como toxicidad humana y ecotoxicidad. La bioacumulación de tóxicos puede derivar en serias complicaciones de salud, muerte e incluso desaparición de comunidades y extinción de especies. Estos elementos químicos son subproductos de actividades industriales, metales pesados y otras sustancias cancerígenas (Goedkoop et al., 2009) La metodología ReCiPe 2008 estima la toxicidad en unidades equivalentes de 1,4-diclorobenceno (1,4-DB Eq). La Figura 4-37 muestra las emisiones en kilogramos de 1-4DB Eq asociadas a ecotoxicidad de agua dulce y ecotoxicidad marina. Las emisiones estimadas totales para el sistema analizado son de 19,9 kilogramos de 1,4-DB Eq al año. Puede verse que las actividades que generan emisiones tóxicas a cuerpos de agua están relacionadas a la disposición de residuos en relleno sanitario y los correspondientes transportes al interior del campus.

Figura 4-37: Estimación de emisiones asociadas a ecotoxicidad de agua.

Fuente: Elaboración propia

La toxicidad terrestre y la toxicidad humana son analizadas por aparte en la metodología ReCiPe 2008, debido a las diferencias significativas entre los ecosistemas y las condiciones culturales asociadas. La estimación se hace, sin embargo, usando la misma unidad (kg de 1,4-DB Eq). Para la toxicidad humana se obtuvo un valor de 4900 kg de 1,4-DB equivalente y para la ecotoxicidad terrestre, emisiones estimadas por 2,3 kg (ver Figura 4-38). Al igual que la toxicidad del agua, las actividades asociadas a la emisión de sustancias tóxicas son las de disposición en relleno sanitario y transportes internos.

Figura 4-38: Estimación de impactos ambientales asociados a ecotoxicidad terrestre y toxicidad a humanos.

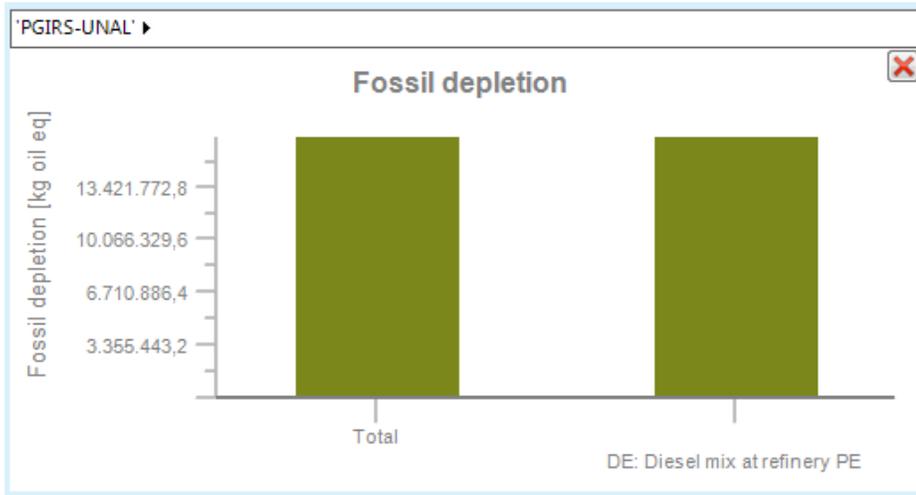


Fuente: Elaboración propia

4.6.3.6 Agotamiento de combustibles fósiles

El término “combustibles fósiles” es usado en su acepción más amplia, incluyendo carbón vegetal, mineral, petróleo, gas natural, metano y derivados. Dado que se trata de recursos formados desde hace millones de años y su tasa de renovación es lenta, se asumen escasos y no renovables. De este recurso depende la economía mundial y su combustión es una de las principales fuentes de gases de efecto invernadero (Goedkoop et al., 2009). La metodología ReCiPe 2008 toma como indicador de punto medio la cantidad de combustibles fósiles extraídos y consumidos, medidos en kg de petróleo equivalente. La estimación del consumo de combustibles fósiles para el sistema analizado es de 13.421 kilogramos anuales, debidos al transporte de materiales al interior del campus. Debido a la definición de límites del sistema. Estas emisiones están asociadas directamente al proceso de refinación del petróleo (ver Figura 4-39).

Figura 4-39: Estimación de impactos ambientales asociados a agotamiento de combustibles fósiles.



Fuente: Elaboración propia

4.6.4 Interpretación de resultados de ciclo de vida

Es necesario recordar que, dada la definición de alcance y límites del sistema analizado, los resultados presentados en la sección inmediatamente anterior no son exactos y están sujetos a incertidumbre. La incertidumbre surge desde la obtención de datos primarios, el uso de bases de datos para el análisis de inventario LCIA y parámetros preestablecidos en las herramientas de software de simulación. El sistema analizado es de tipo cradle-to-grave, por lo que las etapas de producción y consumo de los materiales que fluyen por el sistema quedan fuera del análisis, de acuerdo a los lineamientos sugeridos por Lopes Silva (et al., 2015). Los datos no deben ser utilizados como información exacta sino como una ilustración de la situación actual de los PGIR-UN y sus efectos e impactos sobre los ecosistemas.

La disposición final en relleno sanitario presenta fuertes impactos en las categorías de potencial de cambio climático, ecotoxicidad de agua dulce, toxicidad humana, toxicidad marina y toxicidad terrestre. Estos impactos se deben principalmente a la generación de lixiviados y de gases de efecto invernadero en los rellenos sanitarios. La Universidad Nacional de Colombia puede mejorar estos indicadores a través de mejoramientos en la

etapa de separación en la fuente que redundan en menor cantidad de residuos dispuestos en relleno sanitario.

El consumo de combustible de los vehículos presenta impactos en las categorías de ecotoxicidad de agua dulce, toxicidad humana, ecotoxicidad marina, ecotoxicidad terrestre y agotamiento del agua. Estos impactos se deben tanto a los procesos de producción del combustible como a las emisiones contaminantes producto de la combustión. La institución puede mejorar estos indicadores a través de la optimización de las rutas de recolección, la mejora en la eficiencia de los combustibles y los procesos de combustión en los vehículos e incluso usando vehículos a gas natural o eléctricos para la recolección.

La incineración de residuos infecciosos presenta impactos en las categorías de cambio climático, acidificación del suelo y eutrofización marina. Los residuos incinerados son de origen animal, anatomopatológicos y cortopunzantes. Los impactos se deben principalmente a las emisiones de metales pesados, material particulado, cenizas y gases de efecto invernadero. Dado que la generación de estos residuos está directamente asociada a las actividades académicas de las facultades identificadas en la sección 4.3, el potencial para la reducción de estos impactos que tiene la Universidad Nacional radica en modificaciones académicas y administrativas y en el impulso a la investigación aplicada. Los impactos asociados a la producción de compost son despreciables en comparación con los flujos a relleno sanitario, incineradores y el consumo de combustible para los transportes internos.

5. Lineamientos para el mejoramiento continuo

El análisis sistémico del Programa de Gestión Integral de Residuos Sólidos y Peligrosos de la Universidad Nacional de Colombia permitió identificar las propiedades emergentes más relevantes en las condiciones administrativas, operativas y físicas de los procesos asociados a la recolección, transporte, acopio y disposición final de los residuos. También se identificaron particularidades con respecto a los objetivos misionales de la institución, el potencial en generación de conocimiento que tienen la comunidad académica y el estado actual de la integración entre los procesos académicos y administrativos evidenciados en las actitudes de la comunidad frente a sus patrones de consumo dentro del campus, la separación en la fuente y la efectividad percibida de los procesos operativos. Las propiedades emergentes más relevantes del sistema se enuncian a continuación. Los lineamientos para el mejoramiento continuo que se presentan en esta sección se fundamentan en las propiedades emergentes identificadas y listadas a continuación.

5.1 Propiedades emergentes del sistema

La identificación de propiedades emergentes del sistema debe hacerse en función de las relaciones entre los diferentes actores, elementos físicos, directrices, políticas, protocolos y procesos establecidos. De igual forma es necesario identificar cómo los elementos mencionados se relacionan con las percepciones, actitudes y patrones de consumo de los miembros de la comunidad académica y, en última instancia, cómo la interacción compleja del sistema determina la cantidad y tipo de residuos sólidos y peligrosos generados en el campus. Se establecen así 7 categorías en las relaciones de todos los actores, condiciones físicas y estrategias desde los niveles administrativos y operativos de los PGIR-UN.

5.1.1 Relaciones entre las directivas de la Universidad Nacional y los funcionarios administrativos

- Desde la reestructuración administrativa de la Universidad Nacional en 2014 se ha prestado un mayor interés desde la Vicerrectoría de Sede en cuanto a los aspectos ambientales del campus. Este interés se ve reflejado en los documentos oficiales de planeación estratégica de la institución, los Planes Globales de Desarrollo y acuerdos y resoluciones que buscan que la reestructuración administrativa se vea también reflejada en los procesos operativos y en indicadores de desempeño ambiental del campus.
- El interés de la Vicerrectoría de sede también se ve reflejado en una asignación de recursos y un plan de inversión para la Oficina de Gestión Ambiental. Sin embargo, desde la División de Logística se manifiesta que la asignación de recursos para las operaciones de recolección y manejo de residuos no es suficiente y existen varios atrasos en infraestructura y condiciones físicas que impiden una mejora en los procesos de recolección. Si bien desde la División de Logística se tienen propuestas para actualización de equipos periféricos y vehículos, no es posible materializar dichas propuestas por las carencias en financiación.
- La Universidad Nacional de Colombia tiene un déficit presupuestal ocasionado por políticas del gobierno nacional en cuanto su visión de la importancia de la educación pública en el país. Todos los funcionarios administrativos contactados para el desarrollo de este trabajo manifestaron que se podrían llevar a cabo proyectos de mejora e integración de la comunidad académica en pro de la participación activa en los aspectos ambientales del campus y que existe el potencial para hacerlo, pero hacen falta recursos.

5.1.2 Relaciones entre la Oficina de Gestión Ambiental y la División de Logística

- El Sistema de Gestión Ambiental de la Universidad Nacional cuenta con el Comité Técnico Nacional de Gestión Ambiental y las Oficinas de Gestión Ambiental de cada una de las sedes. Es en este comité donde se toman todas las decisiones, proyectos y programas a implementar desde las Oficinas de Gestión Ambiental de cada sede.

- Los funcionarios de la Oficina de Gestión Ambiental se encargan de materializar esas decisiones, proyectos y programas en cada sede a través del establecimiento de protocolos, manuales, procedimientos que buscan operacionalizar las decisiones a nivel estratégico tomadas en el Comité Técnico Nacional de Gestión Ambiental.
- La Oficina de Gestión Ambiental de la sede Bogotá ha establecido e implementado protocolos y manuales de procedimiento para la recolección de todos los tipos de residuos generados en el campus. La División de Logística toma estos protocolos y estructura sus recursos, conocimientos y su organización administrativa y operativa para cumplir a cabalidad con los procesos establecidos.
- En general los procesos operativos están bien documentados y son conocidos por todos los operarios y funcionarios involucrados. Existe una buena comunicación entre la Oficina de Gestión Ambiental y la División de Logística, aunque es necesaria una integración mayor. La estructura administrativa de la institución se estableció de tal manera que, si bien la OGA y la División de Logística están encargadas a diferentes niveles del mismo proceso de recolección, manejo y disposición de residuos, se encuentran dentro de entidades administrativas diferentes.
- La documentación de procesos, el control de indicadores y la consolidación de los datos en generación por tipo de residuo y por dependencia requieren un esfuerzo administrativo y operativo que integra recursos humanos, físicos y económicos entre las dos entidades. Se tiene un nivel de detalle importante en datos para residuos peligrosos y posconsumo (debido a requerimientos legales), sin embargo no es esta la situación para residuos sólidos ordinarios y reciclables. El control de cantidades no se hace en los puntos de generación sino en los centros de acopio, lo cual dificulta tener información con un mayor nivel de detalle.

5.1.3 Condiciones físicas, operativas y de infraestructura

- Se identificó que existen deficiencias importantes en los puntos de recolección y separación en la fuente. Estas deficiencias van desde el mal estado de los puntos de recolección hasta la carencia de un estándar para los mismos.
- El modelo de recolección por puntos de tránsito (contenedores de paso ubicados a lo largo del campus) genera una minimización en las distancias recorridas por el

camión compactador y, así mismo, se presentan valores de baja magnitud en cuanto a generación de gases de efecto invernadero. Sin embargo este modelo requiere de trayectos considerables de transporte de residuos sólidos y reciclables que deben ser hechos a pie. La configuración de la ruta obedece a políticas internas para el tránsito de vehículos dentro de la Ciudad Universitaria.

- Los procesos de recolección de residuos biodegradables e infecciosos comparten el mismo vehículo, lo cual dificulta una planeación estratégica y operativa de las rutas de recolección, además de generar riesgos evitables.
- Se requieren actualizaciones en infraestructura para los centros de acopio de residuos sólidos ordinarios y reciclables, residuos infecciosos y químicos y residuos de posconsumo, así como la mejora de las condiciones físicas y de aspectos ambientales en la planta de compostaje. No existe un modelo definido e integrado para la gestión de inventarios y los equipos y periféricos utilizados para el acopio no son los adecuados. La gestión de inventarios se hace a través de formatos diligenciados a mano por los operarios de la División de Logística en las rutas de recolección y centros de acopio.
- La Ciudad Universitaria cuenta con una estructura ecológica importante y es un corredor ecológico entre los Cerros de Bogotá, el Parque Simón Bolívar y los humedales que delimitan la frontera occidental de la ciudad.

5.1.4 Relaciones entre las instancias administrativas y la comunidad académica: Educación e integración

- Si bien la intención de la Vicerrectoría de Sede por integrar a la comunidad académica es explícita y está documentada en informes, resoluciones y documentos oficiales de gestión estratégica, administrativa y operativa de la institución, aún no se han logrado avances importantes en lo que a este tema respecta.
- Desde la Oficina de Gestión Ambiental se manifestó el interés de integrar diversos grupos de investigación, profesores expertos y estudiantes destacados en la formulación de proyectos que tengan como propósito la solución de problemáticas ambientales dentro y fuera de la Universidad Nacional. Sin embargo, dicho interés apenas está empezando a materializarse en acciones concretas. La OGA empezó a trabajar en colaboración con el Instituto de Estudios Ambientales IDEA-UN a partir del año 2014.

- Los miembros de la comunidad académica encuestados (ver sección 3.4) no perciben de forma significativa una gestión efectiva de los residuos sólidos y peligrosos en el campus. No existe una cultura de la separación en la fuente, debido a las deficiencias físicas y de infraestructura mencionadas, a la falta de información, capacitación y educación de la comunidad universitaria en relación a la generación de residuos. Este hecho es particularmente preocupante, toda vez que la principal institución de educación superior en el país está fallando en educar a sus miembros en el proceso de separación de residuos en la fuente. La no separación conduce a que materiales aprovechables por la industria y que pueden representar ingresos económicos para la institución terminen siendo descartados en rellenos sanitarios.
- No existe una comunicación efectiva entre la Oficina de Gestión Ambiental y los estudiantes, aunque en los últimos dos años se ha avanzado en este aspecto. Se han realizado dos Encuentros Ambientales de Sede para identificar y convocar a los miembros de la comunidad universitaria que tienen el potencial de generar aportes significativos para la solución de problemas ambientales a través de la Academia. También se han realizado varias campañas de recolección de residuos de posconsumo con resultados positivos.
- El hecho de que algunas personas no separen en la fuente influye negativamente en la eficiencia percibida del proceso por parte de toda la comunidad y en la incipiente cultura de la separación en la fuente.
- La mayoría de los encuestados manifestó el interés por hacer parte de proyectos de investigación y extensión relacionados con temáticas ambientales y de tipo interdisciplinar. Sin embargo, la estructuración de los programas curriculares, los departamentos y facultades dificulta la integración interdisciplinar de los estudiantes a este nivel.

5.1.5 Particularidades propias de las actividades académicas de la institución

- La Universidad Nacional de Colombia genera residuos químicos e infecciosos producto de las actividades académicas en las facultades de Ingeniería, Medicina, Medicina Veterinaria y Zootecnia, Ciencias Naturales y Odontología, además de la atención médica en Unisalud y en el Hospital Universitario Santa Rosa. En

total, 16 edificios generan el 95% de la carga de residuos peligrosos en el campus.

- Debido a las actividades académicas, el consumo de papel es alto. Los mecanismos para la segregación del papel son débiles y recaen en la responsabilidad de los miembros de la comunidad académica de reducir el consumo y llevar a cabo una separación efectiva. Esto conduce a que papel y cartón que se encontraba en buenas condiciones físicas para el reaprovechamiento resulten contaminados o inutilizados para cualquier proceso.
- Existe un potencial muy alto en la generación de conocimiento en la Universidad Nacional de Colombia. Es la universidad líder en investigación del país y las condiciones socioeconómicas del país, junto a la tradición y reputación de la universidad y las problemáticas de acceso a la educación superior conducen a que los estudiantes de la Universidad Nacional tengan un muy alto desempeño académico. El potencial se está desaprovechando por carencias en la integración.

5.1.6 Patrones de consumo

- La mayoría de los encuestados manifestó pasar entre 20 y 50 horas en el campus a la semana. En este tiempo se da el consumo de alimentos, bebidas y otros artículos localizado principalmente en las cafeterías internas, las áreas comunes de mayor tránsito y los puntos de venta ambulantes (denominados “chazas”). El consumo de alimentos contribuye de manera significativa a la generación de residuos biodegradables, ordinarios y reciclables.
- La venta de alimentos en los puntos ambulantes fue identificada por la mayoría de los encuestados como un generador importante de residuos sólidos. Sin embargo, también se manifestó que la compra de alimentos en estos puntos suele ser frecuente por parte de los encuestados.
- Existe una percepción negativa con respecto a la generación de residuos sólidos plásticos y de poliestireno, debida entre otros factores al prolongado tiempo que este tipo de materiales requiere para ser asimilado de nuevo por la biosfera. Varios de los encuestados manifestaron que modificarían sus patrones de consumo de materiales contaminantes si hubiera disponibilidad de productos ambientalmente viables capaces de sustituir dichos materiales dentro del campus.

- A pesar de que existe un nivel de interés alto por las cuestiones ambientales, hay un desconocimiento crítico de los aspectos, efectos e impactos ambientales ocasionados por los patrones de consumo de los miembros de la comunidad universitaria.

5.1.7 Interacción del sistema analizado con la tecnosfera y la biosfera

- Las deficiencias en infraestructura, comunicación e integración de todos los actores relacionados con la generación, manejo y disposición de residuos sólidos en el campus conducen a que materiales potencialmente aprovechables no lo sean más y terminen en rellenos sanitarios, con su respectiva carga ambiental identificada en el Análisis de Ciclo de Vida.
- Para el desarrollo de ciertos programas curriculares es necesaria la generación de residuos químicos e infecciosos. Sin embargo esta generación también está dada por la falta de un sistema integrado de control de inventarios que facilite una rotación adecuada y un aprovisionamiento basado estrictamente en la demanda de los materiales exactos que se requieren y en las fechas correspondientes para garantizar un nivel de inventario mínimo que también garantice resiliencia a perturbaciones internas y externas del sistema. En el caso de los residuos infecciosos las estrategias de manejo también representan una alta carga ambiental evidenciada en los indicadores de análisis de impacto de ciclo de vida asociados a los procesos de incineración.
- En general la Universidad Nacional tiene procesos administrativos y operativos robustos para el manejo de residuos, pero las falencias en comunicación, capacitación y creación de conciencia ambiental conlleva a que los estudiantes en general tengan percepciones negativas con respecto a la gestión de los residuos en el campus. Una mejora en las estrategias de comunicación e integración de la comunidad académica puede tener efectos positivos importantes sobre la carga que ejerce la Ciudad Universitaria sobre los ecosistemas.
- Los procesos de aprovechamiento de residuos generados en el campus conducen a una reducción en la cantidad de residuos que son dispuestos por medio de alternativas de alto impacto ambiental como rellenos sanitarios, vertimientos al agua de contaminantes químicos y degradación de las condiciones ecológicas de

soporte. Sin embargo existe el potencial de aumentar la cantidad de residuos que pueden ser reaprovechados.

A partir de estas propiedades emergentes se proponen los siguientes lineamientos para el mejoramiento continuo del desempeño ambiental del campus en el corto plazo (1-2 años), mediano plazo (2-5 años) y largo plazo (5-10 años). Además de los lineamientos propuestos a continuación, es necesario un avance progresivo en el diseño y evaluación de los indicadores de desempeño que permiten medir las fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas de los programas implementados. Los lineamientos para el corto plazo se exponen con un nivel de detalle un poco mayor a los de mediano y largo plazo, toda vez que estas propuestas dependen directamente de los avances logrados en el corto plazo y en la evolución del sistema bajo la lógica del mejoramiento continuo y el ciclo PHVA. La condición básica para los lineamientos de mediano y largo plazo es que puedan ser planeados, ejecutados y evaluados por los miembros de la comunidad académica a través de proyectos y grupos de investigación y extensión impulsados desde las directivas de la institución, en cumplimiento de los objetivos estratégicos del Plan Global de Desarrollo 2016-2018.

5.2 Lineamientos para el mejoramiento continuo en el corto plazo

- Se requieren intervenciones inmediatas sobre la plataforma física del sistema de recolección y manejo de residuos dentro del campus que favorezcan tanto la separación en la fuente como un flujo y almacenamiento óptimo de los residuos hasta los centros de acopio. Se recomienda una intervención sobre los puntos de recolección de residuos sólidos ordinarios y reciclables en las dependencias de todo el campus, con el objetivo de aumentar la proporción de residuos reaprovechables que puedan entrar a procesos de recuperación y reciclaje en las cadenas de suministro. Toda vez que la Universidad Nacional obtiene ingresos por la venta de dichos materiales, un aumento en la proporción de los mismos puede generar a su vez ingresos económicos más altos que permitan financiar otros programas necesarios para el mejoramiento continuo de los programas ambientales de la sede.

- Para la fijación de proyectos, políticas y programas de mejoramiento continuo en el mediano y largo plazo es necesario tener un nivel de control mayor sobre los indicadores de generación de residuos sólidos ordinarios y reciclables. Se recomienda la estructuración de un plan continuo de levantamiento de datos para estos tipos de residuos que representan el 60% de todos los residuos generados por la Ciudad Universitaria. Solo a través de un mayor conocimiento sobre las condiciones particulares que conducen a la generación de residuos es que se pueden plantear proyectos de mejora en el mediano y largo plazo.
- Es necesario seguir avanzando en la comunicación, educación, creación de conciencia e integración del grueso de la comunidad académica como parte activa y determinante de la carga ambiental ocasionada por las dinámicas de consumo asociadas a las actividades académicas, de investigación, extensión y bienestar universitario en la Ciudad Universitaria. Se recomienda un mayor esfuerzo por parte de las directivas para lograr que la comunidad académica se involucre de forma activa no solo en la gestión de residuos sólidos y peligrosos sino en todos los programas ambientales de sede. Para este fin es necesario continuar y potenciar las campañas de recolección de residuos de posconsumo, los Encuentros Ambientales de Sede, además de estructurar programas que permitan a los miembros de la universidad conocer cuál es el impacto ambiental negativo ocasionado por sus dinámicas de consumo y qué acciones pueden tomar desde su diario vivir dentro y fuera del campus para disminuir dicho impacto.
- La División de Logística tiene dificultades en la financiación que no corresponden ni a los objetivos misionales de la institución ni al interés manifestado por sus directivos por la mejora en el desempeño ambiental del campus. Los procesos administrativos y operativos asociados a la recolección, manejo y disposición de los residuos deben estar integrados bajo las mismas estructuras administrativas y operativas, con el fin de facilitar los procesos de intercambio de información, comunicación y alineación en los objetivos tácticos y de la operación.
- La Oficina de Gestión Ambiental se encuentra actualmente en el diseño, implementación y consolidación del Sistema de Gestión Ambiental para cumplir con los requisitos y lineamientos de la norma ISO 14001. Se recomienda avanzar en dicha consolidación del sistema extendiendo los lineamientos de las normas ISO a las condiciones particulares de una entidad educativa. Los modelos de

gestión ambiental “AISHE” y “Sustainable Campus”, entre otros, añaden consideraciones particulares a los lineamientos genéricos establecidos en las normas ISO. También se recomienda como objetivo de mediano plazo la certificación ISO 14001 en sistemas de gestión ambiental, pero es necesario que la institución siga avanzando por medio de la investigación, la integración, comunicación y extensión en modelos de gestión a la medida de las necesidades y particularidades de la comunidad universitaria y el campus.

5.3 Lineamientos para el mejoramiento continuo en el mediano plazo

- Actualizaciones en la flota vehicular y los centros de acopio que permitan minimizar las emisiones contaminantes en los procesos de transporte y acopio de los residuos generados en el campus. Deben preferirse alternativas de bajo o nulo consumo de combustibles fósiles y el rediseño de una red de logística verde que favorezca las nuevas condiciones del sistema. Existe un precedente importante a este respecto: el vehículo de residuos infecciosos utilizado por la División de Logística fue diseñado y construido a partir de la iniciativa de estudiantes y profesores de Diseño Industrial e Ingeniería Química y es el primero en el país en cumplir la normatividad vigente con respecto al transporte terrestre de residuos infecciosos. El vehículo entró en operación en 2015.
- Creación de proyectos de investigación, convocatorias de extensión e integración para estudiantes auxiliares de pregrado y posgrado a través de los mecanismos ya existentes para la promoción de la investigación y el trabajo interdisciplinar en la Academia.
- Análisis de ciclo de vida con datos actualizados para todo tipo de residuo. Los resultados de estos análisis deben ser socializados con la comunidad académica junto con propuestas para que el comportamiento individual y los patrones de consumo puedan ser modificados en pro de una disminución en la carga ambiental ocasionada por el campus.
- Creación de un banco de materiales reciclados para el uso libre por parte de los miembros de la comunidad académica. Se manifestó por parte de estudiantes de Artes Plásticas, Diseño Industrial y Diseño gráfico un excesivo consumo en materiales reciclables. El banco de materiales debe ser abierto pero riguroso en el

control de inventarios y flujos materiales. Ligado al banco de materiales propuesto debe ir un conjunto de estrategias educativas y de investigación que favorezcan la reutilización de dichos materiales dentro del campus. El banco de materiales puede conducir progresivamente al diseño e implementación de mecanismos para el reaprovechamiento de residuos sólidos sin necesidad de que salgan de los límites del campus.

- Políticas para la prohibición de materiales peligrosos o de difícil asimilación por parte de los ecosistemas. Creación y evaluación de instrumentos e incentivos económicos y materiales para modificar los patrones de consumo por parte de la comunidad académica.
- Creación de asignaturas y talleres interdisciplinarios e interfacultades enfocados en el conocimiento y solución de las problemáticas ambientales más acuciantes de la actualidad
- Implementación de un sistema de gestión de inventarios en los puntos críticos de generación de residuos químicos. Este sistema de gestión de inventarios puede ser diseñado e implementado por miembros de la comunidad académica, disminuyendo los costos asociados a la contratación e implementación por parte de terceros y aprovechando el alto potencial de la comunidad académica.
- Diseño e implementación de modelos de Logística inversa y verde hechos a medida del campus para la reducción de las emisiones contaminantes y la minimización del riesgo asociado al manejo de residuos sólidos y peligrosos en el campus.
- Evaluación con indicadores de la evolución del sistema bajo la lógica del ciclo PHVA dentro de los límites de la implementación actual del SGA de la Universidad Nacional de Colombia.

5.4 Lineamientos para el mejoramiento continuo en el largo plazo

- Gestión sistémica de los PGIR-UN a través de modelado, simulación y automatización de procesos. Creación y asignación de roles y tareas para que los miembros de la comunidad académica se involucren de forma más activa en los procesos asociados al manejo y disposición de residuos, desde los aspectos

operativos hasta cuestiones de tipo administrativo y de seguimiento al sistema. Se propone una gestión fuertemente centrada en la aplicación de la jerarquía de las alternativas de manejo viable de residuos sólidos, empezando por la reducción en la fuente y aprovechando el potencial que tiene la Universidad Nacional como centro de creación, transmisión de conocimiento, formación y transformación. Así mismo es necesario mejorar la oferta de alternativas organizacionales y de tipo físico para facilitar la recuperación, la reutilización y el reciclaje de materiales, buscando reducir progresivamente la cantidad de residuos incinerados o dispuestos en rellenos sanitarios, corrientes hídricas y la biosfera en general.

- Instalación de plantas de reciclaje internas en el campus con tecnología ambiental de punta diseñada por miembros de la comunidad académica y que permita gradualmente la satisfacción de las necesidades materiales del campus, en un proceso que tienda progresivamente a una economía de ciclo cerrado y a la reducción de los materiales que el campus y sus operaciones convierte en residuos. Esta propuesta se fundamenta en la propuesta de mediano plazo de creación de un banco de materiales libre y abierto a todos los miembros de la comunidad.
- Reformas en la estructura administrativa y académica de la Universidad que favorezcan la integración y la interdisciplinariedad para la solución de problemas sociales y ambientales complejos. Integración del componente ambiental en todos los programas curriculares de la Universidad Nacional.
- Extensión de los desarrollos generados en la Universidad Nacional a otros sectores de la sociedad, incluyendo otras universidades, empresas, entidades estatales y sin ánimo de lucro a través de estrategias transversales en la formación de profesionales y en una mayor integración con el sistema socioeconómico. La Universidad Nacional, siendo líder en investigación en el país, tiene la responsabilidad de volcar todos sus esfuerzos a buscar las mejores estrategias para desarrollar conocimiento que permita dar solución a problemáticas sociales y ambientales complejas de la actualidad.
- Evaluación con indicadores ecológicos y sociales de la evolución del sistema bajo la lógica del ciclo PHVA enmarcado en un Sistema de Gestión Ambiental consolidado y en proceso de mejoramiento continuo.

6. Conclusiones y recomendaciones

6.1 Conclusiones

Se realizó un análisis sistémico de los Programas de Gestión Integral de Residuos Peligrosos y No Peligrosos que integra análisis cualitativos y cuantitativos para la comprensión de los elementos característicos y propios que hacen del conjunto PGIR-UN de la Universidad Nacional de Colombia un sistema único, con particularidades, fortalezas y oportunidades que permiten plantear propuestas de mejoramiento continuo en la gestión de residuos y que pueden resultar en la disminución de la carga ambiental del campus y en una integración cada vez mayor entre los estamentos de la universidad. El grado de avance en las políticas ambientales de la institución es alto y esto a su vez permite plantear lineamientos ambiciosos.

La identificación del metabolismo del campus por medio de los análisis MFA y LCA está fuertemente influenciada por la definición de los límites del sistema, los objetivos y el alcance del análisis. Se realizó un estudio del tipo *gate to grave* que solo toma en cuenta las dinámicas de consumo, generación de residuos y la salida de los mismos. Para residuos sólidos ordinarios, infecciosos y biodegradables se incluyó una evaluación del impacto generado por dichas alternativas de manejo. En los otros casos, la información no fue suficiente, ya fuera por confidencialidad de los procesos o por incertidumbres generadas en las bases de datos de ciclo de vida por haber sido desarrolladas para condiciones socioeconómicas y tecnológicas muy diferentes a las del entorno colombiano.

Las propiedades emergentes más relevantes del sistema también fueron identificadas y a partir de las mismas se generaron los lineamientos de mejoramiento continuo expuestos en el capítulo 5 del presente trabajo. Es necesario resaltar que la determinación de las propiedades emergentes del sistema es un paso esencial para el análisis. El trabajo

desarrollado en esta tesis es un trabajo centrado en los nodos, pero más en las relaciones que dichos nodos establecen entre sí. De la misma manera, los lineamientos de mejoramiento continuo propuestos en el capítulo 5 se centran en los nodos, pero principalmente en las relaciones que estos establecen.

Como se mencionó, los lineamientos de corto plazo son los determinantes de cualquier alternativa que pueda ser planteada y ejecutada en el mediano y largo plazo. Esta es la lógica del ciclo PHVA y debe existir una continua retroalimentación, evaluación y adaptación del sistema a las condiciones cambiantes. Entre las intervenciones más urgentes se encuentran las actualizaciones en la plataforma tecnológica, desde las condiciones físicas de las canecas hasta los aspectos técnicos en la operación de los vehículos, las rutas, centros de acopio y sistemas para el control de inventarios.

6.2 Recomendaciones

El análisis MFA+LCA se ha usado recientemente para evaluar el desempeño ambiental de polígonos de servicio en diferentes países del mundo. Este enfoque conjunto permite identificar propiedades emergentes y relaciones que no podrían ser identificadas si se hiciera un uso independiente de las herramientas mencionadas. El presente trabajo propone, además, incluir elementos cualitativos, análisis espacial, análisis de redes y principios de la Teoría General de Sistemas dentro de un estudio integral del sistema, centrado en los nodos y en sus relaciones. Se recomienda el uso de metodologías conjuntas e interdisciplinarias en el desarrollo de trabajos similares al presente, dado que permite una comprensión profunda de las relaciones y el comportamiento en red de los sistemas de gestión de residuos sólidos y peligrosos.

La cuantificación de los flujos materiales y energéticos es esencial para la comprensión y el mejoramiento continuo de los sistemas de gestión de residuos sólidos y peligrosos. La Universidad Nacional de Colombia, por medio de la Oficina de Gestión Ambiental, ha adelantado un trabajo notable en la caracterización y cuantificación de dichos flujos. Sin embargo, aún existe incertidumbre en la toma de ciertos datos y las condiciones físicas y logísticas del sistema hace que un grupo de datos en particular presente dificultades considerables para la obtención y análisis. Dado que la disponibilidad y acceso a dichos datos es la condición sine qua non para la gestión integral de residuos, se recomienda a

la Universidad Nacional de Colombia fortalecer los procesos asociados a la obtención, análisis y divulgación de datos e información relevante a la operación del sistema. Debido a las restricciones por ausencia de datos, los límites del sistema y la incertidumbre en la metodología MFA+LCA, es pertinente usar los resultados del presente análisis de forma ilustrativa. Para la toma de decisiones y el mejoramiento continuo se recomienda la metodología MFA+LCA con alcance y límites del sistema definidos en función del ciclo PHVA.

La Universidad Nacional tiene un avance importante en la mayoría de sus procesos asociados a la gestión de residuos y esto permite generar lineamientos ambiciosos. La misión y la visión institucional incentivan las nuevas ideas para las mejoras en las condiciones del campus y de la comunidad académica. La recomendación es favorecer los proyectos interdisciplinarios y los trabajos aplicados al interior de la institución.

Quizás la propiedad emergente más relevante en todo el sistema es que el talento humano de la Universidad Nacional tiene un potencial muy alto para dar soluciones de alto impacto a las problemáticas ambientales y sociales de la actualidad. Sin embargo, este potencial se está perdiendo por una falta crónica de integración entre las partes que conforman el sistema analizado y la carencia de un enfoque interdisciplinario para la solución de problemas complejos. Se recomienda tomar todas las acciones posibles para garantizar que los PGIR-UN empiecen a operar como un sistema integrado y con objetivos comunes y bien definidos a través de la lógica del ciclo PHVA, aprovechando el potencial en generación de conocimiento que tiene la Universidad Nacional. Parte de dichas acciones están propuestas como lineamientos de gestión en el presente documento. La Universidad Nacional es una institución dedicada a la generación y transmisión de conocimiento. Esta es una ventaja con la que muy pocas organizaciones cuentan y si la institución sabe sacar provecho de ella, se pueden obtener resultados significativos y de alto impacto para la sociedad en el mediano y largo plazo.

A. Anexo: Encuesta de percepción de la comunidad académica sobre la generación, manejo y disposición de residuos sólidos y peligrosos en la Universidad Nacional - Sede Bogotá

1. Información demográfica:	
a. ¿Cuál es su rol en la comunidad universitaria?	
b. Facultad o dependencia	
c. Género	
e. Edad	
2. Hábitos de consumo en el campus	
a. En promedio, ¿cuánto tiempo pasa usted en el campus en una semana?	
b. ¿Compra usted alimentos, bebidas u otros artículos para consumir dentro del campus?	
c. Si la respuesta a la anterior pregunta es afirmativa... ¿Con qué frecuencia compra usted artículos de consumo dentro del campus?	
d. En promedio, ¿cuánto tiempo pasa desde la adquisición del artículo de consumo hasta la disposición final de los residuos (empaques, envases y otros elementos)?	
e. ¿Ha notado que en el desarrollo de las actividades propias de su rol en la comunidad universitaria se generan residuos infecciosos o peligrosos?	
f. Si la respuesta anterior es afirmativa, especifique cuáles son las actividades generadoras de residuos infecciosos o peligrosos (asignaturas, trabajo en laboratorios, etc...)	
g. ¿Usted fuma?	
h. Si la respuesta anterior es afirmativa, ¿qué hace usted con las colillas de cigarrillo?	

3. Percepciones y actitudes frente a residuos sólidos y peligrosos	
a.	¿Separa los residuos por tipo en los puntos de recolección del campus?
b.	¿Separa los residuos por tipo en su casa?
c.	¿Hace usted uso de los puntos de recolección de residuos de posconsumo ubicados en el campus?
d.	¿Conoce usted alguna de las estrategias para el manejo ambientalmente viable de los residuos en el campus?
e.	Si la respuesta anterior es afirmativa, por favor mencione las estrategias que usted conoce
f.	¿Considera que desde la Academia se pueden plantear soluciones viables a las problemáticas ambientales?
g.	Si su respuesta es afirmativa, por favor explique
h.	Desde su experiencia, ¿considera que la Universidad Nacional favorece o estimula la solución de problemas ambientales desde la Academia?
i.	Desde su diario vivir en el campus o desde sus conocimientos... ¿Tiene usted alguna propuesta adicional que permita facilitar la prevención, reducción y uso ambientalmente viable de los residuos generados en el campus universitario?

ESCALA DE LICKERT

PREGUNTA		1	2	3	4	5
i.	Hay canecas y puntos de recolección de residuos sólidos suficientes en el campus					
ii.	Es fácil encontrar un punto ecológico (que permite la separación en la fuente) dentro del campus					
iii.	Las personas que transitan el campus disponen adecuadamente sus residuos y separando en la fuente					
iv.	Las canecas y puntos ecológicos están debidamente señalizados y se encuentran en buenas condiciones físicas					
v.	La venta de artículos de consumo dentro del campus influye en la generación de residuos en el campus					
vi.	Es notorio el esfuerzo de la administración de la Universidad Nacional para reducir y mejorar el manejo de residuos en el campus					

PREGUNTA	1	2	3	4	5
vii. La administración de la Universidad Nacional comunica y capacita a los miembros de la comunidad académica sobre cómo separar y tratar residuos adecuadamente					
viii. La integración entre facultades y disciplinas es necesaria para la solución de problemáticas ambientales y sociales					
ix. Participaría en proyectos de investigación interdisciplinar e interfacultades para trabajar y solucionar problemas ambientales					
x. Modificaría mis patrones de consumo dentro de la Universidad si existieran alternativas de menor impacto ambiental					

B. Anexo: Transcripción de entrevistas a funcionarios de la OGA y la División de Logística

Entrevista a Edna Florián. Encargada de la implementación y control de los 10 programas ambientales de la Oficina de Gestión Ambiental de la Sede Bogotá. Florian, E. (10 de Noviembre de 2016). Procesos administrativos OGA-UN. (J. Lizarazo, Entrevistador). Entrevistador designado por “J” y entrevistada designada por “E”.

J: Te voy a hacer una entrevista corta y muy puntual sobre la generación de residuos sólidos y peligrosos aquí en la universidad y como la OGA maneja esta problemática, entonces pues quisiera

E: No es un problema, la basura no es un problema

J: Es una oportunidad...

H: Usted vea a los noruegos y verá que ellos están es generando plata con esta vaina

J: Sí, eso es. Bueno, quisiera muy generalmente que me digas cuáles son sus tareas aquí en la oficina, qué es lo que haces tú en tu cargo

E: Yo trabajo en la oga, mi obligación principal es facilitar el tema de la implementación de los programas ambientales, nosotros manejamos diez programas ambientales, programa de residuos peligrosos, no peligrosos, calidad del aire, agua, energía, bueno, demás... La idea de estos programas ambientales es que su formulación se hace a partir de la intención de dar cumplimiento a la norma darle cumplimiento a la política ambiental y de mitigar todos los impactos que tenemos por las tareas academicoadministrativas.

J: Con respecto a PGIRS que es lo que tu haces puntualmente desde tu cargo

E: Nosotros lo que hacemos aquí en la OGA es programar o hacer digamos la planeación inicial con respecto a las necesidades que tengamos, de dónde salen estas necesidades? Digamos de la identificación de aspectos ambientales, de las necesidades que se presentan en el año en el transcurso del año se formula el programa con la idea de tener y darle la adecuada gestión a residuos peligrosos y no peligrosos. Qué pretendemos con esos programas? Dar cumplimiento a la norma como te digo e intentar que todo digamos cumpla y que pues mitigemos al máximo todos los impactos que generamos aquí en la universidad con el tema de los residuos

J: Desde tu cargo y tu conocimiento cual consideras que es la fortaleza o las fortalezas del PGIRS

E: Yo pensaría que en este momento el hecho de que la universidad haga una inversión en el tema de reaprovechamiento de residuos nosotros generamos mas o menos 1050 toneladas anuales de las cuales 900 son residuos no peligrosos y el 58% de los residuos que nosotros generamos en total se están reaprovechando, es decir los que más generamos que son residuos reciclables y residuos biodegradables se están reaprovechando los primeros van a la planta de compostaje y los otros obviamente entran al proceso de reciclaje. Lo importante es que la universidad hace enormes esfuerzos por garantizar la separación, por mantener planta de compostaje, digamos que ese es un filtro importante y digamos que hemos logrado a través de los años manejar adecuadamente los residuos peligrosos, claro obviamente seguimos teniendo algunos... pues se dan algunas inconsistencias pero lo que si es importante es que nosotros garantizamos que los residuos peligrosos y no peligrosos se están manejando adecuadamente según la norma. Por ejemplo los residuos peligrosos trabaja con gestores que tienen licencia ambiental, se hace las recolecciones las rutas digamos que ese es un trabajo que lleva muchos años, ese es el programa en el que empezó gestión ambiental y por eso su avance y las cosas han tenido un buen logro. Y en este momento por ejemplo 2015-2016 se ha hecho el tema de control de las obras, los residuos que manejan las obras porque antes era muy usual por ejemplo que las obras los contratistas iniciaran obras y dejaran todos los residuos los insumos incluso maquinaria botada en el campus universitario y terminábamos pues siendo el centro de acopio de muchísimos contratistas, entonces digamos que ese también es otro punto a favor de la gestión de residuos

J: Y las oportunidades que tú ves en este momento...

E: Mira, yo creo que la universidad es una universidad que tiene muchísimos grupos de investigación, si tú me preguntas, a mí en este momento me parece importantísimo y creo que es digamos una propuesta que haríamos para el próximo año el tema de que los grupos de investigación empiecen a mirar cómo podemos hacer reaprovechamiento de otros residuos, es decir nosotros generamos mucho tetrapack, muchas botellas plásticas, muchas cosas, no botellas plásticas digamos otro tipo de materiales que no están siendo reaprovechados por la industria pero que nosotros podríamos a través de una investigación garantizar un proceso que nos permita reaprovecharlo. Por ejemplo el tetrapack lo estaban utilizando no hace mucho tiempo para el tema de hacer estanterías y hacer mobiliario pero la empresa no fue muy exitosa y pues quebró pero a mí me parece importante que se empezara a destacar ese tipo de procesos que se hicieran investigaciones para optimizar el proceso y garantizar que de alguna forma se reaproveche el residuo porque son muchos. Nosotros estamos generando ahorita más o menos unas 300 toneladas, mentiras perdón, sí como unas 300 toneladas anuales de residuos ordinarios y dentro de esos residuos hay muchísimos que tendrían alguna aplicación no tan solo en el tema de la universidad sino también industrial y aquí hay muchos profesores e investigaciones que trabajan en eso, el aprovechamiento de residuos.Cuál sería la intención y el potencial, creo yo que con residuos que tenemos en la universidad buscar la forma de reaprovecharlos o de proporcionarle tal vez al país una solución para el manejo de todo tipo de residuos

J: Sí, claro. Y cómo ves ese aspecto de la integración en este momento con los grupos de investigación, los estudiantes, los profes

E: Mira, nosotros hemos trabajado desde el 2014 con una idea y que nos ha funcionado muy bien es el tema de que la oga no trabaje sola. Nosotros hemos buscado alianzas con, digamos cada programa que nosotros manejamos intentamos buscar expertos en el tema en el campus porque aquí, por ejemplo, calidad del aire, nosotros buscamos al profesor Nestor Rojas que es experto en el tema de calidad del aire diciéndole que nos ayudara porque él tiene todo el conocimiento en el tema y eso es una cosa un potencial que nosotros tenemos que no tiene cualquier otra empresa entonces eso estamos haciendo, la oga desde mediados del 2014 cuando cambio digamos el tema administrativo y se fortaleció a través de la generación del acuerdo 164 planteó replanteó

nuevamente la forma de administrar y eso ha sido, nosotros hemos intentado por ejemplo en el tema de plagas hemos contactado profesores que saben mucho del tema de control de plagas y esa es básicamente la idea, poder potenciar todas las relaciones. Hemos tenido ya dos encuentros ambientales con la idea de traer esos grupos de investigación que trabajan en temas ambientales y poder hacer enlaces entonces cuando exista o haya una necesidad que podamos plantearles a ellos el apoyo, y ha estado funcionando. Claro que no hemos logrado llegar a todos los puntos que quisiéramos pero gradualmente vamos incluyendo procesos con este tema y nos ha funcionado muy bien.

J: Y desde vicerrectoría de sede y los estamentos superiores sí se ve reflejado ese apoyo digamos en recursos o en la infraestructura que ellos les den?

E: Es importante resaltar lo siguiente. La universidad es una universidad pública que obviamente tiene recursos limitados y pues todos quisiéramos que todos tuviéramos recursos digamos los recursos disponibles para poder hacerlo pero pues la universidad no cuenta con ese tipo de recursos pero es importante resaltar que las directivas han cambiado su percepción del tema de gestión ambiental y ellos han digamos de alguna forma gestionado la consecución de recursos, cuando existe una necesidad pues intentan priorizarlo. Algunas veces no logramos que sea el 100% de la cobertura o a veces no logramos que los proyectos sean apoyados al 100% pero claro las directivas hacen un esfuerzo enorme por apoyarnos. Qué creíamos? Claro hace falta un poquito más de conciencia por parte de ellos para que esos proyectos que se manejen con nosotros tengan una mayor asignación de recursos pero digamos una cosa para ir logrando. Logramos un proyecto de inversión para el trienio pasado, ahora logramos otro proyecto de inversión para este trienio y pues la universidad sigue reconociendo el tema de gestión ambiental como una cosa importante pero en eso estamos, esta también es una labor de la oga es darle reconocimiento al tema ambiental y no solo visualizarlo a las directivas sino también a toda la comunidad universitaria el hecho de que nosotros evidenciamos que el tema ambiental es una cosa importante va a ser que no solo en el tema económico sino también en temas de conocimiento en temas de aporte... el apoyar un evento sea algo importante.

J: Perfecto. Y ya para terminar y cambiando un poquito el tema, pues, la base de datos que tiene el sistema sobre los residuos sólidos y peligrosos, quería preguntarte cómo fue

el proceso de recolección de los datos porque es una base bastante completa, bastante robusta, quisiera saber un poco cómo se da esa recolección

E: Mira, yo llevo trabajando en la oga 8 años, inicié siendo una estudiante que apoyaba un proceso de residuos químicos y desde acá los entes regulatorios nos han pedido información al respecto de las cantidades, cuánto generamos, ese es un indicador importante. Digamos que desde ese entonces se ha intentado a través de proyectos de inversión comprar basculas, empezamos a hacer la medición del tema pero en un momento eso sí nos generó la duda, dijimos bueno, estamos recolectando mucha información pero mucha información en físico, a veces el tema de manejar un Excel es complicado, entonces digamos que me di a la tarea de manejar Access y monté una base de datos que fuera lo suficientemente robusta y que nos permitiera tener datos por ejemplo si un laboratorio nos pregunta cuánto genero yo de residuos pues nosotros pudiéramos darles la respuesta. En este momento hemos llegado al tema de parcializar todos los residuos a excepción de los residuos reciclables y ordinarios. Son los únicos en los que no tenemos información punto por punto de la recolección porque es muy complejo, pero el resto digamos que toda la comunidad universitaria tenemos la posibilidad de decir cuánto genera cada punto, cada laboratorio, cada instituto y eso digamos que desde el punto de vista de gestión de residuos es importante

J: Es bastante importante. Y lo último que te voy a preguntar es si desde acá desde la oficina con esos datos hasta qué alcance tiene ustedes cómo lo utilizan como herramienta de gestión

E: Mira, nosotros tenemos unos indicadores que son los indicadores de desempeño ambiental que tenemos que socializar y siempre están estandarizados a nivel nacional, es decir todas las sedes reportan el mismo indicador. Qué nos permite esto, pues evaluar año tras año cómo vamos en la gestión si aumentamos o redujimos. Cada residuo si aumenta o disminuye tiene una justificación entonces eso también nos permite plantearnos metas. Digamos el tema de gestión de residuos nosotros planteamos la meta de lograr que todas las personas gestionaran adecuadamente sus residuos y aumentamos el porcentaje entonces digamos que es una forma de evaluar si estamos mejorando por lo menos si estamos recolectando los residuos o de alguna forma ya empezamos a ver que la gente es un poco más responsable porque dejó de verterlos por la cañería para poderlos disponer a través de nosotros. Eso en el tipo de indicadores que

manejamos. Claro, los tenemos que optimizar, nosotros ahorita estamos realizando la medición de impactos ambientales y ese proyecto tiene como objetivo generar otro tipo de indicadores que sean más aterrizados al tema de la sede porque hasta ahora en este momento la gestión de residuos solo maneja tres indicadores de desempeño. Queremos ampliarlos con la idea de que esos indicadores nos den más información y que nos permitan ahí sí establecer un poco temas y metas más aterrizadas en la gestión de residuos aquí en la universidad.

J: Tú cómo ves la integración de esta oga con las otras sedes que tiene la universidad en el país. Sí existe integración si hay un dialogo entre uds

E: Sí mira, la figura del tema de gestión ambiental no funciona como la mayoría de las oficinas que tienen una oficina del nivel nacional. Nosotros tenemos un comité técnico nacional, que está conformado por todos los jefes de oficina de todas las sedes. Qué permite esto? Que las decisiones que se toman no son de una persona jefe de una oficina que tenía un grupo de trabajo y tomó unas decisiones para que todo el mundo las aplique. No, son todos los jefes que plantean sus necesidades y toman una decisión en conjunto. Claro es un desgaste un poco administrativo pero eso hace que toda la integración, digamos todos estemos hablando el mismo idioma. El tema por ejemplo del código de colores de la universidad, nosotros cumplimos con el tema del código de colores y con el tema de la norma pero digamos la caneca azul fue una iniciativa del comité y todos en todas las sedes manejamos la caneca azul. Claro, a veces integrarnos es difícil porque las sedes por su tamaño, la cantidad de personas y la cantidad de programas que maneja son más complejas unas que otras, pero creo que el tema de gestión ambiental ha sido un buen ejercicio el que el comité o el que emite las decisiones sea un ente en el que todos participan.

J: Listo, perfecto Edna. Muchísimas gracias, eso era todo y te agradezco tu ayuda

Entrevista a Herminso Bustos. Encargado de la implementación y control del Sistema de Gestión Ambiental de la Sede Bogotá.

Bustos, H. (10 de Noviembre de 2016). Procesos administrativos OGA-UN. (J. Lizarazo, Entrevistador). Entrevistador designado por "J" y entrevistado designado por "H".

J: Buenos días Herminso, mi nombre es Jerson Lizarazo y el objetivo de esta entrevista es conocer desde adentro los procesos administrativos asociados a la gestión de residuos sólidos y peligrosos aquí en la universidad, entonces primero quisiera que sumercé me describa su cargo, sus funciones aquí

H: bueno yo estoy trabajando desde marzo de este año estoy contratado con una ODS, actualmente mi función es hacer el diagnostico análisis del estado actual del SGA de la sede Bogotá y pues de plantear la línea base y definir cuáles son las necesidades para dar cumplimiento a los seis capítulos de la norma

J: De la norma... pues como ud ha estado trabajando en este daignostico así, preliminarmente, qué cosas usted ha encontrado que deban atacarse al principio, cuáles son como las debilidades más fuertes y bueno también fortalezas que tiene el sga en este momento, desde lo que ud ha podido ver

H: Cuando yo llegue en abril había muchas cosas que... osea, el sistema estaba funcionando y dándole cumplimiento a algunas cosas de requerimiento legal ya como para darle forma a un sga tocaba definir funciones y responsabilidades, la matriz de comunicaciones, implementar un programa de auditoria, hacer una planificación más detallada de las actividades o el plan de trabajo a desarrollar. Desde este momento hasta ahora afortunadamente se ha adelantado enormemente y se sigue trabajando en eso.

J: Perfecto. Y este proceso de conformación del sistema como tal sigue alguna metodología sigue lo que dice ISO o se hace de forma autónoma

H: El estándar que se tiene de referencia es el ISO14001 versión 2015

J: Y se está buscando desde la universidad la certificación ISO o se hace solo de forma paralela

H: Se tienen los dos objetivos. Primero implementar un SGA que sea práctico y que responda a las necesidades de la Universidad Nacional sede bogota pero a futuro se tiene planificado... se busca la certificación

J: Pues en todo este proceso y desde su trabajo usted considera que sí existe un interés real desde la rectoría y la admin de la universidad para solucionar el problema de los

residuos solidos o es mas bien algo por cumplir normatividad o ud como lo ve en este aspecto

H: En este mo, entp la universidad esta haciendo muchos planes de mejoramiento y en ese orden de ideas se han dispuesto recursos, está la voluntad en cabeza de nuestro jefe de la oficina el ingeniero Javier Rosero, se tiene una visión de trabajar como sistema de gestión entonces yo pienso que se han definido los recursos económicos y la parte logística entonces pienso que se está avanzando

J: Perfecto. Con el tema de los indicadores pues porque esta gestión requiere el uso de indicadores usted como... cuál es la situación, son los indicadores adecuados o se están planteando nuevos, cómo es todo este proceso por el lado de los indicadores

H: Tú no has trabajado con Liven? Liven está trabajando toda la parte de indicadores, acutalmnete el está haciendo la evaluación de los impactos ambientales de acá de la universidad, entonces son unos indicadores acorde a los aspectos ambientales definidos en la matriz de aspectos ambientales

J: Y ya por ultimo, desde su experiencia aquí en la universidad y también en otros trabajos, y pues conociendo el sistema... usted que propuestas podría tener para mejorarlo desde su posición y desde su experiencia profesional

H: Fortalecer los procesos de comunicación, sensibilización a toda la comunidad en todos los niveles para cambiar la cultura que nosotros tenemos, sí? Crear conciencia en como afecta nuestras acciones la gestión ambiental de la universidad. Si logramos cambiar esa visión, porque asi como nos portamos en nuestro hogar el comportamiento es diferente a como se comporta uno en la universidad, si nosotros tuviéramos ese mismo comportamiento aquí en la universidad las cosas mejorarían

J: Y desde acá desde la oga se está haciendo algo para involucrar digamos a los estudiantes a los profes

H: Todo eso es parte de nuestro plan de trabajo del trienio y se tiene el programa de formación ambiental que le está apuntando a eso, a gestionar capacitación y formación en todos los niveles

J: Hay algún sitio donde yo pueda buscar documentación sobre este programa?

H: No, esto le toca hablarlo más con Edna porque, como le digo, la planeación para el trienio y hay cosas que se van desarrollando de acuerdo al nivel de necesidades o al nivel de criticidad de los aspectos, entonces si se espera que ese programa de formación ya esté disponible por ahí el otro año

J: Perfecto Herminso, muchísimas gracias y le agradezco su colaboración en el proyecto

Entrevista a Zulma Garzón. Jefa de la División de Logística de la sede Bogotá.

Garzón, Z. (10 de Noviembre de 2016). Procesos operativos División de Logística. (J. Lizarazo, Entrevistador). Entrevistador designado por “J” y entrevistada designada por “Z”.

J: Bueno buenas tardes, señora zulma garzon jefe de la div log unal quiero hacerte algunas preguntas sobre el pgirs de la universidad pues teniendo en cuenta que tu tienes a cargo bastantes procesos asociados entonces, primero quisiera que, de forma muy general, describas cuáles son las actividades que tú tienes aquí a cargo en la div log

Z: bueno, mediante acuerdo 045 de 2015 la divlog asumió la operación ambiental de la sede bogota de acuerdo a los lineamientos, las políticas, los protocolos establecidos por oga. Actualmente manejamos todos los residuos tanto peligrosos como no peligrosos de la sede bogota. Dentro de los peligrosos pues todo el tema de residuos infecciosos, los residuos de posconsumo, en residuos no peligrosos todo lo que es ordinarios, reciclaje, los residuos biodegradables que se generan en las cafeterías. Tenemos también... manejamos toda la recolección y el acopio temporal de los residuos dentro del campus universitario, así como la operación y las actividades para disponerlos con el gestor que autorice la oga. Contamos con cinco centros de acopio. El primer centro de acopio de residuos infecciosos, el otro es el centro de acopio de residuos químicos, que también entran en los residuos peligrosos, está el centro de acopio de residuos ordinarios y reciclaje, el centro de acopio de posconsumo, está todo el tema de RAEE, pilas y demás, luminarias y por último el centro de acopio de residuos biodegradables que es la planta de compostaje. A la planta de compostaje no solo van los residuos generados en cafeterías sino todo lo que se poda en cuanto a los prados de la universidad, está todo el tema del estiércol que se genera en la facultad de medicina veterinaria y zootecnia y las camas sanas también de la facultad de medicina veterinaria y zootecnia. A grandes

rasgos tenemos que coordinar no solo la programación de las rutas de recolección sino todo el embalaje, la administración, la operación, toda la coordinación de cargue de todos los residuos para disponerlos de manera correcta como lo indican los protocolos de la oga. Eso en cuanto a gestión de residuos.

J: Vale, perfecto. Con respecto justamente hacia las rutas y la parte ya logística y operativa de la cuestión, desde aquí desde la oficina se hacen los ruteos, cada cuanto se hacen, cómo se maneja todo este proceso

Z: Bueno, los días lunes y miércoles tenemos ruta de residuos químicos. Todos los días, lunes, martes jueves y viernes hacemos recolección de residuos infecciosos, todos los días se hace recolección de residuos biodegradables, martes también se hace ruta de residuos posconsumo y la ruta de residuos ordinarios y reciclables son todos los días, de lunes a sábado

J: De lunes a sábado se hace todos los días... Y, yendo más hacia el proceso como tal del ruteo, existe un protocolo ya definido o se hace iterativo este proceso de rutear y ver en qué puntos tengo que recoger qué cosas

Z: Sí, ya existen, en el caso de los residuos infecciosos ya hay una planilla levantada donde los operarios saben a donde deben llegar la ruta de residuos biodegradables. En el tema de infecciosos también ellos tienen una ruta que por qué laboratorios deben pasar y teniendo en cuenta pues las frecuencias, teniendo en cuenta la cantidad de residuos que generan, también hay una programación para que ellos pasen. En el tema de químicos sí varía, porque no todos los días estoy generando residuos químicos porque depende de las labores académicas que se realicen en los diferentes laboratorios que generan residuos químicos, entonces esa sí se hace de acuerdo con las solicitudes que lleguen a div log mediante correo electrónico. Los lunes recogemos solo equipos y el miércoles recogemos residuos químicos como tal directamente, porque esa es aparte porque hablamos de químicos de neveras contaminadas equipos contaminados entonces se requiere una disposición diferente, cargarlos cuesta más entonces demanda más mano de obra más tiempo, entonces se organiza para que los lunes sean los residuos de equipos y los miércoles sean los de residuos químicos.

J: Mmm perfecto. Y como tú tienes acá pues la visual muy bien de todo el proceso y desde tu experiencia qué fortalezas tu ves que tiene todo el proceso de recolección, manejo, acopio de los residuos solidos y peligrosos

Z: Pues en este momento una fortaleza es digamos que ya tenemos muy bien organizado en qué momento se hacen las rutas, así mismo estamos en capacidad de dar respuesta en caso de que se requiera una recolección extra que por alguna tarea puntual que aparezca en la sede Bogotá no hay ningún problema, siempre estamos como listos para poder reaccionar rápidamente

J: Y con respecto a oportunidades para mejorar que tú veas...

Z: Sí se requiere urgentemente una adecuación de infraestructura frente a todos los centros de acopio, una intervención digamos un poco mayor de lo que hasta la fecha han tenido los centros de acopio, porque la universidad ha crecido en sus actividades en sus programas y pues cada vez la capacidad de comunidad flotante es mucho mas alta, entonces pues todo eso también genera impacto en la recolección de los residuos. Entonces esa sería una y dos digamos el tema de contar como con recursos para actualización de la maquinaria y de los equipos que se requieren tanto para la recolección como para el embalaje que se hace en todos los centros de acopio.

J: Y pues claramente estos procesos implican de alguna forma conectarte con proveedores externos, quienes... o por lo menos con los residuos peligrosos, cómo se hace esto?

Z: No, los gestores que realizan la recolección de los centros de acopio y que los disponen digamos finalmente y nos entregan los certificados son gestores que aprueba la oga. Todo se aprueba desde la oga, yo solamente... a mí me dan un contacto dependiendo el gestor que corresponda para cada residuo y simplemente yo hago la operación de acuerdo a los protocolos que existen y obviamente en coordinación pues con la persona que me agenden en la empresa, entonces hay un gerente de operaciones, un jefe de comercial entonces con ellos se coordina necesito tantos carros necesito esto ya todo está listo para que recojan a qué hora puede llegar el cargue porque al interior de la universidad también debo diligenciar unos formatos para salida de los residuos que también deben ir avalados por división de vigilancia

J: Ok y todo eso hace parte de lo que se diga en la oga. Una pregunta con respecto a residuos sólidos ordinarios, porque desde la oga me dicen que no hay datos puntuales de generación por tipo de residuo y por edificio pues para RSO. Cómo se hace entonces el proceso para la ruta y determinar las capacidades

Z: No. En el caso de los RSO todos los días se recoge. La oga ubicó en diferentes puntos estratégicos de la universidad unos contenedores verde con azul, entonces el personal de aseo osaca todas las bolsas de RSO y los ubica en los contenedores disponibles y lo que se hace en la ruta que se hace todos los días de lunes a sábado es pasar por esos contenedores y recoger la basura, por eso no hay unos datos precisos de cuanto me generó odontología cuanto me genera que facultad porque a ese punto llegan todos

J: Está todo en estos puntos de paso en estos puntos de tránsito si los podemos llamar. Cambiando un poquito el tema, quisiera saber desde tu cargo tú cómo ves la intención que tiene la universidad para tratar esta problemática de los residuos sólidos con respecto a que te den recursos te den presupuesto que se note

Z: Actualmente la oga pues si tiene su proyecto de inversión aprobado es... porque ellos sí tienen un proyecto de inversión y sé que están adelantando como todo el diseño para los centros de acopio que se van a realizar en la universidad. Claro, es un proyecto que no es a corto plazo puede ser yo creería que a mediano plazo pero sí es un asunto que se tiene contemplado digamos dentro de la sede bogota

J: desde la sede Bogotá... y digamos ya desde tu experiencia, toda tu experiencia profesional pues tú conoces muy bien el proceso, quisiera saber qué propuestas o si tienes alternativas que tal vez tu hayas pensado pero que no se hayan podido llevar a la práctica para mejorar el proceso como tal

Z: Poder contar con... mmm... a veces hay que aumentar la frecuencia de residuos biodegradables y el vehiculo que tengo para el tema de químicos y biodegradables prácticamente es el mismo entonces obviamente me toca turnar los equipos para poder hacer la recolección correcta. Lo otro es la inversión en la planta de compostaje para continuar con el manejo y la disposición de residuos biodegradables para la producción del abono

J: Listo perfecto Zulma muchísimas gracias por tu tiempo y por tu colaboración

C. Anexo: Cuestionario

CUESTIONARIO DE PERCEPCIÓN SOBRE EL MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS Y PELIGROSOS EN LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA – SEDE BOGOTÁ

Responsable: Jerson Stiven Lizarazo. Candidato a Magister en Medio Ambiente y Desarrollo
(jslizarazol@unal.edu.co)

El presente cuestionario tiene como objetivo identificar aspectos clave en los procesos administrativos y operativos relacionados con el manejo de residuos sólidos y peligrosos en la Ciudad Universitaria. Por favor conteste las siguientes preguntas en el anverso de este formato.

Datos del participante

Nombre: _____

Dependencia en la que trabaja: _____

Cargo: _____

Edad: _____

Profesión: _____

Preguntas movilizadoras

1. Mencione los procesos y tareas a su cargo que contribuyen al funcionamiento del Programa de Gestión Integral de Residuos Sólidos y Peligrosos (PGIRS) de la Sede Bogotá
2. Desde su cargo, ¿qué aspectos del PGIRS pueden mejorarse en el corto y mediano plazo? ¿Qué aspectos considera que deben mantenerse?

3. Desde su experiencia, ¿qué condiciones pueden mejorarse para la reducción y prevención en la generación de residuos sólidos y peligrosos por parte de la comunidad universitaria?
4. ¿Compra usted artículos con empaques desechables en el campus de la Universidad? ¿Cuánto tiempo en promedio estima que hay entre su uso y la disposición final en canecas?
5. Según su percepción, ¿qué tan fácil es encontrar una caneca de basura en el campus? ¿y un punto ecológico de separación en la fuente?
6. ¿Tiene usted conocimiento de algún programa o proyecto (dentro o fuera de su dependencia) que facilite la participación e integración de estudiantes y profesores en la gestión ambiental de la Universidad y en el PGIRS?

Respuestas al cuestionario

Datos del participante 1

Nombre: Zulma Y. Garzón

Dependencia en la que trabaja: División de Logística

Cargo: Jefe

Edad: 37

Profesión: Contadora Pública

1. La responsabilidad de la operación del Sistema de Gestión Ambiental, relacionados con el manejo integral del residuo
2. Mayor inversión en infraestructura
3. Capacitación y sensibilización en la comunidad universitaria
4. Sí – Diario
5. Hay falencias en el número de canecas disponibles
6. No conozco

Datos del participante 2

Nombre: Gloria Azucena Sánchez Africano

Dependencia en la que trabaja: División de Logística

Cargo: Secretaria

Edad: 56

Profesión: Administradora de empresas

1. Recibir y radicar las solicitudes de recolección de residuos y de acuerdo a las directrices de la jefatura entregar a cada funcionario para que proceda y se lleve a cabo la operación. Hacer solicitud a Aguas Bogotá para que recojan residuos mixtos, maderables u otros.
2. La División de Logística conoce cuáles son las tareas a realizar pero no hay presupuesto para tener mejores instalaciones. Implementar tecnología y realizar eficientemente la operación.
3. Concientizar a toda la comunidad mediante información de la importancia de reciclar todo tipo de residuos y dar a conocer su manejo (hay mucho desconocimiento, me incluyo).
4. Sí compro artículos con empaques. Se consume y se bota.
5. He visto algunas canecas más este año, pero en algunos sitios tanto interior como exterior faltan.
6. No tengo conocimiento.

Datos del participante 3

Nombre: Fabiola Diago De La Cruz

Dependencia en la que trabaja: División de Logística

Cargo: Auxiliar administrativa

Edad:

Profesión:

1. Recolecta y entrega al centro de acopio de productos de aseo vencidos y de recipientes rotos (ceras, hipoclorito, varsol, jabones y demás productos de aseo). Recolección y entrega al centro de acopio de cartón, plástico, papel de embalaje de los productos.
2. Capacitación. Divulgación y sensibilización a toda la comunidad universitaria.
3. NS/NR
4. Sí, es necesario, todos los productos comestibles vienen en empaque
5. No hay suficientes. En algunos sectores no hay y en otros están muy seguidas
6. No.

Datos del participante 4

Nombre: Herminso Bustos Z.

Dependencia en la que trabaja: Oficina de Gestión Ambiental

Cargo: Profesional

Edad: 32

Profesión: Ingeniero Químico

1. Capacitaciones a personal (clientes internos y externos)
2. Cobertura y sensibilización a personal operativo y estudiantes. En el centro de acopio, ajustar en el mediano plazo para garantizar cumplimiento legal. Puntos ecológicos, falta de formación.
3. Mejorar divulgación, formación y capacitación de las partes interesadas.
4. No
5. Puntos ecológicos (segregación) hay en todas las unidades administrativas. Canecas de basura hay en Ing y en la Plaza Che. No hay segregación
6. Los Programas de Gestión Integral de Residuos desde la OGA. Existen grupos de estudiantes interesados en trabajar en temas ambientales. Ecolectivo 2030.

D. Anexo: Listado de grupos de investigación de la UNAL relacionados con residuos y otras cuestiones ambientales

Grupos de investigación relacionados con residuos

Bioproductos

Facultad de Ciencias Exactas y Naturales | Sede Manizales

Giro gestion integrada de residuos orgánicos

Facultad de Ciencias - Medellín | Sede Medellín

Grupo de investigación en física aplicada. gifa

Facultad de Ingeniería y Administración - Palmira | Sede Palmira

Grupo de investigación en aprovechamiento de residuos

Facultad de Ingeniería y Arquitectura - Manizales | Sede Manizales

Grupo de investigación en síntesis, reactividad y transformación de compuestos orgánicos, sirtycor

Facultad de Ciencias - Medellín | Sede Medellín

Mecanismos de desarrollo limpio y gestión energética

Facultad de Ingeniería Bogotá | Sede Bogotá

Microbiología agrícola

Instituto de Biotecnología Bogotá | Sede Bogotá

Procesos químicos catalíticos y biotecnológicos

Facultad de Ingeniería y Arquitectura - Manizales | Sede Manizales

Química de los productos naturales y los alimentos

Facultad de Ciencias - Medellín | Sede Medellín

Resiliencia y saneamiento resa

Facultad de Ingeniería Bogotá | Sede Bogotá

Grupos de investigación ambientales**Agricultura ambiente y sociedad**

Facultad de Ciencias Agrarias Bogotá | Sede Bogotá

Aprendizaje y comportamiento animal

Facultad de Ciencias Humanas Bogotá | Sede Bogotá

Argos

Facultad de Ciencias Bogotá | Sede Bogotá

Agricultura de precisión y plant factory (apf)

Facultad de Ciencias - Medellín | Sede Medellín

Arquitectura medio ambiente y sostenibilidad

Facultad de Ingeniería y Arquitectura - Manizales | Sede Manizales

Biodiversidad y acuicultura

Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia Bogotá | Sede Bogotá

Biodiversidad y conservación

Facultad de Ciencias Bogotá | Sede Bogotá

Biología y ecología de fauna acuática

Facultad de Ciencias Agropecuarias - Palmira | Sede Palmira

Biología de organismos tropicales (biotun)

Facultad de Ciencias Bogotá | Sede Bogotá

Bioproductos

Facultad de Ciencias Exactas y Naturales | Sede Manizales

Centro de investigaciones en lógica y epistemología contemporánea

Facultad de Ciencias Humanas Bogotá | Sede Bogotá

Complejidad, alternatividad y desarrollo territorial

Facultad de Artes Bogotá | Sede Bogotá

Comunicación urbana

Facultad de Arquitectura - Medellín | Sede Medellín

Conservación, mejoramiento y utilización del ganado criollo hartón del valle y otros recursos genéticos animales en el suroccidente colombiano

Facultad de Ciencias Agropecuarias - Palmira | Sede Palmira

Contabilidad, organizaciones y medio ambiente.

Facultad de Ciencias Económicas Bogotá | Sede Bogotá

Desarrollo sostenible y gestión ambiental

Facultad de Ciencias Agrarias Bogotá | Sede Bogotá

Diseñadores de ambientes de enseñanza aprendizaje daea

Facultad de Artes Bogotá | Sede Bogotá

Ecofisiología agraria

Departamento de Ciencias Agronomicas C. Agropecuarias Medellín | Sede Medellín

Ecología y contaminación acuática

Facultad de Ingeniería y Administración - Palmira | Sede Palmira

Econofísica y sociofísica

Facultad de Ciencias Bogotá | Sede Bogotá

Electroquímica y termodinámica computacional

Facultad de Ciencias Bogotá | Sede Bogotá

Etnolingüística

Facultad de Ciencias Humanas Bogotá | Sede Bogotá

Gaia grupo de ambientes inteligentes adaptativos

Facultad de Administracion - Manizales | Sede Manizales

Geomorfología y procesos fluviales

Facultad de Ciencias Bogotá | Sede Bogotá

Grupo de acarología

Facultad de Ciencias Agropecuarias - Palmira | Sede Palmira

Grupo de diseño ambiental y arquitectura sostenible

Facultad de Artes Bogotá | Sede Bogotá

Grupo de economía y medio ambiente

Facultad de Minas - Medellín | Sede Medellín

Grupo de estudios en geología económica y mineralogía aplicada gegema

Facultad de Ciencias Bogotá | Sede Bogotá

Grupo de estudios para la remediación y mitigación de impactos negativos al ambiente germina

Facultad de Ciencias Bogotá | Sede Bogotá

Grupo de estudios regionales y territoriales

Facultad de Ciencias Humanas Bogotá | Sede Bogotá

Grupo de geotecnia

Facultad de Minas - Medellín | Sede Medellín

Grupo de investigacion en adaptaciones al ejercicio y a la hipoxia

Facultad de Ciencias Bogotá | Sede Bogotá

Grupo de investigacion en fisica aplicada. gifa

Facultad de Ingenieria y Administracion - Palmira | Sede Palmira

Grupo de investigacion sobre temas de arte y arquitectura en latinoamerica gystal

Facultad de Artes Bogotá | Sede Bogotá

Grupo de investigación del instituto de estudios ambientales bogotá

Instituto de Estudios Ambientales Bogotá | Sede Bogotá

Grupo de investigación emat

Facultad de Arquitectura - Medellín | Sede Medellín

Grupo de investigación en ingeniería de recursos hídricos gireh

Facultad de Ingeniería Bogotá | Sede Bogotá

Grupo de investigación en materiales, catálisis y medio ambiente

Facultad de Ingeniería Bogotá | Sede Bogotá

Grupo de investigación en procesos reactivos intensificados con separación y materiales avanzados (prisma)

Facultad de Ingeniería y Arquitectura - Manizales | Sede Manizales

Grupo de investigación en recursos fitogenéticos neotropicalesgirfin

Facultad de Ciencias Agropecuarias - Palmira | Sede Palmira

Grupo de investigación: materiales y medio ambiente (gimma)

Facultad de Ingeniería y Administración - Palmira | Sede Palmira

Grupo de mineralogía aplicada y bioprocesos (gmab)

Facultad de Minas - Medellín | Sede Medellín

Grupo en conservación y manejo de vida silvestre

Facultad de Ciencias Bogotá | Sede Bogotá

Grupo geología médica y forense

Facultad de Ciencias Bogotá | Sede Bogotá

Gti - grupo de gestión en tecnología, innovación y diseño agroindustrial

Facultad de Ingeniería Bogotá | Sede Bogotá

Guía grupo de investigación en diseño industrial

Facultad de Ingeniería y Administración - Palmira | Sede Palmira

Grupo de investigación en georrecursos, minería y medio ambiente. gemma

Facultad de Minas - Medellín | Sede Medellín

Historia, ambiente y política

Instituto de Investigaciones Amazónicas - Imani | Sede Amazonia

Ingeniería agrícola

Facultad de Ciencias Agrarias - Medellín | Sede Medellín

Interacciones tritróficas

Facultad de Ciencias Agropecuarias - Palmira | Sede Palmira

Ipma interacción planta -microorganismo -ambiente

Facultad de Ciencias Agropecuarias - Palmira | Sede Palmira

Limnología amazónica

Instituto de Investigaciones Amazónicas - Imani | Sede Amazonia

Madera y guadua

Facultad de Artes Bogotá | Sede Bogotá

Magnetismo y materiales avanzados

Facultad de Ciencias Exactas y Naturales | Sede Manizales

Materiales magnéticos y nanoestructuras

Facultad de Ciencias Bogotá | Sede Bogotá

Mecanismos de desarrollo limpio y gestión energética

Facultad de Ingeniería Bogotá | Sede Bogotá

Modelación de ecosistemas costeros

Departamento de Biología Ciencias Bogotá | Sede Bogotá

Modelamiento y análisis energía ambiente economía

Facultad de Minas - Medellín | Sede Medellín

Plebo.política y legislación sobre biodiversidad, recursos genéticos y conocimiento tradicional

Facultad de Derecho, Ciencias Políticas y Sociales Bogotá | Sede Bogotá

Protección vegetal para el mejoramiento de la productividad

Facultad de Ciencias Agropecuarias - Palmira | Sede Palmira

Pueblos y ambientes amazónicos

Instituto de Investigaciones Amazónicas - Imani | Sede Amazonia

Química de los productos naturales y los alimentos

Facultad de Ciencias - Medellín | Sede Medellín

Redaire - unal

Facultad de Minas - Medellín | Sede Medellín

Residualidad y destino ambiental de plaguicidas en sistemas agrícolas

Facultad de Ciencias Bogotá | Sede Bogotá

Sistemática molecular y genética evolutiva universidad nacional sede bogotá

Facultad de Ciencias Bogotá | Sede Bogotá

Semillero de investigación en desarrollo rural - sinder un

Facultad de Ciencias Humanas Bogotá | Sede Bogotá

Tectónica, mineralizaciones & medio ambiente en sudamérica y el caribe

Facultad de Ciencias Bogotá | Sede Bogotá

Teledetección y manejo forestal

Facultad de Ciencias Agrarias - Medellín | Sede Medellín

E. Anexo: Dependencias de la Ciudad Universitaria

No UNIDAD	UNIDAD GENERADORA	DIRECCIÓN O FACULTAD	DEPENDENCIA, DEPARTAMENTO O INSTITUTO	EDIFICIO
1	LAB. TECNOLOGÍA DE ENZIMAS	FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA	CLÍNICA DE PEQUEÑOS ANIMALES	VETERINARIA
2	LAB. INVESTIGACIONES BÁSICAS EN BIOQUÍMICA	FACULTAD DE CIENCIAS	QUÍMICA	CAMILO TORRES
3	LAB. PATOLOGÍA INTERFACULTADES	FACULTAD DE MEDICINA	DIRECCIÓN DE LABORATORIOS	MANUEL ANCIZAR
4	LAB. FERMENTACIONES	INSTITUTO DE BIOTECNOLOGÍA	INSTITUTO DE BIOTECNOLOGÍA	MANUEL ANCIZAR
5	LAB. ANÁLISIS INSTRUMENTAL	INSTITUTO DE BIOTECNOLOGÍA	INSTITUTO DE BIOTECNOLOGÍA	MANUEL ANCIZAR
6	LAB. VIRUS VEGETALES	INSTITUTO DE BIOTECNOLOGÍA	INSTITUTO DE BIOTECNOLOGÍA	MANUEL ANCIZAR
7	LAB. FARMACIA INDUSTRIAL	FACULTAD DE CIENCIAS	FARMACIA	FARMACIA
8	LAB. FARMACOTECNIA	FACULTAD DE CIENCIAS	FARMACIA	FARMACIA
9	LAB. EXTENSIÓN Y ASESORIAS	FACULTAD DE CIENCIAS	FARMACIA	FARMACIA
10	LAB. INVESTIGACIONES EN ANÁLISIS INSTRUMENTAL	FACULTAD DE CIENCIAS	FARMACIA	FARMACIA
11	LAB. CONTROL DE CALIDAD	FACULTAD DE CIENCIAS	FARMACIA	FARMACIA
12	LAB. ANÁLISIS DE RESIDUOS DE PLAGUICIDAS	FACULTAD DE CIENCIAS	QUÍMICA	QUÍMICA

No UNIDAD	UNIDAD GENERADORA	DIRECCIÓN O FACULTAD	DEPENDENCIA, DEPARTAMENTO O INSTITUTO	EDIFICIO
13	LAB. PALINOLOGÍA Y PALEOECOLOGÍA	INSTITUTO DE CIENCIAS NATURALES	INSTITUTO DE CIENCIAS NATURALES	INSTITUTO DE CIENCIAS NATURALES
14	LAB. COMBUSTIBLES Y LUBRICANTES	FACULTAD DE INGENIERÍA	INGENIERÍA QUÍMICA Y AMBIENTAL	LABORATORIO DE INGENIERÍA QUÍMICA
15	PLANTA PILOTO (LIQ)	FACULTAD DE INGENIERÍA	INGENIERÍA QUÍMICA Y AMBIENTAL	LABORATORIO DE INGENIERÍA QUÍMICA
16	LAB. NUTRICIÓN ANIMAL	FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA	NO APLICA	POSGRADOS DE VETERINARIA
17	LAB. NUTRICIÓN ACUÍCOLA	FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA	NO APLICA	POSGRADOS DE VETERINARIA
18	LAB. ESPECTROFOTOMETRÍA INFRARROJA Y ABSORCIÓN ATÓMICA	FACULTAD DE CIENCIAS	QUÍMICA	QUÍMICA
19	LAB. FÍSICO-QUÍMICO DE ALIMENTOS	CAFETERÍAS	INSTITUTO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS	ODONTOLOGÍA
20	LAB. CLÍNICO	FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA	CLÍNICA DE PEQUEÑOS ANIMALES	VETERINARIA
21	LAB. DE AGUAS Y SUELOS	FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS	NO APLICA	AGRONOMÍA
22	UNIDAD DE RESCATE Y REHABILITACIÓN DE ANIMALES SILVESTRES - URRAS	FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA	NO APLICA	VETERINARIA
23	LAB. RADIOLOGÍA - SERVICIO DE APOYO DIAGNÓSTICO E IMAGENOLOGÍA	FACULTAD DE ODONTOLOGÍA	NO APLICA	ODONTOLOGÍA
24	LAB. ELECTROQUÍMICA Y CATÁLISIS	FACULTAD DE INGENIERÍA	INGENIERÍA QUÍMICA Y AMBIENTAL	LABORATORIO DE INGENIERÍA QUÍMICA
25	LAB. INGENIERÍA AMBIENTAL	FACULTAD DE INGENIERÍA	INGENIERÍA QUÍMICA Y AMBIENTAL	INSTITUTO DE ENSAYOS E INVESTIGACIONES
26	SERVICIO MÉDICO ESTUDIANTIL	ÁREA DE SALUD	NO APLICA	TORRE DE ENFERMERÍA
27	LAB. MICROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS	FACULTAD DE CIENCIAS	BIOLOGÍA	BIOLOGÍA
28	CENTRO DE COMPOSTAJE	SISTEMA DE GESTIÓN AMBIENTAL	SISTEMA DE GESTIÓN AMBIENTAL	CAMILO TORRES

No UNIDAD	UNIDAD GENERADORA	DIRECCIÓN O FACULTAD	DEPENDENCIA, DEPARTAMENTO O INSTITUTO	EDIFICIO
29	LAB. FRUTAS TROPICALES	FACULTAD DE CIENCIAS	QUÍMICA	QUÍMICA
30	LAB. QUÍMICA GENERAL A	FACULTAD DE CIENCIAS	QUÍMICA	QUÍMICA
31	LAB. QUÍMICA ANALÍTICA-ANÁLISIS CUALITATIVO Y CUANTITATIVO	FACULTAD DE CIENCIAS	QUÍMICA	QUÍMICA
32	LAB. QUÍMICA ANALÍTICA-ELECTROQUÍMICA	FACULTAD DE CIENCIAS	QUÍMICA	QUÍMICA
33	LAB. QUÍMICA ORGÁNICA GENERAL	FACULTAD DE CIENCIAS	QUÍMICA	QUÍMICA
34	COMPUESTOS DE QUÍMICA DE COORDINACIÓN Y BIOINORGÁNICA	FACULTAD DE CIENCIAS	QUÍMICA	QUÍMICA
35	UNISALUD	UNISALUD	NO APLICA	UNISALUD
36	LAB. FOTOGRAFÍA	FACULTAD DE ARTES	ESCUELA DE DISEÑO GRÁFICO	DISEÑO GRÁFICO
37	LAB. FISICOQUÍMICA APLICADA	FACULTAD DE CIENCIAS	QUÍMICA	QUÍMICA
38	LAB. BIOLOGÍA GENERAL	FACULTAD DE CIENCIAS	BIOLOGÍA	BIOLOGÍA
39	LAB. CROMATOGRAFÍA LÍQUIDA	FACULTAD DE CIENCIAS	QUÍMICA	QUÍMICA
40	LAB. BIOFÍSICA INTERNACIONAL	CENTRO INTERNACIONAL DE FÍSICA	CENTRO INTERNACIONAL DE FÍSICA	MANUEL ANCIZAR
41	LAB. MACROMOLÉCULAS	FACULTAD DE CIENCIAS	QUÍMICA	QUÍMICA
42	LAB. 1 Y 2 NEUROCIENCIAS, MUERTE CELULAR Y PATOLOGÍA HUMANA	INSTITUTO DE GENÉTICA	INSTITUTO DE GENÉTICA	INSTITUTO DE GENÉTICA
43	LAB. FISIOLÓGICA VEGETAL	FACULTAD DE CIENCIAS	BIOLOGÍA	BIOLOGÍA
44	LAB. AGROBIOTECNOLOGÍA	FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS	NO APLICA	AGRONOMÍA

No UNIDAD	UNIDAD GENERADORA	DIRECCIÓN O FACULTAD	DEPENDENCIA, DEPARTAMENTO O INSTITUTO	EDIFICIO
45	LAB. MICROBIOLOGÍA VETERINARIA	FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA	NO APLICA	VETERINARIA
46	LAB. PROPIEDADES TERMODINÁMICAS Y DE TRANSPORTE	FACULTAD DE INGENIERÍA	INGENIERÍA QUÍMICA Y AMBIENTAL	LABORATORIO DE INGENIERÍA QUÍMICA
48	LAB. BIOTECNOLOGÍA	CENTRO INTERNACIONAL DE FÍSICA	CENTRO INTERNACIONAL DE FÍSICA	MANUEL ANCIZAR
49	LAB. ECOLOGÍA	FACULTAD DE CIENCIAS	BIOLOGÍA	BIOLOGÍA
50	LAB. VIROLOGÍA ANIMAL	FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA	NO APLICA	POSGRADOS DE VETERINARIA
51	LAB. BIOLOGÍA MOLECULAR	FACULTAD DE CIENCIAS	BIOLOGÍA	BIOLOGÍA
52	LAB. SÍNTESIS ORGÁNICA	FACULTAD DE CIENCIAS	QUÍMICA	QUÍMICA
53	SALA DE RADIOLOGÍA	FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA	CLÍNICA DE PEQUEÑOS ANIMALES	VETERINARIA
54	LAB. TOXICOLOGÍA	FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA	NO APLICA	POSGRADOS DE VETERINARIA
55	LAB. FISIOLÓGIA DE PECES	FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA	NO APLICA	VETERINARIA
56	LAB. QUÍMICA AGRICOLA	FACULTAD DE CIENCIAS	QUÍMICA	QUÍMICA
57	LAB. RADIOLOGÍA UNISALUD	UNISALUD	NO APLICA	UNISALUD
58	LAB. ICTIOLOGÍA, COLECCIÓN DE PECES	INSTITUTO DE CIENCIAS NATURALES	INSTITUTO DE CIENCIAS NATURALES	INSTITUTO DE CIENCIAS NATURALES
59	LAB. PATOLOGÍA AVIAR	FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA	NO APLICA	VETERINARIA
60	LAB. BIOTERIO DE FARMACIA	FACULTAD DE CIENCIAS	FARMACIA	FARMACIA
61	FACULTAD DE MEDICINA	FACULTAD DE MEDICINA	DIRECCIÓN DE LABORATORIOS	MEDICINA

No UNIDAD	UNIDAD GENERADORA	DIRECCIÓN O FACULTAD	DEPENDENCIA, DEPARTAMENTO O INSTITUTO	EDIFICIO
62	ODONTOLOGÍA	FACULTAD DE ODONTOLOGÍA	DIRECCIÓN DE LABORATORIOS	ODONTOLOGÍA 210
63	CLINICA PEQUEÑOS ANIMALES	FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA	NO APLICA	VETERINARIA
64	AREA DE SALUD	ÁREA DE SALUD	NO APLICA	INSTITUTO DE GENÉTICA
65	SALA DE NECROPSIA	FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA	VETERINARIA	NECROPSIA
66	LAB. MICROBIOLOGÍA DE SUELOS	FACULTAD DE CIENCIAS	BIOLOGÍA	BIOLOGÍA
67	LAB. QUIMICA AMBIENTAL	FACULTAD DE CIENCIAS	QUÍMICA	QUÍMICA
68	LAB. ENZIMAS	FACULTAD DE CIENCIAS	QUÍMICA	QUÍMICA
69	LAB. APROVECHAMIENTO ENERGÉTICO DE RECURSOS NATURALES	FACULTAD DE CIENCIAS	QUÍMICA	QUÍMICA
70	LAB. MICOBACTERIAS	FACULTAD DE MEDICINA	MEDICINA	MEDICINA
71	COMEDOR DE ODONTOLOGÍA	CAFETERÍAS	NO APLICA	ODONTOLOGÍA
72	CAFETERÍA POSGRADOS DE CIENCIAS HUMANAS	CAFETERÍAS		CIENCIAS HUMANAS
73	CAFETERÍA MANUEL ANCIZAR	CAFETERÍAS		MANUEL ANCIZAR
74	CAFETERÍA CAMPUS	CAFETERÍAS		CAMPUS
75	CAFETERIA CENTRAL	CAFETERÍAS	CAFETERIAS	POLIDEPORTIVO
76	CAFETERÍA DE DERECHO	CAFETERÍAS		DERECHO
77	PUNTO RECOLECCION CAFÉ Y AROMATICA ENFERMERÍA	ENFERMERIA	ENFERMERIA	TORRE DE ENFERMERÍA

No UNIDAD	UNIDAD GENERADORA	DIRECCIÓN O FACULTAD	DEPENDENCIA, DEPARTAMENTO O INSTITUTO	EDIFICIO
78	CAFETERÍA LEÓN DE GREIFF	CAFETERÍAS		LEÓN DE GREIFF
79	CASETA LEÓN DE GREIFF	CAFETERÍAS		LEÓN DE GREIFF
80	COMEDOR DE MEDICINA	CAFETERÍAS		MEDICINA
81	PUNTO RECOLECCION CAFÉ Y AROMATICAS MEDICINA VETERINARIA	CAFETERÍAS INTERNAS	CAFETERIAS INTERNAS	MEDICINA VETERINARIA
82	CAFETERÍA DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA	CAFETERÍAS		CIENCIA Y TECNOLOGÍA LUIS CARLOS SARMIENTO ANGULO
83	CAFETERÍA DE ECONOMÍA	CAFETERÍAS		ECONOMIA
84	CAFETERÍA DE ARQUITECTURA	CAFETERÍAS		ARQUITECTURA
85	CAFETERÍA KIOSKO ARTES	CAFETERÍAS		MATEMÁTICAS Y FÍSICA
86	CAFETERÍA INGENIERÍA	INGENIERIA	CAFETERIAS	INGENIERÍA
87	COMEDOR JARDÍN INFANTIL	BIENESTAR	JARDIN INFANTIL	JARDIN INFANTIL
88	CAFETERÍA HEMEROTECA	CAFETERÍAS		HEMEROTECA
89	CAFETERÍA URRAS	CAFETERÍAS		VETERINARIA
90	CAFETERÍA DE BIOLOGÍA	CAFETERÍAS		BIOLOGÍA
91	CAFETERÍA DE AGRONOMÍA	CAFETERÍAS		AGRONOMÍA
92	DIVISIÓN DE ARCHIVO Y CORRESPONDENCIA	VICERRECTORÍA DE SEDE		ARCHIVO
93	VICERRECTORÍA DE SEDE	VICERRECTORÍA DE SEDE		URIEL GUTIÉRREZ
94	UNIMEDIOS-COMUNICACIÓN ESTRATÉGICA	VICERRECTORÍA GENERAL	UNIMEDIOS	URIEL GUTIÉRREZ

No UNIDAD	UNIDAD GENERADORA	DIRECCIÓN O FACULTAD	DEPENDENCIA, DEPARTAMENTO O INSTITUTO	EDIFICIO
95	DIRECCIÓN NACIONAL DE PROGRAMAS DE PREGRADO	VICERRECTORÍA ACADÉMICA		URIEL GUTIÉRREZ
96	MOVIMIENTO CORPORAL HUMANO	FACULTAD DE MEDICINA	MEDICINA	MEDICINA
97	COMITÉ INTERNO DE ASIGNACIÓN Y RECONOCIMIENTO DE PUNTAJE	VICERRECTORÍA ACADÉMICA		
98	DIRECCIÓN NACIONAL DE INNOVACIÓN ACADÉMICA	VICERRECTORÍA GENERAL		AULAS VIRTUALES
99	INSTITUTO DE ESTUDIOS AMBIENTALES - IDEA	INSTITUTO DE ESTUDIOS AMBIENTALES - IDEA		CAMILO TORRES
100	DIVISIÓN DE EXTENSIÓN DE SEDE	DIRECCIÓN ACADÉMICA SEDE		CAMILO TORRES
101	LAB. ELECTROQUÍMICA	FACULTAD DE CIENCIAS	QUÍMICA	QUÍMICA
103	LAB. DE HORMONAS	FACULTAD DE CIENCIAS	QUÍMICA	QUÍMICA
104	LAB. BIOQUÍMICA Y BIOLOGÍA MOLÉCULAR DE MICOBACTERIAS	FACULTAD DE CIENCIAS	QUÍMICA	QUÍMICA
105	LAB. CELDAS SOLARES - SISTEMAS FOTOVOLTAICOS	FACULTAD DE CIENCIAS	FÍSICA	FÍSICA
106	LAB. MICROBIOLOGÍA MEDICINA	FACULTAD DE MEDICINA	MEDICINA	MEDICINA
107	LAB. CULTIVO DE TEJIDOS VEGETALES	FACULTAD DE CIENCIAS	BIOLOGÍA	BIOLOGÍA
108	LAB. DE PRODUCTOS NATURALES MARINOS Y FRUTOS DE COLOMBIA	FACULTAD DE CIENCIAS	QUÍMICA	QUÍMICA
109	LAB. INVESTIGACIONES EN PLANTAS MEDICINALES DE COLOMBIA - ENSAYOS FITOQUÍMICOS	FACULTAD DE CIENCIAS	FARMACIA	FARMACIA
110	LAB. TOXICOLOGÍA	FACULTAD DE MEDICINA	MEDICINA	MEDICINA
111	LAB. MOTORES	FACULTAD DE INGENIERÍA	INGENIERÍA MECÁNICA Y MECATRÓNICA	INGENIERÍA ELÉCTRICA Y MECÁNICA
112	LAB. DE GENÉTICA DOCENCIA	FACULTAD DE CIENCIAS	BIOLOGÍA	BIOLOGÍA

No UNIDAD	UNIDAD GENERADORA	DIRECCIÓN O FACULTAD	DEPENDENCIA, DEPARTAMENTO O INSTITUTO	EDIFICIO
113	ANFITEATRO	FACULTAD DE MEDICINA	MEDICINA	MEDICINA
114	LAB. ANDROLOGÍA	FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA	NO APLICA	VETERINARIA
115	LAB. ALIMENTOS	FACULTAD DE CIENCIAS	QUÍMICA	QUÍMICA
116	LAB. COMUNICACIONES	FACULTAD DE INGENIERÍA	INGENIERÍA MECÁNICA Y MECATRÓNICA	INGENIERÍA ELÉCTRICA Y MECÁNICA
117	LAB. BIOTECNOLOGÍA Y CONTROL MICROBIOLÓGICO DE ALIMENTOS	INSTITUTO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS - ICTA	INSTITUTO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS - ICTA	ICTA
118	LAB. CULTIVO DE ALGAS	FACULTAD DE CIENCIAS	BIOLOGÍA	BIOLOGÍA
119	LAB. CITOGÉNICA	FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA	NO APLICA	POSGRADOS DE VETERINARIA
120	TRANSPORTES	VICERRECTORÍA DE SEDE	NO APLICA	MANTENIMIENTO
121	LAB. MAMIFEROS	INSTITUTO DE CIENCIAS NATURALES	INSTITUTO DE CIENCIAS NATURALES	INSTITUTO DE CIENCIAS NATURALES
122	COLECCIONES CIENTÍFICAS ZOOLOGICAS	INSTITUTO DE CIENCIAS NATURALES	INSTITUTO DE CIENCIAS NATURALES	INSTITUTO DE CIENCIAS NATURALES
123	LAB. ANFIBIOS	INSTITUTO DE CIENCIAS NATURALES	INSTITUTO DE CIENCIAS NATURALES	INSTITUTO DE CIENCIAS NATURALES
124	LAB. BIOTECNOLOGÍA VEGETAL "ANTONIO ANGARITA ZERDA"	FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS	NO APLICA	AGRONOMÍA
125	CLÍNICA DE PLANTAS	FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS	NO APLICA	AGRONOMÍA
126	ENTOMOLOGÍA	FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS	NO APLICA	AGRONOMÍA
127	BIOQUÍMICA FITOPATOLÓGICA Y EVOLUCIÓN MOLECULAR	FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS	NO APLICA	CIENCIAS AGRARIAS
128	MALHERBOLOGÍA	FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS	NO APLICA	AGRONOMÍA

No UNIDAD	UNIDAD GENERADORA	DIRECCIÓN O FACULTAD	DEPENDENCIA, DEPARTAMENTO O INSTITUTO	EDIFICIO
129	BIBLIOTECA CENTRAL	DIRECCIÓN NACIONAL DE BIBLIOTECAS	SISTEMA NACIONAL DE BIBLIOTECAS - SINAB	BIBLIOTECA CENTRAL
130	BIOLOGÍA	FACULTAD DE CIENCIAS	BIOLOGÍA	BIOLOGÍA
131	LAB. PRODUCTOS NATURALES Y QUÍMICA ECOLÓGICA	FACULTAD DE CIENCIAS	QUÍMICA	QUÍMICA
132	LAB. PRODUCTOS NATURALES VEGETALES	FACULTAD DE CIENCIAS	QUÍMICA	QUÍMICA
133	LAB. BIOQUÍMICA DE PROTEÍNAS	FACULTAD DE CIENCIAS	QUÍMICA	QUÍMICA
134	LAB. FARCOGENOMICA	FACULTAD DE CIENCIAS	FARMACIA	FARMACIA
135	LABORATORIO DE INGENIERÍA DE TEJIDOS	FACULTAD DE CIENCIAS	FARMACIA	FARMACIA
136	LABORATORIO DE INMUNOTOXICOLOGÍA	FACULTAD DE CIENCIAS	FARMACIA	FARMACIA
137	LAB. MICROBIOLOGÍA	FACULTAD DE CIENCIAS	FARMACIA	FARMACIA
138	LAB. RESONANCIA MAGNÉTICA NUCLEAR	FACULTAD DE CIENCIAS	FÍSICA	MATEMÁTICAS Y FÍSICA
139	HORNO INCINERADOR	VICERRECTORÍA DE SEDE		HORNO INCINERADOR
140	FACULTAD DE AGRONOMÍA	FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS	NO APLICA	AGRONOMÍA
141	LAB. APRENDIZAJE Y COMPORTAMIENTO ANIMAL - LACA	FACULTAD DE CIENCIAS HUMANAS	PSICOLOGÍA	POSGRADOS DE VETERINARIA
142	FARMACOGENÉTICA DEL CANCER	FACULTAD DE CIENCIAS	FARMACIA	FARMACIA
143	BIBLIOTECA ERNESTO GUHL	FACULTAD DE CIENCIAS HUMANAS	NO APLICA	POSGRADOS DE CIENCIAS HUMANAS
144	PUNTO RECOLECCION CAFÉ Y AROMATICA ICTA	INSTITUTO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS - ICTA	INSTITUTO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS	ICTA
145	PLANTA DE INVESTIGACIÓN EN PROCESOS DE CARNES Y DERIVADOS - ICTA	INSTITUTO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS - ICTA	INSTITUTO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS	ICTA

No UNIDAD	UNIDAD GENERADORA	DIRECCIÓN O FACULTAD	DEPENDENCIA, DEPARTAMENTO O INSTITUTO	EDIFICIO
146	LAB. INGENIERÍA QUÍMICA	FACULTAD DE INGENIERÍA	INGENIERÍA QUÍMICA Y AMBIENTAL	LABORATORIO DE INGENIERÍA QUÍMICA
147	INSTITUTO PEDAGÓGICO ARTURO RAMÍREZ MONTÚFAR - IPARM	INSTITUTO PEDAGÓGICO ARTURO RAMÍREZ MONTÚFAR - IPARM	NO APLICA	IPARM
148	JARDÍN INFANTIL UN - GUARDERÍA	DIRECCION DE BIENESTAR	JARDIN INFANTIL	JARDÍN INFANTIL
149	INVERNADERO	FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS	PROYECTO INVERNADEROS	INVERNADERO
150	INVESTIGACIONES AVÍCOLAS	FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA	NO APLICA	VETERINARIA
151	CIENCIAS DE LA PRODUCCIÓN ANIMAL - BIOTERIO	FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA	NO APLICA	VETERINARIA
152	CLÍNICA DE AISLAMIENTO	FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA	CLÍNICA DE GRANDES ANIMALES	VETERINARIA
153	INSTITUTO DE BIOTECNOLOGÍA IBUN	INSTITUTO DE BIOTECNOLOGÍA	NO APLICA	MANUEL ANCIZAR
154	HEMEROTECA NACIONAL UNIVERSITARIA	DIRECCIÓN NACIONAL DE BIBLIOTECAS	SISTEMA NACIONAL DE BIBLIOTECAS - SINAB	HEMEROTECA
155	FACULTAD DE INGENIERÍA	FACULTAD DE INGENIERÍA	NO APLICA	CIENCIA Y TECNOLOGÍA LUIS CARLOS SARMIENTO ANGULO
156	INGENIERIA BIOMEDICA - TELEMEDICINA	FACULTAD DE MEDICINA	MEDICINA	MEDICINA
157	SISTEMA DE GESTIÓN AMBIENTAL	SISTEMA DE GESTIÓN AMBIENTAL	NO APLICA	CAMILO TORRES
158	FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA	FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA	NO APLICA	VETERINARIA 481
159	FACULTAD DE DERECHO, CIENCIAS POLÍTICAS Y SOCIALES	FACULTAD DE DERECHO, CIENCIAS POLÍTICAS Y	NO APLICA	DERECHO 201
160	FACULTAD DE CIENCIAS HUMANAS	FACULTAD DE CIENCIAS HUMANAS	NO APLICA	CIENCIAS HUMANAS

No UNIDAD	UNIDAD GENERADORA	DIRECCIÓN O FACULTAD	DEPENDENCIA, DEPARTAMENTO O INSTITUTO	EDIFICIO
161	FACULTA DE INGENIERÍA	FACULTAD DE INGENIERÍA	NO APLICA	INGENIERÍA
162	EDIFICIO MANUEL ANCIZAR	FACULTAD DE CIENCIAS	NO APLICA	MANUEL ANCIZAR
163	MATEMÁTICAS Y FÍSICA	FACULTAD DE CIENCIAS	NO APLICA	MATEMÁTICAS Y FÍSICA
164	ARQUITECTURA	FACULTAD DE ARTES	NO APLICA	ARQUITECTURA
165	SOCIOLOGÍA (Cafeteria)	FACULTAD DE CIENCIAS HUMANAS	NO APLICA	SOCIOLOGÍA (FALS BORDA)
166	DISEÑO GRÁFICO	FACULTAD DE ARTES	NO APLICA	DISÑO GRÁFICO
167	PUNTO DE RECOLECCION CAFÉ Y AROMATICA URIEL GUIERREZ	CAFETERIAS INTERNAS	NO APLICA	URIEL GUTIÉRREZ
168	CONSERVATORIO DE MÚSICA	FACULTAD DE ARTES	NO APLICA	MÚSICA
169	DEPARTAMENTO DE QUÍMICA	FACULTAD DE CIENCIAS	DEPARTAMENTO DE QUÍMICA	QUÍMICA 412
170	DIVISIÓN DE REGISTRO	VICERRECTORÍA DE SEDE	NO APLICA	REGISTRO Y MATRICULA
171	LAB. TRANSMISIÓN DE CALOR	FACULTAD DE INGENIERÍA	INGENIERÍA MECÁNICA Y MECATRÓNICA	INGENIERÍA ELÉCTRICA Y MECÁNICA
172	ENTOMOLOGÍA MEDICA Lemun	FACULTAD DE MEDICINA	MEDICINA	MEDICINA
173	LAB. DE MALARIA	FACULTAD DE CIENCIAS	FARMACIA	FARMACIA
174	ARCHIVO	FACULTAD DE MEDICINA	MEDICINA	MEDICINA
175	LAB. ANÁLISIS DE MEDICAMENTOS	FACULTAD DE CIENCIAS	FARMACIA	FARMACIA
176	VIVERO	FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS	NO APLICA	AGRONOMÍA
177	GEOCIENCIAS	FACULTAD DE CIENCIAS	GEOLOGÍA	MANUEL ANCIZAR

No UNIDAD	UNIDAD GENERADORA	DIRECCIÓN O FACULTAD	DEPENDENCIA, DEPARTAMENTO O INSTITUTO	EDIFICIO
178	DEPARTAMENTO DE FARMACIA	FACULTAD DE CIENCIAS	FARMACIA	FARMACIA
179	LAB. ICTIOLOGÍA Y PECES ORNAMENTALES	FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA	FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA	481
180	INSTITUTO DE CIENCIAS NATURALES	INSTITUTO DE CIENCIAS NATURALES	INSTITUTO DE CIENCIAS NATURALES	INSTITUTO DE CIENCIAS NATURALES
181	INVENTARIOS	VICERRECTORÍA DE SEDE	NO APLICA	URIEL GUTIÉRREZ
182	CASA GAITÁN	CASA GAITÁN		CASA GAITÁN
183	TALLER DE MANTENIMIENTO Y MECÁNICA	VICERRECTORÍA DE SEDE	NO APLICA	MANTENIMIENTO
184	LAB. ANÁLISIS FARMACEUTICO	FACULTAD DE CIENCIAS	FARMACIA	FARMACIA
185	ECONOMIA	FACULTAD DE ECONOMIA		ECONOMIA
186	CAMPUS UNIVERSITARIO	VICERRECTORÍA DE SEDE	NO APLICA	CAMPUS, CENTROS DE ACOPIO
187	DEPARTAMENTO DE FÍSICA	FACULTAD DE CIENCIAS	FÍSICA	FÍSICA
188	LAB. HONGOS MACROMICETOS COLOMBIANOS	FACULTAD DE CIENCIAS	QUÍMICA	QUÍMICA
189	ALMACEN DE REACTIVOS	FACULTAD DE CIENCIAS	QUÍMICA	ALMACEN
190	ARCHIVO QUÍMICA	FACULTAD DE CIENCIAS	QUÍMICA	QUÍMICA
191	LAB. SÍNTESIS DE COMPUESTOS HETEROCICLICOS	FACULTAD DE CIENCIAS	QUÍMICA	QUÍMICA
192	LAB. QUIMICA ORGANICA I	FACULTAD DE CIENCIAS	QUÍMICA	QUÍMICA
193	ANALISIS Y CONTROL DE CALIDAD DE LECHE Y PRODUCTOS LACTEOS	INSTITUTO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS - ICTA	INSTITUTO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS	ICTA
194	LAB. MATERIALES NANOESTRUCTURADOS	FACULTAD DE CIENCIAS	FÍSICA	MANUEL ANCIZAR

No UNIDAD	UNIDAD GENERADORA	DIRECCIÓN O FACULTAD	DEPENDENCIA, DEPARTAMENTO O INSTITUTO	EDIFICIO
195	LAB.POSCOSECHA DE FRUTAS Y HORTALIZAS	FACULTAD DE INGENIERÍA		ANTONIO NARIÑO
196	EDITORIAL UN	VICERRECTORÍA DE SEDE	NO APLICA	ANTIGUO VECOL
197	PLANTA PILOTO DE FRUTAS Y VEGETALES	INSTITUTO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS - ICTA	INSTITUTO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS - ICTA	ICTA
199	FACULTAD DE CIENCIAS HUMANAS	FACULTAD DE CIENCIAS HUMANAS	NO APLICA	DISEÑO GRÁFICO
200	CADE DE INGENIERÍA	FACULTAD DE INGENIERÍA	INGENIERÍA MECÁNICA Y MECATRÓNICA	INGENIERÍA ELÉCTRICA Y MECÁNICA
201	POSGRADOS DE VETERINARIA	FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA	NO APLICA	POSGRADOS DE VETERINARIA
202	FACULTAD DE CIENCIAS	FACULTAD DE CIENCIAS		FACULTAD DE CIENCIAS
203	CENTRO DE EXTENSIÓN E INVESTIGACIÓN	FACULTAD ENFERMERÍA	ENFERMERÍA	TORRE DE ENFERMERÍA
204	POSGRADOS ENFERMERÍA	FACULTAD ENFERMERÍA		UNIDAD CAMILO TORRES B2
205	SEDE CARIBE	SEDE CARIBE	SEDE CARIBE	
206	QUÍMICA DE HONGOS MACROMICETOS	FACULTAD DE CIENCIAS	QUÍMICA	QUÍMICA
207	PARASITOLOGIA	FACULTAD DE MEDICINA	MEDICINA	MEDICINA
208	LAB. INVESTIGACIONES BÁSICAS	FACULTAD DE CIENCIAS	QUÍMICA	CAMILO TORRES
210	ODONTOLOGÍA - UNISALUD	UNISALUD	NO APLICA	UNISALUD
211	CINE Y TELEVISIÓN	FACULTAD DE ARTES		CINE Y TELEVISIÓN
212	CENTRO DE ACOPIO QUÍMICOS	SISTEMA DE GESTIÓN AMBIENTAL	SISTEMA DE GESTIÓN AMBIENTAL	URIEL GUTIÉRREZ
213	LAB. DE CATÁLISIS HETEROGÉNEA	FACULTAD DE CIENCIAS	QUÍMICA	QUÍMICA

No UNIDAD	UNIDAD GENERADORA	DIRECCIÓN O FACULTAD	DEPENDENCIA, DEPARTAMENTO O INSTITUTO	EDIFICIO
214	EDIFICIOS CAMILO TORRES	VICERRECTORÍA DE SEDE		CAMILO TORRES
215	EDIFICIO FILOSOFÍA	FACULTAD DE CIENCIAS HUMANAS		FILOSOFÍA
216	EDIFICIO ANTONIO NARIÑO	FACULTAD DE ARTES		DISÑO GRÁFICO
217	LAB. TECNOLOGÍA DE ENZIMAS	FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA	NO APLICA	POSGRADOS DE VETERINARIA
218	LAB. TECNOLOGÍA DE ENZIMAS	VICERRECTORÍA DE SEDE	INSTITUTO DE BIOTECNOLOGÍA	MANUEL ANCIZAR
219	LAB. MICROBIOLOGÍA - IBUN	VICERRECTORÍA DE SEDE	INSTITUTO DE BIOTECNOLOGÍA	MANUEL ANCIZAR
220	LAB. MICROBIOLOGÍA AGRICOLA	VICERRECTORÍA DE SEDE	INSTITUTO DE BIOTECNOLOGÍA	MANUEL ANCIZAR
221	LAB. EPIDEMIOLOGÍA MOLÉCULAR	VICERRECTORÍA DE SEDE	INSTITUTO DE BIOTECNOLOGÍA	MANUEL ANCIZAR
222	LAB. BIOPESTICIDAS	VICERRECTORÍA DE SEDE	INSTITUTO DE BIOTECNOLOGÍA	MANUEL ANCIZAR
223	LAB. RECURSOS GENÉTICOS Y AMBIENTALES	VICERRECTORÍA DE SEDE	INSTITUTO DE BIOTECNOLOGÍA	MANUEL ANCIZAR
224	LAB. CULTIVOS DE TEJIDOS VEGETALES	VICERRECTORÍA DE SEDE	INSTITUTO DE BIOTECNOLOGÍA	MANUEL ANCIZAR
225	LAB. CAUCHOS	VICERRECTORÍA DE SEDE	INSTITUTO DE BIOTECNOLOGÍA	MANUEL ANCIZAR
226	LAB. ENTOMOLOGÍA - IBUN	VICERRECTORÍA DE SEDE	INSTITUTO DE BIOTECNOLOGÍA	MANUEL ANCIZAR
227	LAB.3(GENÉTICA HUMANA)	VICERRECTORÍA DE SEDE	INSTITUTO DE GENÉTICA	INSTITUTO DE GENÉTICA
228	CENTRO DE CÓMPUTO	OFICINA DE TECNOLOGIAS		CENTRO DE COMPUTO
229	LAB. INVESTIGACIONES EN COMBUSTIBLES Y ENERGÍA LICE	FACULTAD DE CIENCIAS	QUÍMICA	QUÍMICA
230	LAB. EXTENCIÓN - QUÍMICA	FACULTAD DE CIENCIAS	QUÍMICA	QUÍMICA

No UNIDAD	UNIDAD GENERADORA	DIRECCIÓN O FACULTAD	DEPENDENCIA, DEPARTAMENTO O INSTITUTO	EDIFICIO
231	LAB. QUÍMICA INORGÁNICA	FACULTAD DE CIENCIAS	QUÍMICA	QUÍMICA
232	LAB. BIOLOGÍA MOLÉCULAR	FACULTAD DE CIENCIAS	BIOLOGÍA	BIOLOGÍA
233	INVESTIGACIÓN EN FARMACOLOGÍA	FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS	FARMACIA	FARMACIA
234	LABORATORIO DE SOLDADURA Y ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS	FACULTAD DE INGENIERÍA	INGENIERÍA QUÍMICA Y AMBIENTAL	PROCESOS Y MATERIALES
235	PROYECTO VTA	FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA	VETERINARIA	
236	INVESTIGACIONES AGRICOLAS	FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS		AGRONOMÍA
237	OBRA INGENIERÍA CIVIL	FACULTAD DE INGENIERÍA		
238	LAB. 4(GENÉTICA DE POBLACIONES E IDENTIFICACIÓN)	INSTITUTO DE GENÉTICA	INSTITUTO DE GENÉTICA	INSTITUTO DE GENÉTICA
239	LAB. CARIOLOGÍA Y CITOGENÉTICA	INSTITUTO DE GENÉTICA	INSTITUTO DE GENÉTICA	INSTITUTO DE GENÉTICA
240	LAB. 7(INMUNOLOGÍA EVOLUTIVA E INMUNOGENÉTICA)	INSTITUTO DE GENÉTICA	INSTITUTO DE GENÉTICA	INSTITUTO DE GENÉTICA
241	LAB. 8(ESPECIES SILVESTRES Y DOMÉSTICAS)	INSTITUTO DE GENÉTICA	INSTITUTO DE GENÉTICA	INSTITUTO DE GENÉTICA
242	LAB. DE CEMENTOS	FACULTAD DE INGENIERÍA	INSTITUTO DE CIENCIAS NATURALES	INSTITUTO DE ENSAYOS E INVESTIGACIONES
243	LAB. DE TECNOLOGIA DEL CONCRETO	FACULTAD DE INGENIERÍA	NO APLICA	INSTITUTO DE ENSAYOS E INVESTIGACIONES
244	LAB DE GEOTECNIA	FACULTAD DE INGENIERÍA		INSTITUTO DE ENSAYOS E INVESTIGACIONES
245	LAB. DE BIOQUIMICA	FACULTAD DE MEDICINA	CIENCIAS FISIOLÓGICAS	MEDICINA
246	LAB. DE BIOLOGÍA MOLECULAR DEL VIRUS	FACULTAD DE MEDICINA	CIENCIAS FISIOLÓGICAS	MEDICINA
247	LAB. DE HISTOTECNOLOGÍA	FACULTAD DE MEDICINA	MORFOLOGÍA	MEDICINA

No UNIDAD	UNIDAD GENERADORA	DIRECCIÓN O FACULTAD	DEPENDENCIA, DEPARTAMENTO O INSTITUTO	EDIFICIO
248	LAB. DE INVESTIGACIÓN BIOMEDICA	FACULTAD DE MEDICINA	CIENCIAS FISIOLÓGICAS	MEDICINA
249	LAB. DE EQUIPOS COMUNES	FACULTAD DE MEDICINA	MEDICINA	MEDICINA
250	MICROBIOLOGÍA ORAL	FACULTAD DE MEDICINA	MICROBIOLOGÍA	MEDICINA
251	PREPARACIÓN PRÁCTICAS MICROBIOLOGÍA-SALA DE MEDIOS DE CULTIVO	FACULTAD DE MEDICINA	MICROBIOLOGÍA	MEDICINA
252	LAB. ASESORÍAS E INVESTIGACIÓN EN MICROBIOLOGÍA FARMACÉUTICA	FACULTAD DE CIENCIAS	FARMACIA	FARMACIA
253	LAB. POSCOSECHA	FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS	DIRECCIÓN DE LABORATORIOS	AGRONOMÍA
254	LAB. BIOMIMÉTICOS	INSTITUTO DE BIOTECNOLOGÍA	INSTITUTO DE BIOTECNOLOGÍA	MANUEL ANCIZAR
256	LAB. QUÍMICA ANALÍTICA	FACULTAD DE CIENCIAS	QUÍMICA	QUÍMICA
257	LAB. AGUAS Y SUELOS (Física-Química)	FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS		AGRONOMÍA
258	LAB. DE HISTOLOGÍA	FACULTAD DE MEDICINA	MORFOLOGÍA	MEDICINA
259	LAB. DE FÍSICA Y ELECTRÓNICA	INSTITUTO PEDAGÓGICO ARTURO RAMÍREZ MONTÚFAR - IPARM	IPARM	IPARM
260	LAB. DE QUÍMICA	INSTITUTO PEDAGÓGICO ARTURO RAMÍREZ MONTÚFAR - IPARM	IPARM	IPARM
261	SALA DE ESTERILIZACIÓN	INSTITUTO DE GENÉTICA	INSTITUTO DE GENÉTICA	INSTITUTO DE GENÉTICA
262	MUSEO HISTORIA NATURAL	FACULTAD DE CIENCIAS	INSTITUTO DE CIENCIAS NATURALES	INSTITUTO DE CIENCIAS NATURALES
263	LABORATORIO DE ARQUEOLOGÍA	FACULTAD DE CIENCIAS HUMANAS	ANTROPOLOGÍA	
264	LABORATORIO DE QUÍMICA DE AROMAS-CROMATOGRAFÍA	FACULTAD DE CIENCIAS	QUÍMICA	QUÍMICA

No UNIDAD	UNIDAD GENERADORA	DIRECCIÓN O FACULTAD	DEPENDENCIA, DEPARTAMENTO O INSTITUTO	EDIFICIO
265	INGENIERIA ELÉCTRICA	FACULTAD DE INGENIERÍA	INGENIERÍA MECÁNICA Y MECATRÓNICA	INGENIERÍA MECÁNICA Y MECATRÓNICA
266	LABORATORIO DRES	FACULTAD DE CIENCIAS	QUÍMICA	QUÍMICA
267	LAB. DE ALIMENTOS	FACULTAD DE CIENCIAS	QUÍMICA	QUÍMICA
268	LABORATORIO DE BIOPROCESOS	FACULTAD DE INGENIERÍA	INGENIERÍA QUÍMICA Y AMBIENTAL	LABORATORIO DE INGENIERÍA QUÍMICA
269	MORFOFISIOLOGÍA	FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA		POSGRADOS DE VETERINARIA
270	LABORATORIO DE ARQUEOLOGÍA	FACULTAD DE CIENCIAS HUMANAS	ANTROPOLOGÍA	
271	MATEMATICAS COMEDOR	FACULTAD DE CIENCIAS	CAFETERIAS	MATEMÁTICAS Y FÍSICA
272	MUSEO DE CIENCIAS FORENSES	VICERRECTORÍA DE SEDE		
273	HOSPITAL UNIVERSITARIO	VICERRECTORÍA DE SEDE		
274	AREA DE SALUD - PRIORITARIA	ÁREA DE SALUD		INSTITUTO DE GENÉTICA
275	CONSULTORIO DEL SERVICIO MÉDICO	ÁREA DE SALUD		IPARM
276	PUBLICACIONES	VICERRECTORÍA DE SEDE	NO APLICA	PUBLICACIONES
277	LABORATORIO DE MELISOPALINOLOGIA	FACULTAD DE CIENCIAS	BIOLOGÍA	BIOLOGÍA
278	LABORATORIO DE SIMULACION CLINICA	FACULTAD ENFERMERÍA	ENFERMERIA	TORRE DE ENFERMERÍA
279	LAB. FISICA DE NUEVOS MATERIALES	FACULTAD DE CIENCIAS	FÍSICA	MATEMÁTICAS Y FÍSICA
280	LAB. NANOESTRUCTURAS ORGÁNICAS Y MOLÉCULARES	FACULTAD DE CIENCIAS	FÍSICA	MATEMÁTICAS Y FÍSICA
281	TALLER DE MECÁNICA FINA	FACULTAD DE CIENCIAS	FÍSICA	MATEMÁTICAS Y FÍSICA

No UNIDAD	UNIDAD GENERADORA	DIRECCIÓN O FACULTAD	DEPENDENCIA, DEPARTAMENTO O INSTITUTO	EDIFICIO
282	CLINICA I y 2	FACULTAD DE ODONTOLOGÍA	ODONTOLOGÍA	ODONTOLOGÍA
283	CLINICA II	FACULTAD DE ODONTOLOGÍA		ODONTOLOGÍA
284	CLINICA 3	FACULTAD DE ODONTOLOGÍA		ODONTOLOGÍA
285	LABORATORIO II	FACULTAD DE ODONTOLOGÍA		ODONTOLOGÍA
286	LAB. DE AROMAS	FACULTAD DE CIENCIAS	QUÍMICA	QUÍMICA
287	MUSEO ENTOMOLOGICO UNAB	FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS	AGRONOMIA	AGRONOMÍA
288	Caracterización Litológica, Microscopía y microtermometría	FACULTAD DE CIENCIAS	GEOLOGÍA	GEOLOGÍA
289	Espectrometría	FACULTAD DE CIENCIAS	GEOLOGÍA	GEOLOGÍA
290	Laboratorio de Técnica Petrográficas	FACULTAD DE CIENCIAS	GEOLOGÍA	GEOLOGÍA
291	Laboratorio de Plantas Térmicas y energías renovables	FACULTAD DE INGENIERÍA	INGENIERÍA MECÁNICA Y MECATRÓNICA	INGENIERÍA ELÉCTRICA Y MECÁNICA
292	Laboratorio de Ensayos Eléctricos Industriales LABE	FACULTAD DE INGENIERÍA	INGENIERÍA MECÁNICA Y MECATRÓNICA	INGENIERÍA ELÉCTRICA Y MECÁNICA
293	GENÉTICA (IGUN)	FACULTAD DE CIENCIAS	INSTITUTO DE GENÉTICA	INSTITUTO DE GENÉTICA
294	Laboratorio de farmacología	FACULTAD DE CIENCIAS	FARMACIA	FARMACIA
295	Centro Acopio Químicos	FACULTAD DE CIENCIAS	QUÍMICA	QUÍMICA
296	MOSCO	ELIMINAR		
297	PUNTO RECOLECCION CAFÉ Y AROMATICA POSGRADOS DE VETERINARIA (VECOL)	CAFETERIAS INTERNAS	CAFETERIAS INTERNAS	POSGRADOS DE VETERINARIA (VECOL)
298	POLIDEPORTIVO			

No UNIDAD	UNIDAD GENERADORA	DIRECCIÓN O FACULTAD	DEPENDENCIA, DEPARTAMENTO O INSTITUTO	EDIFICIO
299	LABORATORIO DE INSTRUMENTAL	FACULTAD DE INGENIERÍA	INGENIERÍA QUÍMICA Y AMBIENTAL	LABORATORIO DE INGENIERÍA QUÍMICA
300	DIRECCIÓN NACIONAL DE ADMINISTRACIÓN	VICERRECTORÍA GENERAL		
301	TESORERÍA	VICERRECTORÍA DE SEDE		
303	LABORATORIO 115	FACULTAD DE CIENCIAS	QUÍMICA	QUÍMICA
304	CAFETERIAS PLAZA SANTANDER (CHE)...Wimpys		CAFETERIAS	CAMPUS UNIVERSITARIO
305	CASE (CENTRO DE ATENCIÓN DE SALUD ESTUDIANTIL)	Bienestar		Bloque 3 Hospital Sta Rosa
306	UNIDAD DE PROCESAMIENTO DE ALIMENTOS	FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA	INSTITUTO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS	POSGRADOS DE VETERINARIA
307	LAB. BIOCOMBUSTIBLES 133B	FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA	CLÍNICA DE GRANDES ANIMALES	VETERINARIA
309	PUNTO RECOLECCION CAFÉ Y AROMATICA HEMEROTECA	CAFETERIAS INTERNAS	CAFETERIAS INTERNAS	HEMEROTECA
310	PUNTO RECOLECCION CAFÉ Y AROMATICA LABORATORIO INGENIERIA LABORATORIO DE INGENIERIA QUIMICA	INGENIERIA	INGENIERIA QUIMICA	LABORATORIO DE INGENIERÍA QUÍMICA
311	PUNTO RECOLECCION CAFÉ Y AROMATICA MATEMATICAS Y FISICA	CIENCIAS	MATEMATICAS Y FISICA	PARQUEADERO MATEMATICAS Y FISICA
312	IEI KIOSCO CAFETERIA	INGENIERIEA	IEI. INSTITUTO DE EXTENSION E INVESTIGACION	ENTRE IEI e INGENIERIA QUIMICA
313	PUNTO RECOLECCION CAFÉ Y AROMATICA LENGUAS EXTRANJERAS	CAFETERIAS INTERNAS	LENGUAS EXTRANJERAS	LENGUAS EXTRANJERAS
314	PUNTO RECOLECCION CAFÉ Y AROMATICA C y T	CAFETERIAS INTERNAS		CIENCIA Y TECNOLOGÍA LUIS CARLOS SARMIENTO ANGULO
315	PUNTO RECOLECCION CAFÉ Y AROMATICAS BIOLOGIA	CAFETERIAS INTERNAS	BIOLOGÍA	BIOLOGÍA
316	PUNTO RECOLECCION CAFÉ Y AROMATICA AGRONOMIA	INGENIERIA AGRONOMICA	AGRONOMIA	AGRONOMIA PARQUEADERO

No UNIDAD	UNIDAD GENERADORA	DIRECCIÓN O FACULTAD	DEPENDENCIA, DEPARTAMENTO O INSTITUTO	EDIFICIO
319	CHAZAS (Puntos de Naranja)	Ventas Ambulantes	Ventas Ambulantes	CAMPUS UNIVERSITARIO
320	PUNTO RECOLECCION CAFÉ Y AROMATICA ODONTOLOGIA	ODONTOLOGIA	CAFETERIAS INTERNAS	ODONTOLOGÍA
321	PUNTO RECOLECCION CAFÉ Y AROMATICAS POSGRADOS CIENCIAS HUMANAS	CIENCIAS HUMANAS	POSGRADOS CIENCIAS HUMANAS	POSGRADOS DE CIENCIAS HUMANAS
322	PUNTO RECOLECCION CAFÉ Y AROMATICA SOCIOLOGIA	CIENCIAS HUMANAS	SOCIOLOGIA	SOCIOLOGÍA
323	TALLER DE MANTENIMIENTO, DIRECCION DE LABORATORIOS	FACULTAD DE CIENCIAS	DIRECCIÓN DE LABORATORIOS	FACULTAD DE CIENCIAS 476
324	ALMACEN DE INGENIERIA QUIMICA	INGENIERIA	INGENIERIA QUIMICA	INGENIERIA QUIMICA
325	LABORATORIO 319 GRUPO DE INVESTIGACION EN QUIMICA MEDICINAL	FACULTAD DE CIENCIAS	FARMACIA	FARMACIA
326	CENTRO AGROPECUARIO MARENGO	FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS	MARENGO	MARENGO
327	CLINICAS PREGRADO ODONTOLOGIA	FACULTAD DE ODONTOLOGÍA		ODONOTOLOGIA
328	DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA	FACULTAD DE CIENCIAS	BIOLOGÍA	BIOLOGÍA
329	POSGRADO DE REHABILITACION ORAL	FACULTAD DE ODONTOLOGÍA	ODONTOLOGÍA	ODONTOLOGÍA 210
330	CLINICA DE CIRUGIA. ODONTOLOGÍA	FACULTAD DE ODONTOLOGÍA	ODONTOLOGÍA	ODONTOLOGÍA 210
331	LABORATORIO CLÍNICO UNISALUD	UNISALUD		URIEL GUTIÉRREZ
332	ESTADIO ALFONSO LOPEZ PUMAREJO	DIRECCION DE BIENESTAR	DEPORTES	ESTADIO DE FUTBOL
333	LABORATORIO DE MECATRONICA - SALA CAM	FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRICA	INGENIERÍA ELECTRICA	POSGRADOS DE MATERIALES Y PROCESOS 407
334	COMEDORES DEL CAMPUS	DIRECCION DE BIENESTAR	PROGRAMA DE ALIMENTACION	COMEDORES DEL CAMPUS
335	GESTION DOCUMENTAL	GESTION DOCUMENTAL		GESTION DOCUMENTAL

No UNIDAD	UNIDAD GENERADORA	DIRECCIÓN O FACULTAD	DEPENDENCIA, DEPARTAMENTO O INSTITUTO	EDIFICIO
336	MUSEO DE ARTE	INNOVACION CULTURAL	INNOVACION CULTURAL	MUSEO DE ARTE
337	COMEDOR CIENCIAS HUMANAS (Sociología)	CIENCIAS HUMANAS	CAFETERIAS	Aulas de Ciencias Humanas
338	PUNTO RECOLECCION CAFÉ Y AROMATICAS. ANTONIO NARIÑO	INGENIERIA	INGENIERIA	ANTONIO NARIÑO
339	DIRECCION DE BIENESTAR	BIENESTAR		CAMILO TORRES
340	DIVISION DE VIGILANCIA	VIGILANCIA		CAMILO TORRES
341	PUNTO RECOLECCION CAFÉ Y AROMATICA. INSTITUTO DE CIENCIAS NATURALES	CIENCIAS	INSTITUTO DE CIENCIAS NATURALES	INSTITUTO DE CIENCIAS NATURALES
342	CAFETERIA INGENIERIA ELECTRONICA	CAFETERÍAS	INGENIERIA ELECTRONICA	INGENIERIA ELECTRONICA
343	OBRAS CIVILES DE MANTENIMIENTO	DIRECCION DE INFRAESTRUCTURA	PLANEACION	CAMPUS UNIVERSITARIO
344	DIVISION NACIONAL DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO			URIEL GUTIÉRREZ
345	LENGUAS EXTRANJERAS	CIENCIAS HUMANAS	LENGUAS EXTRANJERAS	LENGUAS EXTRANJERAS
346	Departamento de Contaduría	FACULTAD DE CIENCIAS HUMANAS	Contaduría	Contaduría 238

F. Anexo: Matriz de generación de residuos en la Ciudad Universitaria

Edificio	Biodegradables	Biológicos	Ordinarios	Posconsumo	Químicos	Reciclables	Vidrio
481		X			X		
AGRONOMÍA	X	X		X	X		X
AGRONOMIA PARQUEADERO	X						
ALMACEN		X		X	X		
ANTIGUO VECOL	X				X		
ANTONIO NARIÑO	X				X		
ARCHIVO		X		X			
ARQUITECTURA	X			X			
Aulas de Ciencias Humanas	X						
AULAS VIRTUALES				X	X		
BIBLIOTECA CENTRAL	X	X		X			
BIOLOGÍA	X	X		X	X	X	X
Bloque 3 Hospital Sta Rosa	X	X	X	X	X	X	
CAMILO TORRES	X	X		X	X		X
CAMPUS	X	X					
CAMPUS UNIVERSITARIO	X	X				X	
CAMPUS, CENTROS DE ACOPIO	X	X	X	X	X	X	X
CASA GAITÁN		X		X		X	
CENTRO DE COMPUTO				X	X		
CIENCIA Y TECNOLOGÍA LUIS CARLOS SARMIENTO ANGULO	X			X	X	X	

Edificio	Biodegradables	Biológicos	Ordinarios	Posconsumo	Químicos	Reciclables	Vidrio
CIENCIAS AGRARIAS		X			X		
CIENCIAS HUMANAS	X			X	X		
CINE Y TELEVISIÓN	X			X		X	
COMEDORES DEL CAMPUS		X					
Contaduría 238				X			
DERECHO	X						
DERECHO 201				X			
DISÑO GRÁFICO	X			X	X		
ECONOMIA	X	X		X	X		
ENTRE IEI e INGENIERIA QUIMICA	X						
ESTADIO DE FUTBOL					X		
FACULTAD DE CIENCIAS				X			
FACULTAD DE CIENCIAS 476					X		
FARMACIA	X	X		X	X		X
FILOSOFÍA	X				X		
FÍSICA		X			X		
GEOLOGÍA					X		
GESTION DOCUMENTAL		X		X		X	
HEMEROTECA	X	X		X	X		
HORNO INCINERADOR		X					
ICTA	X	X		X	X		X
INGENIERÍA	X	X		X			
INGENIERÍA ELÉCTRICA Y MECÁNICA	X	X		X	X		
INGENIERIA ELECTRONICA	X						
INGENIERÍA MECÁNICA Y MECATRÓNICA				X	X		
INGENIERIA QUIMICA					X		
INSTITUTO DE CIENCIAS NATURALES	X	X		X	X		X
INSTITUTO DE ENSAYOS E INVESTIGACIONES		X		X	X		X
INSTITUTO DE GENÉTICA	X	X		X	X		X
INVERNADERO	X	X					
IPARM	X	X		X	X		

Edificio	Biodegradables	Biológicos	Ordinarios	Posconsumo	Químicos	Reciclables	Vidrio
JARDIN INFANTIL	X						
JARDÍN INFANTIL		X			X		
LABORATORIO DE INGENIERÍA QUÍMICA	X	X			X	X	X
LENGUAS EXTRANJERAS	X			X			
LEÓN DE GREIFF	X	X					
MANTENIMIENTO	X	X		X	X		
MANUEL ANCIZAR	X	X		X	X		X
MARENGO					X		
MATEMÁTICAS Y FÍSICA	X	X		X	X	X	
MEDICINA	X	X		X	X	X	X
MEDICINA VETERINARIA	X						
MUSEO DE ARTE		X		X			
MÚSICA				X			
NECROPSIA		X					
ODONTOLOGIA					X		
ODONTOLOGÍA	X	X			X		X
ODONTOLOGÍA 210		X		X	X	X	
PARQUEADERO MATEMATICAS Y FÍSICA	X						
POLIDEPORTIVO	X	X					
POSGRADOS DE CIENCIAS HUMANAS	X	X					
POSGRADOS DE MATERIALES Y PROCESOS 407				X	X		
POSGRADOS DE VETERINARIA	X	X			X		X
POSGRADOS DE VETERINARIA (VECOL)	X						
PROCESOS Y MATERIALES					X		
PUBLICACIONES		X			X		
QUIMICA		X			X		
QUÍMICA	X	X			X		X
QUÍMICA 412	X			X	X		X
REGISTRO Y MATRICULA				X			
SOCIOLOGÍA	X						
SOCIOLOGÍA (FALS BORDA)	X			X			

Edificio	Biodegradables	Biológicos	Ordinarios	Posconsumo	Químicos	Reciclables	Vidrio
TORRE DE ENFERMERÍA	X	X		X	X		
UNIDAD CAMILO TORRES B2				X			
UNISALUD	X	X		X	X	X	
URIEL GUTIÉRREZ	X	X		X	X		
VETERINARIA	X	X		X	X		X
VETERINARIA 481		X		X	X		

G. Anexo: Residuos químicos generados en la Ciudad Universitaria

TIPO	DESCRIPCIÓN	CLASIFICACIÓN BASILEA	CLASIFICACIÓN SEGÚN RESOLUCIÓN 1164 DE 2002	PROCESO DE DISPOSICIÓN FINAL, APROVECHAMIENTO Y/O VALORIZACIÓN	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO
1	Vidrio refractario que estuvo en contacto con sustancias químicas	A4130	Reactivos	Aprovechamiento	Lavado, trituración y posterior entrega a gestor para fundición y reutilización.
2	Cápsulas vacías	Y3	Fármacos	Aprovechamiento	Lavado y trituración y posterior entrega a gestor para fundición y reutilización.
3	Vidrio de Medicamentos vacíos - vencidos, deteriorados y/o excedentes de sustancias	Y3	Fármacos	Aprovechamiento	Lavado y trituración y posterior entrega a gestor para fundición y reutilización.
4	Vidrio plano que estuvo en contacto con sustancias químicas	A4130	Reactivos	Aprovechamiento	Lavado y trituración y posterior entrega a gestor para fundición y reutilización.
5	Vidrio Ámbar que estuvo en contacto con sustancias químicas	A4130	Reactivos	Aprovechamiento	Lavado y trituración y posterior entrega a gestor para fundición y reutilización.
6	Vidrio verde que estuvo en contacto con sustancias químicas	A4130	Reactivos	Aprovechamiento	Lavado y trituración y posterior entrega a gestor para fundición y reutilización.

TIPO	DESCRIPCIÓN	CLASIFICACIÓN BASILEA	CLASIFICACIÓN SEGÚN RESOLUCIÓN 1164 DE 2002	PROCESO DE DISPOSICIÓN FINAL, APROVECHAMIENTO Y/O VALORIZACIÓN	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO
7	Amalgama	Y29	Metales pesados	Disposición final	Entrega a gestor para disposición en celda se seguridad.
8	Mercurio en estado elemental(sólidos)	Y29	Metales pesados	Disposición final	Entrega a gestor para disposición en celda se seguridad.
9	Otros metales pesados en estado elemental (sólidos).	A1010	Metales pesados	Disposición final	Entrega a gestor para disposición en celda se seguridad.
10	Sólidos contaminados con metales pesados	A1010	Metales pesados	Disposición final	Entrega a gestor para disposición en celda se seguridad.
11	Resinas, polímeros o parafinas	Y13	Reactivos	Disposición final	Entrega a gestor para proceso de incineración.
12	Sólido peligroso especial explosivo	Y15	Reactivos		
14	Sólido peligroso especial tóxico	Y45	Reactivos	Disposición final	Entrega a gestor para disposición por proceso de incineración o celda de seguridad según composición química.
15	Sólido compuesto inorgánico	A2	Reactivos	Disposición final	Entrega a gestor para proceso de incineración
16	Sólido compuesto orgánico	A3	Reactivos	Disposición final	Entrega a gestor para proceso de incineración.
17	Sólidos contaminados con sustancias químicas	A4140	Reactivos	Disposición final	Entrega a gestor para proceso de incineración.
18	Líquido peligroso especial explosivo	Y15	Reactivos		
20	Líquido peligroso especial tóxico	Y45	Reactivos	Disposición final	Entrega a gestor para disposición por proceso de incineración o celda de seguridad según composición química.

TIPO	DESCRIPCIÓN	CLASIFICACIÓN BASILEA	CLASIFICACIÓN SEGÚN RESOLUCIÓN 1164 DE 2002	PROCESO DE DISPOSICIÓN FINAL, APROVECHAMIENTO Y/O VALORIZACIÓN	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO
21	Plaguicidas	Y4	Reactivos	Disposición final	
22	Soluciones con Mercurio	Y29	Metales pesados	Disposición final	Entrega a gestor para disposición en celda se seguridad.
24	Soluciones de Metales pesados	A1010	Metales pesados	Disposición final	Entrega a gestor para disposición en celda se seguridad.
25	Cianuros	A4050	Reactivos	Disposición final	Entrega a gestor para disposición en celda se seguridad.
26	Su principal compuesto es ácido sulfúrico	Y34	Reactivos	Disposición final	Entrega a gestor para proceso de neutralización e incineración.
27	Su principal compuesto es ácido clorhídrico	Y34	Reactivos	Disposición final	Entrega a gestor para proceso de neutralización e incineración.
28	Su principal compuesto es ácido nítrico	Y34	Reactivos	Disposición final	Entrega a gestor para proceso de neutralización e incineración.
29	Otros ácidos inorgánicos o mezclas	Y34	Reactivos	Disposición final	Entrega a gestor para proceso de neutralización e incineración.
30	Su principal compuesto es amoniaco	Y35	Reactivos	Disposición final	Entrega a gestor para proceso de neutralización y celda de seguridad.
31	Su principal compuesto es hidróxido de sodio	Y35	Reactivos	Disposición final	Entrega a gestor para proceso de neutralización e incineración.
32	Otras bases inorgánicas o mezclas	Y35	Reactivos	Disposición final	Entrega a gestor para proceso de incineración
33	Ácidos orgánicos	Y34	Reactivos	Disposición final	Entrega a gestor para proceso de incineración.
34	Sales Orgánicas	Y35	Reactivos	Disposición final	Entrega a gestor para proceso de incineración.
35	Bienes contaminados con sustancias químicas	A1180	Reactivos	Disposición final	Entrega a gestor para disposición en celda se seguridad.

TIPO	DESCRIPCIÓN	CLASIFICACIÓN BASILEA	CLASIFICACIÓN SEGÚN RESOLUCIÓN 1164 DE 2002	PROCESO DE DISPOSICIÓN FINAL, APROVECHAMIENTO Y/O VALORIZACIÓN	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO
36	Solventes orgánicos	Y42	Reactivos	Aprovechamiento	Entrega a gestor para destilación y aprovechamiento.
37	Medicamentos vencidos, deteriorados y/o excedentes de sustancias	Y3	Fármacos	Disposición final	Entrega a gestor para proceso de incineración.
38	Alcoholes	Y42	Reactivos	Aprovechamiento	Entrega a gestor para destilación y aprovechamiento.
39	Sustancias halogenadas	Y45	Reactivos	Disposición final	Entrega a gestor para disposición en celda se seguridad.
40	Sustancias nitrogenadas	A3	Reactivos	Disposición final	Entrega a gestor para disposición en celda se seguridad.
41	Aceites vegetales	Y9	Aceites usados	Disposición final	Entrega a gestor para proceso de incineración.
42	Mezcla de compuestos orgánicos	A3	Reactivos	Disposición final	Entrega a gestor para proceso de incineración.
43	Grasa Animal	Y9	Aceites usados	Disposición final	Entrega a gestor para proceso de incineración.
44	Aceite de vehículo	Y9	Aceites usados	Aprovechamiento y/o valorización	Venta a gestor para proceso de aprovechamiento.
45	Aceite de caldera	Y9	Aceites usados	Aprovechamiento y/o valorización	Venta a gestor para proceso de aprovechamiento.
46	Grasa derivada del petróleo	Y9	Aceites usados	Aprovechamiento y/o valorización	Entrega a gestor para proceso de incineración
47	soluciones inorgánicas neutras	A2	Reactivos	Disposición final	Entrega a gestor para proceso de incineración.
48	Fotográficos fijador	Y16	Reactivos	Aprovechamiento	Entrega a gestor para destilación y aprovechamiento.
49	Fotográficos revelador	Y16	Reactivos	Disposición final	Entrega a gestor para disposición en celda se seguridad.

TIPO	DESCRIPCIÓN	CLASIFICACIÓN BASILEA	CLASIFICACIÓN SEGÚN RESOLUCIÓN 1164 DE 2002	PROCESO DE DISPOSICIÓN FINAL, APROVECHAMIENTO Y/O VALORIZACIÓN	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO
50	Combustible derivado del petróleo	Y9	Reactivos	Aprovechamiento y/o valorización	Venta a gestor para proceso de aprovechamiento.
51	Contenedores presurizados	A4130	Contenedores presurizados	Disposición final	Entrega a gestor para destrucción según NTC 3264.

Bibliografía

- Agencia de Noticias UN. (22 de Enero de 2016). Agencia de Noticias. Recuperado el 31 de Mayo de 2016, de Universidad Nacional de Colombia: <http://agenciadenoticias.unal.edu.co/detalle/article/la-un-sube-figuracion-en-ranking-verde-mundial.html>
- Al-Khatib, I. A., Monou, M., Abu Zahra, A. S. F., Shaheen, H. Q., & Kassinos, D. (2010). Solid waste characterization, quantification and management practices in developing countries. A case study: Nablus district – Palestine. *Journal of Environmental Management*, 91(5), 1131–1138. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2010.01.003>
- Angelelli, E., & Speranza, M. G. (2002). The Application of a Vehicle Routing Model to a Waste-Collection Problem: Two Case Studies. *The Journal of the Operational Research Society*, 53(9), 944–952.
- Armijo de Vega, C., Ojeda Benítez, S., & Ramírez Barreto, M. E. (2008). Solid waste characterization and recycling potential for a university campus. *Waste Management*, 28, Supplement 1, S21–S26. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2008.03.022>
- Avendaño, F. (2015). Panorama actual de la situación mundial, nacional y distrital de los residuos sólidos. Análisis del caso Bogotá D.C., Programa Basura Cero. Bogotá: Universidad Nacional Abierta y a Distancia.
- Ayres, R. (1995). Thermodynamics and process analysis for future economic scenarios. *Environmental and resources economics*, 207-230.
- Ayres, R. U. (1999). The second law, the fourth law, recycling and limits to growth. *Ecological Economics*, 29(3), 473–483. [https://doi.org/10.1016/S0921-8009\(98\)00098-6](https://doi.org/10.1016/S0921-8009(98)00098-6)
- Banco Mundial. (2012). What a waste. Aglobal review of solid waste management. Washington: World Bank.

- Barros, R. M., Filho, G. L. T., Moura, J. S., Pieroni, M. F., Vieira, F. C., Lage, L. R., ... Bastos, A. S. (2013). Design and implementation study of a Permanent Selective Collection Program (PSCP) on a University campus in Brazil. *Resources, Conservation and Recycling*, 80, 97–106. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2013.09.005>
- Bektaş, T., & Laporte, G. (2011). The Pollution-Routing Problem. *Transportation Research Part B: Methodological*, 45(8), 1232–1250. <https://doi.org/10.1016/j.trb.2011.02.004>
- Bernt, J. (2002). Emissions from waste incineration. Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories. IPCC.
- BID. (2011). Informe de la evaluación regional de manejo de residuos sólidos urbanos en América Latina y el Caribe 2010. Banco Interamericano de Desarrollo.
- Boix, M., Montastruc, L., Azzaro-Pantel, C., & Domenech, S. (2015). Optimization methods applied to the design of eco-industrial parks: a literature review. *Journal of Cleaner Production*, 87, 303–317. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.09.032>
- Brandenburg, M., Govindan, K., Sarkis, J., & Seuring, S. (2014). Quantitative models for sustainable supply chain management: Developments and directions. *European Journal of Operational Research*, 233(2), 299–312. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2013.09.032>
- Bustos, H. (10 de Noviembre de 2016). Procesos administrativos OGA-UN. (J. Lizarazo, Entrevistador)
- Campbell, B. (1995). *Ecología humana. El lugar del hombre en la naturaleza*. Barcelona: Salvat Editores S.A.
- Cerceau, J., Mat, N., Junqua, G., Lin, L., Laforest, V., & Gonzalez, C. (2014). Implementing industrial ecology in port cities: international overview of case studies and cross-case analysis. *Journal of Cleaner Production*, 74, 1–16. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.03.050>
- Clarke, A., & Kouri, R. (2009). Choosing an appropriate university or college environmental management system. *Journal of Cleaner Production*, 17(11), 971–984. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2009.02.019>
- Como, G., & Fagnani, F. (2016). From local averaging to emergent global behaviors: The fundamental role of network interconnections. *Systems & Control Letters*, 95, 70–76. <https://doi.org/10.1016/j.sysconle.2016.02.003>

- CSU. (30 de Septiembre de 2014). Acuerdo 164 de 2014 del Consejo Superior Universitario. Recuperado el 05 de Junio de 2016, de Sistema de Información Normativa, Jurisprudencial y de Conceptos "Régimen Legal" - Universidad Nacional de Colombia: <http://www.legal.unal.edu.co/sisjurun/normas/Norma1.jsp?i=71730>
- De Luca, M., Dell'Acqua, G., & Lamberti, R. (2012). High-Speed Rail Track Design Using GIS And Multi-Criteria Analysis. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 54, 608–617. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.09.778>
- DNP. (21 de Enero de 2016). Rellenos sanitarios de 321 municipios colapsarán en cinco años, advierte el DNP. Recuperado el 21 de Abril de 2017, de Departamento Nacional de Planeación: <https://www.dnp.gov.co/Paginas/Rellenos-sanitarios-de-321-municipios-colapsar%C3%A1n-en-cinco-a%C3%B1os,-advierte-el-DNP-.aspx>
- El Tiempo. (13 de Mayo de 2014). Estas son las cinco universidades más sostenibles de Colombia. Recuperado el 23 de Agosto de 2016, de El Tiempo: <http://www.eltiempo.com/estilo-de-vida/educacion/estas-son-las-cinco-universidades-mas-sostenibles-de-colombia/13983336>
- EPA. (2015). WARM Model version 13. Environmental Protection Agency.
- Fikri, E., Purwanto, P., & Sunoko, H. R. (2015). Modelling of Household Hazardous Waste (HHW) Management in Semarang City (Indonesia) by Using Life Cycle Assessment (LCA) Approach to Reduce Greenhouse Gas (GHG) Emissions. *Procedia Environmental Sciences*, 23, 123–129. <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2015.01.019>
- Florian, E. (10 de Noviembre de 2016). Procesos administrativos OGA-UN. (J. Lizarazo, Entrevistador)
- Fuchs, V. J., Mihelcic, J. R., & Gierke, J. S. (2011). Life cycle assessment of vertical and horizontal flow constructed wetlands for wastewater treatment considering nitrogen and carbon greenhouse gas emissions. *Water Research*, 45(5), 2073–2081. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2010.12.021>
- Gallardo, A., Edo-Alcón, N., Carlos, M., & Renau, M. (2016). The determination of waste generation and composition as an essential tool to improve the waste management plan of a university. *Waste Management*. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2016.04.013>

- Garzón, Z. (10 de Noviembre de 2016). Procesos operativos División de Logística. (J. Lizarazo, Entrevistador)
- Gerber, L., Mayer, J., & Maréchal, F. (2011). A systematic methodology for the synthesis of unit process chains using Life Cycle Assessment and Industrial Ecology Principles. In M. C. G. and A. C. K. E.N. Pistikopoulos (Ed.), *Computer Aided Chemical Engineering* (Vol. 29, pp. 1215–1219). Elsevier. Retrieved from <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780444542984500222>
- Goedkoop, M., Reinout, H., Huijbregts, M., Schryver, A. d., Struijs, J., & van Zelm, R. (2009). *ReCiPe 2008: A life cycle assessment method*. Amsterdam: Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer.
- Graedel, T., & Allenby, B. (2010). *Industrial Ecology and Sustainable Engineering*. Prentice Hall.
- Grazhdani, D. (2016). Assessing the variables affecting on the rate of solid waste generation and recycling: An empirical analysis in Prespa Park. *Waste Management*, 48, 3–13. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2015.09.028>
- Hiremath, A. M., Pandey, S. K., Kumar, D., & Asolekar, S. R. (2014). Ecological Engineering, Industrial Ecology and Eco-Industrial Networking Aspects of Ship Recycling Sector in India. *APCBEE Procedia*, 10, 159–163. <https://doi.org/10.1016/j.apcbee.2014.10.035>
- IDEA. (2005). *Diagnóstico ambiental del campus sede Bogotá - Universidad Nacional de Colombia*. Bogotá: Instituto de Estudios Ambientales IDEA-UN.
- IDEAM. (2012). *Informe Nacional Generación y manejo de residuos o desechos peligrosos en Colombia - Año 2011*. Bogotá.
- ISO. (2004). *Norma ISO 14001*. International Standards Organization.
- ISO. (2006). *Norma ISO 14040 para el desarrollo de Análisis de Ciclo de Vida*. ISO.
- Jiang, Y., Zhang, X., Rong, Y., & Zhang, Z. (2014). A Multimodal Location and Routing Model for Hazardous Materials Transportation based on Multi-commodity Flow Model. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 138, 791–799. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.07.262>
- Jibril, J. D. azimi, Sipan, I. B., Sapri, M., Shika, S. A., Isa, M., & Abdullah, S. (2012). 3R s Critical Success Factor in Solid Waste Management System for Higher Educational Institutions. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 65, 626–631. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.11.175>

- Khan, D., Kumar, A., & Samadder, S. R. (2016). Impact of socioeconomic status on municipal solid waste generation rate. *Waste Management*, 49, 15–25. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2016.01.019>
- Laurent, A., Clavreul, J., Bernstad, A., Bakas, I., Niero, M., Gentil, E., ... Hauschild, M. Z. (2014). Review of LCA studies of solid waste management systems – Part II: Methodological guidance for a better practice. *Waste Management*, 34(3), 589–606. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2013.12.004>
- Leigh, M., & Li, X. (2015). Industrial ecology, industrial symbiosis and supply chain environmental sustainability: a case study of a large UK distributor. *Journal of Cleaner Production*. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.09.022>
- Lin, C., Choy, K. L., Ho, G. T. S., Chung, S. H., & Lam, H. Y. (2014). Survey of Green Vehicle Routing Problem: Past and future trends. *Expert Systems with Applications*, 41(4, Part 1), 1118–1138. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2013.07.107>
- LIST, G., & MIRCHANDANI, P. (1991). An Integrated Network/Planar Multiobjective Model for Routing and Siting for Hazardous Materials and Wastes. *Transportation Science*, 25(2), 146–156.
- Lopes Silva, D. A., de Oliveira, J. A., Saavedra, Y. M. B., Ometto, A. R., Rieradevall i Pons, J., & Gabarrell Durany, X. (2015). Combined MFA and LCA approach to evaluate the metabolism of service polygons: A case study on a university campus. *Resources, Conservation and Recycling*, 94, 157–168. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2014.11.001>
- Lozada, C. L. (2011). Evaluación ambiental estratégica de la política ambiental para la gestión integral de residuos o desechos peligrosos en Colombia. Universidad Nacional de Colombia, Instituto de Estudios Ambientales IDEA. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Lozano, R., Ceulemans, K., Alonso-Almeida, M., Huisingh, D., Lozano, F. J., Waas, T., ... Hugé, J. (2014). A review of commitment and implementation of sustainable development in higher education: results from a worldwide survey. *Journal of Cleaner Production*. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.09.048>
- Ma, J., & Hipel, K. W. (2016). Exploring social dimensions of municipal solid waste management around the globe – A systematic literature review. *Waste Management*, 56, 3–12. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2016.06.041>

- Martinez, J., & Roca, J. (2013). *Economía ecológica y política ambiental*. Mexico DF: Fondo de Cultura Económica.
- Martinez, L. F. (2016). *Informe de Aspectos Ambientales de la Universidad Nacional de Colombia - sede Bogotá*. Bogotá.
- Mason, I. G., Brooking, A. K., Oberender, A., Harford, J. M., & Horsley, P. G. (2003). Implementation of a zero waste program at a university campus. *Resources, Conservation and Recycling*, 38(4), 257–269. [https://doi.org/10.1016/S0921-3449\(02\)00147-7](https://doi.org/10.1016/S0921-3449(02)00147-7)
- Odum, E. P., & Barret, G. (2005). *Fundamentos de Ecología 5ta edición*. México DF: Thomson Learning.
- Oficina Nacional de Planeación UN. (2014). *Estadísticas e indicadores de la Universidad Nacional de Colombia*. Bogotá.
- OGA-UN. (31 de Mayo de 2016). Oficina de Gestión Ambiental. Recuperado el 19 de Agosto de 2016, de Universidad Nacional de Colombia: <http://oga.bogota.unal.edu.co/>
- ONU. (1987). *Informe Brundtland: Nuestro futuro común*. Oslo.
- Ortega, E., Otero, I., & Mancebo, S. (2014). TITIM GIS-tool: A GIS-based decision support system for measuring the territorial impact of transport infrastructures. *Expert Systems with Applications*, 41(16), 7641–7652. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2014.05.028>
- Pamučar, D., Gigović, L., Ćirović, G., & Regodić, M. (2016). Transport spatial model for the definition of green routes for city logistics centers. *Environmental Impact Assessment Review*, 56, 72–87. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2015.09.002>
- Pardo, M. (1998). *La sociedad del desperdicio. Hacia una sociología de los residuos en las sociedades modernas contemporáneas*. Navarra: Universidad Pública de Navarra.
- Pires, A., Martinho, G., & Chang, N.-B. (2011). Solid waste management in European countries: A review of systems analysis techniques. *Journal of Environmental Management*, 92(4), 1033–1050. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2010.11.024>
- PNUMA. (1992). *Convenio de Basilea sobre el control de los movimientos transfronterizos de los desechos peligrosos y su eliminación*. Basilea: Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente.

- Pradenas, L., Oportus, B., & Parada, V. (2013). Mitigation of greenhouse gas emissions in vehicle routing problems with backhauling. *Expert Systems with Applications*, 40(8), 2985–2991. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2012.12.014>
- Rodríguez, S. (2011). Residuos sólidos en Colombia. Su manejo es compromiso de todos. Tunja.
- Rollandi, R. (2009.). Problemática de la gestión de residuos sólidos en las megaciudades. Buenos Aires: IC-Latinoamérica.
- Sáez, A., & Urdaneta, J. (2014). Manejo de residuos sólidos en América Latina y el Caribe. *Omnia*, vol 20, num 3, 121-135.
- Salamanca, L. E. (2005). Diagnóstico ambiental asociado al manejo de residuos sólidos urbanos en el municipio de Arauca. Arauca.
- Samanlioglu, F. (2013). A multi-objective mathematical model for the industrial hazardous waste location-routing problem. *European Journal of Operational Research*, 226(2), 332–340. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2012.11.019>
- San Joaquin Valley Technology Advancement Program. (2013). Greenwaste compost site emissions reductions from solar-powered aeration and biofilter layer. San Joaquin Valley.
- Schiller, F., Penn, A. S., & Basson, L. (2014). Analyzing networks in industrial ecology – a review of Social-Material Network Analyses. *Journal of Cleaner Production*, 76, 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.03.029>
- SCS Engineers. (2007). Informe de evaluación Relleno Sanitario Doña Juana. Reston, Virginia.
- Smyth, D. P., Fredeen, A. L., & Booth, A. L. (2010). Reducing solid waste in higher education: The first step towards “greening” a university campus. *Resources, Conservation and Recycling*, 54(11), 1007–1016. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2010.02.008>
- Sary, C., & Wachholder, D. (2015). System-of-systems support — A bigraph approach to interoperability and emergent behavior. *Data & Knowledge Engineering*. <https://doi.org/10.1016/j.datak.2015.12.001>
- Tsvetkova, A., Hellström, M., Gustafsson, M., & Sjöblom, J. (2015). Replication of industrial ecosystems: the case of a sustainable biogas-for-traffic solution. *Journal of Cleaner Production*, 98, 123–132. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.08.089>

- Turner, D. A., Williams, I. D., & Kemp, S. (2015). Combined material flow analysis and life cycle assessment as a support tool for solid waste management decision making. *Journal of Cleaner Production*. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.04.077>
- UNAL. (02 de Junio de 2016). Misión y visión. Recuperado el 24 de Junio de 2016, de Universidad Nacional de Colombia: <http://unal.edu.co/menu-principal/la-universidad/mision-y-vision/>
- UNAL. (06 de Marzo de 2015). La U.N. diseña primer vehículo reglamentario de residuos peligrosos. Recuperado el 01 de Abril de 2016, de Agencia de Noticias UN: <http://agenciadenoticias.unal.edu.co/detalle/article/la-un-disena-primer-vehiculo-reglamentario-de-residuos-peligrosos.html>
- UNAL. (31 de Mayo de 2016). Diagnóstico interno del campus. Recuperado el 24 de Agosto de 2016, de Universidad Nacional de Colombia: <http://contratacion.bogota.unal.edu.co/documentos/CON-BOG-010-2013/pdf/CON-BOG-010-2013-ANEXO%206%20-%20PRM%20IV.%20DIAGNOSTICO%20diag%20interno.pdf>
- UNAL. (31 de Mayo de 2016). Excelencia académica. Recuperado el 24 de Agosto de 2016, de Universidad Nacional de Colombia: <http://unal.edu.co/formacion/estudiar-en-la-universidad/>
- UNAL. (31 de Mayo de 2016). Historia. Recuperado el 19 de Agosto de 2016, de Universidad Nacional de Colombia: <http://unal.edu.co/menu-principal/la-universidad/historia/>
- Universidad Nacional de Colombia . (2007). Plan de Gestión Integral de Residuos Peligrosos. Medellín.
- Verhoef, E. V., van Houwelingen, J. A., Dijkema, G. P. J., & Reuter, M. A. (2006). Industrial ecology and waste infrastructure development: A roadmap for the Dutch waste management system. *Technological Forecasting and Social Change*, 73(3), 302–315. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2004.03.009>
- Wang, L., & Haghghi, A. (2016). Combined strength of holons, agents and function blocks in cyber-physical systems. *Journal of Manufacturing Systems*, 40, Part 2, 25–34. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2016.05.002>
- Wang, Y., Shi, H., Sun, M., Huisingh, D., Hansson, L., & Wang, R. (2013). Moving towards an ecologically sound society? Starting from green universities and

- environmental higher education. *Journal of Cleaner Production*, 61, 1–5.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.09.038>
- Wy, J., Kim, B.-I., & Kim, S. (2013). The rollon–rolloff waste collection vehicle routing problem with time windows. *European Journal of Operational Research*, 224(3), 466–476. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2012.09.001>
- Zaman, A. U. (2014). Identification of key assessment indicators of the zero waste management systems. *Ecological Indicators*, 36, 682–693.
<https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2013.09.024>
- Zaman, A. U. (2015). A comprehensive review of the development of zero waste management: lessons learned and guidelines. *Journal of Cleaner Production*, 91, 12–25. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.12.013>
- Zeng, Y., Xiao, R., & Li, X. (2013). Vulnerability Analysis of Symbiosis Networks of Industrial Ecology Parks. *Procedia Computer Science*, 17, 965–972.
<https://doi.org/10.1016/j.procs.2013.05.123>
- Zhao, J., & Verter, V. (2015). A bi-objective model for the used oil location-routing problem. *Computers & Operations Research*, 62, 157–168.
<https://doi.org/10.1016/j.cor.2014.10.016>