

**CÁLCULO DE LA HUELLA ECOLÓGICA EN EL CAMPUS DE LA
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA**

**JHEFREY MOLINA RESTREPO
MARGARITA MARÍA OCAMPO RODRÍGUEZ**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES
ADMINISTRACIÓN AMBIENTAL
PEREIRA, RISARALDA**

2016

**CÁLCULO DE LA HUELLA ECOLÓGICA EN EL CAMPUS DE LA
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA**

**JHEFREY MOLINA RESTREPO
MARGARITA MARÍA OCAMPO RODRÍGUEZ**

Trabajo de grado para optar al título de Administrador Ambiental

DIRECTOR

**Msc. JHON JAIRO ARIAS MENDOZA
Economista industrial**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES
ADMINISTRACIÓN AMBIENTAL
PEREIRA, RISARALDA**

2016

NOTA DE ACEPTACIÓN

Msc Jhon Jairo Arias Mendoza
Director

Pereira 2016

DEDICATORIA

A nuestros padres por su apoyo y amor incondicional durante estos años de esfuerzo y dedicación.

Gracias a ellos hemos logrado terminar nuestro proyecto con éxito.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, que nos ha guiado y nos ha permitido seguir adelante en el cumplimiento de nuestras metas.

A nuestro Director, Jhon Jairo Arias Mendoza que siempre estuvo dispuesto a brindarnos su colaboración y asesoría desde el inicio hasta la culminación del proyecto.

Al Centro de Gestión Ambiental, que por su aporte económico y valiosa información fue de gran ayuda en el avance del proyecto.

A la Universidad Tecnológica de Pereira y a la comunidad perteneciente a ella, estudiantes, Docentes, Administrativos y personal de Aseo y Vigilancia, quienes cumplieron un papel importante durante el proceso de realización del proyecto.

Y a todas las personas que de una u otra manera colaboraron e hicieron parte de la elaboración de este trabajo.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN.....	13
ABSTRACT.....	14
1. INTRODUCCIÓN.....	15
2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	17
2.1. Planteamiento del problema.....	17
2.2 Pregunta de Investigación.....	18
3. JUSTIFICACIÓN.....	19
4. OBJETIVOS.....	21
4.1 Objetivo general.....	21
4.2 Objetivos específicos.....	21
5. MARCO CONCEPTUAL.....	22
5.1 Concepto de Desarrollo Sostenible.....	23
5.2 Capacidad de carga.....	24
5.3 Concepto de Economía Ecológica.....	26
5.3.1. Fundamentos de la Economía Ecológica.....	27
5.3.2. Aportes de la Economía Ecológica al Desarrollo Sustentable.....	29
5.4 Huella ecológica.....	31
5.4.1 Planteamientos y metodología de la huella ecológica.....	32
5.4.1.1 Superficies Biológicas.....	33
5.4.1.2 Huella Ecológica asociada a la energía.....	35
5.4.1.3 Análisis INPUT – OUTPUT.....	36
5.4.2 Criticas a la huella ecológica.....	37
5.5 Déficit ecológico.....	38
5.6 Huella ecológica en Universidades.....	39
6. MARCO LEGAL Y POLITICO.....	41
7. DISEÑO METODOLÓGICO.....	47
7.1 Tipo de Investigación.....	47

7.2 Fases metodológicas.....	47
8. METODOLOGÍA	48
8.1 TIPOS DE CÁLCULO DE EMISIONES (CO ₂)	51
8.1.1. Cálculo directo:.....	51
8.1.2 Cálculo indirecto.....	52
8.1.2.1 Población y Muestra.....	53
8.1.2.2 Definición de la muestra.....	54
8.1.2.3 Diseño de la encuesta.....	56
8.2 CALCULO DE EMISIONES DE CO ₂ ASOCIADO A LAS VARIABLES SELECCIONADAS	56
8.2.1 Energía.....	56
8.2.2 Agua	58
8.2.3. Alimentación.....	59
8.2.4 Espacio construido	60
8.2.5 Movilidad	62
8.2.6 Consumo de papel	64
8.2.7 Residuos sólidos	65
8.2.8 Capacidad de captura de CO ₂ del bosque de la Universidad Tecnológica de Pereira.....	66
8.2.8.1 Escenario uno: bosque en etapa de crecimiento	68
8.2.8.2 Escenario dos: bosque maduro.....	69
9. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	71
9.1 Emisiones de CO ₂ Generales	71
9.2 Emisiones de CO ₂ asociadas al consumo de Energía.....	72
9.3 Emisiones de CO ₂ asociadas al consumo de Agua.....	73
9.4 Emisiones de CO ₂ asociadas a la alimentación.....	75
9.5 Emisiones de CO ₂ asociadas al espacio construido.....	78
9.6 Emisiones de CO ₂ asociadas a la movilidad	79
9.7 Emisiones de CO ₂ asociadas al consumo de papel.....	90
9.8 Emisiones de CO ₂ asociadas a los residuos sólidos.....	93

10. HUELLA ECOLÓGICA DE LA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA	94
10. 1 Huella Ecológica (Hipotética).....	94
10.2 Huella Ecológica (Real)	97
11. ACCIONES PARA MITIGAR LA HUELLA ECOLÓGICA EN EL CAMPUS DE LA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA	102
11.1 Propuestas para la reducción del consumo energético	102
11.2 Propuestas para la reducción del consumo de agua	106
11.3 Propuesta para un campus universitario verde	108
11.4 Propuesta para disminuir el consumo de papel en el campus universitario	110
11.5 Propuesta para mitigar la Huella Ecológica asociada a la alimentación ...	113
11.6 Propuesta para mitigar la Huella Ecológica Asociada al transporte.....	114
12. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	118
BIBLIOGRAFÍA	120

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Variables consideradas en el cálculo de la HE	48
Tabla 2: Variables seleccionadas en el cálculo de la HE	49
Tabla 3: Factores de equivalencia	51
Tabla 4: Población total de Estudiantes y Docentes por Facultad y número de muestras	54
Tabla 5: Población total de Administrativos por Facultad y número de muestras ..	55
Tabla 6: Población total y número de muestras Personal Aseo y Vigilancia.....	55
Tabla 7: Factor de Emisión de Energía.....	57
Tabla 8: Huella Ecológica por tipo de área	60
Tabla 9: Nivel de ocupación de automóvil	64
Tabla 10 : Estimación de las emisiones de dióxido de carbono generadas por deforestación durante el período 2005-2010	68
Tabla 11: Emisiones totales de CO ₂	71
Tabla 12: Consumo de energía y emisiones de CO ₂ per cápita	72
Tabla 13: Consumo de agua y emisiones de CO ₂ per cápita.....	74
Tabla 14: Hábitos de Movilidad (Caminando y Bicicleta)	89
Tabla 15 Emisiones totales de CO ₂	94
Tabla 16: Huella Ecológica de la Universidad Tecnológica de Pereira	95
Tabla 17: Huella Ecológica Global de la Universidad Tecnológica de Pereira.....	96
Tabla 18: Huella Ecológica en Universidades	96
Tabla 19 Emisiones totales de CO ₂	98
Tabla 20: Huella Ecológica de la Universidad Tecnológica de Pereira	99
Tabla 21: Huella Ecológica en hectáreas globales (hag)	100
Tabla 22: Huella Ecológica en Universidades a nivel internacional	100

INDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Distribución porcentual de las emisiones de CO ₂	71
Gráfico 2: Consumo de Energía mensual del campus Universitario	73
Gráfico 3: Consumo de agua mensual dentro del campus universitario.....	75
Gráfico 4: Huella Ecológica por tipo de área	76
Gráfico 5: Emisiones de CO ₂	77
Gráfico 6: Huella Ecológica porcentual.....	78
Gráfico 7: Emisiones de Toneladas de CO ₂ totales por actor	80
Gráfico 8: Toneladas de CO ₂ anuales por actor	80
Gráfico 9: Porcentaje de emisiones totales de CO ₂ por tipo de transporte.....	81
Gráfico 10: Porcentaje de Emisiones de CO ₂ estudiantes asociadas a la movilidad	82
Gráfico 11: Emisiones porcentuales de CO ₂ estudiantes en bus.....	83
Gráfico 12 : Porcentaje de Emisiones de CO ₂ docentes asociadas a la movilidad	84
Gráfico 13: Emisiones porcentuales de CO ₂ docentes en automóvil	85
Gráfico 14: Porcentaje de Emisiones de CO ₂ administrativos asociadas a la movilidad.....	86
Gráfico 15: Emisiones porcentuales de CO ₂ , administrativos en automóvil.....	87
Gráfico 16: Porcentaje de Emisiones de CO ₂ Vigilancia y Aseo asociadas a la movilidad.....	88
Gráfico 17: Emisiones porcentuales de CO ₂ , Vigilancia y Aseo en Bus	89
Gráfico 18: Porcentaje de emisiones de CO ₂ según el actor	90
Gráfico 19: Distribución del consumo de papel según actividad	91
Gráfico 20: Distribución del consumo de papel estudiantes según actividad	91
Gráfico 21: Distribución del consumo de papel docentes según actividad.....	92
Gráfico 22: Clasificación de los residuos sólidos	93
Gráfico 23: Distribución de las emisiones de CO ₂	98
Gráfico 24: Huella Ecológica por tipo de variable	99

INDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1 : Calculo de Huella Ecológica.....	50
Ecuación 2: Cálculo de Emisiones de CO ₂	52
Ecuación 3: Cálculo de Factores de Extrapolación.....	53
Ecuación 4: Consumo de Combustible	62
Ecuación 5: Emisiones de CO ₂	63

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Población y muestra otros Administrativos por Dependencia	125
Anexo 2: Formato de recolección de datos (Estudiantes).....	126
Anexo 3: Formato de recolección de datos (Administrativos)	128
Anexo 4: Formato recolección de datos (Personal Aseo y Vigilancia)	130
Anexo 5: Formato de recolección de datos (Docentes)	132
Anexo 6: Inventario de Alimentos (Carne y pescado)	134
Anexo 7: Inventario de Alimentos (Abarrotes, verduras y lácteos).....	135
Anexo 8: Cuantificación de materiales de Construcción BLOQUE C.....	136
Anexo 10: Emisiones de CO2 asociadas a la construcción	140
Anexo 11 Estimaciones de emisiones de CO2 y disposición de Residuos Sólidos en el Relleno Sanitario La Glorita	141
Anexo 12: Mapa Verde UTP	142

RESUMEN

Al ser parte de la sociedad somos responsables del deterioro ambiental que se evidencia en los ecosistemas del planeta y por ende debemos ser conscientes y tomar medidas que protejan los recursos naturales. Como Institución educativa la Universidad Tecnológica de Pereira debe formar íntegramente a su comunidad universitaria asumiendo a su vez el impacto ambiental generado.

La realización de este proyecto permitió calcular la huella ecológica en el campus, con el fin de conocer el desempeño ambiental de la institución y generar acciones que disminuyan las emisiones de dióxido de carbono (CO₂), resultado de las actividades ligadas al proceso de educación y de esta manera contribuir al desarrollo sostenible de la región.

Palabras clave: Huella ecológica, campus universitario, dióxido de carbono, desarrollo sostenible.

ABSTRACT

Being part of a society, we are responsible of the environmental deterioration, which is evident on the planet's ecosystem, for this reason, we should be conscious, and take actions that will protect all the natural resources. As an educational institution Technological University of Pereira, should educate the entirely community in the university, assuming the environmental impact generated.

The realization of this project allowed us to calculate the ecological footprint in the campus, with the purpose of meeting the environmental development of the institution, and to generate actions that decreases the emissions of carbon dioxide, as a result of the activities attached to the process of education of this matter, and on this way contribute to the sustainable development of the region.

Key words: Ecological footprint, University campus, Carbon dioxide, sustainable development.

1. INTRODUCCIÓN

Con el ingenio humano y la capacidad industrial y tecnológica desarrollada en las últimas décadas por el hombre se ha logrado un aumento en lo que se considera “mejor calidad” de vida en algunas regiones de la tierra. En lo anterior han jugado un papel esencial los modelos económicos y las teorías propuestas en estos que han llevado a maximizar el beneficio y la innovación, impulsando una competencia y desarrollo; un desequilibrio en el acceso, goce y uso de los recursos naturales con países que consumen un porcentaje desproporcionado de estos, mientras otros ven limitado su acceso y experimentan un mayor deterioro ambiental.

En esta nueva situación que cada día se hace más perceptible y ya es casi imposible de negar, la desigualdad económica y el deterioro de los recursos naturales ha obligado a abogar por nuevos conceptos que analicen a fondo y de forma diferente la relación del hombre con la naturaleza, de este conflicto ha surgido la sostenibilidad y la economía ecológica como apuestas a la solución de la problemática.

Para fortalecer estos conceptos es necesario formular indicadores que permitan conocer las condiciones reales de los ecosistemas y por consiguiente faciliten la evaluación y análisis de la problemática, y los puntos y alcances en los que se deben hacer énfasis para lograr un equilibrio ambiental.

La Huella Ecológica ha surgido como una medida principal a escala global que da cuenta y ayuda a dimensionar la demanda de la sociedad sobre la naturaleza. No son pocos los llamados de emergencia que han hecho organizaciones y estudios científicos acerca del estado actual del planeta, llegándose incluso a hablar de una demanda de recursos naturales superiores a los que pueden generar los ecosistemas cada año.

Propuesta en 1990 por Mathis Wackernagel y William Rees, la Huella Ecológica tiene ahora un uso amplio y aceptado por los científicos, gobiernos, agencias, instituciones e individuos que toman conciencia cada vez más de la presión sobre el planeta y la necesidad de tomar medidas personales y colectivas para analizar y proponer acciones que permitan resolver los dilemas en el delicado equilibrio que hay actualmente entre los humanos y las demás especies que habitan el planeta tierra.

Uno de los retos ante este panorama es hacer cambios profundos en el comportamiento de la sociedad sobre todo de las nuevas generaciones donde el

consumo masivo y la generación de residuos son habituales en el día a día. En esto la educación es un factor fundamental que sirve como medio para generar cambios que permitan replantear la forma como nos relacionamos con el ambiente.

Partiendo de lo anterior la Universidad Tecnológica de Pereira como institución educativa debe ser parte del propósito de lograr una sostenibilidad y formular estrategias que mitiguen los impactos de las actividades que como sistema abierto con entradas y salidas genera en su entorno.

2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

2.1. Planteamiento del problema

Las actividades humanas tienen un impacto tanto directo como indirecto en el medio ambiente. Tener conocimiento de la forma como se está afectando el entorno es vital para entender los alcances de las acciones que realizamos y a partir de esto tomar decisiones que contribuyan a un cambio.

Los gases de efecto invernadero se encuentran de forma natural en la atmósfera terrestre, la concentración de estos es baja, pero son vitales para la existencia de la vida en el planeta Tierra. La problemática actual es el aumento de estos gases naturales listados en el protocolo de Kioto: *dióxido de carbono (CO₂)*; *metano (CH₄)*; *óxido nitroso (N₂O)*; *hidrofluorocarbonos (HFC)*; *perfluorocarbonos (PFC)*; *hexafluoruro de azufre (SF₆)* que absorben la radiación infrarroja y provocan un calentamiento climático.

Al ser un recurso compartido, las actividades antrópicas que generan las emisiones especialmente de dióxido de carbono (CO₂) representan un desafío a resolver en orden de mitigar el cambio climático de las últimas décadas.

La Universidad Tecnológica de Pereira no es ajena al desafío, como Institución, tiene el deber de brindar una formación que responda a las necesidades de desarrollo integral actuales. En la Facultad de Ciencias Ambientales, particularmente con el programa de Administración Ambiental, se apuesta por un profesional interdisciplinario que tenga la preparación necesaria para abordar los problemas socioambientales y aporte en la construcción de una sociedad sustentable. Acorde con lo anterior, la institución debe asumir la responsabilidad de sus actividades y ser consciente de los impactos negativos que puedan generarse en el entorno. Es necesaria una posición crítica consigo misma y un papel activo en la construcción del modelo de desarrollo sostenible a nivel local, regional y global.

La huella ecológica (HE) ayuda a calcular la cantidad de gases efecto invernadero (GEI) liberados a la atmósfera en procesos y actividades particulares, especialmente el dióxido de carbono (CO₂).

Con el cálculo de la HE de la Universidad Tecnológica de Pereira (UTP) se pretende identificar dentro de la institución las actividades que más impacto negativo generan en el medio ambiente y cuál es su desempeño ambiental en

comparación con otras universidades dentro y fuera del país donde se hayan realizado este tipo de estudios y poder analizar la eficiencia en el uso de recursos naturales indispensables como el agua, y el rendimiento relacionado al consumo de energía y papel, entre otros.

2.2 Pregunta de Investigación

¿Cuántas hectáreas de tierra serían necesarias para asimilar los residuos producidos en el campus de la Universidad Tecnológica de Pereira?

3. JUSTIFICACIÓN

La presión sobre los recursos naturales y el consumo de materias primas ha incrementado a través del tiempo y se han utilizado, apropiado y aprovechado estos recursos, muchas veces, de manera indiscriminada. La demanda constante sobre la naturaleza ha traído como consecuencia un impacto ambiental fuerte e irreparable, con el deterioro e incluso pérdida de ecosistemas estratégicos para la vida, y su influencia evidente en el aumento progresivo de la temperatura a nivel global.

Los seres humanos con sus hábitos de vida y actividades diarias producen gran variedad de desechos que tienen un impacto negativo sobre el planeta; el aprovechamiento de variedad de recursos naturales para beneficio humano genera constante presión y agotamiento de ellos. La huella ecológica se define entonces como las hectáreas de tierra productiva, y la capacidad de esta para proveer recursos y asimilar los residuos generados por una población determinada.

Dados los patrones de consumo actual y la alta generación de residuos, se han desarrollado formas de medir la huella ecológica de una determinada comunidad. La cual a partir de cálculos de consumo de recursos (agua, energía eléctrica, combustible, etc.) permite comparar el consumo de un determinado sector de la población, con la limitada productividad ecológica de la tierra. (Leiva Mas, Rodríguez Rico, & Martínez Nodal, 2012)

Años atrás se ha hablado de estrategias e infinidad de medidas para reducir el impacto que los seres humanos ejercen sobre el planeta y dado que este tipo de investigación ha sido por diversas Universidades siendo gran utilidad en términos de sostenibilidad es necesario que la Universidad Tecnológica de Pereira incluya documentos acerca de las emisiones de carbono de su campus Universitario.

Con relación a lo previo es importante mencionar que durante “La Década de las Naciones Unidas de la Educación para el Desarrollo Sostenible (2002)”¹, se promovieron campañas de difusión, publicaciones y congresos en temas ambientales, invitando a las diversas Universidades en la promoción de este tipo de proyectos y promover no solamente un desarrollo personal sino socio económico, cultural y ambiental. (Vega Marcote & Álvarez Suárez, 2011).

¹ Vega Marcote & Álvarez Suárez, 2011. Enseñanza de las Ciencias. La Agenda 21 y Huella Ecológica como Instrumentos para lograr una Universidad Sostenible.

Una Institución Educativa como lo es la Universidad Tecnológica de Pereira, con más de dieciséis mil estudiantes y altos estándares educativos y de calidad, debe incluir información sobre su huella ecológica. Para esto es necesario realizar mediciones tanto cualitativas (movilidad) como cuantitativas que permitan una aproximación al cálculo de la huella de carbono del campus.

La medición de la huella ecológica de un determinado grupo social o comunidad es relevante para la implementación de alternativas o medidas que permitan la disminución de la misma; para este caso, acciones pertinentes y el seguimiento de estas, que le dé a la Universidad Tecnológica de Pereira herramientas en la toma de decisiones, una elaboración acertada de programas ambientales, y mayor concientización en los estudiantes y directivos sobre un tema que es imprescindible actualmente. Por lo tanto sería un indicador que facilite la toma de decisiones y medidas a tomar para la disminución de dióxido de carbono (CO₂) y mitigación del cambio climático que representa uno de los mayores desafíos ambientales.

Si bien es cierto que la Universidad Tecnológica de Pereira ha realizado esfuerzos en su compromiso con el medio ambiente reflejado en el puesto que ocupó en el ranking de GreenMetric², es necesario fortalecer aspectos como movilidad, energía y cambio climático. Los cuales son relevantes en el estudio de la Huella Ecológica y por lo tanto su cálculo evidenciaría las falencias actuales en el campus y posibles acciones a tomar que representen una mejora en la sostenibilidad de la Universidad y en un futuro ser pionera a nivel ambiental en el país.

² El cual compara los esfuerzos de las Universidades a nivel mundial hacia la sostenibilidad del campus y el medio ambiente.

4. OBJETIVOS

4.1 Objetivo general

- Calcular la huella ecológica en el campus de la Universidad Tecnológica de Pereira

4.2 Objetivos específicos

- Priorizar las diferentes variables que contribuyen en la emisión de CO₂ dentro del Campus Universitario.
- Calcular la huella ecológica de las principales variables que contribuyen en la emisión de CO₂ en la Universidad Tecnológica de Pereira.
- Proponer acciones tendientes a la mitigación de la huella ecológica en el campus de la Universidad Tecnológica de Pereira.

5. MARCO CONCEPTUAL

En las décadas previas a los años sesenta y setenta no existía mucha claridad e importancia sobre lo que significaba el medio ambiente y los recursos naturales; pero a pesar de ello variedad de economistas, ecologistas, científicos e investigadores sociales empezaron a especular sobre el estado de los ecosistemas (fauna y flora) en el planeta, acrecentándose la preocupación con el crecimiento exponencial de la población y el aprovechamiento y demanda sobre los recursos que esto implicaría, temiendo una futura escasez. Por lo tanto fue necesario establecer y reconocer la importancia de un Desarrollo Sostenible al tener en cuenta que la protección y mantenimiento de la biodiversidad a nivel mundial era fundamental.

Con la Declaración de Río se define la Agenda 21, se enfatiza en temas como el cambio climático, la diversidad biológica y bosques; de igual forma se retoma el Informe Brundtland con la muy conocida “*Cumbre de la Tierra*” en el año 1992 (Ciencias de la Salud, Biológicas y Ambientales, 2012). Durante este proceso y a través de la Agenda 21, se le da una mayor importancia y participación a los entes locales con aportes al Desarrollo Sostenible basado en un equilibrio entre lo económico, social y ambiental.

“La Agenda 21, reconoce el papel fundamental que los sistemas urbanos deben cumplir en el desarrollo de este tipo de políticas, ya que la ciudad es un núcleo muy cercano a los conflictos ambientales, económicos y sociales, pero es también fuente de creatividad y de impulso a la búsqueda de soluciones; es la unidad más pequeña en la que los problemas pueden ser resueltos de manera integrada.” (Ciencias de la Salud, Biológicas y Ambientales, 2012)

Después de la Cumbre de Río en 1997, los países Industrializados se comprometen en la Ciudad de Tokio a ejecutar un conjunto de medidas para reducir los gases de efecto invernadero, conocido como el Protocolo de Kioto. En el año 2002, ya siglo XXI se reafirmaron los compromisos de los países con el medio ambiente por medio de la Declaración de Johannesburgo, al reconocer que el desarrollo sustentable exige un enfoque a largo plazo. (Ciencias de la Salud, Biológicas y Ambientales, 2012).

Los distintos temas tratados generaron y ampliaron la importancia del medio ambiente y de que las acciones cotidianas individuales y colectivas tienen un

efecto negativo y muchas veces irreversible tanto en términos locales como globales.

5.1 Concepto de Desarrollo Sostenible

Se debe entender el desarrollo sostenible como un proceso que resalta a los distintos actores que conforman la sociedad su responsabilidad con el medio ambiente. Es decir, es un proceso integral que exige compromisos políticos, económicos, socioculturales y ambientales que conlleven a conservar en armonía las relaciones del hombre con su hábitat.

El desarrollo sostenible o también llamado desarrollo sustentable fue definido por La Comisión Mundial para el Medio Ambiente y el Desarrollo, establecida por las Naciones Unidas en 1983 como aquel que *"...satisface las necesidades del presente sin comprometer las capacidades que tienen las futuras generaciones para satisfacer sus propias necesidades"*. (Plan Verde, Ciudad de México, 2011).

Según esta definición, el desarrollo sostenible está vinculado con el objetivo de la equidad intergeneracional. *"El desarrollo sostenible reconoce la responsabilidad de cada generación de ser justa con la siguiente generación, mediante la entrega de una herencia de riqueza que no puede ser menor que la que ellos mismos han recibido. Alcanzar este objetivo, como mínimo, requerirá hacer énfasis en el uso sostenible de los recursos naturales para las generaciones siguientes y en evitar cualquier daño ambiental de carácter irreversible"*. (Hunter, 1994)

De esta manera el desarrollo sostenible es una nueva forma de considerar el antiguo concepto de desarrollo que no solo contempla el progreso económico y material como tradicionalmente se ha percibido sino que plantea la necesidad de un equilibrio entre el bienestar social y el aprovechamiento de los recursos naturales, haciéndonos responsables tanto por la sostenibilidad de las especies de fauna y flora en el tiempo como de los ecosistemas.

En 2001 la UNESCO con la Declaración Universal sobre la Diversidad Cultural ahonda más en el concepto y afirma que *"la diversidad cultural es tan necesaria para el género humano como la diversidad biológica para los organismos vivos"*; Se convierte en *"una de las raíces del desarrollo entendido no sólo en términos de crecimiento económico, sino también como un medio para lograr un balance más satisfactorio intelectual, afectivo, moral y espiritual"*. Esta visión le da igual de importancia a los conocimientos, prácticas, modos y demás aspectos intrínsecos al hombre que también se ven en riesgo cuando se vulnera el hábitat.

El desarrollo sustentable no solo contempla líneas ambientales. En términos más generales, las políticas de desarrollo sustentable afectan a tres áreas: económica, ambiental y socio-cultural. Por esto varios textos de las Naciones Unidas, incluyendo el Documento Final de la Cumbre Mundial de 2005, se refieren a los tres componentes del desarrollo sustentable, que son el desarrollo económico, el desarrollo socio-cultural y la protección del medio ambiente, como “*pilares interdependientes que se refuerzan mutuamente*”. Así el concepto ahonda en lo cuidadosa que debe ser la relación entre lo económico, lo social y lo ecológico para alcanzar progreso y bienestar sin comprometer el medio ambiente.

Son muchos las economías que han firmado convenios y se han comprometido a un cambio en su modelo de desarrollo sin embargo uno de los mayores obstáculos que ha encontrado este concepto ha sido el acomodo de su interpretación, muchos países por años han tratado de re conceptualizar el desarrollo sostenible para no afectar significativamente el modelo económico, la forma como producen y cuanto acceso tiene a recursos naturales.

Si bien hay muchas definiciones del uso sostenible de los recursos naturales renovables, es común que incorporen el concepto de equidad intergeneracional. Así, la Convención de Biodiversidad firmada en Río de Janeiro en 1992, la cual entró en vigencia en marzo de 1994, define como uso sostenible de los recursos biológicos “*el uso de los componentes de la diversidad biológica en una forma y a una tasa que no conduzca al declive de los recursos biológicos en el largo plazo, y, por consiguiente, que mantenga su potencial para satisfacer las necesidades y aspiraciones de las generaciones presentes y futuras*”.

Si bien el concepto se ha ido puliendo y cada vez siendo más claro teniendo relevancia en la política actual, no son aun suficiente las iniciativas y esto se puede deber a la falta de conceso que aun en pleno siglo XXI se tiene sobre el desarrollo. Los compromisos y propuestas que se realizan se encuentran muy influidos por la debilidad o fortaleza con que se asume el concepto de desarrollo sostenible en cada nación.

5.2 Capacidad de carga

A lo largo de las últimas décadas la preocupación por el deterioro de los recursos naturales sustentada en los estudios científicos ha llevado a muchas organizaciones a profundizar el discurso ambiental, dibujando con esto unos límites a las actividades antrópicas bajo nuevos objetivos de desarrollo. En este contexto la formulación de nuevos conceptos refuerzan y apoyan el debate social, económico y político dentro del marco del desarrollo sustentable.

La definición del desarrollo sustentable de la comisión Brundtland que es el más aceptado sigue siendo ambigua, o por lo menos, en sus primeros años lo fue. Con el fin de enriquecer este concepto desde la ciencia de la ecología se definió la capacidad de carga como *“la tasa máxima de consumo de recursos y descarga de residuos que se puede sostener indefinidamente sin desequilibrar progresivamente la integridad funcional y la productividad de los ecosistemas principales, sin importar dónde se encuentren estos últimos. La correspondiente población humana es una función de las relaciones entre el consumo material y la producción de residuos per cápita o la productividad neta dividida por la demanda per cápita”* (The International Society for Ecological Economics , 1994).

Este concepto parte de la tercera ley de la Ecología³, que reconoce el consumo de la humanidad y el uso y acceso a la tecnología como variables primordiales en el impacto de las poblaciones a los ecosistemas.

La capacidad de carga al ser un concepto cuantitativo intenta evidenciar los límites, muchas veces difíciles de definir por los intereses individuales versus los grupales, los internacionales versus los locales, los económicos versus los ambientales, etc; de un espacio con características únicas y su capacidad de soportar el crecimiento poblacional continuo, consumo de recursos y generación de residuos. Es decir, desde una visión más biológica, la máxima población de especies dadas que pueden ser soportadas indefinidamente por un hábitat definido.

Se puede entender como este aporte completa el concepto de sostenibilidad y reafirma que si bien debe haber un desarrollo y mejora en la calidad de vida esta debe estar dentro de la capacidad de carga que tiene tanto el ecosistema de donde se aprovechan los recursos como donde se descargan los residuos de toda actividad humana.

Para (Pérez, 2007), un problema de la capacidad de carga se presenta por la incertidumbre y desconocimiento del funcionamiento de ecosistemas y consecuentemente la medición o predicción respecto al punto en el que hay sobrecarga de población. *“La tierra es un hábitat indefinido y su capacidad de soportar humanos a nivel global es desconocida”*

La Unidad de medida y los indicadores básicos de la capacidad de carga es el número de población por unidad de área. En sistemas complejos esta medida involucra complicadas interrelaciones entre especies interdependientes. Según

³ Basado en las leyes propuestas por Garret Hardy, 1993 en Algara Sánches de las Matas , 2008.

Pérez, 2007 en su libro “*Los derechos de la sustentabilidad*” una crítica común a la capacidad de carga es que no toma en consideración los diferentes recursos requeridos por el hombre a diferentes niveles de desarrollo económico o la capacidad de expandir la carga de los ecosistemas mediante los avances científicos y tecnológicos.

Pese a lo anterior el concepto es ampliamente aceptado a nivel global y es indispensable en los estudios de impacto así como en la concientización y educación ambiental al igual que en el desarrollo de políticas ambientales que tengan como objetivo alcanzar una sostenibilidad en las actividades locales, regionales y globales.

Para esto se hace necesario desarrollar herramientas que respondan al grado de complejidad que caracteriza las interacciones entre los sistemas ecológico y socioeconómico. Los mejores instrumentos para esto son los indicadores de sostenibilidad, que permiten evaluar los avances hacia la nueva concepción de desarrollo.

5.3 Concepto de Economía Ecológica

Es a partir de la integración de diferentes disciplinas como la economía, ecología, termodinámica y algunas ciencias sociales y naturales que emerge la Economía Ecológica (EE) con la cual se pretende dar una visión holística al medio ambiente y la economía, al tomar en cuenta no solo los factores económicos, sino su interacción con los factores ambientales que influyen en la sociedad.

La EE se caracteriza por su “*enfoque pluralista*” es decir, que considera diferentes teorías simultáneamente y en diferentes niveles de estudio, utilizando un enfoque sistémico y respetando fronteras de las diferentes ciencias e incorpora el concepto de complejidad que caracteriza los procesos y que obliga a estudiar situaciones y relaciones complejas como la demografía humana, sociología ambiental, economía y política. (Castiblanco, 2007)

Igualmente es basada en la transdisciplinariedad y a la vez es interdisciplinaria; transdisciplinar en el sentido de participación y creación de nuevos conceptos, e interdisciplinaria porque para que funcione y sea congruente es necesaria la colaboración de las partes interesadas.

En relación a lo anterior la economía ecológica pretende integrar los sistemas sociales y económicos de una sociedad en particular con el fin de establecer patrones de sostenibilidad entre los impactos asociados a la economía como: la producción, distribución de materiales y el uso discriminado del agua, energía y

materias primas. Por lo tanto es fundamental establecer instrumentos para el análisis y mitigación de la problemática ambiental presente.

5.3.1. Fundamentos de la Economía Ecológica

Es a partir del Siglo XX entre los años setenta y ochenta que aumenta la preocupación por el medio ambiente y los recursos naturales, y por ende se desarrolla e inicia la implementación de la Economía Ecológica, la cual “*Se consolida como un campo de trabajo a partir de 1980 y rápidamente se unen un gran número de investigadores de diferentes disciplinas, interesados en el estudio de los problemas ambientales*” (Castiblanco, 2007)

Para muchos miembros de la comunidad científica y distintas instituciones fue evidente el efecto negativo que la actividad económica ejercía sobre el medio ambiente, por tal razón en el año 1989 se funda la Sociedad Internacional de Economía Ecológica, en la que se pretendía estudiar la economía desde distintas perspectivas.⁴ Esta Sociedad permitía a los diferentes científicos y académicos analizar las problemáticas asociadas a la economía y el medio ambiente de manera transdisciplinar y comprender los diferentes conceptos de la económica y la ecología. De igual manera se quería que tanto los ecologistas como los economistas trabajaran juntos utilizando herramientas propias para comprender la relación de ambas materias al retomar visiones clásicas de las dos ciencias y crear nuevas nociones.

Colombia para el año 2005 realizó un evento por parte del Instituto de Estudios Ambientales, IDEA y el Programa de Maestría en Ciencias Económicas de la Universidad Nacional de Colombia, junto con el Instituto CINARA de la Universidad del Valle, llamado “*Perspectivas de la Economía Ecológica en Colombia*”, el principal objetivo de este encuentro era impulsar a nivel nacional el análisis de la Economía Ecológica por parte de Investigadores, miembros de la academia y estudiantes, e igualmente se pretendía la creación de la Sociedad Colombiana de Economía Ecológica. Con la clausura de este evento se estableció formalmente la participación de sus primeros miembros y el lanzamiento de cuatro libros en relación al tema por medio del trabajo realizado por docentes y estudiantes de Medellín y Bogotá de la Universidad Nacional de Colombia. (Castiblanco, 2007)

⁴ Tomado de Introducción a la Economía Ecológica / Michael Common, Sigrid Stagl ; [traducción: AMT Traducciones] ; [versión española revisada por: Álvaro Isidro Paños Cubillo y Alfredo Cadenas Marín]. – Barcelona : Reverté, [2008]

Es importante mencionar que hay ciertos antecedentes relacionados con la fundamentación de la Economía ecológica como la inclusión de la termodinámica durante la segunda mitad del siglo XIX, en particular la entropía, la cual como segunda ley de la termodinámica indica que la energía tiende a disiparse y nunca puede ser utilizada por el ser humano sin ningún desperdicio.⁵

Así mismo la EE critica fuertemente la teoría Económica Neoclásica-Keynesiana, la cual considera el sistema económico como un sistema cerrado sin entradas o salidas, el cual refleja un ciclo desde la producción de bienes y servicios por parte de las empresas seguido por la adquisición de estos por parte de las familias, y a su vez se *“ofrecen en el mercado capital, tierra y/o trabajo que es comprado por las empresas y, así, sucesivamente”* (Foladori, 2001)

El ciclo cerrado, base de la Economía neo-clásica es confrontado con el concepto de Economía Ecológica considerado como un ciclo abierto, el cual posee entradas, como energía solar y materiales y salidas como generación de residuos y desperdicios al medio ambiente; de tal forma la economía ecológica pretende dar un alcance mayor a la economía clásica y contemplar la existencia de los efectos del ser humano en el medio ambiente y la utilización de recursos de manera indiscriminada.

Por otra parte entre los principales fundadores de este nuevo concepto se encuentran los economistas K.E Boulding, Herman E. Daly y Nicolas Georgescu-Roegen y los ecologistas C.S Holling y H.T Odum. Los cuales contribuyeron por medio de textos y artículos al concepto de economía ecológica. De igual manera la participación por parte de del biólogo Patrick Gedes, el medico Sergei Podolinsky y el ingeniero Josef Popper- Lynkeus promovieron la *“visión biofísica”* de la Economía sin mayor éxito desde finales del siglo XIX y principios del siglo XX.

Los siguientes son algunos aportes a esta nueva línea de pensamiento de la economía ecológica por parte de algunos autores previamente mencionados, con los cuales se pretende renovar la visión de la economía hacia un sistema abierto con entrada de materiales y generación de residuos, así como ampliar el concepto y crear una nueva percepción.

En el año 1966 el economista K.E Boulding fue reconocido por su publicación *“The Economics of the Coming Spaceship Earth”*, donde el planeta

⁵ Retomado de La Economía Ecológica, 2001 por Guillermo Foladori, “La historia de la Economía Ecológica” por Podolinsky, Capítulo 7 pág 190.

tierra es considerado como una fuente de recursos y no existe una relación integral entre la economía y el medio ambiente y se hace referencia a las causas de las problemáticas ambientales globales.

Por su parte el Economista y estadístico Nicolas Georgescu – Roegen contribuye con el concepto de la entropía, *“al centrar su interés en el estudio de las propiedades termodinámicas de los procesos económicos, incorporando en su trabajo una concepción diferente del tiempo, el tiempo histórico, el tiempo no newtoniano, propio de los fenómenos irreversibles”* (Castiblanco, 2007) Con esto hace énfasis en que la materia se degrada y su cambio natural durante el proceso de degradación es irreversible, así mismo con sus publicaciones pretendía dar a entender el verdadero valor de los procesos económicos.

Otro gran aporte fue el de E. Daly, su premisa central era la disminución del uso de materiales y energía, también escribió en referencia al medio ambiente y el crecimiento económico a nivel mundial; así como es relevante mencionar la participación del ecólogo H.T Odum el cual incorpora a nivel global y local las interacciones entre la economía y la ecología, que ha sido referente para muchos otros autores por su amplio conocimiento en las relaciones y funciones ecosistémicas.

Por otro lado se encuentran autores y economistas ecológicos contemporáneos reconocidos como el profesor Joan Martínez Alier, quien hace parte de la Universidad Autónoma de Barcelona y ha publicado numerosos ensayos sobre el conflicto ecológico y diferentes temas en relación a la economía ecológica. Y la participación de Robert Ayres, Jose Manuel Naredo, Antonio Valero, Guissepe Munda, entre otros. (Castiblanco, 2007)

Para la ecología y la economía hay situaciones que “trascienden” y van más allá de una cuestión simple y es necesaria la inclusión de diferentes criterios y soluciones como lo menciona Carmenza Castiblanco en su publicación *“La Economía Ecológica: Una disciplina en busca de autor”*. Según ella, *“surge a partir de la necesidad de establecer una crítica a la economía convencional y de generar instrumentos y bases conceptuales que, desde un enfoque transdisciplinar, permitan analizar y explicar el impacto de las actividades humanas sobre el entorno”* (Castiblanco, 2007)

5.3.2. Aportes de la Economía Ecológica al Desarrollo Sustentable

Es a partir de la operación conjunta entre el sistema económico y el medio ambiente que se puede llegar a un desarrollo sustentable, con la colaboración

mutua entre ambos sistemas se puede asegurar un futuro sostenible en el cual se suplan las necesidades humanas a partir de la protección de los recursos naturales al tener en cuenta herramientas para una producción sostenible y aprovechamiento adecuado de los recursos.

La influencia de la economía ecológica en la sostenibilidad ocupa un lugar muy importante, porque a partir de la economía ecológica se retoma la relevancia del medio ambiente y se asegura la conservación del mismo para las generaciones futuras.

Un aporte propio de la economía ambiental hacia el desarrollo sustentable es la implementación de Indicadores de sostenibilidad, “...*para evaluar los beneficios de las actividades de conservación, preservación o restauración de los recursos naturales y ambientales*” (Castiblanco, 2007). Para el caso de la EE se utilizan Indicadores físicos, biológicos y energéticos entre los cuales se considera la Huella Ecológica uno importante en la determinación y análisis en la demanda de recursos que una economía necesita para sostener una población dada. Como lo retoma Martínez Alier, 2005 en *El Ecologismo de los pobres*⁶; los indicadores de sostenibilidad son el eje principal de la economía ecológica porque permiten el análisis de la economía en términos del metabolismo social haciendo referencia a la medición de los insumos energéticos y materiales necesarios en la economía de una población y los desechos asociados.

La pobreza actual, una problemática evidente para Colombia y muchos países, es uno de los principales factores que refleja la ausencia de equidad, ya que los recursos están siendo distribuidos de manera desigual, y el aprovechamiento de estos es indiscriminado, siendo la pobreza y conflicto armado una de las causas de un “retraso” en el Desarrollo Sostenible.

Para llegar a ese Desarrollo Sostenible es necesario que las instituciones gubernamentales y la academia amplíen la forma de participación ciudadana entorno a los temas ambientales, así como entender que la relación que se tiene con la naturaleza no es solo con la posibilidad de extracción y aprovechamiento de recursos; sino que es necesario vivir en armonía buscando un acercamiento entre lo económico y lo natural “*interiorizando en los principios de sostenibilidad*” como lo menciona Carmenza Castiblanco en sus publicaciones. Es igualmente por medio de un cambio en la forma de vida actual, un cambio de mentalidad, cultural

⁶ Martínez Alier, J., 2005. *El ecologismo de los pobres*. Pág. 2, Editorial ICARA Barcelona, España. pp. 33- 59.

e ideas de crecimiento económico y equidad, que se logra un desarrollo sostenible.

5.4 Huella ecológica

Vivimos en un planeta que tiene unos ciclos y condiciones naturales definidos que garantizan la continuidad y éxito de las especies dentro de los ecosistemas. Desde un punto de vista ecológico, cada una tiene una función que en mayor o menor importancia es vital para el equilibrio del planeta. Es ese equilibrio es el que se ha visto afectado por las actividades y el desarrollo que se ha tenido como sociedad dentro del planeta Tierra.

La Huella Ecológica (HE) es un indicador de índice único y como instrumento de sustentabilidad nos ayuda a entender de una forma más técnica y concreta la presión que se ejerce sobre los recursos naturales en un periodo y por unas actividades determinadas.

En el año 1996 Mathis Wackernagel⁷ y William Rees⁸ definen el término Huella Ecológica, el cual se ha consolidado a través de los años y es considerado como un Indicador de Sostenibilidad (Tárraga, 2003). Para estos autores la huella ecológica (HE) es un *“área de territorio ecológicamente productiva (cultivos, pastos, bosques o ecosistemas acuáticos) necesaria para producir los recursos utilizados y para asimilar los residuos producidos por una población determinada con un nivel de vida específico de forma indefinida, sea donde sea que se encuentre esa área”* (Rees & Wackernagel, Ecological Footprints and Appropriated carrying capacity: Measuring the natural capital requirements of the human economy., 1996).

Por esto se considera que el concepto de Huella Ecológica parte del aporte de la capacidad de carga que planteo la Ecología, solo que la pregunta se formula de otra forma: ¿cuál sería la superficie necesaria para mantener un número de individuos determinado?

Su importancia radica en el acercamiento que se obtiene de la demanda de recursos naturales necesarios para las actividades y consumo realizados, y la presión ejercida sobre los ecosistemas. Puede ser visto entonces como un instrumento de evaluación y planificación, que facilita la comprensión del medio ambiente (natural) y su relación con los sistemas sociales (economía) y la

⁷ Creador del concepto de Huella Ecológica y Presidente de Global Footprint Network (Red de la Huella Global)

⁸ Creador del concepto de Huella Ecológica y Profesor de la Universidad de British Columbia, Canadá.

creciente demanda de energía y materiales, al dar como resultado índices biofísicos que expresan el impacto de una actividad antrópica en términos de áreas de ecosistemas productivas.

5.4.1 Planteamientos y metodología de la huella ecológica

El concepto de Huella Ecológica tiene sus bases en dos simples hechos. El primero es que se puede medir la mayoría de los recursos que se consumen así como los desechos que se generan a partir de esto. El segundo, que el consumo y generación de residuos se puede traducir a áreas o territorios de ecosistemas que cuentan con la capacidad de productividad y absorción de estas actividades.

Por lo tanto la HE se percibe como una metodología muy específica de cálculo que permite evaluar de forma cuantitativa situaciones complejas y así servir como índice biofísico que expresa a nivel global el impacto a los ecosistemas traducido en superficies productivas afectadas por las actividades humanas.

Con el método propuesto por Wackernagel y Rees, conocido también como "*método compuesto*", se comienza determinando el consumo de las variables determinadas por los habitantes del territorio donde se aplique la metodología. Una vez realizado esto, se divide el consumo total por la población estudiada, obteniendo un valor medio por habitante (t/hab). Esta forma facilita el cálculo de la Huella Ecológica partiendo del supuesto que a nivel de los países, es común y factible encontrar estadísticas, datos y estudios que ofrezcan la información necesaria.

Ya obtenido el consumo de cada variable o categoría seleccionada se transforma en la superficie necesaria para producir la cantidad consumida. Para ello, el método propuesto se basa en información de la productividad biológica de la superficie de donde se obtiene el producto seleccionado, expresada en toneladas por hectárea (t/ha). Con el cálculo anterior se divide el consumo (t/hab) entre el rendimiento (t/ha) dando como resultado las hectáreas de superficies necesarias para obtener la cantidad consumida de cada categoría.

Con el paso del tiempo los mismos autores fueron introduciendo nuevas características a la metodología originalmente planteada en 1996, siendo una de las más relevantes, los factores de equivalencia, que aportaron un análisis más profundo en la diferencia de la biocapacidad entre las diferentes categorías de superficie.

Los factores de equivalencia ayudaron a evitar comparaciones entre superficies con diferente productividad. Al sumarse hectáreas que no son homogéneas, una

misma huella podría mantener un consumo de recursos diferente en función de su composición. Es decir, para producir una misma cantidad de biomasa pueden ser necesarias más o menos hectáreas, dependiendo del tipo de superficie que se consideren.

Para evitar este problema se elaboran factores que ponderan cada tipo de superficie en función de la relación entre su productividad y la productividad total de la superficie del planeta. Por ejemplo, la aplicación de un factor de equivalencia de 3,2 a la superficie “cultivos”, indicaría que esta superficie tiene capacidad para producir 3,2 veces más biomasa que el total de superficie ecológicamente productiva del planeta (Wackernagel, 1998) Así, la Huella Ecológica no se expresaría en hectáreas reales, sino en hectáreas ponderadas o estandarizadas.

La aplicación de factores de equivalencia, implica la introducción de un tipo de factores de naturaleza similar que afectan a la superficie ecológicamente productiva disponible. Cabe recordar que la Huella Ecológica se compara con la superficie disponible, que refleja las hectáreas reales que ocupa esa superficie en cada país, región, etc. estudiados. En la medida en que el uso de factores de equivalencia expresa la huella en hectáreas cuya productividad está homogenizada, en la mayoría de los casos, de acuerdo con la productividad mundial, se debe hacer lo mismo con la superficie disponible. De este modo, los denominados factores de rendimiento ponderan la superficie ecológicamente productiva disponible de cada país en comparación con la del planeta, de modo que la productividad local se iguale a la media global. (Observatorio Iberoamericano del Desarrollo Local y la Economía Social, 2008)

5.4.1.1 Superficies Biológicas

Para calcular estas superficies la metodología plantea dos aspectos: contabilizar el consumo de los diferentes elementos en unidades físicas, y transformar éstos consumos en superficie biológica productiva apropiada a través de índices de productividad.

La superficie biológica se clasifica según los tipos de áreas terrestres productivos que los autores describen como:

- Cultivos: Tierras con actividad agrícola, constituyendo la superficie ecológicamente más productiva. Se considera que es donde hay una mayor producción neta de biomasa potencialmente utilizable por las poblaciones.

La FAO estima que existen unos 1.300 millones de hectáreas de tierra laborable en todo el planeta; dicha cifra no incluye la tierra cultivable que se emplea en el pastoreo. Utilizando los datos de las cosechas y rendimientos de la FAO para 18 categorías de cultivos, se ha podido determinar el uso de tierras laborables en la producción de cultivos. Estos datos son subestimaciones, dado que al no haber conjuntos de datos coherentes, no se tienen en cuenta otros impactos debidos a las prácticas agropecuarias actuales, entre ellas: daños a largo plazo por erosión de la capa arable; salinización; y contaminación de acuíferos con productos agroquímicos. (ARDISA, 2012)

- Superficie de pastos: Espacios utilizados para el pastoreo de ganado, y en general considerablemente menos productiva que la agrícola.

En todo el mundo hay 4.600 millones de hectáreas de zonas de praderas y arboladas, incluidas las tierras laborables que se emplean para el pastoreo. (ARDISA, 2012)

- Superficie forestal (bosques): Se refiere a la superficie ocupada por bosques ya sean naturales o repoblados, pero siempre que se encuentren en explotación para la producción de productos forestales.

Para la extracción de madera se necesitan bosques naturales o de plantación. Según estadísticas de la FAO sobre los usos de la tierra, hay en el mundo entero 3.300 millones de hectáreas de esos tipos de bosques. (ARDISA, 2012)

- Mar productivo: Se incluyen las zonas marinas de las que es posible detectar una producción biológica razonable que pueda ser aprovechable por el hombre. Se incluye también la extensión de mar u océano como la necesaria para proveer a la población del consumo básico de proteínas marinas, es decir, sólo se tiene en cuenta aquella porción de mar cuya producción biológica es aprovechada por el ser humano en la actualidad.

Para explotar la pesca se necesitan bancos de pesca productivos. Del área total oceánica, el 8% correspondiente a las costas continentales suministra más de un 95% de la captura marina. Dicha cifra se traduce en 3.200 millones de hectáreas biológicamente productivas de superficie marina. La cifra del “rendimiento sostenible” de la FAO es de 93 millones de toneladas por año. Además, se ha supuesto la existencia de una captura accidental de un 25%. (ARDISA, 2012)

- Terreno construido: Incluye áreas ocupadas por superficies degradadas, urbanizadas, embalses y áreas construidas u ocupadas por infraestructuras.

En la actualidad muchas zonas urbanas se encuentran construidas en tierras fértiles y con potencial agrícola. Se evidencia un incremento del uso del suelo por la expansión urbana con consecuencias ambientales considerables.

- Área de absorción de CO₂: Es el territorio que se debería reservar para albergar bosques creados expresamente para capturar CO₂ que está continuamente liberándose a la atmósfera, a causa de la quema de combustibles fósiles.

5.4.1.2 Huella Ecológica asociada a la energía

El consumo de energía y la Huella Ecológica asociada a esta variable siempre ha representado una particularidad en la metodología propuesta por Wackernagel y Rees. El objetivo es calcular los consumos de energía para ser comparados con la cantidad de energía que puede ser suministrada anualmente por una hectárea ecológicamente productiva en la cual se establece diferencias en función de cual sea la fuente empleada en la producción: combustible fósiles, energía nuclear, hidroeléctrica o renovables. (Rees & Wackernagel, Ecological Footprints and Appropriated carrying capacity: Measuring the natural capital requirements of the human economy., 1996)

La estimación de la huella asociada al consumo de energía, ha sido uno de los principales problemas que tuvieron que afrontar Wackernagel y Rees. El esquema de cálculo general, basado en relacionar el consumo de un producto con su productividad natural no es válido en este caso, pues tal relación no existe, o por lo menos, no es directa.

Fueron varias las alternativas manejadas para solucionar este problema. Una primera opción, denominada “*método de sustitución renovable*” o, en algunos casos “*método de sustitución de biomasa*” proponía estimar la superficie necesaria para producir la cantidad de un sustituto de los combustibles fósiles vinculado directamente con la superficie que permitiese obtener la misma cantidad de energía fósil consumida. Otra alternativa, denominada “*recuperación de combustibles fósiles*” se basa en estimar la superficie de bosques necesaria para continuar con el consumo de combustibles fósiles indefinidamente, en función de sus tasas de sedimentación y acumulación en la litosfera. (Observatorio Iberoamericano del Desarrollo Local y la Economía Social, 2008)

La solución elegida fue relacionar el consumo de energía con la variable superficie, es decir, la capacidad de los bosques de absorber dióxido de carbono (CO₂). El método elegido conocido como “*absorción de emisiones*” parte del cálculo de las emisiones de CO₂ de las variables seleccionadas para posteriormente relacionarlo con la superficie de los bosques necesarios para capturar las emisiones. Para esto es necesario determinar una tasa de absorción de CO₂ por hectárea de bosque. Esta tarea es compleja, pues factores como el tipo de especie, la latitud, la edad de los árboles entre otras particularidades, influyen notablemente en los valores que alcanza este parámetro.

5.4.1.3 Análisis INPUT – OUTPUT

Existe otra alternativa para el cálculo de Huella Ecológica. En 1998, Bicknell propuso la metodología input-output.

Esta metodología proporciona una nueva forma de entender el marco de análisis de la Huella Ecológica, incorporando las conexiones entre la producción de bienes y servicios de una determinada economía y su demanda final. El método parte de las tablas input-output convencionales elaboradas para países o regiones. En la medida en que los coeficientes input-output reflejan las necesidades, directas e indirectas, de inputs de cada sector económico para obtener un determinado nivel de consumo final, su transformación en coeficientes de superficie, permite la estimación de la superficie total que necesita cada sector económico, considerando su demanda final en el momento del cálculo. (Observatorio Iberoamericano del Desarrollo Local y la Economía Social, 2008)

Como señala (Bicknell, 1998) este análisis permite ahondar en la apreciación de las necesidades de industrias que, inicialmente, no parecen ser intensivas en superficie. Otros autores como Lenzen and Murray (2001), Lenzen et al., (2003), o Ferng (2002), también señalan el potencial de esta metodología para corregir algunas debilidades del método original, en temas como el análisis regional, la distribución de la Tierra o la huella de la energía, además de incluir necesidades directas e indirectas de superficie.

Al contrario, el hecho de que la mayoría de tablas input-output estén expresadas en términos monetarios, y no físicos, supone una importante limitación de este tipo de análisis (Wackernagel M. M., 2005). Otros problemas se relacionan con la adecuación de las tablas input-output al año en el que se estime la huella, o con la asunción de que la tecnología empleada para producir los productos importados es la misma que la del país que elabora las tablas. (Suh, 2004)

5.4.2 Críticas a la huella ecológica

A pesar de que la Huella Ecológica es un indicador ambiental ampliamente aceptado en estudios científicos y aplicado en diferentes áreas de la sociedad no considera lo que para muchos críticos es indispensable en un análisis profundo sobre el deterioro ambiental y el papel del hombre en el mismo.

Muchos analíticos plantean que determinados tipos de contaminación y el consumo real de agua y recursos no se tienen en cuenta (Van de Bergh, 1999), además de que se asume que las diferentes clases de superficies biológicas productivas tienen un único uso. De este modo no solo se pierde la capacidad de análisis de acuerdo a las especificidades de los ecosistemas sino que se deja de lado la superficie improductiva que es empleada directa e indirectamente por los humanos, lo cual genera consecuencias que no se estiman con este indicador.

El uso de rendimientos globales en lugar de productividades locales implica no estimar con precisión las estimaciones realizadas a nivel regional y local. Van de Bergh también afirma que la definición de regiones desde una perspectiva política es errónea, pues *“las fronteras políticas no tienen significado ambiental”*.

Otra crítica que se hace mucho es que al final y después de considerar las variables expuestas por los autores de la metodología todo se reduce a la asimilación de Dióxido de carbono (CO₂). Por ejemplo, en el impacto asociado al consumo de energía se excluyen el resto de gases de efecto invernadero. También la Huella Ecológica está considerando un único sumidero de CO₂, los bosques, sin ahondar en la capacidad de captura de los suelos y el mar. Concluyendo la metodología con lo que se ha discutido ampliamente, la incapacidad de los bosques del planeta de asimilar la cantidad de CO₂ producido.

También se considera que los déficits o reservas ecológicas no revelan lo que realmente está ocurriendo a nivel económico, pues la Huella Ecológica no tiene en cuenta el aporte del comercio a niveles regionales y locales, por lo tanto esta metodología sería solo útil para el análisis de sustentabilidad global pero no a otros niveles. (Lenzen, 2001)

Van de Bergh señala que el comercio tiene capacidad para distribuir las cargas ambientales entre aquellos ecosistemas mejor preparados para asumirlas, indicando que la Huella Ecológica posee un sesgo anti-comercio, dado que la auto-suficiencia es la situación más deseable.

A pesar de las críticas realizadas la Huella Ecológica evidencia de forma clara la dependencia de los humanos a los recursos naturales, considerando de forma

clara las necesidades de capital natural, y en palabras de los mismos autores “*proporcionando un criterio para documentar el sobrepasamiento*” (Wackernagel, 1997)

5.5 Déficit ecológico

Se entiende que cada especie tiene unas necesidades determinadas, necesita consumir una cantidad definida de recursos y produce unos desechos en su ciclo de vida, pero no todos los ecosistemas y zonas de vida producen la misma cantidad de recursos o son capaces de asimilar la misma cantidad de desechos.

Partiendo del anterior supuesto y entendiendo el concepto de capacidad de carga como la cantidad de tierra disponible en una zona determinada, y la Huella Ecológica como la cantidad de tierra productiva que se utiliza. Se define el déficit ecológico como “*la diferencia entre el área disponible (capacidad de carga) y el área consumida (huella ecológica) en un lugar determinado. Pone de manifiesto la sobreexplotación del capital natural y la incapacidad de regeneración tanto a nivel global como local*”. (López, 2015)

Entonces para saber si una región está siendo sustentable, es decir, si toma los recursos naturales necesarios para el desarrollo y mejoramiento de su calidad de vida y genera desechos capaces de ser absorbidos por el entorno, significa que no posee déficit ecológico. Si por su parte, la región no es autosustentable y consume más recursos de los que la tierra es capaz de producir, significa que posee déficit ecológico y su huella ecológica es mayor a la capacidad de carga.

El déficit ecológico estaría entonces indicando que una comunidad o una región están utilizando recursos naturales de superficies fuera de su territorio o también están haciendo uso de recursos naturales necesarios para el desarrollo de futuras generaciones.

Como lo ha señalado Wackernagel en diferentes informes⁹, la humanidad está usando más del 100% de la capacidad de carga del planeta, entendiéndose esta como “*el número máximo de personas que un determinado hábitat puede mantener indefinidamente sin una disminución en la disponibilidad y acceso de los recursos naturales*” (Alberich). Sin embargo este concepto parece dejar de lado la compleja relación socio-ambiental y variables culturales y tecnológicas que tienen mucha influencia en la relación del hombre con su entorno y el uso y adaptación con los recursos naturales.

⁹ Revisado en Eroski Consumer. “Se necesitan tres Españas y media para mantener el País” (Fernández Muerza, 2011) y Polis: Revista Latinoamericana (Reyes, 2003)

En la actualidad los datos señalan que el planeta tiene una biocapacidad de 1,8 hectáreas por persona, pero se utilizan 2,7, es decir, se consume tierra y media. (Fernández Muerza, 2011). Es visible la velocidad de degradación de los ecosistemas; el informe Planeta Vivo 2014 de WWF (World Wildlife Fund for Nature , 2014) reconoce que si bien los avances tecnológicos, insumos agrícolas y el riego han disparado los rendimientos promedio por hectárea de las zonas productivas, especialmente de las tierras agrícolas, aumentando la biocapacidad total del Planeta de 9.900 a 12.000 millones de hectáreas globales (hag), entre 1961 y 2010, durante el mismo período, la población humana mundial aumentó de 3.100 millones a casi 7.000 millones, reduciendo la biocapacidad per cápita disponible de 3,2 hag a 1,7 hag. Entretanto, la Huella Ecológica per cápita aumentó de 2,5 a 2,7 hag per cápita y su biocapacidad ha aumentado globalmente pero hay menos para repartir.

Ante la proyección de que la población mundial alcanzará los 9.600 millones en 2050 y los 11.000 millones en 2100, la biocapacidad disponible para cada individuo se reducirá aún más y será un reto cada vez mayor mantener los aumentos de biocapacidad ante la degradación del suelo, la escasez de agua dulce y el aumento en los costos de la energía. Se suma a esto la pérdida actual en poblaciones de especies de fauna y flora, y las condiciones de los ecosistemas que dan cuenta de un consumo de recursos más rápido que la capacidad de la tierra para reponerlos.

5.6 Huella ecológica en Universidades

Actualmente existen infinidad de índices entorno al déficit de los recursos naturales y la capacidad de la tierra para asimilar los residuos; por tal razón las universidades han incurrido en este tema al proponer y crear metodologías que se adapten a las necesidades de una localidad específica y evaluar su huella ecológica.

La Universidad Tecnológica de Pereira se puede apreciar como un sistema abierto con entradas: agua, energía (eléctrica, movilidad), papel, materiales (construcción de edificios) y salidas: residuos sólidos, vertimientos y emisiones (CO₂). Si bien el campus universitario determina el área del sistema (claramente definido) las actividades que se generan como parte de los procesos intrínsecos a este tienen un impacto que va más allá de sus límites. Por lo tanto es fundamental reconocer el funcionamiento interno e identificar las actividades que mayor impacto representan para el medio ambiente.

La responsabilidad del sistema educativo tiene una connotación social, económica, política y ambiental que asegure una formación integral en los individuos y el accionar de las universidades debe ser hacia el alcance del desarrollo sustentable en las regiones. Para lograr este fin común las herramientas que desde la universidad se promuevan y apliquen apoyadas dentro de un marco científico y tecnológico son fundamentales para generar cambios locales y globales que apunten al desarrollo sostenible. Una de estas acciones, a las que le están apostando las universidades dentro de su compromiso ambiental, es al cálculo de la huella ecológica que permita concientizar a la comunidad integradora de su contribución individual y a la vez responsabilidad global en el deterioro ambiental.

Gran parte de estas iniciativas han surgido de los campus Universitarios Americanos, como la Universidad de Redlands en California y la Universidad de Texas, pero también casos como en España y México, con la Universitat Politècnica de Catalunya, la Universidad Autónoma de Madrid, la Universidad de Málaga, y la Universidad Veracruzana de México, que han elaborado estudios para determinar la huella ecológica de su campus Universitario o incorporar la medición de la huella ecológica en sus proyectos institucionales.

Colombia aún es un país joven en este aspecto, la Universidad del Valle, realizó un estudio para evaluar la huella de su campus, adaptando la metodología propuesta por Rees y Wackernagel (1996), también lo hizo la Universidad Icesi, en Cali, y diversos estudios en torno al tema se han realizado pero no específicamente en campus universitarios.

La Universidad del Valle fue pionera en calcular la HE en el campus Universitario Meléndez, donde se obtuvo un valor de (0,6 Hag/per cápita) (Agredo González , Aproximación a la Huella Ecológica de la Universidad del Valle, Campus Universitario de Meléndez), la comparación que se hizo con otros campus alrededor del mundo es importante, pero podría no reflejar una idea clara del impacto causado por la universidad ya que las características de las comunidades evaluadas no se conocen con suficiente claridad. Si bien los valores se analizaron respecto a la HE de Colombia y su capacidad de carga, sería más relevante una comparación con un campus universitario a nivel nacional, que permita un mejor análisis de los indicadores dada la similitud en los contextos.

Cabe mencionar que esta metodología a nivel de Universidades es limitada, ya que existen varios inconvenientes y debilidades a la hora de adaptarla a un campo universitario, algunas de estas desde su propia definición y otras concernientes a

la aplicabilidad de algunas variables de la metodología propuesta por Rees & Wackernagel, limitando tanto la implementación como el resultado final.

En la Universidad Tecnológica de Pereira se enfrentó la problemática a la que se enfrentan la mayoría de investigaciones a escala local: la poca o nula disponibilidad de información. Para poder tener un resultado final y lo más aproximado a la realidad muchos datos necesarios en los cálculos se tomaron de estudios a nivel nacional y en algunos casos a nivel global ya que eran indispensables para la aplicación de las fórmulas.

6. MARCO LEGAL Y POLITICO

Es con la Convención Marco Climático de las Naciones Unidas (CMNUCC), que se retoma el medio ambiente y la importancia y el efecto negativo que los gases de efecto invernadero ejercen sobre él. Este tratado internacional Ambiental busca firmemente el compromiso por parte de los países desarrollados y en vía de desarrollo, con el principal objetivo, que disminuyan los *"... gases de efecto invernadero en la atmósfera a un nivel que impida interferencias antropógenas peligrosas en el sistema climático. Ese nivel debería lograrse en un plazo suficiente para permitir que los ecosistemas se adapten naturalmente al cambio climático, asegurar que la producción de alimentos no se vea amenazada y permitir que el desarrollo económico prosiga de manera sostenible"*. (Barrera, Gómez, & Suárez Castaño , 2015).

En relación a lo anterior la Convención determina tres grupos a los cuales pertenecen diferentes países de acuerdo a su objetivo en la convención, a su compromiso con el medio ambiente y el cambio climático. Al reconocer el primer grupo parte de la Convención conocido como *Países Anexo 1* en los cuales se encontraban los países desarrollados y de economía emergente, como Europa del Este. (Barrera, Gómez, & Suárez Castaño , 2015), su principal objetivo era el de tomar acciones de mitigación. El segundo grupo, conformado por países desarrollados, conocidos como el *Anexo 2*, deben implementar medidas de mitigación y adicional promover ayudas financieras y tecnológicas. Y finalmente los países pertenecientes al *No Anexo 3*, también países desarrollados con obligación de implementar políticas en relación al cambio climático y la reducción de las emisiones.

En 2005,

“La COP estableció el grupo de trabajo ad hoc sobre Futuros Compromisos para las Partes del Anexo I del Protocolo de Kyoto (AWG-KP) que buscaba, como su nombre lo indica, negociar un nuevo periodo de cumplimiento del Protocolo de Kioto que rigiera después de 2012 y que tuviera nuevas metas de reducción de emisiones. En 2009, durante la COP15 en Copenhague, se esperaba que las partes llegaran a un acuerdo sobre el futuro del régimen climático post-2012. Sin embargo, esto no fue posible. Durante la COP en Qatar en 2012, los países preocupados por quedarse sin un acuerdo internacional que estableciera obligaciones de mitigación, negociaron un segundo periodo de cumplimiento del Protocolo de Kioto mediante la enmienda de Doha. Este pretendía extender las obligaciones del Protocolo hasta 2020” (Barrera, Gómez, & Suárez Castaño , 2015)

Es así como a través de las Contribuciones Previstas y Determinadas a Nivel Nacional (en inglés, *Intended Nationally Determined Contributions - INDC*), se definen los compromisos por parte de los países en el Anexo 2 y los niveles de gases de efecto invernadero a disminuir y las contribuciones de los países pertenecientes a este grupo. De esta manera Colombia participa en las COP, la Conferencia de las Partes. El principal órgano bajo la Convención Marco de las Naciones Unidas que ratifican y determina las decisiones tomadas por las partes, los países participantes y miembros del tratado.

Colombia es considerada como miembro activo en conferencias a nivel mundial en relación al cambio climático por lo que el Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible lideró y desarrolló ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático en septiembre del 2015 las Contribuciones Nacionales Determinadas (INDC). Las INDC hacen referencia a las contribuciones del país en términos de vulnerabilidad climática y medidas de mitigación.

Cabe mencionar que en la consolidación de las INDC, se realizó una integración por parte de los actores más representativos a nivel nacional, regional e Institucional. Al tener en cuenta no solo participación por parte de los sectores privados y públicos sino también participación por parte de la Academia e Institutos de Investigación. De esta manera estas contribuciones Nacionales estarían consolidadas a partir de las opiniones de los colombianos y una participación real del país.

En consecuencia, la contribución de Colombia ha sido orientada hacia los siguientes objetivos:

- Reducir las emisiones de gases de efecto invernadero del país 20% con relación a las emisiones proyectadas a 2030.
- Aumentar la resiliencia y la capacidad adaptativa del país, a través de 10 acciones sectoriales y territoriales priorizadas a 2030.
- Fomentar el intercambio de conocimiento, tecnología y financiamiento para acelerar las contribuciones planteadas en materia de adaptación y mitigación de gases de efecto invernadero. (Barrera, Gómez, & Suárez Castaño, 2015)

Las INDC poseen ciertas características, la primera es que son consideradas como universales, es decir, que todos los países deben ser partícipes; la segunda, son Nacionales con lo cual cada país es independiente en como desea proyectar y gestionar sus contribuciones, como tercer característica debe existir un “*mínimo de información requerida*” fundamental para cumplir con lo acordado de no pasar de los 2°C, y finalmente deben ser públicas ya que “*Los países han acordado anunciar públicamente, antes de la COP21 en París, sus contribuciones climáticas para el periodo post-2020*”, de acuerdo a el ABC de los Compromisos de Colombia para la COP21 (2015)¹⁰

En términos mundiales Colombia se encuentra entre los países con menor índice de generación de CO₂, al tener en cuenta que produce solo el 0,46% de CO₂ a nivel mundial de acuerdo a un estudio realizado por el IDEAM para el año 2010¹¹, aproximadamente 224 millones de toneladas de dióxido de carbono. Aunque el porcentaje es realmente bajo comparado con otros países, no quiere decir que Colombia esté exenta de su participación en términos de Sostenibilidad y que “*desconozca su responsabilidad por los índices históricos de deforestación y por su potencial económico y productivo para hacer aportes significativos a la mitigación del cambio climático*”¹²

Es por esta razón que la meta de Colombia es reducir el 20% de las emisiones de gases de efecto Invernadero para 2030. Para lograrlo se tomarán acciones con la

¹⁰ Documento que resume los compromisos de Colombia para la mitigación y adaptación al cambio climático.

¹¹ García Arbeláez, C.; Barrera, X.; Gómez, R. y R. Suárez Castaño. 2015. El ABC de los compromisos de Colombia para la COP21. 2 ed. WWF-Colombia. 31 pp

¹² García Arbeláez, C.; Barrera, X.; Gómez, R. y R. Suárez Castaño. 2015. El ABC de los compromisos de Colombia para la COP21. 2 ed. WWF-Colombia. 31 pp.

realización de planes de cambio climático a nivel nacional, así mismo se creará un sistema nacional de indicadores de adaptación, delimitación y protección de los 36 Páramos y un aumento de las áreas protegidas en 2.5 millones de hectáreas.

En términos de transporte Colombia pretende incrementar el uso de bicicletas en el sector urbano y un transporte de carga más eficiente. En el sector Vivienda, con el desarrollo de Vivienda Sostenible; el fin es implementar materiales con menor huella de carbono, y un ordenamiento territorial a nivel nacional al abarcar las zonas vulnerables del país; en términos de residuos, se quiere alcanzar una gestión y aprovechamiento adecuado de residuos sólidos, tanto orgánicos como inorgánicos y manejo pertinente de aguas residuales. Para el sector energético y de hidrocarburos la propuesta es la implementación de Energías Renovables a nivel local y regional como parte de un manejo eficiente de la energía. (Barrera, Gómez, & Suárez Castaño , 2015)

Además de las contribuciones de Colombia a nivel internacional existen en el país Políticas que permiten la reducción de la generación de gases de efecto Invernadero, no solo con la participación activa de la población sino estrategias que permiten la protección de los recursos naturales presentes a nivel nacional que poseen una riqueza inigualable e irremplazable.

Una de las principales causas de generación de CO₂ es la deforestación; es tan alto el nivel de deforestación en el país que se han implementado políticas en relación al tema. Cabe mencionar que *“...de manera general, la superficie de bosque natural en Colombia con respecto a la superficie total del país ha venido disminuyendo de manera gradual desde 1990 con valores correspondientes a 56.4% en 1990, hasta 53% en 2010 y más recientemente y como se mencionó a 52.6% en 2012.”* (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia, IDEAM, 2014)

Por lo tanto se diseña La Política de Bosques, implementada por el Ministerio de Medio Ambiente y expedida mediante documento CONPES 2750 de 1994, en la cual se hace énfasis a las principales causas de deforestación, y se orienta en siete principios. El primer principio retoma los bosques como un *“Recurso Estratégico”* para lo cual es fundamental la participación activa del estado y comunidad civil para velar por la protección de los bosques, los cuales son indispensables para el equilibrio ecológico y étnico. El segundo principio retoma la participación por parte del sector público, privado y la sociedad civil al promover un

aprovechamiento sostenible del recurso bosque. Con el tercer principio se protegen los bosques como estrategia de conservación.

Es relevante mencionar que gran parte del área boscosa del país se encuentra habitada, por tal razón se establece el cuarto principio en el cual se garantiza la conservación de estas zonas. El quinto principio, esencial para propinar la investigación científica, como sexto principio tomar en cuenta las plantaciones forestales y sistemas agroforestales para el desarrollo socio económico del país y el mantenimiento de procesos ecológicos, y como séptimo principio el desarrollo de las líneas políticas que se realizaran a nivel regional al tener en cuenta las particularidades de cada región y sus características.

Por otra parte el Informe anual sobre el estado del medio ambiente y los recursos naturales renovables en Colombia (IDEAM, 2004), interviene al hacer referencia de los cambios en los bosques, entre las causas se encuentra la agricultura tradicional y tecnificada, ganadería, minería, explotación maderera e industrias. Así mismo como el impacto asociado a la infraestructura de transporte, servicios y la construcción urbana.¹³

Con Visión Colombia II Centenario (Consolidar una gestión ambiental que promueva el desarrollo sostenible) (DNP, 2007) se propone como estrategia para el desarrollo y aprovechamiento sostenible de los recursos naturales el incorporar instrumentos para la Planificación y Gestión ambiental y su aporte al cambio climático. Igualmente metas alcanzables para mitigación del deterioro de los recursos naturales mediante la gestión de residuos y sustancias peligrosas, el fortalecimiento del Sistema Nacional Ambiental (SINA) y la participación Institucional y ciudadana a través de la educación ambiental. (Departamento Nacional de Planeación, 2007)

Con el Informe del Estado del Medio Ambiente y los Recursos Naturales Renovables 2011, desarrollado por el IDEAM¹⁴, se pretende dar un alcance mayor

¹³ Ortega-P., S.C., A. García-Guerrero, C-A. Ruíz, J. Sabogal. & J.D. Vargas (eds.) 2010. Deforestación Evitada. Una Guía REDD + Colombia. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial; Conservación Internacional Colombia; Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF); The Nature Conservancy; Corporación Ecoversa; Fundación Natura; Agencia de Cooperación Americana (USAID); Patrimonio Natural - Fondo para la Biodiversidad y Áreas Protegidas y Fondo para la Acción Ambiental. Bogotá. 72p.

¹⁴ IDEAM, IAvH, Invemar, SINCHI e IIAP Tomo 3: Contaminación del aire y agua en Colombia e impactos sobre la salud. Informe del Estado del Medio Ambiente y los Recursos Naturales Renovables 2011. Bogotá, D. C., 2013. 148 pag.

a los principales impactos del deterioro de los recursos naturales en Colombia y los principales indicadores a nivel nacional. En este tomo (tomo 3) se hace referencia exclusiva a la contaminación del aire y residuos, y los impactos asociados a la salud.

Es notable citar las principales Instituciones Nacionales que contribuyen a la protección de los recursos naturales y cooperan con la disminución y mitigación del cambio climático. El Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible como ente regulador y gestor del medio ambiente es el encargado de fomentar una relación de mutuo respeto entre la naturaleza y el hombre llevando a cabo la coordinación, formulación y cumplimiento de políticas ambientales.

Las Corporaciones Autónomas Regionales, Corporaciones de Desarrollo Sostenible y Autoridades Ambientales Urbanas encargadas de implementar acciones para la reducción de la deforestación y conservación de los recursos forestales; así mismo como la regulación en la autorización de permisos para el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales a nivel local y regional.

Por su parte el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM, permite el reconocimiento de las zonas protegidas y el uso del suelo de tal forma como la documentación científica y técnica de los ecosistemas presentes en el país.

En el caso del Instituto de Investigación de Recursos Biológicos - Alexander von Humboldt, tiene como misión *“promover, coordinar y realizar investigación que contribuya al conocimiento, la conservación y el uso sostenible de la biodiversidad como un factor de desarrollo y bienestar de la población colombiana”* (Instituto de Investigación de Recursos Biológicos - Alexander Von Humboldt, 2014), es a partir de su investigación que se pueden tomar acciones y proveer insumos a las entidades locales, como Autoridades Ambientales vinculadas a la conservación de la biodiversidad.

7. DISEÑO METODOLÓGICO

7.1 Tipo de Investigación

Con la elaboración de este trabajo se pretende calcular de manera aproximada la huella ecológica que representa el campus de la Universidad Tecnológica de Pereira por medio de una investigación cuantitativa y cualitativa; para la primera se tendrán en cuenta consumos de agua, energía, papel (consumo interno) y construcción de edificios; esta información se obtiene multiplicando los consumos por factores de emisión¹⁵ y, con relación a la investigación cualitativa se elaborarán encuestas en términos de movilidad (hábitos de transporte) y consumo de papel por parte de la comunidad universitaria (consumo fuera del campus). (Álvarez, 2008)

Lo anterior se pretende aplicar en cada una de las Facultades y Dependencias administrativas del Campus con el fin de obtener datos para el cálculo de la huella ecológica total de la Universidad Tecnológica de Pereira y elaborar comparaciones de consumo y residuos entre las diferentes Facultades proponiendo alternativas para su mitigación.

7.2 Fases metodológicas

- Fase diagnóstica: Esta fase se compone de una indagación sobre las cifras de consumo y la realización de encuestas por Facultades en el campus universitario.
- Fase de priorización y cálculo: En este punto se prioriza las variables principales de acuerdo a la información disponible y se realizan los cálculos correspondientes.
- Fase propositiva: En esta fase se proponen las alternativas de mejora en relación a la huella ecológica hallada en el Campus de la Universidad Tecnológica de Pereira.

¹⁵ Adaptado de Metodología para el Cálculo de la Huella Ecológica en Universidades de Noelia López Álvarez, 2008.

8. METODOLOGÍA

Para el cálculo de la HE se tiene como base la “*Metodología para el Cálculo de la Huella Ecológica en Universidades*” planteada por Noelia López Álvarez.¹⁶

La metodología de cálculo de la huella tiene en consideración que los sistemas ecológicos son necesarios para la obtención de flujos de materiales y energía requeridos para la producción de cualquier tipo de producto, para la absorción de los residuos de los procesos de producción y del uso final de los productos, y para la creación de infraestructuras. (López Álvarez, 2008)

Por lo anterior, la metodología plantea a la universidad como un “*sistema integrado*” con entradas y salidas que tienen un impacto ambiental en su entorno:

- Entradas asociadas al consumo de recursos naturales: combustibles fósiles (energía eléctrica, calorífica, movilidad), agua, materiales (construcción de edificios) y papel.
- Salidas: Emisiones CO₂ y residuos sólidos.

La metodología se adaptó a las necesidades de la investigación e influyó mucho la información tanto directa como indirecta a la que se pudo acceder para los cálculos de las variables.

Tabla 1: Variables consideradas en el cálculo de la HE

Entradas (consumo de recursos naturales)	Salidas (emisiones)
<ul style="list-style-type: none">• Energía eléctrica• Agua• Papel• Movilidad• Construcción de edificios• Alimento	<ul style="list-style-type: none">• CO₂• Residuos Sólidos (Peligrosos y No Peligrosos)

Fuente: Elaboración: propia a partir de (López Álvarez, 2008)

¹⁶ Quien hace parte de la Oficina de Desarrollo Sostenible de la Universidad de Santiago de Compostela

El primer objetivo se desarrolló priorizando las variables de acuerdo a la información recolectada mediante fuentes primarias y secundarias teniéndose en cuenta las siguientes variables:

Tabla 2: Variables seleccionadas en el cálculo de la HE

Variable	Consumo/Uso/Generación
Energía	Energía Eléctrica
Agua	Agua Potable y Depuración de Agua
Movilidad	Transporte Público
	Vehículo Particular
Papel	Tamaño Carta
	Tamaño Oficio
	Cuaderno
Alimentación	Alimentación básica
Espacio Construido	Materiales para la construcción de Edificios
Residuos sólidos	Generación de residuos

Fuente: Elaboración propia

A cada una de las variables se les calculó las emisiones de CO₂ con el fin de determinar el impacto asociado al consumo de los recursos naturales. Las emisiones fueron posteriormente traducidas a superficie de hectáreas globales necesarias para asimilarlas.

Para el cálculo de las emisiones de CO₂ a partir de las diferentes fuentes (primarias y secundarias) se tuvo en cuenta dos situaciones:

Situación 1: Cálculo directo a partir de los consumos. Las emisiones se obtuvieron multiplicando los consumos por los factores de emisión. Esto sucede para las siguientes variables: agua, energía eléctrica, construcción de edificios, alimento, consumo de papel (consumo interno) y residuos sólidos por parte de personal estudiantil, docente, administrativo y de servicios (Vigilancia y Aseo).

Situación 2: Determinación indirecta de los consumos a partir de datos estadísticos extraídos de encuestas. En estos casos no hubo registros de cifras de

consumo y generación por lo que los datos se obtuvieron a partir de encuestas. Esto sucedió en concreto para el análisis de movilidad (hábitos de transporte) y consumo de papel por parte de la comunidad universitaria (consumo fuera del campus).

Posteriormente se elaboró un cálculo aproximado de la capacidad de captura de CO₂ por parte del bosque del campus de la Universidad tecnológica de Pereira. Se calcula el área local de bosque requerida para absorber el CO₂ producido por el consumo de recursos y la producción de residuos mencionados anteriormente. A partir de la cantidad de CO₂ emitida a la atmósfera, dividiendo por la capacidad de fijación de la masa forestal, se obtiene la superficie de bosque requerida. A esta cantidad de bosque se sumará directamente el espacio ocupado por los edificios universitarios. (López Álvarez, 2008)

Conocer la capacidad de captura de CO₂ de las áreas boscosas del campus es primordial para el posterior cálculo de la HE y el análisis del comportamiento ambiental en la Universidad Tecnológica de Pereira.

De acuerdo a lo anterior la HE se calcula aplicando la siguiente fórmula:

Ecuación 1 : Calculo de Huella Ecológica

$$Huella \left(\frac{ha}{año} \right) = \frac{Emisiones(tonCO_2)}{C.Fijación \left(\frac{tonCO_2}{ha \cdot año} \right)} + SuperficieCampus \left(\frac{ha}{año} \right)$$

Fuente: (López Álvarez, 2008)

La HE será entonces definida a partir de las emisiones de CO₂ asociadas al consumo de recursos naturales y generación de residuos con relación a la capacidad de fijación de CO₂ del bosque del campus universitario. Estas emisiones deben ser traducidas a hectáreas de bosques necesarias para asimilar el CO₂.

Para Rees y Wackernagel (1996), es necesario homogenizar los diferentes tipos de suelo y así poder comparar los resultados de HE obtenidos a partir de áreas

con diferentes características productivas a nivel global. Para ello se debe multiplicar las huellas obtenidas por un factor de equivalencia que represente la productividad media global de un área bioproductiva con relación a la productividad media global de todas las áreas.

En relación a las investigaciones previas en Universidades y la falta de actualización de información se realizan los cálculos a partir de los factores de equivalencia establecido por el Informe Planeta Vivo 2006 (López Álvarez, 2008). “Los factores de equivalencia son usados para convertir hectáreas físicas de diferentes tipos de terreno, tales como tierras de cultivo y tierras de pastoreo, en la unidad común de hectáreas globales (hag)” (Global Footprint Network).” (López Álvarez, 2008).

Tabla 3: Factores de equivalencia

Tipo de Área	Factor de Equivalencia (hag/ha)
Agricultura (Tierras principales)	2,21
Agricultura (Tierras marginales)	1,79
Bosques	1,34
Ganadería	0,49
Pesca (Aguas marinas)	0,36
Pesca (Aguas continentales)	0,36
Artificializado	2,21

Fuente: Informe Planeta Vivo 2006, WWF. Tomado de López Álvarez, 2008.

Para este caso de estudio se tendrá en cuenta el factor de equivalencia de Agricultura (Tierras principales), ganadería y pesca (Aguas marinas); debido a que son en estos tipos de ecosistemas donde se produce la mayor cantidad de alimento.

8.1 TIPOS DE CÁLCULO DE EMISIONES (CO₂)

8.1.1. Cálculo directo:

Para esto se determinan los valores de consumo y se aplica el factor de emisión con la siguiente fórmula:

Ecuación 2: Cálculo de Emisiones de CO₂

$$Emisiones(kgCO_2) = Consumo(un) \cdot FactorEmisión\left(\frac{kgCO_2}{un}\right)$$

Fuente: (López Álvarez, 2008)

Donde (*un*) corresponde a la unidad de consumo.

Se debe tener en cuenta la recomendación de Wackernagel y Rees en cuanto a los factores de emisión. Estos pueden ser estimados a partir de información local, regional o global, sin embargo siempre se debe dar prioridad a los factores de emisión local ya que se logra una mayor precisión en el cálculo de las variables y los resultados representan una realidad más fiel al entorno donde se realiza el estudio. Para el caso concreto de esta investigación mediante la recolección de información se logró acceder a algunos factores locales y regionales, sin embargo otros fueron tomados de investigaciones realizadas a nivel global ya que no se contó con estudios nacionales y eran necesarios para el cálculo de las emisiones de CO₂ y el análisis del impacto de la HE.

Para el caso de construcción de edificios los datos de consumo deberán ser adaptados antes de aplicar el factor de emisión. Se debe tener en cuenta que la vida útil de los edificios es de 50 años (Álvarez, 2008), ya que es el tiempo que se estima que transcurre sin que sea necesario realizar obras de acondicionamiento de envergadura suficiente como para modificar el valor del factor.

Para el cálculo del CO₂ asociado a la alimentación y el cual no está contemplado en la metodología de Noelia López Álvarez, se realizó a partir de la metodología de Rees y Wackernagel, 1996, por considerar que es una variable importante que influye en la medición de la huella ecológica.

8.1.2 Cálculo indirecto

Para hallar los valores de las variables de movilidad (estudiantes, administrativos, docentes, vigilantes y aseo) y consumo de papel (estudiantes, docentes y administrativos) se realizaron encuestas a una cantidad representativa de miembros de cada uno de los grupos. Una vez obtenidos los datos se aplicarán los factores de emisión.

Para el estudio de Huella Ecológica es necesario disponer de datos relativos a la totalidad de la universidad por lo que se emplean los factores de extrapolación

sobre los valores obtenidos a partir de encuestas realizadas a una cantidad estadísticamente representativa de miembros de la universidad. Se realizan las siguientes transformaciones (Álvarez, 2008):

Ecuación 3: Cálculo de Factores de Extrapolación

$$\begin{aligned} \text{Valor}_{\text{Universidad}} &= F.\text{Extrapolación} \cdot \text{Valor}_{\text{Encuesta}} \\ F.\text{Extrapolación} &= \frac{\text{Población}}{\text{Individuos}_{\text{Muestra}}} \end{aligned}$$

Fuente: (López Álvarez, 2008)

Otro aspecto a tener en cuenta es que a lo largo del estudio las referencias temporales se hacen a un año natural. Sin embargo, algunos datos de las encuestas están referidos a días de actividad docente. Por estas razones, hay que contabilizar el número de días de actividad efectiva (docente) de la universidad a lo largo del año (Álvarez, 2008).

8.1.2.1 Población y Muestra

Conocer los hábitos de movilidad y el consumo de papel de la comunidad universitaria requirió de una encuesta estratificada, en la cual se clasificó la población en cuatro actores principales:

- Estudiantes
- Docentes
- Administrativos
- Vigilancia y Aseo

Para obtener información sobre la comunidad universitaria se obtuvo la población total de los estudiantes matriculados para el primer semestre del año 2015 por medio del Boletín Estadístico publicado en la página oficial de la Universidad Tecnológica de Pereira¹⁷. Para saber el número de estudiantes por facultad se solicitó la información a la dependencia de Registro y Control.

En el caso de la población de Docentes, Administrativos, Vigilancia y Aseo para el primer semestre de 2015, se solicitó formalmente la información a Gestión de

¹⁷ Boletín Estadístico UTP I-2015.

http://reportes.utp.edu.co/xmlpserver/publico/Planeacion/Boletin_estadistico/Matricula_total/matricula_total.xdo;jsessionid=hyFKVjnHKSFT54MPYs3yGzGbhGzhQQp6X3JJSHVDJm4QTSTh7vVb!-

Talento Humano, quienes amable y oportunamente la suministraron y con esta información se realizó el muestreo.

8.1.2.2 Definición de la muestra

Se realizó un muestreo aleatorio estratificado donde se definió el tamaño de la muestra para aplicar las encuestas. Esta tuvo un nivel de confianza del 95% y un error de estimación del 5%.

$$n = \frac{N * Z^2 * \sum_{i=1}^L w_i * p_i * q_i}{N \epsilon^2 + Z^2 * \sum_{i=1}^L w_i * p_i * q_i}$$

Con base a lo anterior las siguientes tablas contienen la población y el número de muestras por Facultad y Dependencias de la comunidad Universitaria.

Tabla 4: Población total de Estudiantes y Docentes por Facultad y número de muestras

Población total y número de Muestras por Facultad				
Facultad	Estudiantes		Docentes	
	Población	Muestra	Población	Muestra
Bellas Artes y Humanidades	1619	25	169	28
Ciencias Ambientales	1121	17	82	14
Ciencias Básicas	220	3	166	28
Ciencias de la Educación	2868	44	157	26
Ciencias de la Salud	2095	32	263	44
Ingeniería Industrial	2097	33	109	18
Ingeniería Mecánica	921	14	70	12
Ingenierías Eléctrica, Electrónica, Física y Ciencias de la Computación	2663	41	159	27
Tecnología	3298	51	150	25
Total	16902	262	1325	222

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5: Población total de Administrativos por Facultad y número de muestras

Población Total y número de muestras por Facultad		
Facultad	Administrativos	
	Población	Muestra
Bellas Artes y Humanidades	10	5
Ciencias Ambientales	14	7
Ciencias Básicas	7	4
Ciencias de la Educación	3	2
Ciencias de la Salud	11	6
Ingeniería Industrial	1	1
Ingeniería Mecánica	3	2
Ingenierías Eléctrica, Electrónica, Física y Ciencias de la Computación	6	3
Tecnología	14	7
Otros*	193	97
Total	262	132

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 5, Otros* hace referencia al resto de Dependencias que conforman la población de administrativos de la Universidad Tecnológica de Pereira. Ver Anexo 1.

Tabla 6: Población total y número de muestras Personal Aseo y Vigilancia

Población personal de Aseo y Vigilancia		
	Población	Muestra
Vigilancia	13	11
Aseo	11	10
Total	24	21

Fuente: Elaboración propia

8.1.2.3 Diseño de la encuesta

El objetivo de la encuesta era reconocer los hábitos de movilidad y consumo de papel de la comunidad universitaria, pues no se contaba con estudios ni información sobre estas dos variables.

Para esto se dividió la encuesta en tres partes con el fin de obtener la información precisa que permitiera una estimación fiel a los consumos de la comunidad de forma que los resultados fueran lo más preciso posible a la realidad.

Si bien la encuesta aplicada a los cuatro actores, contenía los mismos tres segmentos de preguntas, estas fueron específicas para cada actor ya que en cada uno de ellos varia el comportamiento.

En general la encuesta contenía:

- ✓ Información General: Donde se preguntaba por el programa de pregrado que se estudiaba, al igual que la facultad a la que se pertenecía, el semestre y la fecha en que se realizó la encuesta.
- ✓ Hábitos de movilidad: Donde se indagaba por el barrio en que vive el encuestado, el medio de transporte que utilizaba, el número de desplazamientos que realizaba, el cilindraje del vehículo particular, el nivel de ocupación y el combustible utilizado.
- ✓ Hábitos de consumo de papel: donde se indagaba por el número de hojas tanto de cuaderno como de impresiones y fotocopias que consumían los estudiantes a la semana, igual las hojas consumidas por docentes y administrativos en actividades inherentes a sus labores. A todos los actores se les indagó por el porcentaje de papel que reciclaban.

Ver Anexo 2, 3, 4 y 5. (Formatos de Encuesta por cada población)

8.2 CALCULO DE EMISIONES DE CO2 ASOCIADO A LAS VARIABLES SELECCIONADAS

8.2.1 Energía

El consumo de energía es fundamental en el análisis de la Huella Ecológica ya que gran parte de las actividades dentro de la Universidad Tecnológica de Pereira tienen como fuente un consumo energético, necesario para el desarrollo adecuado de las mismas. El consumo de energía es uno de los aspectos fundamentales a considerar en cualquier estrategia de ecoeficiencia y en acciones para disminuir emisiones de GEI, de ahí la importancia de su estimación.

Para poder calcular las emisiones de CO₂ asociadas al consumo de energía se debe primero hallar el factor de emisión de energía (FEE) que está asociado a las emisiones de CO₂ provenientes del consumo de combustible dividida entre la cantidad de energía utilizada.

$$\text{Factor de Emisión } t\text{CO}_2/\text{Kwh} \\ = \text{Emisiones IGTE (Ton CO}_2\text{)/Consumo de Energía (Kwh)}$$

Para el caso de Colombia, La Unidad de Planeación Minero Energética (UPME) que es la encargada de la planeación integral del sector minero energético y la evaluación de la oferta y demanda de energía realizó un diagnóstico del Sistema Interconectado Nacional de Colombia (S.I.N) y calculó un factor de emisión en el país para el año 2014 que “*permite estimar las emisiones de GEI asociadas a la generación o al desplazamiento de energía eléctrica de dicha red*” (UPME, 2014).

Este factor de emisión, ver Tabla 7, se utilizó en la presente investigación y cabe resaltar que este es el factor de emisión más reciente del que se tiene referencia.

Tabla 7: Factor de Emisión de Energía

Factor de Emisión para Huella de carbono		
$\sum EGm$ y $*EFEL$ m y	12,503,376	$t\text{CO}_2$
<i>Generación Neta de Energía Total</i>	64,327,855	MWh
Factor de Emisión	0.194	$t\text{CO}_2/\text{MWh}$

Fuente: Propia a partir de UPME, 2014

Dónde:

EGm: Energía neta entregada a la red por cada unidad de generación m en el año y (MWh)

*EFEL m : Factor de emisión de la unidades de generación m en el año y ($t\text{CO}_2/\text{MWh}$)

m : Todas las unidades de generación incluidas en el margen de construcción

y : El año histórico más reciente para el que los datos de generación de electricidad están disponibles

De acuerdo a lo anterior el Factor de Emisión de Energía que se va a utilizar para el cálculo de las variables es **0,194 t CO₂/MWh**

Equivalente a:

0,000194 t CO₂/kWh

La información del consumo de energía en la Universidad Tecnológica de Pereira fue brindada por la División de Servicios de la universidad. El periodo al que se le realizó el cálculo va desde el mes de enero hasta el mes de diciembre del año 2014, con un consumo total de **2.473.789 kWh**.

Con el factor de emisión de energía y el consumo de la misma en el campus universitario fue posible calcular las emisiones de CO₂ asociadas al consumo de energía de la Universidad Tecnológica de Pereira para el año 2014 equivalentes a:

480 t CO₂

8.2.2 Agua

Para el cálculo de CO₂ asociado al consumo de agua en el campus universitario se consideró la cantidad de energía que se consume tanto en el proceso de potabilización como en el de depuración, estos dos componentes son insumos relacionados en el ciclo integral del agua. Cada litro de agua supone un alto coste energético y aunque con el cálculo de esta investigación no se pudo tener en cuenta todo el ciclo por el difícil acceso y la poca información nacional respecto a la Huella Ecológica del agua, se hace un acercamiento importante que permite el análisis del impacto generado en la Universidad Tecnológica de Pereira.

En la etapa de búsqueda de información no se tuvo acceso a la cantidad de energía que requieren los procesos de potabilización y depuración debido a que las empresas prestadora de servicios no contaban con estos datos cuando fue solicitada la información y de igual forma no se encontró registro de datos en ningún otro informe nacional. Por lo tanto para la investigación se emplearon los mismos datos de consumo energético utilizados para el tratamiento de agua de la Universidad Santiago de Compostella.¹⁸

¹⁸ López Álvarez, N. (2008). *Metodología para el Cálculo de la Huella Ecológica en Universidades. Universidad Santiago de Compostella. Congreso Nacional del Medio Ambiente. Cumbre del Desarrollo Sostenible*. Recuperado el 7 de Febrero de 2015, de http://educacion.tamaulipas.gob.mx/formacion/cursos_2011/No13/AP/S8/A8P1.pdf

Con esto, los gastos energéticos que se tendrán en cuenta en el proceso de tratamiento de agua residual y agua potable son:

- **Depuración (Kwh/m³): 0,25**
- **Potabilización (Kwh/m³): 0.09**

El periodo a calcular comprende desde el mes de enero hasta el mes de diciembre del año 2014, para un consumo total de **40.553 m³** de agua, esta información fue suministrada por la División de Servicios de la Universidad.

Con esto y el factor de emisión asociado a la energía calculado anteriormente, **0,000194 Ton Co2/Kwh**, es posible estimar las emisiones de CO2 asociadas al consumo de agua en la Universidad Tecnológica de Pereira equivalentes a:

3 t CO₂

8.2.3. Alimentación

El primer paso para el cálculo de la Huella ecológica generada a partir de la alimentación fue la elaboración de un inventario con los principales alimentos utilizados en la cocina del restaurante que incluyó: granos, verduras, frutas, lácteos y carne, y su consumo respectivo en kilogramos por día. El siguiente paso fue determinar el rendimiento en toneladas por hectárea producida de cada uno de los alimentos y a partir de allí se calculó su huella ecológica parcial. Ver Anexo 6 y 7.

Para los rendimientos asociados a la leche y el aceite de cocina se realizaron cálculos en relación a su densidad y cantidades utilizadas en el Restaurante a partir de (Agredo González , 2010). El rendimiento de algunas frutas como lulo, maracuyá, mora, tomate de árbol y papaya se encuentran en la Encuesta Nacional Agropecuaria Desarrollada por el Dane¹⁹, y productos como cereales y leguminosas (frijol, arveja, avena, harina de trigo) referidos en los indicadores de cereales para el año 2015 por la Federación Nacional de Cultivadores de Cereales y Leguminosas, FENALCE²⁰.

Posterior al cálculo de la huella ecológica parcial por cada uno de los alimentos según su tipo, se clasificaron bajo los Factores de Equivalencia de acuerdo al tipo

¹⁹ (Dirección de Metodología y Producción Estadística DANE, 2011)

²⁰ (FEDERACIÓN NACIONAL DE CULTIVADORES DE CEREALES Y LEGUMINOSAS. FENALCE, 2015)

de área: agricultura, ganadería o pesca. (López Álvarez, 2008) a partir de Planeta Vivo 2004.

Tabla 8: Huella Ecológica por tipo de área

Tipo de Área	Factor de Equivalencia	Huella Ecológica parcial por tipo de Área (Ha/año)
Agricultura	2,21	37,89
Ganadería	0,49	419,97
Pesca	0,36	7,74
Total Huella Ecológica		465,59

Fuente: Elaboración propia a partir de (Agredo González , 2010)

Entre estos factores de equivalencia se clasificaron cada uno de los alimentos tomados en cuenta, y como resultado la Huella Ecológica parcial para el año 2015 asociada al consumo de alimento en la Universidad Tecnológica de Pereira fue:

466 Ha

8.2.4 Espacio construido

La construcción de edificios y la industria asociada a los materiales básicos de construcción generan impactos muy significativos en el medio ambiente. Estos impactos se producen desde la extracción de las materias primas, pasando por los procesos industriales necesarios para la transformación de algunos de ellos, el transporte de los mismos, en la construcción de las edificaciones, el mantenimiento durante la vida útil y finaliza con los desechos generados en la demolición de las construcciones.

Con lo anterior se evidencia la complejidad en el ciclo para poder realizar edificaciones y todas las fases que se deberían tener en cuenta para analizar los impactos generados en la construcción del campus universitario.

Para calcular los principales materiales que tienen en común las edificaciones en la Universidad Tecnológica de Pereira se contó con la ayuda de una Ingeniera Civil que hace parte de la oficina de planeación con la que se seleccionaron los materiales básicos del Edificio C, el cual está en proceso de construcción. De los materiales totales se hizo énfasis en aquellos estructurales y básicos en una edificación como son el acero, arena, cemento, ladrillo, gravilla y tubería; y otros de adecuación como madera, pintura y vidrio. En el Anexo 8 se muestra la lista y cantidad total de materiales seleccionados.

Es válido aclarar que en el cálculo del espacio construido no se tuvo en cuenta los senderos, andenes ni parqueaderos del campus universitario.

Así se calcularon los m² de cada material necesario para la construcción del edificio, asumiendo que los otros edificios del campus universitario requieren de la misma cantidad por metro cuadrado.

Los factores de emisión de CO₂ de cada uno de los materiales de construcción seleccionados fueron adoptados del “Informe final. Contrato entre Ecoingeniería S.A.S y el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, PNUD”, presentado por La Unidad de Planeación Minero Energética UPME. (Unidad de Planeación Minero Energética, 2012)

Lo importante de estos factores calculados en el informe es que a las emisiones de CO₂ asociados a la producción de materiales de construcción se les hace un análisis que abarca tres fases del ciclo de construcción:

- Consumos energéticos por extracción de materia prima
- Consumo energético y emisiones de CO₂ en el proceso industrial, y
- Consumo energético y emisiones de CO₂ asociadas al transporte para distribución del producto terminado y escombros

Con el cual se tiene un total de emisiones de CO₂ y consumo de energía que se aproxima de forma más real al verdadero impacto realizado por la construcción de edificios. En el Anexo 9 se aprecia cada una de las cantidades de materiales y el respectivo factor de emisión, con lo que se puede calcular las toneladas de CO₂ que se emiten en la construcción de un m² y que corresponden a:

0,4302 tCO₂/m²

Por último el valor calculado anteriormente se aplica a los metros cuadrados totales de cada uno de los edificios del campus universitario teniendo en cuenta una vida útil de 50 años para cada edificación, con lo que se logra hallar la Huella Ecológica asociada al espacio construido (Ver Anexo 10) equivalente a:

590 t CO₂

8.2.5 Movilidad

Al aplicar la encuesta estratificada para conocer los hábitos de movilidad se conocieron los kilómetros recorridos por el encuestado en relación al número de desplazamientos que realizaba. Es importante resaltar que las distancias son un estimativo a los recorridos realizados, para esto se utilizó como herramienta “*Google Earth*”, por medio del cual se obtuvo los kilómetros totales entre el barrio de residencia de cada encuestado hasta el campus de la Universidad Tecnológica de Pereira. Para tener un valor más exacto se basó el recorrido en las vías normalmente transitadas hasta el campus y en el caso del transporte público las rutas de los buses.

Después de calcular los kilómetros recorridos por cada tipo de transporte se necesita conocer el tipo de combustible: gasolina, diesel y gas natural consumido por el vehículo en que se transporta. De acuerdo al informe “*Cálculo de la Reducción Estimada de Emisiones de CO₂ – Barranquilla*” realizado por Transmetro en el año 2006, el consumo de combustible es igual a:

Ecuación 4: Consumo de Combustible

$$\text{Consumo de combustible} = \frac{\text{Km recorridos} *}{\text{Rendimiento del combustible}}$$

Del informe mencionado se utilizaron los rendimientos para el transporte público: bus y taxi; y el rendimiento de las motocicletas, ya que no se contó con el consumo de combustible por kilómetros de motos por parte de las marcas que las fabrican:

- Servicio de Transporte Público, MIO y Taxi:
 - Gasolina: 0.53 Lt/Km
 - Diesel: 0.33 Lt/Km
 - GNC: 0.25 m³/Km

- Motocicleta, de acuerdo al cilindraje:
 - Cilindraje menor a 100: 0.026 Lt/Km
 - Cilindraje mayor a 100: 0.032 Lt/Km

Para el rendimiento de los vehículos se obtuvo el dato de clasificar los cilindrajes en tres grupos, esto basado en el informe de Transmetro. Se indagaron los rendimientos de diferentes cilindrajes y clases de automóviles en cada grupo para

obtener un promedio de litros de combustible consumido por kilómetro recorrido. Estos datos se obtuvieron de las páginas oficiales de las principales fábricas automovilísticas y teniendo en cuenta los modelos que más se compran en el país, dando como resultado:

- *Automóvil Particular, de acuerdo al cilindraje:*
 - Cilindraje menor a 1.400: 0.640 Lt/Km
 - Cilindraje entre 1.400 - 2.000: 0.081 Lt/Km
 - Cilindraje mayor a 2.000: 0.104 Lt/Km

Al tener el consumo de combustible para cada uno de los tipos de transporte es posible calcular las emisiones de CO₂ asociadas a la movilidad de la comunidad universitaria. Basados en el Informe de Transmetro del 2006 las emisiones de CO₂ se pueden calcular así:

Ecuación 5: Emisiones de CO₂

$$\text{Emisiones de CO}_2 = \frac{\text{Consumo de combustible} *}{\text{Factor de Emisión de CO}_2}$$

Los factores de emisión del informe de Transmetro no son nacionales, en este se hace uso de emisiones de CO₂ de estudios internacionales asociadas al tipo de combustible. Esto es importante aclararlo porque al no contar con información de carácter nacional las emisiones pueden no ser exactas con las condiciones locales.

Se intentó tener como factor de emisión estudios en el país sobre emisiones de CO₂ por tipo de combustibles, pero todos los temas relacionados que se encontraron hacen referencia a estudios internacionales. Por lo que se adoptan los mismos valores utilizados por Transmetro, los cuales fueron calculados por *Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC*, y corresponden a:

- Gasolina: 0.002114 Ton CO₂/Lt
- Diesel: 0.003 Ton CO₂/Lt
- GNC: 0.002006 Ton CO₂/m³

Con lo anterior, las emisiones de CO₂ calculadas según el tipo de transporte deben ir relacionadas con el nivel de ocupación del vehículo en que se hace el recorrido.

Para buses y taxis se asume un nivel de ocupación del 50%, al tener en cuenta que en las horas pico la mayoría de buses tienen un nivel de ocupación del 100%,

pero que en otros horarios baja considerablemente. Para los automóviles se asume el nivel de ocupación propuesto por Noelia López en la metodología de Cálculo de Huella Ecológica en Universidades que corresponde a:

Tabla 9: Nivel de ocupación de automóvil

Nivel Ocupación	Personas
100%	5
75%	4
50%	3
25%	1 o 2

Fuente: Elaboración propia a partir de (López Álvarez, 2008)

Finalmente se tiene que las emisiones de CO₂ anuales asociadas a la movilidad de la comunidad de la Universidad Tecnológica de Pereira para el año 2015 son de:

6.271 t CO₂

8.2.6 Consumo de papel

Para conocer el consumo de papel por parte de la comunidad universitaria se realizó una encuesta estratificada donde se indagó por los hábitos en el uso del papel fuera del campus relacionado a las actividades universitarias de los distintos actores (estudiantes, docentes, administrativos, aseo y vigilancia), para conocer el consumo interno se tuvo en cuenta el papel utilizado por todas las fotocopiadoras dentro del campus, los puntos donde estudiantes imprimen trabajos (informales) y por último la información de consumo de papel anual del 2015, tanto para administrativos como docentes, entregada por “Almacén y Publicaciones” del campus de la Universidad Tecnológica de Pereira.

Es válido mencionar que el consumo calculado a partir de las encuestas puede no reflejar el total del consumo de los actores, ya que muchos no tienen un cálculo de la cantidad exacta de papel que utilizan realmente para las actividades académicas o por razones personales pueden no decir el verdadero consumo de papel aun siendo conscientes de este.

Así, la cantidad total de papel consumido para el año 2015 tanto fuera como dentro del campus asociado a las actividades universitarias es de:

111 t

Cuando se tiene el consumo de papel total, es necesario conocer el factor de emisión de CO₂ asociado al consumo de papel. Para calcularlo se utilizó el requerimiento energético para la fabricación de una tonelada de papel: 0,09 MWh/t del informe “Determinación de la Eficiencia Energética del Subsector Industrial de Pulpa y Papel” en Colombia y el factor de emisión de energía eléctrica 0,000194 t CO₂/ kWh, dando como resultado un factor de emisión de consumo de papel de:

0,1746 t CO₂/ kWh

Con el factor de emisión de CO₂ asociado a la producción del papel y siguiendo la metodología se puede aplicar este al consumo total de papel en la Universidad Tecnológica de Pereira para obtener las emisiones de CO₂ totales al año, que equivalen a:

19 t CO₂

8.2.7 Residuos sólidos

Para calcular las toneladas de residuos sólidos generados por la comunidad universitaria se solicitó la información a la empresa AseoPlus Pereira, encargada de la recolección de basuras en el campus, teniendo como promedio mensual para el año 2014 una cantidad de residuos sólidos de:

14,5 t

Contando con esa información es posible calcular las toneladas de residuos sólidos generadas para en un año dentro del campus universitario, y que equivalen a:

174 t

Para el cálculo de las emisiones de CO₂ asociadas a los residuos sólidos se necesita conocer el factor de emisión de residuos. Este factor fue calculado a partir de las cantidades de emisiones de CO₂ estimadas para el relleno sanitario la Glorita, donde se disponen todos los residuos del municipio de Pereira y algunos municipios aledaños, así como de la cantidad de residuos a disponer anualmente

(Ver Anexo 11) que se encuentran en la Actualización del Plan municipal de Gestión Integral de Residuos Sólidos PGIRS 2015 – 2027 del municipio de Pereira.

A partir de esto se tiene que el factor de emisión de CO₂ de residuos sólidos equivale a:

0,666 t CO₂/ t residuo sólido

Con lo anterior ya se procede a calcular las emisiones anuales de CO₂ asociadas a la generación de residuos sólidos en la Universidad Tecnológica de Pereira y que equivale a

116 t CO₂

8.2.8 Capacidad de captura de CO₂ del bosque de la Universidad Tecnológica de Pereira

La Universidad Tecnológica de Pereira se encuentra ubicada en la zona suroriental del perímetro urbano del Municipio de Pereira, formando parte de la Comuna Universidad y también de la Cuenca del río Consotá y del río La vieja.

Dentro del campus universitario se encuentra el Jardín Botánico, un área de 122.844,70 metros cuadrados²¹ que alberga una gran variedad de especies de flora y fauna, y que como principal función tiene la protección y conservación de las especies nativas del bosque andino, muchas de las cuales se encuentran en categoría de amenaza.

El Jardín Botánico limita al sur con el sector rural del municipio hacienda Cannan, al norte con la quebrada La Dulcera, al oriente con el barrio El Bosque, el colegio Las Franciscanas, finca La Cielito, Complejo Educativo la Julita y la quebrada La Unión, al occidente con el Instituto Técnico Superior, barrio Ciudad Jardín, Álamos y diferentes unidades residenciales. (Reyes, 2006)

La Universidad también cuenta con otras áreas de bosque (zonas de conservación) que se constituyen en ecosistemas estratégicos para la conservación de la biodiversidad de especies las cuales interactúan

²¹ Boletín Estadístico de la Universidad Tecnológica de Pereira, 2013

constantemente gracias a la conectividad de menos de 100 metros de distancia entre cada parche boscoso y que equivalen a 222.374,20 metros cuadrados. (Ospina, 2011)

El Jardín Botánico y las áreas de bosque de la Universidad cuentan con una altura entre 1450 a 1470 msnm, temperatura media anual de 20°C, precipitación media anual de 2300 mm, brillo solar de 1562 h/año, humedad relativa de 72% y se encuentra en la zona de vida de Bosque Muy Húmedo Premontano. Así mismo estas áreas se articulan al Corredor Ambiental Consotá, unidad de alta importancia para la acción ambiental; constituyendo así un área estratégica en términos ambientales, de paisajismo, biodiversidad y espacio público en el municipio. (Jardín Botánico, 2005)

En la actualidad hay estudios de capacidad de captura de la guadua angustifolia que es una de las especies más representativas en el bosque pero ningún estudio sobre otras especies por lo que al seleccionar ese valor no se tendría en cuenta más de 300 especies arbóreas que según muestreos realizados por el jardín botánico existen en el bosque de la universidad en un total de 34,52 ha. Ver ANEXO 12.

También es importante aclarar que la capacidad de captura de un bosque está relacionada directamente con la edad, densidad (biomasa) y manejo que se haga del mismo, teniendo como resultado una mayor o menor eficiencia de los bosques como sumidero de Carbono y Dióxido de Carbono.

Los bosques pueden ser fuentes así como sumideros de gases de efecto invernadero. Los ecosistemas forestales también son un reservorio considerable de carbono. Contienen más del 80 por ciento del carbono global de las superficies. Sin embargo, las acciones que incluyen bosques están relacionadas con estas tres categorías: fuentes, sumideros y reservorios.

Partiendo de lo anterior en la presente investigación se analizará la capacidad de captura del bosque teniendo dos escenarios: el primero un bosque en etapa de crecimiento y con posible manejo forestal, y el segundo un bosque maduro que ya tiene una cantidad de CO₂ almacenado (stock) y su capacidad de captura es menor. Cabe resaltar que la dinámica de un bosque es compleja y su capacidad de captura de carbono está relacionada con los flujos gaseosos que son parte de la dinámica de carbono entre la atmosfera y los sistemas forestales.

8.2.8.1 Escenario uno: bosque en etapa de crecimiento

Para calcular la capacidad de captura del bosque universitario, asumiendo que es un bosque en etapa de crecimiento, se tomó como base los estudios realizados desde el 2005 al 2010 por parte del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) con ayuda del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial y del Proyecto Capacidad Técnica de REDD.

En el estudio se estimó la biomasa aérea y el contenido de carbono almacenado en cada una de las coberturas seleccionadas para el análisis, El contenido de carbono por hectárea de cada tipo de cobertura se utilizó para obtener la cantidad de carbono liberado o capturado. Se calculó el contenido de carbono total almacenado en cada uno de los tipos de bosque, para lo cual se multiplicó el contenido promedio de carbono de cada tipo de bosque (C ha⁻¹), por las hectáreas correspondientes de cada uno de ellos.

Posteriormente la cantidad de carbono fue convertida a CO₂ empleando el factor de 3,67; ambos cálculos permiten comparar las cantidades emitidas durante el período de análisis contra las cantidades que aún se encuentran almacenadas en estos ecosistemas. (IDEAM, 2010)

Tabla 10 : Estimación de las emisiones de dióxido de carbono generadas por deforestación durante el período 2005-2010

Clase por tipo de Bosque	Área (ha)	Carbono (t)	CO ₂ e (t)
Bosque muy húmedo Tropical	5.077.273,95	418.951.600,95	1.536.155.870,15
Bosque muy seco Tropical	65.304,00	3.204.852,96	11.751.127,51
Bosque seco Tropical	735.513,93	35.370.656,75	129.692.408,07
Bosque húmedo Tropical	45.377.140,32	5.992.287.026,82	21.971.719.098,34
Bosque húmedo Pre-montano	1.094.798,16	62.454.896,86	229.001.288,47
Bosque muy húmedo Pre-montano	2.509.018,20	229.494.144,42	841.478.529,54
Bosque húmedo Montano-bajo	1.612.437,48	237.876.229,77	872.212.842,50
Bosque muy húmedo Montano-bajo	1.627.171,65	211.604.452,29	775.882.991,73
Bosque seco Pre-montano	3.645,00	256.388,06	940.089,55
Bosque muy húmedo Montano	1.051.385,40	65.957.222,72	241.843.149,97
Bosque pluvial Montano	421.037,28	22.405.561,66	82.153.726,08
Bosque pluvial Pre-montano	606.895,56	64.789.694,71	237.562.213,92
Bosque seco Montano-bajo	20.489,13	2.213.016,87	8.114.395,20
Bosque húmedo Montano	29.529,45	2.147.967,58	7.875.881,12
Bosque pluvial Montano-bajo	144.549,81	7.608.492,28	27.897.805,02
Bosque pluvial Tropical	172.078,65	14.817.145,89	54.329.534,91
TOTAL	60.548.267,97	7.371.439.350,57	27.028.610.952,10

Fuente: Estimación de las emisiones de dióxido de carbono generadas por deforestación durante el período 2005-2010

Vale la pena resaltar que para el mismo período la cantidad de carbono almacenado bajo la cobertura de bosque natural estable fue de aproximadamente 7.371.439.350,57 t, que corresponden a 27.028.610.952,10 t de CO₂ e que no fueron emitidas a la atmósfera. Este resultado demuestra que la conservación o el manejo sostenible de los bosques podría ser un mecanismo de mitigación importante para reducir las emisiones de CO₂ que ocurren como consecuencia de las actividades antrópicas y al mismo tiempo aumentar su potencial como sumidero de CO₂.

Considerando que el bosque de la Universidad Tecnológica de Pereira está clasificado como “Bosque muy húmedo Premontano” y asumiendo un bosque en proceso de desarrollo, se utilizan los datos referidos en la Tabla 10 para ese tipo bosque, con una captura de Co₂ por hectárea (stock) de:

67,08 t CO₂/ha/año

8.2.8.2 Escenario dos: bosque maduro

Este escenario es más similar al estado real en que se encuentra el bosque de la Universidad Tecnológica de Pereira, ya que se considera un bosque en etapa madura, con una cantidad no determinada por estudios de CO₂ almacenada (stock), por lo que su capacidad de captura anual es menor que la del escenario uno.

En los trópicos, el carbono que está en sumideros superficiales varía entre 60 y 230 ton C/ha en bosques primarios, y entre 25 y 190 ton C/ha en bosques secundarios. En bosques tropicales, los sumideros de C en el suelo varían entre 60 y 115 ton C/ha. (Méndez, 2003)

Cuando los bosques están maduros no ocurre la misma asimilación neta de C, ya que el ecosistema boscoso está saturado con este elemento por lo que su capacidad de captura de CO₂ disminuye.

La comunidad científica está mayormente de acuerdo, al menos en las bases cualitativas, en que los ecosistemas forestales del trópico han sido fuentes netas de carbono, De cualquier manera, resultados de investigaciones recientes muestran que los bosques tropicales maduros pueden acumular carbono con una tasa de 1-2 Mg/ha/año (Lugo & Brown, 1992)

Para determinar la cantidad de CO₂ asimilada a partir de un promedio de 1,5 t C/ha/año capturado fue necesario emplear el factor de equivalencia: 3,67; esto es el contenido en toneladas de dióxido de carbono por cada tonelada de carbono. Con lo anterior se tiene una capacidad de captura del bosque universitario de:

5,51 t CO₂/ha/año

9. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

9.1 Emisiones de CO₂ Generales

Conocer la Huella Ecológica de la Universidad Tecnológica de Pereira es importante para desarrollar políticas, estrategias y planes que lleven al campus universitario hacia la sostenibilidad ambiental. De ahí el valor de los cálculos obtenidos en la presente investigación en el análisis de los procesos internos de la universidad y la responsabilidad que se tiene con el medio ambiente.

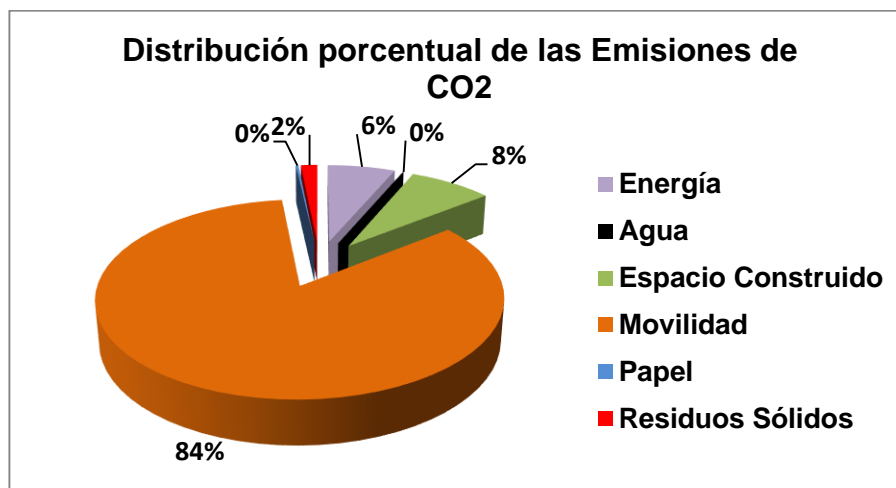
De acuerdo a las variables analizadas, las emisiones de CO₂ para el año 2015 en la Universidad Tecnológica de Pereira son:

Tabla 11: Emisiones totales de CO₂

Variable	Emisiones de CO ₂ (t/año)
Energía	480
Agua	3
Espacio Construido	590
Movilidad	6271
Papel	19
Residuos Sólidos	116
Total	7.479

Fuente: elaboración propia

Gráfico 1: Distribución porcentual de las emisiones de CO₂



Fuente: elaboración propia

En la tabla anterior se observa que en la Universidad Tecnológica de Pereira se está emitiendo un aproximado de **7.479 toneladas de CO₂ anuales**. Se puede afirmar como lo muestra el gráfico 1, que las emisiones no son parejas entre las variables analizadas, ya que la movilidad contribuye con el 84% de las emisiones totales de CO₂. Esto es importante porque demuestra que es a un plan de movilidad sostenible que se debe apostar si se quiere lograr un campus sustentable.

También se concluye que el espacio construido y el consumo de energía junto con la movilidad conforman las tres variables que más emisiones de CO₂ producen con 8% y 6% respectivamente. Si bien el consumo de papel y el de agua son las que menos aportan con 3 y 19 toneladas generadas anualmente es importante su análisis e inclusión en la visión de un campus sustentable.

Considerando que el número de la comunidad universitaria que se tuvo en cuenta para el análisis de las variables fue de 18.513 personas aproximadamente, se puede afirmar que las emisiones de CO₂ per cápita en el campus universitario son de 0,41 toneladas anuales por persona.

A continuación se analiza de forma individual las variables a las que se le estimaron las emisiones de CO₂ para poder profundizar en los resultados que se obtuvieron y entender los procesos asociados a las variables.

9.2 Emisiones de CO₂ asociadas al consumo de Energía

El consumo de energía eléctrica representa uno de los mayores aportes de emisiones dentro del campus universitario. Esta variable se esperaba fuera de las más significativas en cuanto a emisiones de CO₂ debido a que la energía eléctrica es necesaria para el funcionamiento adecuado de muchas de las actividades dentro del campus, que abarcan tanto jornadas diurnas como nocturnas.

Tabla 12: Consumo de energía y emisiones de CO₂ per cápita

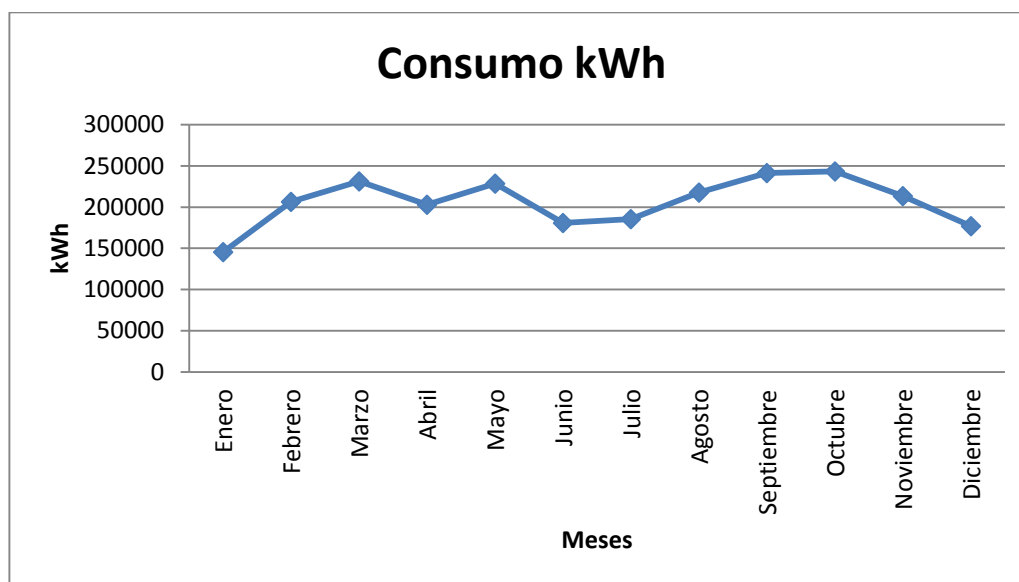
Consumo energía	Consumo Energía per cápita	Emisiones CO ₂ per cápita
2473789 kWh/año	133,62 kWh/persona/año	0,0259 t CO ₂ /persona/año

Fuente. Elaboración propia

Como se aprecia en la Tabla 11 las emisiones per cápita son de **0,0259 tCO₂/persona/año** representando un porcentaje total de emisiones del 6% dentro del campus universitario.

Los datos proporcionados por División de Servicios, la Dependencia encargada del seguimiento del consumo de la energía en la Universidad Tecnológica de Pereira, fueron entregados por el consumo mes a mes para el año 2014, esto se debe a que la Universidad cuenta con un medidor único de consumo de energía para todo el campus; por lo que no se puede analizar que Facultad o Dependencia consume mayor energía y ahondar en el comportamiento que deriva en un alto consumo de una Facultad frente a otra. De la misma forma se hace difícil plantear iniciativas para reducir el consumo cuando solo se tiene información general.

Gráfico 2: Consumo de Energía mensual del campus Universitario



Fuente: Elaboración propia

De la gráfica anterior se deduce que el mes que más se consumió energía fue en octubre sin tener muy claro el porqué de este consumo por las razones mencionadas anteriormente.

Se aprecia también que los meses de menos consumo de energía son Enero y Diciembre, esto debido a que en este periodo de tiempo ya se ha finalizado semestre por lo que la mayoría de estudiantes no reciben clases, a excepción de los que se matriculan en cursos intersemestrales reduciéndose así las actividades tanto docentes como administrativas dentro del campus universitario.

9.3 Emisiones de CO₂ asociadas al consumo de Agua

El consumo de agua, un recurso natural tan esencial en las dinámicas de los ecosistemas y vital en actividades básicas como alimentación y aseo personal

dentro del campus es la variable que menos emisiones de CO₂ aporta al campus universitario.

Esta variable en particular se asoció al factor de consumo de energía, de esta forma se determinaron las emisiones asociadas al consumo de agua, para otros procesos como depuración y potabilización no se pudo contar con información local ni nacional por lo que se adoptaron factores de emisión internacionales para hallar las emisiones de CO₂. Por esta razón puede que los resultados no reflejen el impacto o emisiones reales asociadas al consumo de este recurso.

Tabla 13: Consumo de agua y emisiones de CO₂ per cápita

Consumo de agua		Consumo de agua per cápita		Emisiones de CO ₂ per cápita	
40553	m ³	2,1905	m ³ /persona/año	0,0001	tCO ₂ /persona/año

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la Tabla 13, el consumo per cápita es de 2,1905 m³ con unas emisiones de **0,0001 t CO₂ anuales por persona**.

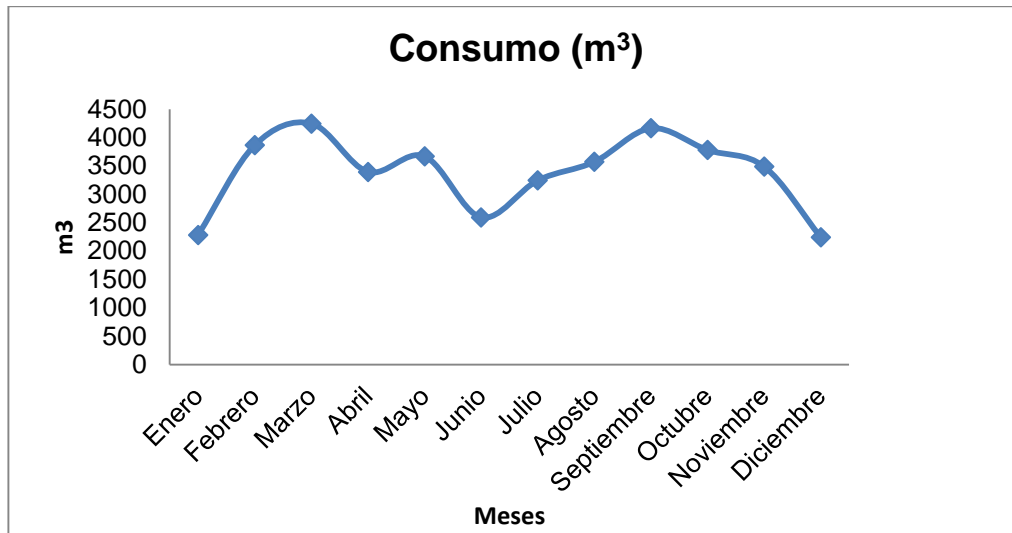
Como ocurre con el consumo de energía, solo se tiene un contador para cuantificar el consumo de agua en todo el campo universitario, lo que imposibilita un análisis por Facultad o Dependencia para conocer en detalle que actividades dentro del campus universitario requieren un mayor consumo de este recurso.

Las emisiones de esta variable no son tan significativas como las de otras lo que sugiere que se está haciendo un uso más consciente dentro del campus universitario. Algunos baños de distintas Facultades cuentan con tanques ahorradores de agua, que descargan agua según el uso que se hace del servicio, lo que puede tener repercusión en el consumo mensual.

De igual manera los laboratorios y restaurantes, como se constató personalmente, abogan por el uso eficiente del agua sin gastar más del agua requerida evitando desperdicios. Igualmente las unidades y sistemas sanitarios se encuentran en buenas condiciones por lo que en ninguna Facultad o Dependencia se evidenció fugas de agua a causa del estado de los dispositivos sanitarios.

El Gráfico 3 enseña el consumo de agua mensual dentro del campus de la Universidad Tecnológica de Pereira.

Gráfico 3: Consumo de agua mensual dentro del campus universitario



Fuente: Elaboración propia

La información de consumo de agua fue suministrada por la División de Servicios de la Universidad en una periodicidad mensual correspondiente al año 2014.

En la gráfica anterior se observa que el mes de mayor consumo corresponde a Marzo con un total de 4248 m³ y los meses de menor consumo son enero con 2285 m³ y diciembre con 2243 m³, como en la variable anterior (Energía), esto se debe al cese parcial de actividades dentro del campus por la finalización del semestre.

9.4 Emisiones de CO₂ asociadas a la alimentación

En términos generales las emisiones de CO₂ asociadas a la alimentación no se calculan como el resto de las variables. Por la metodología aplicada se calcula para esta variable la HE parcial por lo que no se tiene un valor de emisión de CO₂ asociada a la alimentación, pasándose gracias a los rendimientos de los cultivos directamente al cálculo de la HE final.

Los cálculos en la Universidad Tecnológica de Pereira se realizaron a partir de la estimación de la cantidad de alimentos empleados en el Restaurante “*Delicias San Jacobo*”, para el año 2015, el cual se encuentra en “El Galpón” del campus universitario.

Cabe mencionar que debido al límite de tiempo e información, ya que la mayoría de restaurantes no tenían un inventario anual o mensual, sino que tienen una aproximación de los alimentos que se utilizan por día para desayunos, almuerzos

y comidas; solo se utilizó el inventario dado por la Administradora de este restaurante y no se pudo acceder a información de otros lugares de ventas de alimento, siendo este restaurante el principal y el que más estudiantes atiende diariamente.

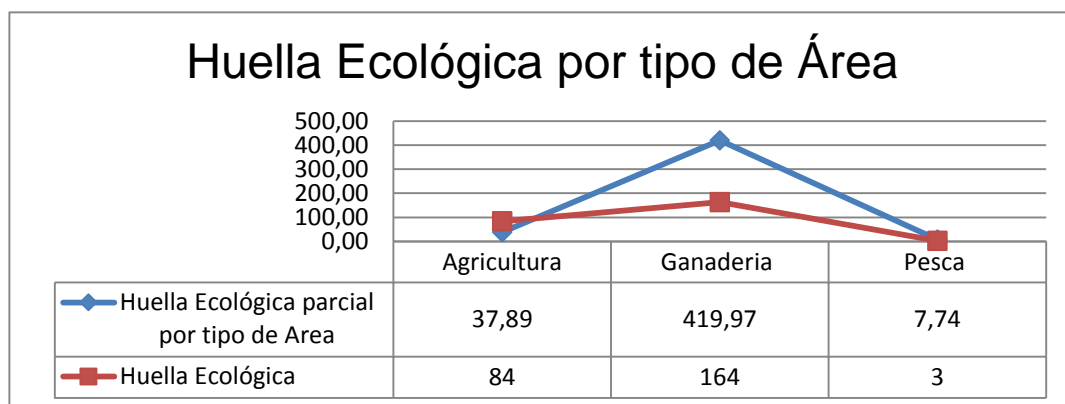
Al determinar la cantidad de alimento utilizado diariamente en kilogramos se calculó la cantidad total en toneladas por año; en este caso, con la ayuda de la Administradora del Restaurante como fue mencionado, se realizó un inventario de los alimentos básicos en la alimentación como aceite, panela, arroz, harina, azúcar, frijol, arveja, carne, algunas frutas y verduras, entre otros.

Seguido a lo anterior se establecieron los rendimientos a partir de fuentes secundarias de cada uno de los alimentos tenidos en cuenta para el cálculo de HE parcial para el cual su unidad de medida fue en toneladas por hectárea (t/ha)

Es importante mencionar que el rendimiento de un cultivo agrícola es determinado anualmente y relaciona la producción total de un cultivo en particular por hectárea de tierra empleada. Este rendimiento por cada uno de los cultivos está igualmente determinado por la cantidad de individuos producidos, características genéticas y condiciones medio ambientales. No se pudo obtener todos los rendimientos de los alimentos para un mismo año, por lo que hay rendimientos de cultivos desde 2010 hasta 2016, que podría no reflejar las emisiones reales.

Para la determinación de la huella total en alimento dentro del campus de la Universidad Tecnológica de Pereira, se calculó una Huella Parcial, dentro de esta huella parcial se clasificaron los distintos alimentos en ciertas categorías (Agricultura, Ganadería y Pesca) por tipo de área.

Gráfico 4: Huella Ecológica por tipo de área

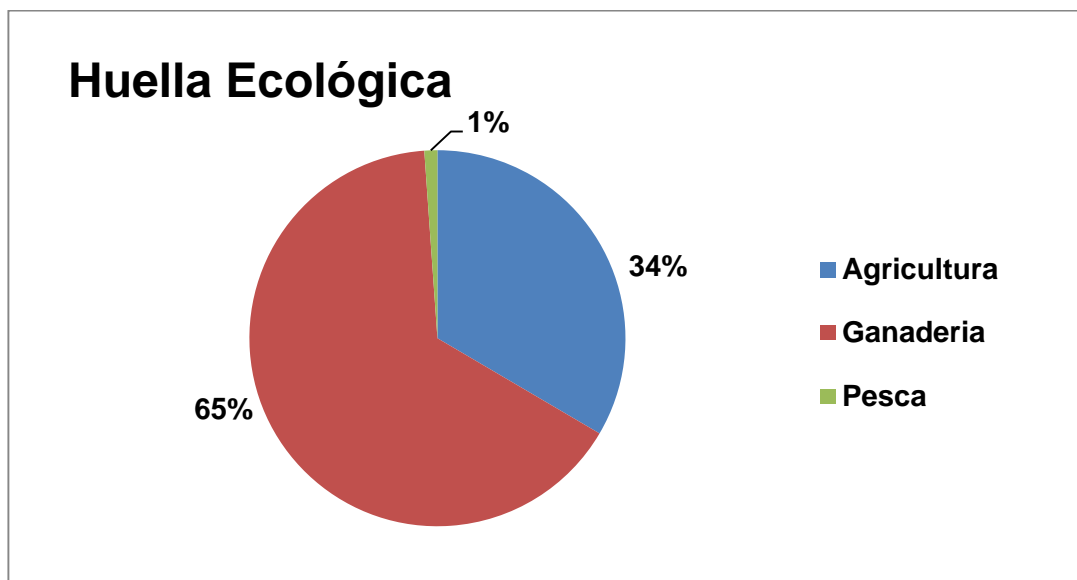


Fuente: Elaboración propia

En el Gráfico 3, se puede observar la Huella Ecológica parcial por tipo de área, 37,89 t CO₂ para agricultura 419, 97 t CO₂ para ganadería y 7,74 t CO₂ para pesca. A partir de la clasificación por tipo de alimento bajo el tipo de área se sumaron cada una de esas huellas parciales para finalmente calcular una Huella Ecológica total por alimentación para la Universidad Tecnológica de Pereira.

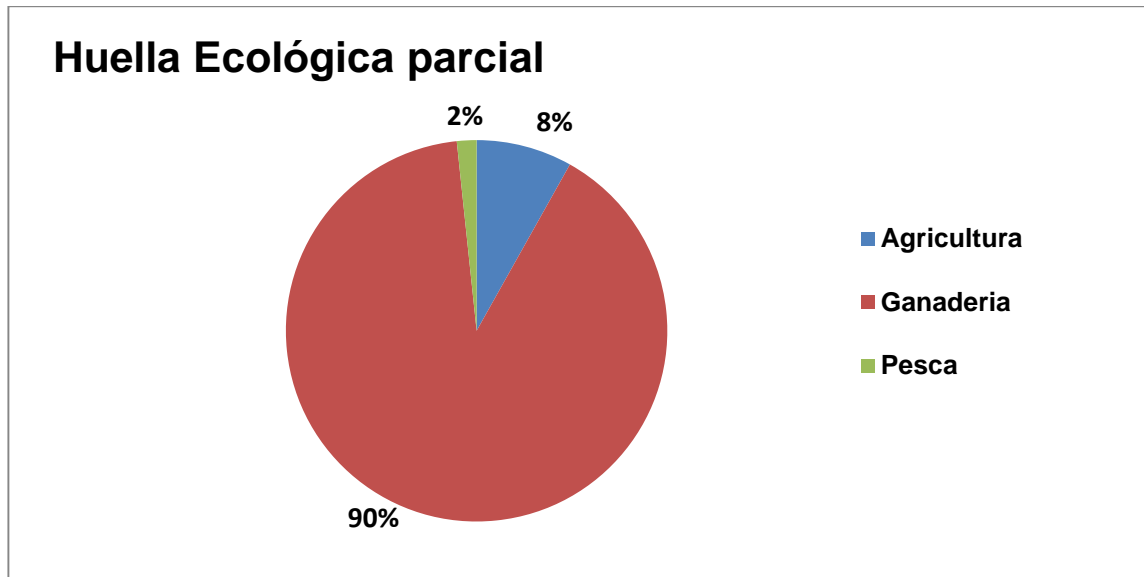
Por su parte el Gráfico 4 y 5 reflejan el porcentaje de emisiones de CO₂ dependiendo el tipo de área, se puede ver que el 65% de las emisiones de CO₂ están asociadas a la ganadería al tener en cuenta que la producción y distribución de carne es uno de los factores principales de generación de gases de efecto invernadero, seguida de la agricultura con un 34% y pesca con solo el 1%.

Gráfico 5: Emisiones de CO₂



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 6: Huella Ecológica porcentual



Fuente: Elaboración propia

En términos de huella ecológica el gráfico 5 enseña claramente que el 90% de las emisiones de CO₂ generadas en la Universidad Tecnológica de Pereira son causa de la ganadería, 8% en agricultura y 2% en pesca para finalmente tener una HE para el año 2015 asociadas a la alimentación de **292 ha**.

9.5 Emisiones de CO₂ asociadas al espacio construido

Las emisiones asociadas al espacio construido se hallaron al calcular la cantidad de materiales básicos requeridos para construir un metro cuadrado de edificación. Por esto se seleccionaron los materiales de construcción principales en una edificación de la Universidad Tecnológica de Pereira que correspondió al Edificio C, que está en proceso de construcción.

Cuando se obtuvo la cantidad de material por metro cuadrado se relacionó con las emisiones de CO₂ en el ciclo del material que abarcaba: materia prima, proceso industrial y transporte de materiales, para calcular el total de Dióxido de Carbono emitido por cada metro cuadrado construido. Cuando se haya ese valor correspondiente a 29.523,20 toneladas de CO₂ por metro cuadrado se calcula en relación a la vida útil de una edificación que según la literatura y la metodología propuesta por Noelia López corresponde a 50 años.

Con lo anterior se obtiene que las edificaciones dentro del campus universitario aportan un total de emisiones anuales de **590,46 toneladas de CO₂** que corresponden al 8% de la totalidad de CO₂ calculada en la presente investigación.

Cabe resaltar que si bien este cálculo es muy representativo a la realidad del campus pues se tuvo en cuenta todas las Facultades presentes así como la mayoría de espacios construido dentro del campus universitario: edificios varios, sedes alternas y edificaciones de servicios generales; no se tomó en cuenta los metros cuadrados construidos en senderos, vías y andenes por no poseer la información necesaria.

Es importante mencionar que no todos los materiales de construcción se pudieron calcular y no se tiene en cuenta los materiales asociados a remodelaciones en los edificios por lo que el valor del CO₂ y la contribución del espacio construido a las emisiones totales de Dióxido de Carbono dentro del campus universitario pueden ser mayores a las calculadas.

9.6 Emisiones de CO₂ asociadas a la movilidad

Como era de esperarse el nivel de emisiones asociadas a la movilidad representan el porcentaje más alto de emisiones de CO₂ entre las variables analizadas.

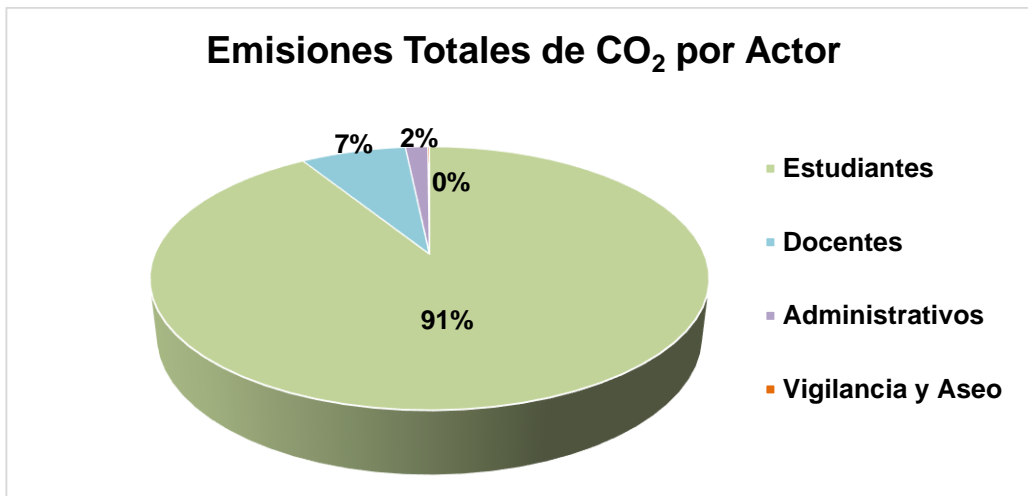
Del total de 637 encuestas que había que realizar solo faltaron 18 docentes de la Facultad de Ciencias de salud, esto debido a que el edificio se encontraba en remodelación por lo que las clases se daban en otros edificios de la Universidad o fuera del campus imposibilitando la labor, y 6 administrativos de la Dependencia de División de Personal y Servicios que por motivos desconocidos no respondieron la encuesta.

Para conocer las emisiones totales de la comunidad universitaria a partir de los resultados de las encuestas fue necesario extrapolar los resultados al número total de estudiantes, docentes, administrativos y personal de vigilancia y aseo. Se tuvo en cuenta las semanas laboradas por docentes, administrativos y personal de vigilancia y aseo, ya que para cada actor los días laborales del año son diferentes.

De igual forma se determinaron las toneladas anuales de los estudiantes al calendario académico por semestre y al porcentaje de estudiantes que realizan cursos intersemestrales en los periodos de vacaciones, así como la inclusión de los días festivos.

Se utilizan los factores de extrapolación según los medio de transporte y el grupo de actores encuestado. Realizando esto se obtiene las emisiones de CO₂ totales por parte de la comunidad.

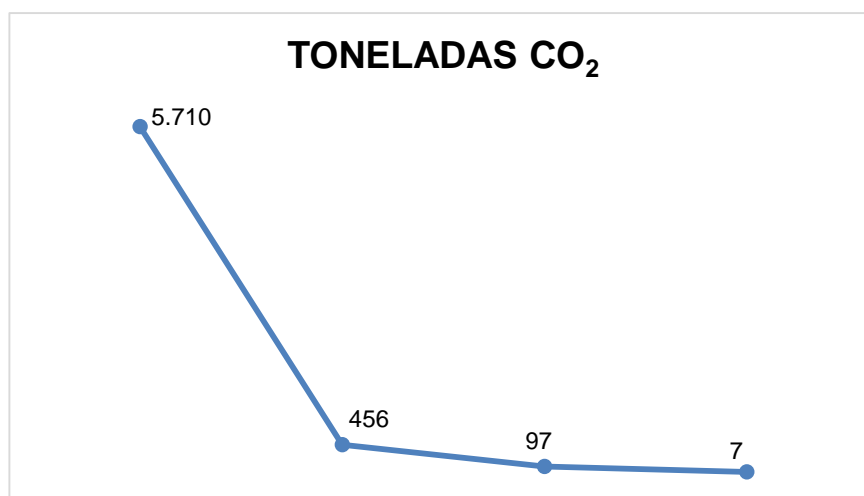
Gráfico 7: Emisiones de Toneladas de CO₂ totales por actor



Fuente: Elaboración propia

Se evidencia que los actores que más contribuyen a las emisiones de CO₂ asociadas a la movilidad son los estudiantes, ya que representan el mayor número de personas dentro del campus universitario equivalente a 16.902 estudiantes, representando un 91% de las emisiones totales.

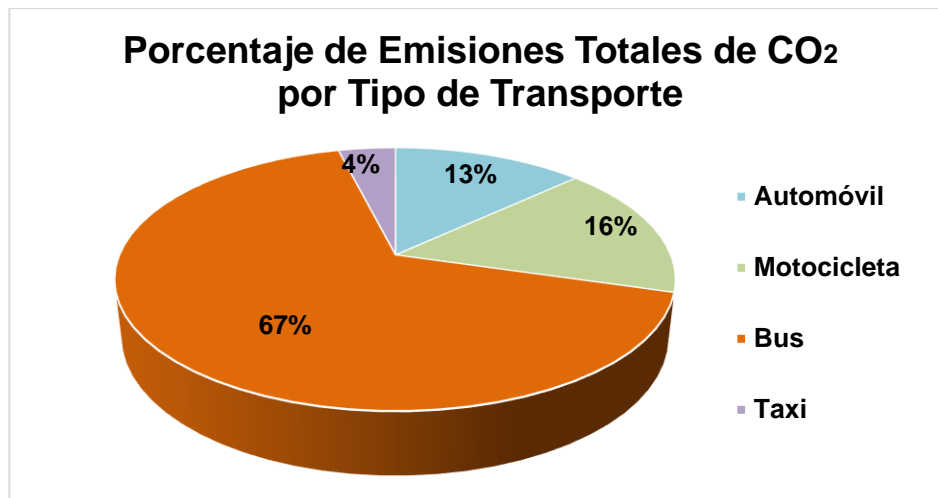
Gráfico 8: Toneladas de CO₂ anuales por actor



Fuente: Elaboración propia

En la Gráfica 7 se observa que el número de toneladas de CO₂ emitidas por los estudiantes equivale a **5.720 tCO₂ anuales**, seguidos por los docentes con **456 tCO₂ anuales**, administrativos con **97 tCO₂** y personal de vigilancia y aseo con **7 tCO₂ anuales**.

Gráfico 9: Porcentaje de emisiones totales de CO₂ por tipo de transporte

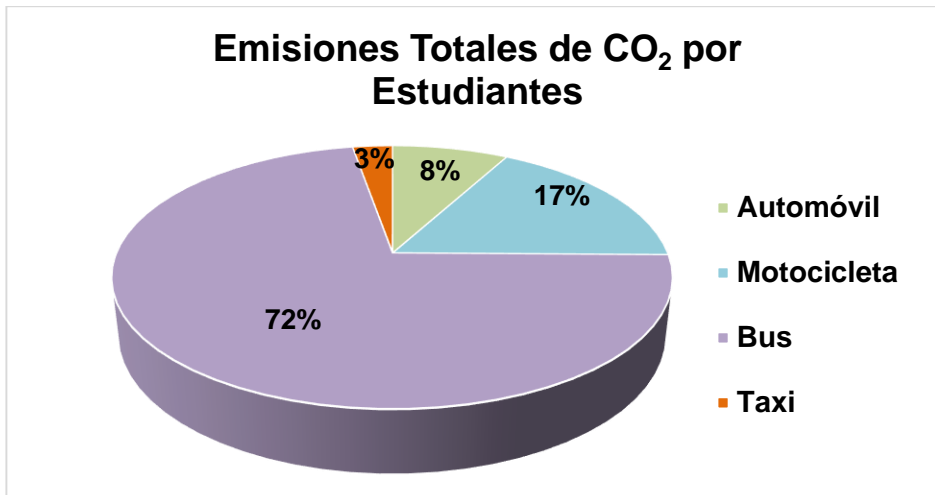


Fuente: Elaboración propia

En relación a los datos previamente mencionados, en el Gráfico 8 se puede apreciar que la mayoría de emisiones en t CO₂ corresponden al transporte por bus.

Esto se debe a que aunque el nivel de ocupación de un bus es más alto que el de los otros tipos de transporte, es decir, un solo vehículo en este caso el bus, está transportando un mayor número de personas, al ser el más utilizado por la comunidad universitaria y tener mayores consumos de combustible que los otros medios de transporte aporta el 67% de las emisiones totales.

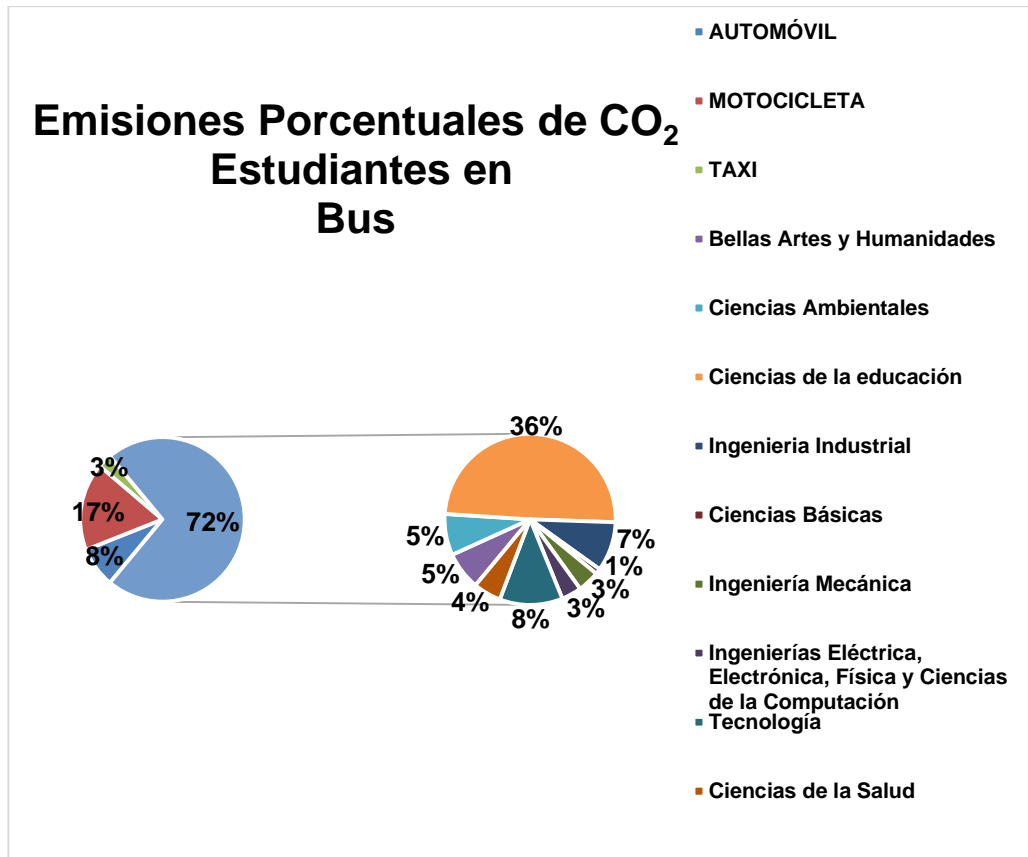
Gráfico 10: Porcentaje de Emisiones de CO₂ estudiantes asociadas a la movilidad



Fuente: Elaboración propia

En el caso específico de los estudiantes el medio de transporte que más utilizan es el bus con un 72%, seguido de las motocicletas, automóvil y taxi respectivamente.

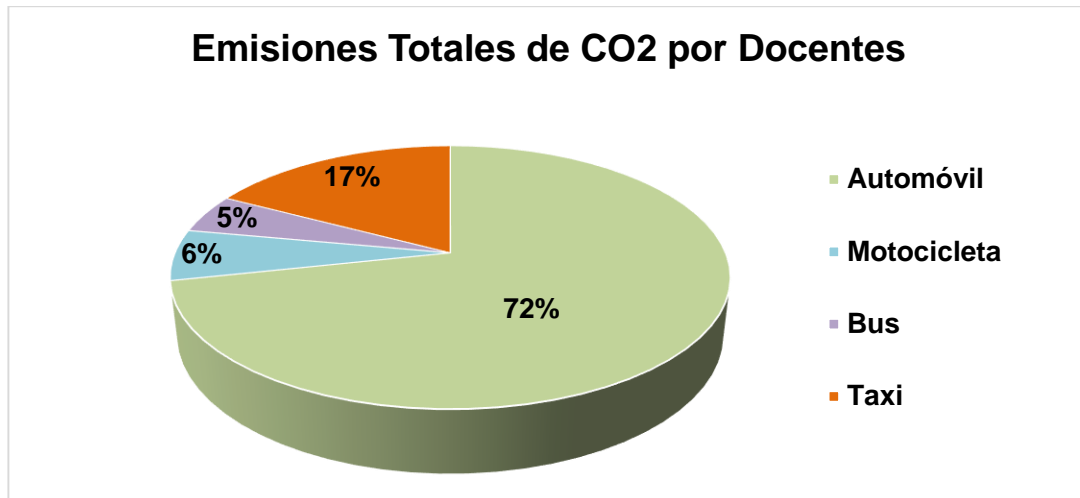
Gráfico 11: Emisiones porcentuales de CO₂ estudiantes en bus



Fuente: Elaboración propia

Se observa la participación de los estudiantes por Facultad en el transporte por bus, donde se aprecia que la facultad de Ciencias de la Educación tiene el mayor número de estudiantes que se movilizan en este medio de transporte.

Gráfico 12 : Porcentaje de Emisiones de CO₂ docentes asociadas a la movilidad

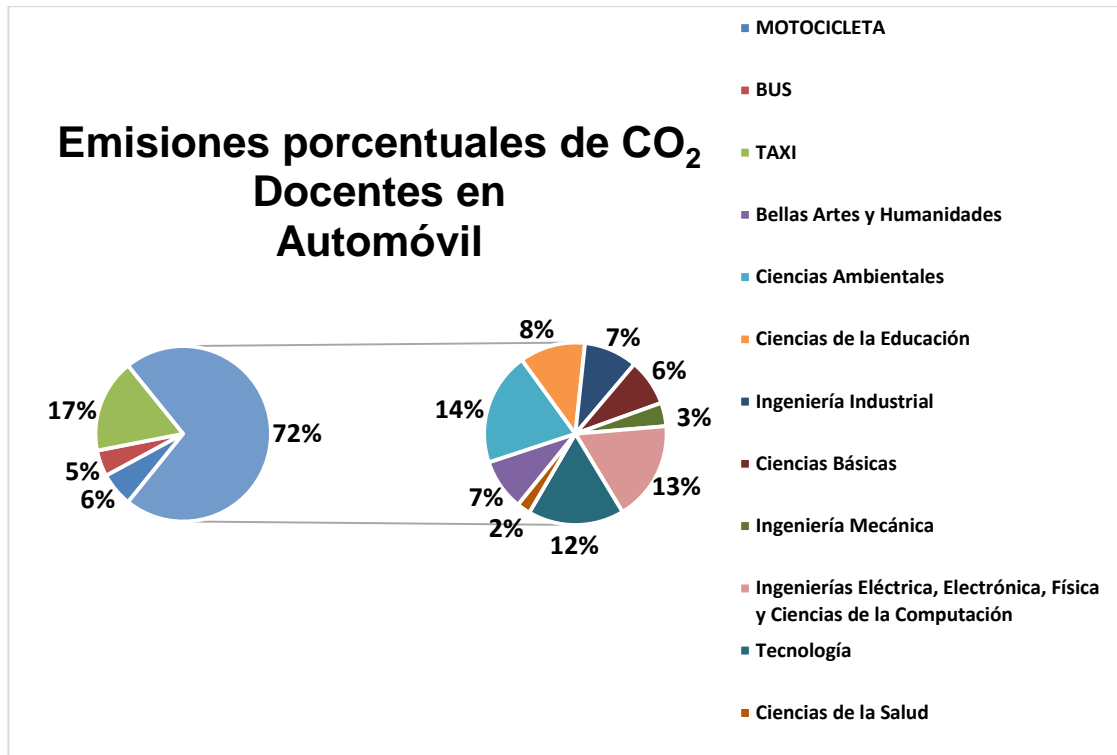


Fuente: Elaboración propia

En el caso de los Docentes se observa que el medio de transporte más utilizado es el particular, con un 72% de docentes movilizándose en automóvil, seguido de taxi, motocicleta y bus respectivamente.

Esto evidencia que en este grupo es necesario plantear alternativas de movilización para que el uso del vehículo particular disminuya y por consiguiente su Huella Ecológica respecto a la movilidad.

Gráfico 13: Emisiones porcentuales de CO₂ docentes en automóvil

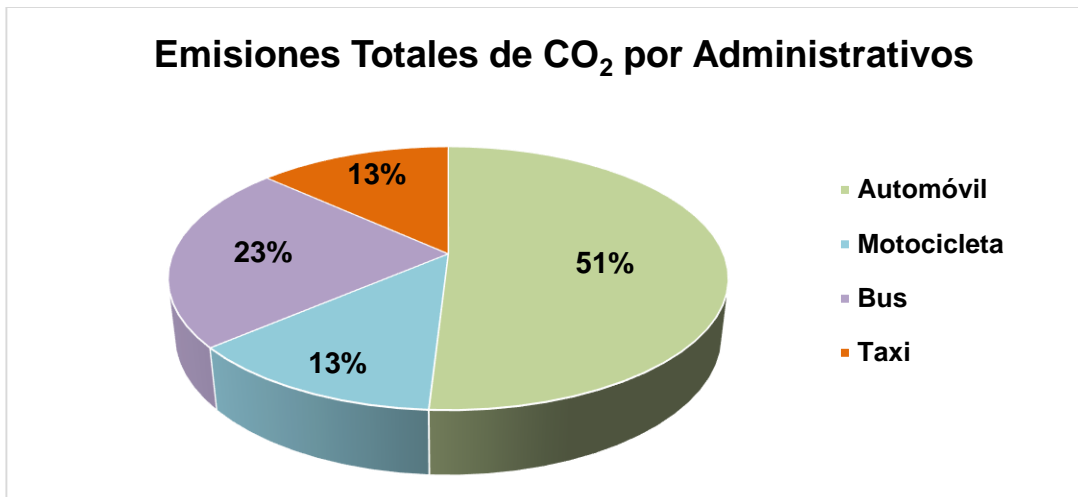


Fuente: Elaboración propia

Se evidencia unos porcentajes parejos de movilidad en vehículos por parte de los docentes de cada facultad. Siendo Ciencias Ambientales e Ingenierías donde un mayor número de docentes usan automóvil.

Es interesante igualmente plantear acciones tendientes a disminuir el uso de este medio de transporte y a fortalecer alternativas sostenibles. La facultad de Ciencias Ambientales junto a la facultad de Ingenierías son las que más aportan en las emisiones por movilidad. Es fundamental diseñar estrategias hacia una movilidad Sostenible y que se implemente y eduque sobre un transporte alternativo.

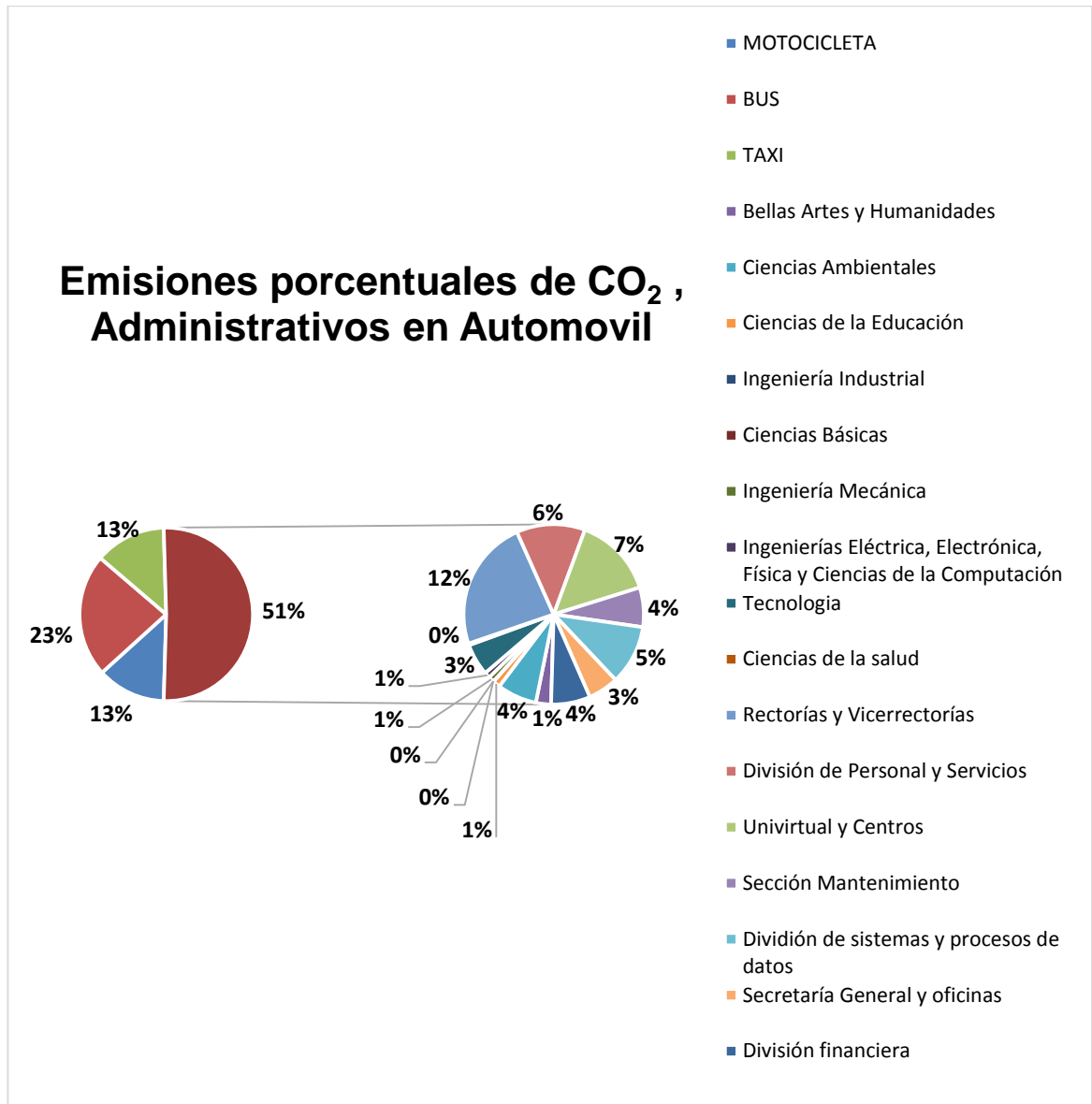
Gráfico 14: Porcentaje de Emisiones de CO₂ administrativos asociadas a la movilidad



Fuente: Elaboración propia

Se evidencia que en los administrativos al igual que en los docentes, hay preferencia por movilizarse en vehículo particular. El 51% de administrativos se movilizan en automóvil, seguido por motocicleta, taxi y bus respectivamente.

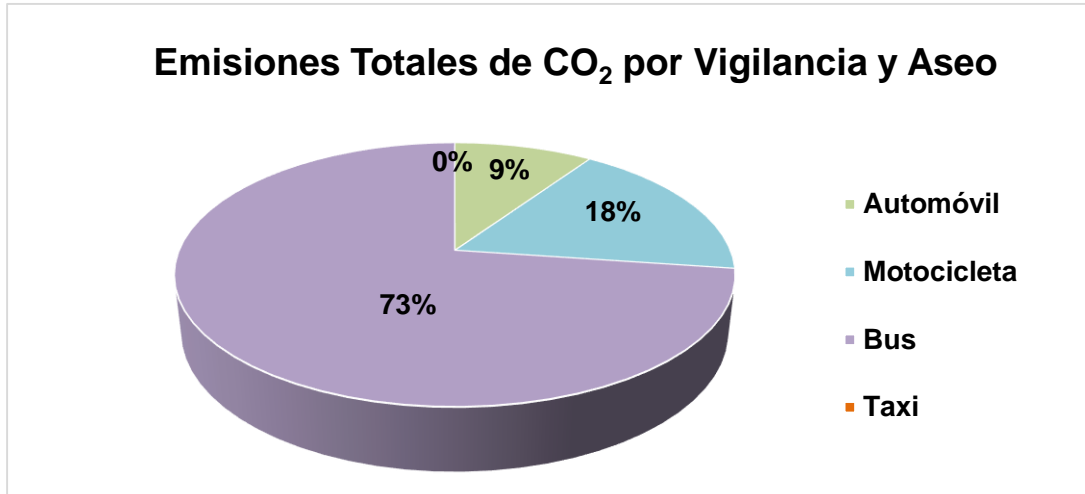
Gráfico 15: Emisiones porcentuales de CO₂, administrativos en automóvil



Fuente: Elaboración propia

Se observa que la dependencia que más hace uso del automóvil para movilizarse hasta el campus universitario es Rectorías y Vicerrectorías, seguida de Univirtual y Centros, y División de Personal y Servicios respectivamente.

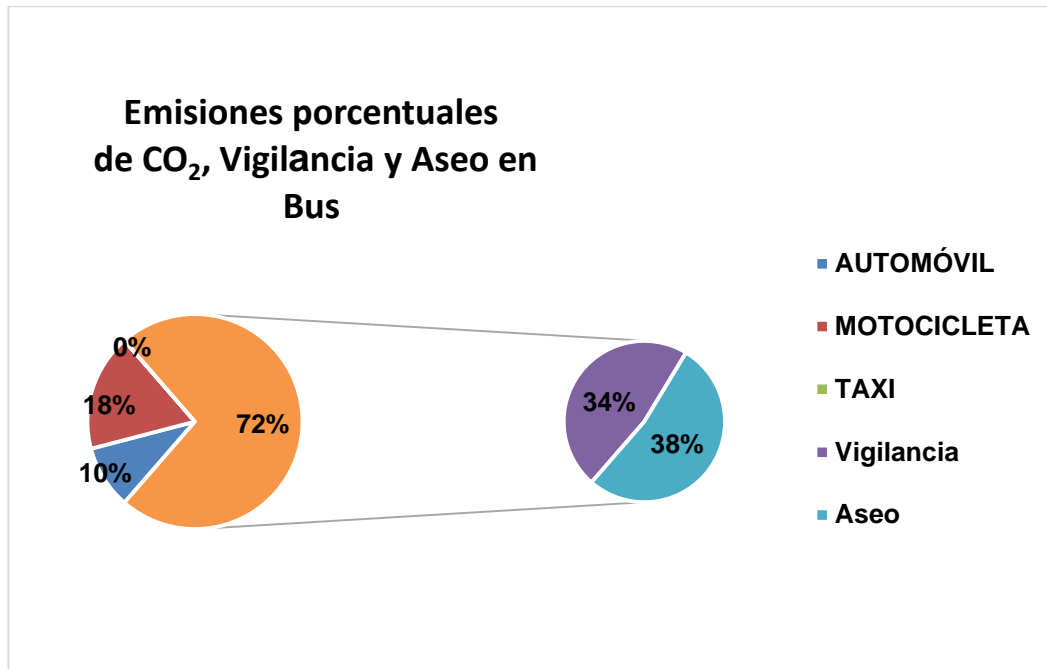
Gráfico 16: Porcentaje de Emisiones de CO₂ Vigilancia y Aseo asociadas a la movilidad



Fuente: Elaboración propia

El 73% del personal de vigilancia y aseo se moviliza en bus, seguido por motocicleta y automóvil. Se evidencia que un porcentaje no mayor al 1% se moviliza en taxi.

Gráfico 17: Emisiones porcentuales de CO₂, Vigilancia y Aseo en Bus



Fuente: Elaboración propia

El porcentaje de movilización en bus entre el personal de Vigilancia y Aseo es muy parejo.

Es importante analizar los hábitos de la comunidad Universitaria en cuanto al desplazamiento hacia el campus caminando y en bicicleta. La Tabla 13 muestra el número de personas aproximado que desplaza de esta forma.

Tabla 14: Hábitos de Movilidad (Caminando y Bicicleta)

Hábitos de Movilidad (Caminando y Bicicleta)		
	Caminando	Bicicleta
Estudiantes	3226	581
Docentes	155	0
Administrativo	12	0
Vigilancia y Aseo	2	0
Total	3395	581

Fuente: Elaboración propia

Como se puede apreciar del total de **16.902** estudiantes aproximadamente **3.226** se desplazan caminando, siendo estos los actores que hacen menos uso de

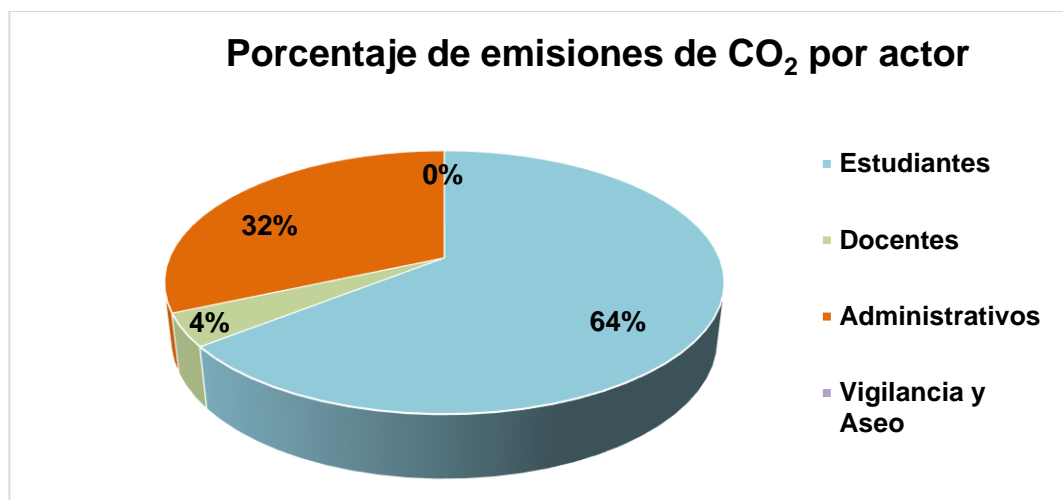
transporte público y particular. El número aproximado de estudiantes que usan bicicleta como medio de transporte es de **581**, lo cual refleja la necesidad de una política pública en materia de movilidad Sostenible que promueva el uso de la bicicleta entre la comunidad, pues se evidencia que docentes, administrativos y el personal de vigilancia y aseo no consideran el uso de bicicleta como una forma de desplazamiento.

Por parte del personal Docente, solo **155** de **1325** docentes caminan hacia la Universidad, y la cifra disminuye con el personal Administrativo pues aproximadamente **12** de **262** caminan.

9.7 Emisiones de CO₂ asociadas al consumo de papel

Las emisiones de CO₂ asociadas al consumo de papel son de un total de 19 t CO₂ anuales y es la segunda variable que representa menor emisión en la universidad Tecnológica de Pereira.

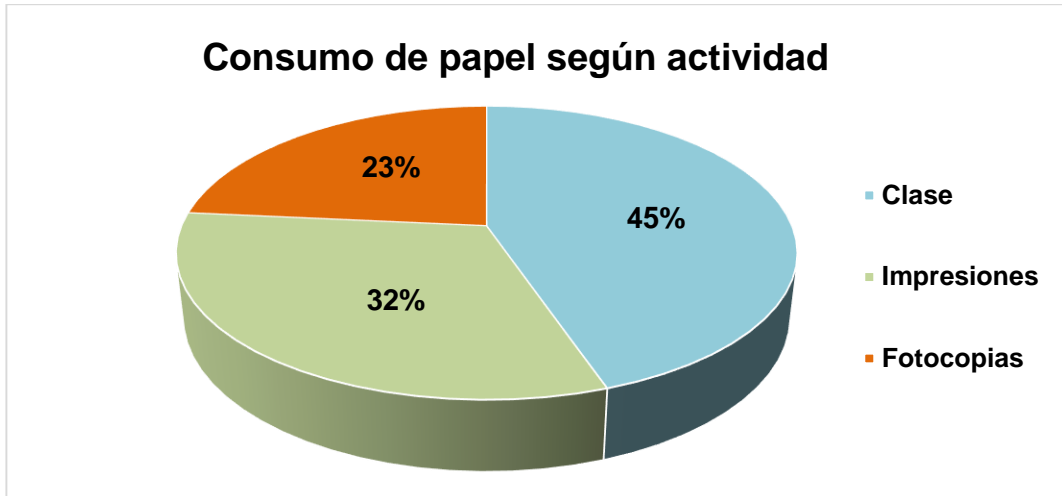
Gráfico 18: Porcentaje de emisiones de CO₂ según el actor



Fuente: elaboración propia

Como se puede observar en el gráfico, las actividades académicas de los estudiantes contribuyen al 64% de emisiones asociadas al consumo de papel, seguida de las actividades administrativas y docentes respectivamente. El personal de vigilancia y Aseo tiene un consumo de 0% de papel asociado a su labor con la universidad.

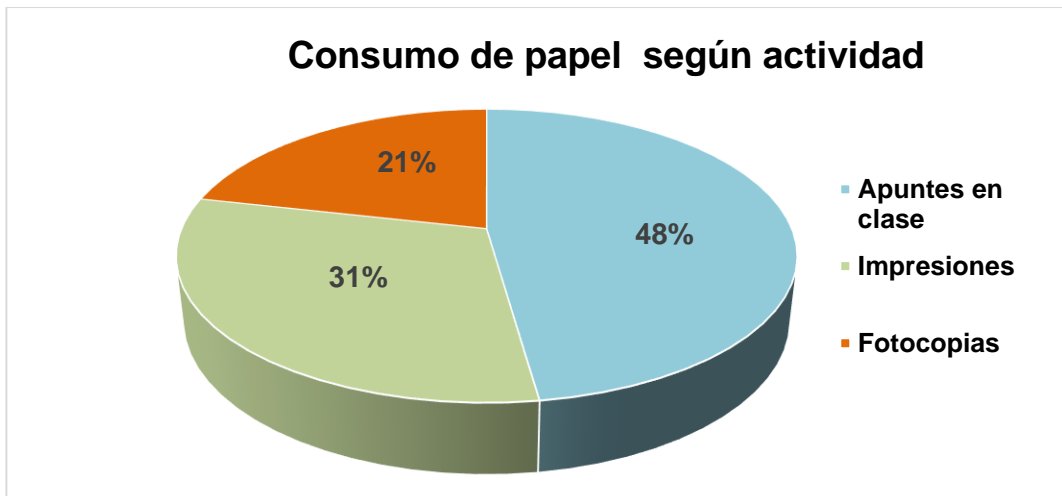
Gráfico 19: Distribución del consumo de papel según actividad



Fuente: elaboración propia

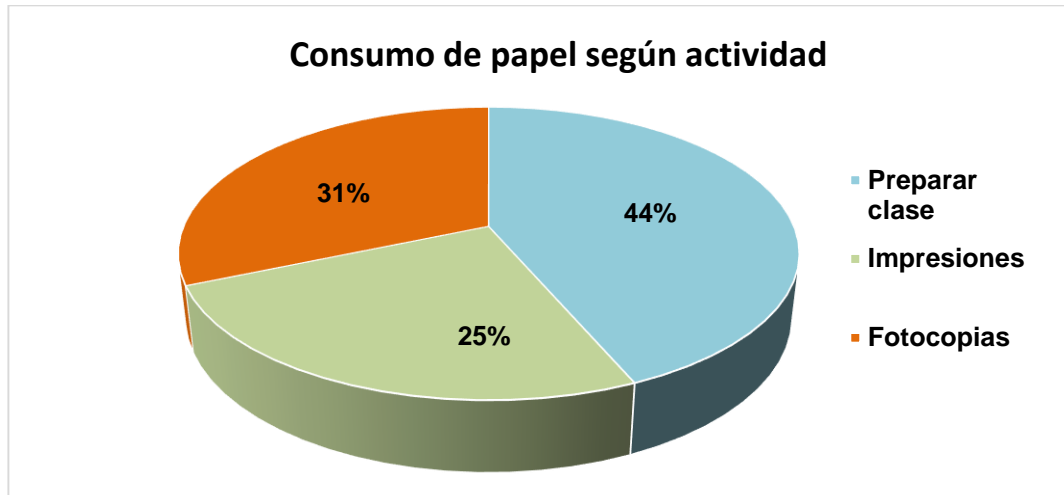
Para facilitar el análisis se clasificó el uso de papel en tres categorías: clase, impresiones y fotocopias. El gráfico 18 permite apreciar que el mayor consumo de papel en el campus está relacionado con las clases, tanto con los apuntes de los estudiantes como la preparación de temas y notas de los docentes; seguido de las impresiones y fotocopias.

Gráfico 20: Distribución del consumo de papel estudiantes según actividad



Fuente: elaboración propia

Gráfico 21: Distribución del consumo de papel docentes según actividad



Fuente: elaboración propia

De los anteriores gráficos se deduce que el mayor consumo de papel en estudiantes está ligado a los apuntes tomados en clase, seguido de las impresiones de trabajos y por último papel en fotocopias.

En los docentes el mayor consumo se da en la preparación de las clases, seguido de fotocopias e impresiones; y en los administrativos el total del consumo de papel es en impresiones relacionadas a sus labores administrativas. El personal de vigilancia y Aseo no tiene consumo de papel.

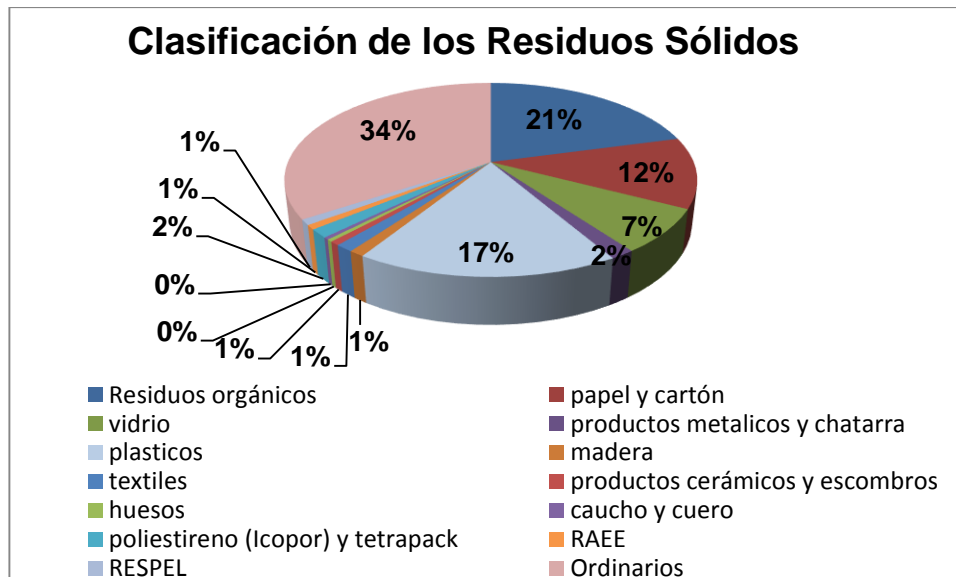
Así mismo, los estudiantes están consumiendo un total de **272.400 hojas** (tamaño carta) y **278.722 hojas** de cuaderno a la semana, que equivalen a **71 toneladas** de papel al año. El personal administrativo **190.874 hojas** (tamaño carta y oficio) y los docentes **22.832 hojas** (tamaño carta) a la semana, equivalentes a **35 y 4 toneladas** de papel al año respectivamente.

Es importante aclarar que las emisiones de CO₂ podrían ser más altas si se contara con un dato de factor de emisión de CO₂ asociado al papel más reciente del que fue tomado. Pues este se trató de actualizar pero no se encontró información reciente, lo que podría representar un dato que no refleja las emisiones reales por consumo de papel.

9.8 Emisiones de CO₂ asociadas a los residuos sólidos

Las emisiones de CO₂ asociadas a residuos sólidos corresponden a un 1% de las emisiones totales de la Universidad.

Gráfico 22: Clasificación de los residuos sólidos



Fuente: Elaboración propia

Es importante conocer cómo se distribuye la generación de residuos sólidos dentro del campus universitario. Cabe mencionar que la distribución de la gráfica anterior está basada en la clasificación que se realizó en el trabajo de grado *Fortalecimiento al Modelo de Gestión Integral de Residuos Sólidos no peligrosos adoptado por la Universidad Tecnológica de Pereira*, realizado en el año 2013, con las toneladas de residuos generadas en el año 2014.

A partir de esto se tiene que la mayor generación dentro del campus universitario está asociada a residuos ordinarios, residuos orgánicos y plásticos; con un total de **4,97**, **3,01** y **2,52** toneladas de residuos generadas al año respectivamente. El papel y cartón corresponden al 12% de los residuos con **1,70** toneladas anuales y el vidrio al 7% con **1,06** toneladas. El resto de residuos no llegan a una tonelada anual.

10. HUELLA ECOLÓGICA DE LA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA

Para el cálculo de la Huella Ecológica de la Universidad Tecnológica de Pereira se asumieron dos escenarios posibles de acuerdo a la capacidad de captura de CO₂ en un bosque en proceso de crecimiento (hipotético) y un bosque maduro (real).

Cada uno de estos escenarios demuestra el valor diferente para la Huella Ecológica a partir de un bosque en proceso de crecimiento y un bosque maduro, es fundamental mencionar que el escenario uno (Huella Ecológica hipotética) se hace referencia exclusivamente a una asimilación de captura en mayores cantidades ya que el bosque presente sería un bosque en proceso que desarrollo por lo tanto su captura de y almacenamiento de Co₂ es mucho mayor.

Para el segundo escenario (Huella Ecológica real), que es el escenario real tomado en cuenta para el análisis de la Huella ecológica es un bosque maduro en que el la captura y almacenamiento de Co₂ es menor en comparación con un bosque en etapa de crecimiento.

10. 1 Huella Ecológica (Hipotética)

Ya conocidas las emisiones de CO₂ asociadas a cada una de las variables es posible calcular la Huella Ecológica aplicando la ecuación 1 (apartado 8). Se considera la capacidad de captura del bosque universitario calculado para el escenario uno y que equivale a **67,08 t CO₂/ha/año**. (Apartado 8.2.8.1).

Tabla 15 Emisiones totales de CO₂

Variable	Emisiones de CO ₂ (t/año)	Porcentaje
Energía	480	6%
Agua	3	0%
Espacio Construido	590	8%
Movilidad	6271	84%
Papel	19	0%
Residuos Sólidos	116	2%
Total	7.479	100%

Fuente: elaboración propia

En la tabla 15 se aprecia las emisiones totales de Dióxido de Carbono por cada una de las variables analizadas. Como se evidencia en un año de actividades académicas se está emitiendo 7.479 toneladas de CO₂. Es válido resaltar que la variable de alimentación se calculó con una metodología que permitió conocer

directamente la HE parcial y la HE final, ya que no fue posible metodológicamente hallarla a partir de las emisiones de CO₂ asociadas a cada producto.

Tabla 16: Huella Ecológica de la Universidad Tecnológica de Pereira

<i>Variable</i>	<i>Emisiones de CO₂ (t/año)</i>	<i>Huella Ecológica (ha/año)</i>	<i>Porcentaje</i>
Energía	480	7,16	1%
Agua	3	0,04	0%
Alimentación	n/a	466	81%
Espacio Construido	590	8,80	2%
Movilidad	6271	93,49	16%
Papel	19	0,28	0%
Residuos solidos	116	1,73	0%
Total	7479	577,08	100%

Fuente: elaboración propia

Los resultados de la tabla 16 muestran que se necesitaría una extensión de bosque universitario de 577,08 ha para asimilar las 7.479 emisiones de CO₂ que generan la Universidad Tecnológica de Pereira.

La variable que mayor Huella Ecológica tiene en la universidad es la alimentación, seguida de la movilidad y energía respectivamente. Es importante calcular la HE percapita para la comunidad universitaria que equivale a **0,03 ha/persona/año**.

Realizando un análisis de la Huella Ecológica hallada y la superficie de bosque dentro del campus es evidente que esta no es suficiente para asimilar el total de emisiones de CO₂ generado.

Tabla 17: Huella Ecológica Global de la Universidad Tecnológica de Pereira

<i>Variable</i>	Tipo de superficie impactada	HE (ha/año)	Factor Equivalencia	HE Global (hag/año)
Energía	Bosque	7,16	1,34	9,59
Agua	Bosque	0,04	1,34	0,06
Alimentación	Agricultura	37,89	2,21	83,74
	Ganadería	419,97	0,49	205,79
	Mar productivo	7,74	0,36	2,79
Espacio Construido	Bosque	8,80	1,34	11,79
Movilidad	Bosque	93,49	1,34	125,27
Papel	Bosque	0,28	1,34	0,38
Residuos solidos	Bosque	1,73	1,34	2,32
Total		577,09		441,71

Fuente: elaboración propia

De la tabla anterior se concluye que se necesitan 441,71 hag de tierra para asimilar las emisiones de CO₂ producidas en el campus universitario. Es conveniente homogenizar los diferentes tipos de suelos multiplicando la HE local obtenida por el factor de equivalencia que representa la productividad media global de un área bioproductiva con relación a la productividad media global de todas las áreas. Así se podrá comparar los resultados a nivel global.

Tabla 18: Huella Ecológica en Universidades

Nombre	Año	Categorías Estimadas	HE	HE Total
			per cápita (Hag)	(Hag)
Universidad de Toronto (Canadá)	2005	Alimentación, energía, transporte, residuos, agua, construcción	1,04	7.827,30
Universidad de Redlands (USA)	1998	Energía, transporte, residuos, agua	0,85	2.300
Universidad de Newcastle (Australia)	1999	Alimentación, energía, transporte, construcción	0,19	Sin Dato
Universidad de Holme (Inglaterra)	2001	Alimentación, energía, transporte, residuos, agua	0,56	Sin Dato
Colorado College (USA)	2001	Alimentación, energía, transporte, residuos, agua, construcción	2,24	5.602, 6

Universidad Autónoma de Madrid (España)	2003	Energía, movilidad, papel	0,14	4.740,40
Universidad de León (España)	2006	Energía, movilidad, bienes y servicios, construcción	0,46	6.646,04
Universidad de Santiago de Compostella (España)	2008	Energía, transporte, papel, agua, construcción	0,21	6.990,88
Universidad Estatal de Ohio (Usa)	2007	Energía, movilidad, residuos	8,66	650.665,70
Universidad del Valle (Colombia)	2009	Energía, agua, movilidad, espacio construido, papel y alimentación.	0,6	8.743,70
Universidad Tecnológica de Pereira	2015	Energía, agua, alimentación, espacio construido, movilidad, papel, residuos sólidos	0,02	441,71

Fuente: elaboración propia a partir de Agredo, 2009

En la anterior tabla se evidencia que según los cálculos de cada uno de los campus comparados, la Universidad Tecnológica de Pereira tiene la HE percapita y total menor. Lo que quiere decir que es el campus más sustentable de los analizados. Comparando con la HE de la Universidad del Valle, esta diferencia se debe a la capacidad de captura del bosque, que para esa universidad es de **0,708 t CO₂/ ha/ año** y el que se utilizó en esta investigación es de **67,08 t CO₂/ha/año**. Siendo una diferencia muy grande que repercute en los resultados. Sin tener conocimiento de la capacidad de captura de las otras universidades se asume que la diferencia puede ser por la misma situación.

10.2 Huella Ecológica (Real)

La Huella Ecológica definitiva asociada a las actividades de la Universidad Tecnológica de Pereira se calculó en base a la capacidad de captura del bosque en el escenario dos, que refleja un valor más aproximado a las condiciones actuales en las que se encuentra el bosque. La asimilación de CO₂ por parte del bosque universitario es de **5,51 t CO₂/ha/año**. (Apartado 8.8.8.2)

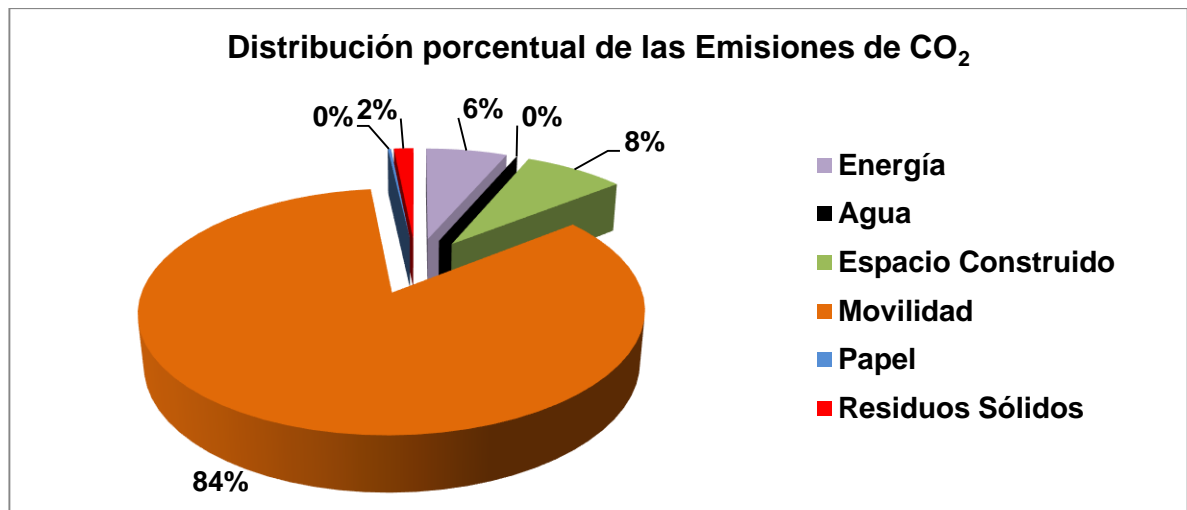
Tabla 19 Emisiones totales de CO2

Variable	Emisiones de CO2 (t/año)	Porcentaje
Energía	480	6%
Agua	3	0%
Espacio Construido	590	8%
Movilidad	6271	84%
Papel	19	0%
Residuos Sólidos	116	2%
Total	7.479	100%

Fuente: elaboración propia

Al igual que en el escenario anterior, las emisiones de CO₂ totales en el campus universitario equivalen a 7.479 toneladas. La tabla no refleja las emisiones de CO₂ de alimentación por las razones expuestas en el escenario hipotético.

Gráfico 23: Distribución de las emisiones de CO2



Fuente: elaboración propia

En el gráfico se observa que la variable que más contribuye a las emisiones de CO₂ es la movilidad, con un 84% que equivalen a 6.271 toneladas anuales. Seguido de la variable de espacio construido y consumo de energía. Los residuos sólidos generan el 2% de las emisiones totales; y el consumo de papel y agua representan el menor porcentaje, con unas emisiones de 19 y 3 toneladas de CO₂ anuales respectivamente.

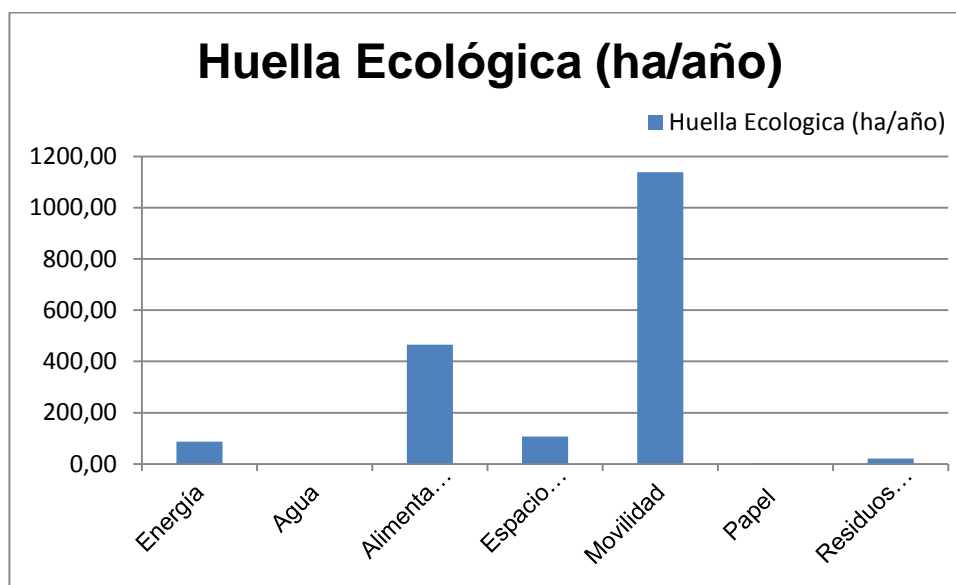
Tabla 20: Huella Ecológica de la Universidad Tecnológica de Pereira

Variable	Emisiones de CO2 (t/año)	Huella Ecológica (ha/año)	Porcentaje
Energía	480	87,11	5%
Agua	3	0,54	0%
Alimentación	N/A	465,59	26%
Espacio Construido	590	107,08	6%
Movilidad	6271	1138,11	62%
Papel	19	3,45	0%
Residuos sólidos	116	21,05	1%
Total	7.479	1.822,95	100%

Fuente: elaboración propia

De la tabla 20 se concluye que para absorber las 7.479 toneladas de CO₂ anuales se necesitan 1823 ha de bosque. Así mismo al haber aproximadamente 18513 personas la Huella Ecológica per cápita sería de **0,10 ha/persona/año**.

Gráfico 24: Huella Ecológica por tipo de variable



Fuente: elaboración propia

En el gráfico 24 la variable con la Huella Ecológica más alta es la movilidad, seguida de la alimentación y el consumo de energía.

Tabla 21: Huella Ecológica en hectáreas globales (hag)

Variable	Tipo de superficie impactada	HE (ha/año)	Factor Equivalencia	HE Global (hag/año)
Energía	Bosque	87,11	1,34	116,73
Agua	Bosque	0,54	1,34	0,73
Alimentación	Agricultura	37,89	2,21	83,74
	Ganadería	419,97	0,49	205,79
	Mar productivo	7,74	0,36	2,79
Espacio Construido	Bosque	107,08	1,34	143,48
Movilidad	Bosque	1138,11	1,34	1525,07
Papel	Bosque	3,45	1,34	4,62
Residuos solidos	Bosque	21,05	1,34	28,21
Total		1.822,95		2.111,16

Fuente: elaboración propia

En la tabla 21 se determina que son necesarias 2.111,16 hectáreas globales para asimilar las emisiones de la Universidad Tecnológica de Pereira. La variable de alimentación afecta tres tipos de superficies de superficie: agricultura, ganadería y mar productivo; evidenciando el alto impacto ambiental asociado al consumo de alimentos. Debido a las altas emisiones de CO₂ generadas por la movilidad, esta es la variable que más hectáreas de bosque requiere, pues se necesitan 1.138,11 hectáreas de bosque universitario para asimilar las emisiones lo cual es significativo si se tiene en cuenta que la Universidad Tecnológica de Pereira cuenta con un área boscosa de 34 ha.

La Huella Ecológica global per cápita en la Universidad Tecnológica de Pereira es de **0,11 hag/persona/año**.

Tabla 22: Huella Ecológica en Universidades a nivel internacional

Nombre	Año	Categorías Estimadas	HE per cápita (Hag)	HE Total (Hag)
Universidad de Toronto (Canadá)	2005	Alimentación, energía, transporte, residuos, agua, construcción	1,04	7.827,30
Universidad de Redlands (USA)	1998	Energía, transporte, residuos, agua	0,85	2.300
Universidad de Newcastle (Australia)	1999	Alimentación, energía, transporte, construcción	0,19	Sin Dato

Universidad de Holme (Inglaterra)	2001	Alimentación, energía, transporte, residuos, agua	0,56	Sin Dato
Colorado College (USA)	2001	Alimentación, energía, transporte, residuos, agua, construcción	2,24	5.602, 6
Universidad Autónoma de Madrid (España)	2003	Energía, movilidad, papel	0,14	4.740,40
Universidad de León (España)	2006	Energía, movilidad, bienes y servicios, construcción	0,46	6.646,04
Universidad de Santiago de Compostella (España)	2008	Energía, transporte, papel, agua, construcción	0,21	6.990,88
Universidad Estatal de Ohio (Usa)	2007	Energía, movilidad, residuos	8,66	650.665,70
Universidad del Valle (Colombia)	2009	Energía, agua, movilidad, espacio construido, papel y alimentación.	0,6	8.743,70
Universidad Tecnológica de Pereira	2015	Energía, agua, alimentación, espacio construido, movilidad, papel, residuos sólidos	0,11	2111,16

Fuente: elaboración propia

Como se observa en la tabla 22, la Universidad Tecnológica de Pereira tiene una menor Huella Ecológica de las Universidades comparadas a nivel internacional, demostrando así que es una de las más Sustentables y que puede llegar a ser aún más, elevando sus estándares a nivel local, regional y global.

Se puede analizar en términos Nacionales que la Huella Ecológica total de la Universidad del Valle es mayor en un en aproximadamente 6.632,42 Hectáreas globales. Igualmente la tabla anterior refleja no solo la Huella Percapita en términos reales, haciendo énfasis en que para este cálculo se tomaron en cuenta los datos de captura por parte de un bosque maduro, asumiendo que el bosque perteneciente a la Universidad Tecnológica de Pereira lo posee y la asimilación del mismo es mucho menor que la de un bosque en desarrollo.

Por lo tanto la Huella Ecológica percapita en la Universidad Tecnológica de Pereira para el año 2015 es de 0,11 ha/persona/año y serían necesarias 2.111.16 hectáreas globales de tierra para suplir esas emisiones generadas por la comunidad universitaria.

11. ACCIONES PARA MITIGAR LA HUELLA ECOLÓGICA EN EL CAMPUS DE LA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA

11.1 Propuestas para la reducción del consumo energético

El modelo energético actual es uno de los factores que más contribuye a las emisiones de gases de efecto invernadero y por tanto al cambio climático. En el campus universitario es una de las variables que más aportan a las emisiones de CO₂ siendo este un resultado que se esperaba, pues una buena parte de las actividades del campus están necesariamente ligadas al consumo energético.

Es urgente un cambio en las políticas ambientales del país, donde se promueva y fomente el uso de energía renovable como parte del compromiso nacional frente al inminente cambio climático. Ligado a un nuevo modelo energético debe estar siempre la cultura del ahorro en el consumo de energía siendo igual de importante en la solución de la problemática.

Dentro de las propuestas más relevantes están:

Campañas de concientización sobre el ahorro de energía

Como institución educativa la universidad Tecnológica de Pereira, en base a la ciencia y tecnología tiene el deber de educar y ser partícipe en el cambio cultural de la región, por lo tanto se deben realizar campañas educativas dirigidas a todos los sectores sociales dentro del campus (estudiantes, docentes, administrativos, otros) para que desde cada individuo nazca la conciencia del ahorro energético y se ahonde en la responsabilidad tanto individual como colectiva con el planeta y los recursos naturales. Estas campañas deben ir acompañadas de datos reales sobre el cambio climático, respaldados científicamente, de manera que sea claro el papel que se juega dentro de la problemática global y como los cambios a nivel local son esenciales para mitigar el enorme impacto asociado al consumo energético y uso de combustibles fósiles.

Se puede lograr mediante:

- ✓ El Diseño de un programa administrativo para el ahorro de energía.

Dentro de este se implementaran las estrategias administrativas que contengan tanto actividades a realizar dentro del campus universitario como recursos económicos para la realización de las mismas y los responsables.

- ✓ Conformación de grupos de trabajo

Estos grupos deberán estar integrados por representantes de los alumnos, docentes, administrativos y trabajadores (otro oficios) desde donde se formulen propuestas con diferentes visiones de un campus universitario sostenible.

- ✓ Establecer un sistema de información y comunicación de los resultados periódicamente

De esta forma la comunidad universitaria estará enterada del progreso en el compromiso de ahorro energético. La comunicación constante de los resultados de indicadores ambientales llevara a fortalecer una cultura de ahorro. Para lo anterior sería apropiado crear sectores dentro del campus que abarquen un número determinado de facultades y dependencias, de esta forma se hará más fácil el análisis del consumo energético dentro del campus, que en la actualidad cuenta con un solo medidor para el consumo de energía y dificulta conocer con exactitud las tendencias en el consumo de energía del campus por facultades y dependencias, pues en todo el campus las actividades varían.

Así se podrá comparar los resultados que se obtengan y se hará una retroalimentación que permita un seguimiento efectivo al uso eficiente de energía eléctrica dentro del campus universitario, para evaluar la eficiencia de los diferentes sectores frente al consumo energético y formular medidas correctivas más específicas.

Iluminación

Realizar acciones concretas para reducir el consumo de energía en el campus es una tarea que requiere de tiempo y compromiso. Esto si se tiene en cuenta que vivimos dentro de una cultura donde se está acostumbrado al uso energético constante durante todo el día que conlleva muchas veces a un consumo innecesario.

Algunas acciones a implementar son:

- ✓ Aprovechamiento de la luz natural

Durante las jornadas diurnas en el campus se debe aprovechar la luz natural, siempre y cuando sea la apropiada para el desarrollo de las actividades de enseñanza, administrativas, de mantenimiento e investigación. Esto se verá reflejado en una disminución del consumo energético mensual.

- ✓ Bombillas y lámparas de bajo consumo

Se debe inspeccionar todos los edificios del campus para identificar lugares en los que no se esté haciendo uso de bombillas ahorradoras o LED. Estas a diferencias de las incandescentes consumen hasta un 40% menos de energía. Si bien su costo es mayor, a largo plazo, representa económicamente un beneficio ya que su duración puede ser hasta de 70.000 horas. Además, por su funcionamiento conlleva una reducción de emisión de calor muy elevada, debido a que las bombillas LED transforman hasta el 98% de su energía en luz y sólo un 2% en calor²².

✓ Controles de encendido y apagado

Identificar lugares estratégicos donde se dificulte un seguimiento en el encendido y apagado de bombillas y lámparas para instalar controles automáticos de iluminación que garanticen el uso eficiente de la energía dentro del campus. También programadores de iluminación de acuerdo a programas y horarios que se establezcan dentro del campus.

✓ Adaptar las bombillas y lámparas a las necesidades lumínicas de cada espacio

Identificar dentro del campus universitario que zonas requieren de mayor luminosidad y por lo tanto lámparas con mayor voltaje, así se tendrá un sistema inteligente dentro del campus adaptado a las especificidades de las actividades y eficiente en el consumo energético.

Sistema de aire acondicionado

Las áreas que requieren de un sistema especial de aire acondicionado deberán hacer un uso racional de este, teniendo en cuenta las épocas en las que no es necesario, por factores climáticos, hacer uso de estos, a excepción de algunos laboratorios de investigación y áreas que requieren unas condiciones climáticas determinadas.

Es necesario evaluar las condiciones en las que se encuentran los equipos para realizar un cronograma de mantenimiento y cambios adecuados que permita hacer reemplazos de estos quipos a unos más eficientes en cuanto a consumo energético.

²² Blog: Sostenibilidad para todos,2015

Así mismo evitar un control de temperatura manual que incremente el consumo de energía y optar por uno programado de acuerdo a las necesidades identificadas en las diferentes áreas donde su uso sea necesario.

Equipos de cómputo y laboratorio eficientes

Si bien todas las propuestas para reducir el consumo de energía suponen una inversión inicial alta a corto plazo se verá reflejada en la reducción del consumo de energía y por lo tanto en el pago por el servicio.

Se debe hacer una inspección en todas las salas de cómputo dentro del campus para identificar los equipos que representan un consumo alto de energía y reemplazarlos por equipos eficientes, de monitores LCD que consumen hasta 17 veces menos energía²³. Se debe hacer lo mismo con los equipos y máquinas de las áreas de investigación e innovación.

Energía renovable dentro del campus universitario

No es inapropiado decir que en Colombia estamos en mora con el aprovechamiento de las energías renovables, más si tenemos en cuenta que las condiciones naturales de diferentes zonas del país son favorables para la energía eólica y solar.

Ese mismo panorama se tiene a nivel nacional, son muy pocos los sectores que hacen uso de energías renovables y las instituciones educativas no son la excepción.

✓ Paneles de energía solar

La universidad tecnológica de Pereira debe apostarle a las energías renovables. Sería apropiado que el campus universitario se destaque a nivel regional y nacional por el aprovechamiento adecuado de los recursos naturales, más si se tiene en cuenta que se tiene el programa de Administración Ambiental, pionero a nivel nacional en su campo.

Por ende, una meta importante sería la inclusión de energía solar que provea un porcentaje considerable de energía del necesario para el funcionamiento del campus, en el caso de la Universidad Tecnológica de Pereira una meta factible sería el 10%. El aporte de los diferentes grupos de investigación de la universidad debe estar de la mano de la conciencia ambiental.

²³ Asociación de la Industria Eléctrica-Electrónica

La infraestructura del campus debe ser acorde a las necesidades actuales y a los compromisos con el entorno. De esta forma se estará contribuyendo a un proceso pedagógico que permite aprovechar al máximo los recursos naturales y se traduzca en un ahorro de energía para el campus. Además de evidenciar la viabilidad del uso de energía sostenible en la región.

11.2 Propuestas para la reducción del consumo de agua

Se estima que en el mundo existen unos 1400 millones de km³ de agua de los cuales el 2,5% son de agua dulce (FAO); según el Estudio Nacional del Agua (ENA) del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia (IDEAM), la oferta hídrica del país es seis veces superior a la oferta mundial y tres veces mayor que la de Latinoamérica. Teniendo una oferta en un Año Medio de 2.229 km³ y en un Año Seco 1.417 km³ además de una Oferta Hídrica Subterránea de 5.848 km³. Generando con esto una reducción en la Disponibilidad del recurso hídrico por afectación en la calidad del mismo de un 60% Según el Decreto 3930 de 2010 que establece disposiciones relacionadas con los usos del recurso hídrico, el ordenamiento del recurso hídrico y los vertimientos al recurso hídrico al suelo y los alcantarillados (Ambiente, 2010).

En repetidas ocasiones en Tesis de grado como “Actualización del Diagnóstico Ambiental Universidad Tecnológica de Pereira” y “Estrategias de Uso Eficiente y Ahorro de Agua en Centros Educativos, Caso De Estudio, Edificio Facultad De Ciencias Ambientales, Universidad Tecnológica De Pereira” hacen alusión a los impactos ambientales causados por la naturaleza de los servicios educativos, además de estrategias para el uso eficiente del recurso hídrico que en su mayoría no han sido aplicadas en el campus universitario.

Cabe resaltar que la Universidad Tecnológica cuenta con una planta de tratamiento de agua con una eficiencia del 80% que mitiga considerablemente la contaminación en los vertimientos posteriores a las actividades internas en el campus.

A continuación se identifican acciones para la medición, uso y aprovechamiento del recurso hídrico de manera sostenible que permitan abordar la problemática existente y lleven a generar indicadores de gestión con perspectivas a una mejora continua.

- ✓ Educación Ambiental y concientización respecto al consumo de agua

Mediante la educación ambiental reducir la demanda sobre el recurso hídrico, adecuando el consumo de agua del campus a la realidad hidrológica de la zona, de manera que los cambios y la percepción en el consumo estén de la mano con el respaldo científico para hacer un campus eficiente en cuanto a la oferta y demanda de los recursos naturales. Para esto se debe desarrollar medidas en la gestión de la demanda del recurso hídrico donde se formule un objetivo claro en la reducción del consumo de agua. Para un periodo de 5 años puede ser alrededor del 20% menos de consumo dentro del campus universitario.

- ✓ Instalación de medidores por edificio y dependencia

En la actualidad el campus universitario cuenta con un medidor de consumo de agua general, lo que dificulta el análisis del comportamiento en el consumo del recurso hídrico y las posibles acciones para disminuirlo. Por esto es importante sectorizar el campus de manera que se tengan diferentes consumos que den cuenta de la dinámica interna de forma más precisa.

- ✓ Medir consumo individual y colectivo del campus

Conocer los índices de consumo por estudiante que permita a partir de los datos, emprender acciones en pro del debido aprovechamiento del recurso hídrico, proyectar costos reales de cada una de las decanaturas y el personal asignado, identificación de fugas localizadas y acciones correctivas directas en la locación afectada son algunos de los benéficos que se obtienen de la micro medición dentro del campus universitario.

- ✓ Control de vertimientos específicos

Un debido manejo a los vertimientos realizados desde cada uno de los laboratorios permite realizar acciones en pro de la compensación, mitigación o corrección de impactos ambientales.

- ✓ Control de inventarios en uso de químicos

Para tener un control constante y correcto de las sustancias que se están vertiendo derivadas de las actividades de investigación dentro del campus, de esta forma se pueden generar acciones más precisas en pro de mejorar el agua en la planta de tratamiento.

- ✓ Tecnologías sanitarias eficientes

Minimizar consumo en las baterías sanitarias instalando sistemas de reducción de descargas y minimizando la capacidad de los tanques, también sistemas de ahorro en las duchas de las instalaciones deportivas que disminuyan el desperdicio y mal uso del recurso hídrico. Es muy importante el uso de bioquímicos para la limpieza, para ello se debe diseñar e implementar tecnologías eficientes que permitan mejores índices en el aprovechamiento de los recursos tanto naturales como financieros. De mano de la planta de tratamiento se puede instalar Bio-digestores o pantanos artificiales para aguas salientes para lograr el 100% de los vertimientos que se realizan dentro del campus.

✓ Aprovechamiento de aguas lluvias

La disminución en los costos de operación permite el uso de estos recursos en actividades de fortalecimiento empresarial que permiten eficacia y eficiencia en los modelos administrativos actuales. Para esto el campus universitario debe contar con un sistema de canalización de aguas lluvias para el aprovechamiento del 100% de las precipitaciones.

✓ Realizar auditorías ambientales

Este es un instrumento fundamental para la evaluación de los hábitos en el consumo de agua de la universidad. De esta forma se pueden aplicar medidas que conduzcan a aumentar la eficiencia del consumo y mejorar la calidad ambiental dentro del campus.

11.3 Propuesta para un campus universitario verde

Según Green Metric²⁴ en 2015 el campus universitario es uno de los “más verdes” ocupando el puesto 191 entre 200 universidades a nivel global, principalmente por contar con un 60% del campus en zonas de conservación.

Si bien se puede decir que el campus de la Universidad Tecnológica de Pereira cuenta con importantes aportes a la dinámica natural local con el jardín botánico, en cuanto a estructuras y edificaciones está lejos de representar un compromiso con el medio ambiente.

Se puede mejorar respecto a:

✓ Edificaciones Ecológicas

²⁴ Reportaje periódico La Tarde, Pereira, 2016

Es difícil que se pueda adaptar tecnologías eficientes en los edificios ya construidos, pero una meta que debe trazarse la universidad es ir incluyendo en las futuras edificaciones y remodelaciones de edificios sistemas ecológicos que contribuyan a la sustentabilidad del campus.

Para esto se puede planificar edificaciones futuras con recolección de aguas lluvias para el uso y funcionamiento interno diario (agua para uso en los servicios sanitario, aseo y mantenimiento del edificio y zonas verdes), teniendo en cuenta que la ciudad se caracteriza por precipitaciones de lluvia constantes por lo que es una opción muy útil para el ahorro de agua potable.

- ✓ Criterios bioclimáticos en las edificaciones futuras

Se deben seleccionar criterios bioclimáticos en los edificios que se planean construir, de forma que se incorporen sistemas de captación solar, sistemas con uso de vegetación (paredes y techos verdes) que regulen la temperatura y humedad, implementar diseños en los espacios que potencialicen el uso de la luz natural y sistemas de ventilación que permitan un ambiente adecuado sin el uso excesivo de aire acondicionado.

- ✓ Bebederos en el campus

El campus universitario ya cuenta con bebederos en algunas áreas, la propuesta es extender este sistema a las zonas o focos de concentración de personas donde el consumo de agua sea alto, con el fin de incentivar el consumo de agua potable y disminuir el uso del plástico de botellas de agua. De esta manera se reduce los desechos contaminantes dentro del campus.

- ✓ Fortalecer las zonas verdes y jardines

Plantar más especies de arbustos autóctonos, que se adapten a las condiciones naturales de la zona (pluviosidad, luminosidad, radiación UV, etc.) y contribuyan a la regulación climática dentro del campus.

- ✓ Jardinera Verde

Fomentar mecanismos para la reutilización de los residuos vegetales que se producen en las zonas verdes, así como limitar tratamientos químicos para control de plagas y utilizar abonos naturales.

- ✓ Potencializar el conocimiento del patrimonio arqueológico y biodiverso del campus

Mediante la conservación de los hallazgos arqueológicos y del patrimonio natural que representa el jardín botánico, fortaleciendo el papel de los espacios naturales dentro del campus universitario.

11.4 Propuesta para disminuir el consumo de papel en el campus universitario

Uno de los retos más complejos dentro de la Universidad Tecnológica de Pereira es la disminución en el uso de papel, ya que culturalmente muchas de las actividades que se realizan en instituciones educativas y áreas administrativas requieren comúnmente su uso.

Sin embargo, como sociedad somos cada vez más conscientes de la necesidad de alcanzar un desarrollo sostenible, y si bien el consumo de papel ha estado ligado históricamente al desarrollo económico y social también son claras las consecuencias y la presión ambiental que ejerce en los recursos naturales.

A pesar de estar en una transición tecnológica histórica e importante, el desarrollo de las Tecnologías de la Información y de la Comunicación (TIC) de la mano con la digitalización no ha sido una solución a la reducción de consumo de papel, seguimos siendo una sociedad dependiente. El consumo de papel para impresión y escritura creció por encima del 10% entre los años 1980 y 2000. Asimismo, el 30% del papel que consumimos actualmente corresponde a funcionalidades que hace 10 años no existían. (Arbildo, 2012)

Algunos impactos ambientales asociados a la producción de papel son:

- Consumo energético: Obtener una hoja de papel a partir de 100% de madera consume 17 Wh y a partir de papel reciclado, 12 Wh.
- Consumo de agua: para obtener 1 tonelada de papel se necesitan 2 toneladas de agua si se trata de papel reciclado o 15 toneladas si se trata de papel de pasta química.
- Vertimientos que tienen una elevada carga contaminante.
- Deforestación de bosques
- Por imprimir en hoja de papel se genera: tóner, embalajes, impresoras, que son residuos especiales y representan contaminación ambiental

Por lo anterior es necesario reducir el consumo de papel lo máximo que se pueda, y para esto se necesita un compromiso real por parte de la administración de la

Universidad Tecnológica de Pereira que permita el uso mínimo de papel en las actividades administrativas y docentes dentro del campus.

Algunas acciones a seguir son:

- ✓ Fortalecer campañas de reciclaje dentro del Campus

En la Universidad Tecnológica de Pereira son periódicas las campañas para reciclar papel, se hacen actividades como “Reciclotón UTP” entre otras. La concientización es la principal acción a seguir si se quiere lograr cambios culturales en cuanto al uso de papel. Para esto se necesita:

- Establecer porcentajes de papel reciclado en base a la cantidad destinada a las diferentes oficinas dentro del campus.
- Reducir el volumen de desperdicios de papel desechado en oficinas evitando el desperdicio
- Educación ambiental sobre uso de papel en la comunidad estudiantil

Con el proceso de reciclar se disminuye la presión sobre los bosques, pues el papel reciclado requiere menos árboles para su fabricación y supone menos emisiones de contaminantes.

- ✓ Formular un programa de reciclaje y disminución del consumo de papel

Este debe contar con acciones claras que permitan reducir el consumo de papel dentro del campus, también definir las responsabilidades de los diferentes grupos dentro de la comunidad universitaria (estudiantes, docentes, administrativos, otros) y estrategias para el manejo racional del papel. Este debe contener:

- Diseños de programas de gestión documental que incorporen una gestión electrónica de documentos: El papel y el cartón constituyen el 90% de los residuos generados en una oficina, por esto es fundamental formular nuevas estrategias de comunicación, donde no todo documento, carta o solicitud deba ser física y optar por una comunicación por medio electrónico dejando solo el uso de papel para casos específicos y necesarios. Con esto se evitara el desperdicio de papel que es común en las áreas administrativas.
- Formulación de Indicadores: Esto facilita realizar diagnósticos y formular medidas para mejorar el ahorro de papel.

- Comunicación: Mediante la tecnológica y diferentes medios de comunicación difundir los avances para promover un cambio en la cultura organizacional en cuanto al uso de papel y los procedimientos administrativos.
 - ✓ Cambios en los procesos actuales por parte de Docentes y estudiantes

Para generar cambio todos debemos ser partícipes de nuevas prácticas en el proceso educativo, se recomienda:

- Trabajos entregados por medio electrónico

Una de las mejores maneras de disminuir el uso de papel es permitiendo que la mayoría de trabajos e investigaciones que se asignen a los estudiantes puedan ser enviados por medio electrónico, de esta forma se evitará impresiones que en muchos casos son innecesarias. Para esto se debe contar con el compromiso por parte de los docentes que permita generar cambios culturales en el sistema educativo actual.

- Trabajos permitidos con impresión a doble cara

Una forma eficaz de reducir el consumo de papel es que los docentes permitan que los trabajos que requieran ser entregados de forma física durante el semestre puedan ser impresos a doble cara, de esta forma se evita el mal uso que comúnmente se le da al papel ya que en la mayoría de veces se imprimé por una sola parte de la hoja desperdiciándose el 50% de su uso potencial.

- Reducir el tamaño de la hoja y la fuente

Muchas fotocopiadoras cuentan con la opción de reducir el tamaño de la hoja de forma que en una sola cara quepan dos páginas, así se estará maximizando el uso de papel. También se puede permitir fuentes de escritura más pequeñas a las comúnmente recomendadas por las diferentes normas (APA, ICONTEC) aprovechándose mejor el área de papel.

- Evitar impresiones y fotocopias que no sean indispensables

Muchas de las copias que se sacan por parte de los estudiantes se pueden evitar si se utilizan medios alternos como correo electrónico, carpetas compartidas en la web, uso adecuado de la red interna y portales de comunicación dentro de la Universidad Tecnológica de Pereira, etc. De esta forma el alumno accede a la

información de forma fácil sin necesidad de imprimir hojas que luego no tendrán ningún uso.

- Reutilizar el papel impreso por una sola cara

Si la impresión es necesaria y el trabajo está en proceso de desarrollo, es decir, es un borrador, se debería permitir ser impreso en hojas que se han reciclado de impresiones anteriores y que aún tienen un uso potencial.

11.5 Propuesta para mitigar la Huella Ecológica asociada a la alimentación

La alimentación en pro a la disminución de las emisiones de CO₂ representa uno de los desafíos más grande en la reducción de la Huella Ecológica. Todos los alimentos que consumimos representan con mayor o menor grado, un impacto en la naturaleza. Desde el proceso de producción, pasando por la transformación de muchos de ellos, hasta el transporte y la disposición final, tienen un costo ambiental.

Comer es una necesidad básica, que no es factible de controlar y que históricamente ha estado inmersa en los procesos culturales. Dentro del campus universitario algunas acciones que se pueden tomar son:

- ✓ Criterios ambientales en los contratos de cafeterías y restaurantes

Donde se estipule el deber de dichas entidades con la sustentabilidad del campus, para esto se deben contemplar acuerdos como: utilización de productos con envases retornables o reciclables, venta de productos locales que garanticen una huella de carbono mínima por el transporte de los productos y reducción en la producción de residuos plásticos como vasos, platos desechables y pitillos.

- ✓ Agricultura Ecológica

Introducir alimentos y productos procedentes de prácticas agrícolas amigables con el medio ambiente, comercializándose no solo en el ya habitual “Mercado agroecológico” que realiza la universidad, sino también en las cafeterías y restaurantes. Esto dará respaldo a la eficiencia en el uso de agua con que se cultivan los productos y la disminución de uso de pesticidas y fertilizantes nocivos para el medio ambiente y la salud.

- ✓ Cultura de comida sana

Fortalecer la apuesta a la alimentación sana (jugos naturales, ensaladas, cereales, productos orgánicos), que conlleven a un cambio en los patrones de alimentación de la comunidad universitaria.

✓ Programa de separación de residuos

Es un deber de los restaurantes y cafeterías separar debidamente los residuos generados (materia orgánica), en los procesos de consumo de alimentos dentro del campus. También hacer la disposición adecuada e incentivar en los consumidores la cultura de reciclaje y disposición de los productos que se compran.

✓ Aprovechamiento de materia orgánica

Desde los grupos de investigación generar propuestas para el uso y aprovechamiento de los residuos orgánicos, utilizándolos para compostaje e incluso valorizando su potencial energético que contribuya a la apuesta del campus por el uso de energías alternativas.

11.6 Propuesta para mitigar la Huella Ecológica Asociada al transporte

La movilidad hacia y desde el campus de la universidad representa el mayor impacto que se ejerce sobre el medio ambiente y la mayor cantidad de emisiones de CO₂ de las variables analizadas.

El campus congrega diariamente miles de vehículos tanto particulares como públicos, respondiendo a la problemática regional y nacional asociada a la movilidad que cada día es más evidente en nuestro país. Por lo anterior las fallas en las políticas de movilidad repercuten directamente en los procesos internos.

Esta problemática está conectada a la priorización del transporte individual y el estado y funcionamiento del transporte público, que genera que cada vez más personas utilicen vehículos particulares, y en los últimos años, motos, contribuyendo así a acrecentar un problema que está lejos de encontrar solución.

Algunas acciones a las que se le deben apostar son:

✓ Plan de Movilidad Sostenible

Es necesario crear un plan de movilidad sostenible en la universidad tecnológica de Pereira. Para esto se debe hacer estudios específicos sobre la dinámica de

transporte de la comunidad universitaria donde se analicen rutas, patrones de uso, frecuencia, entre otras variables; si bien en esta investigación se hacen hallazgos importantes no es suficiente para la formulación de un plan que mitigue y de soluciones de fondo a esta problemática.

Este plan debe también analizar la movilidad dentro del campus universitario y velar porque sea la adecuada para toda tipo de personas y adecuado a las necesidades individuales que garanticen que el proceso de formación dentro del campus sea incluyente. Para esto se necesita:

- Garantizar la movilidad interna a las personas con discapacidad en todos los edificios y espacios del campus.
- Fomentar el uso de la bicicleta
- Reducir las necesidades de transportarse en vehículos particulares
 - ✓ Fomentar el uso de la bicicleta como medio de transporte sostenible

Para consolidar el uso de la bicicleta como medio de transporte no solo para los estudiantes sino para todos los actores sociales dentro de la comunidad educativa se debe:

- Formar un grupo de propuestas por parte de los usuarios de bicicletas: No se puede llegar a ninguna solución si no se conocen bien las necesidades, inquietudes y propuestas de las personas que habitualmente usan la bicicleta como medio de transporte, ya que desde la experiencia de ellos se puede corregir y potencializar las soluciones que promuevan e incrementen el porcentaje de personas que se movilizan utilizando este medio.
- Instalar estacionamientos para bicicletas: En el campus universitario no se cuenta con una infraestructura adecuada para estacionar las bicicletas; por este motivo se hace necesario que se adecuen espacios donde los usuarios tengan seguridad respecto al estado de sus vehículos (se eviten robos) y cumplan con las condiciones adecuadas y necesarias para el parqueo.
- Garantizar la movilidad adecuada dentro del campus: Se deben adecuar senderos para el flujo de bicicletas dentro del campus, de igual forma señalar las vías de acceso al campus con igual preferencia que los vehículos motorizados.

- Integrar una asociación de usuarios de bicicletas: para que haya una comunicación constante con la administración de la universidad de forma que se vele el cumplimiento de los acuerdos y cada vez sea un proceso más íntegro y aceptado.
- Campañas de sensibilización de transportes alternos y movilidad sostenible: donde se refleje los alcances logrados en materia de movilidad sostenible para que la comunicación adecuada sirva de incentivo al fomento de la bicicleta entre todos los actores de la comunidad, teniendo en cuenta el bajo número de docentes, administrativos y otros empleados que usan este medio de transporte alternativo.
 - ✓ Uso compartido de automóvil

Promover el uso compartido de vehículo, mediante campañas donde se evidencie que las emisiones de CO₂ se reducen mientras más alto es el nivel de ocupación. Se puede por oficinas y grupos de trabajo planear días en que un solo vehículo transporte al mayor número de personas que vivan en el mismo sector e incentivar esta práctica. Igualmente se puede hacer entre los docentes y estudiantes.

- ✓ Vehículos oficiales con combustible alternativo

Apostar por el uso de combustibles alternativos cuando se adquieran vehículos para la universidad como también en la contratación de transporte para salidas académicas.

- ✓ Proyectos de investigación

Impulsar proyectos de investigación desde las distintas disciplinas sobre tecnologías limpias en los motores y carburadores de los vehículos, también propuestas holísticas sobre transporte sostenible de forma que se contribuya con la gestión y control del sistema de transporte local.

- ✓ Indicadores de contaminación

Realizar muestras del estado del aire en el campus universitario y alrededores, para hacerle seguimiento a las emisiones de Gases Efecto Invernadero (GEI), así como de contaminación auditiva para llevar un control sobre el sistema de transporte y aportar soluciones concretas a la problemática.

- ✓ Creación de rutas para bicicletas

En conjunto con la administración municipal, se debe garantizar la movilidad para los ciclistas en toda el área urbana, de esta forma se facilitara el uso de este medio de transporte como una opción alternativa en la ciudad. Se deben crear rutas solo para bicicletas así como adecuar algunas ya existentes de modo que sea factible el flujo de vehículos y bicicletas por igual.

12. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Por medio de la metodología de Noelia López Álvarez y a partir del trabajo diseñado por Leydy Vanessa Agredo Gonzalez de la Universidad del Valle y aportes de las teorías por parte de Rees y Wackernagel es que se construye y desarrolla el “Cálculo de la Huella Ecológica en el campus de la Universidad Tecnológica de Pereira” con el que se identificaron diferentes variables y su aporte al cambio climático, así como la implementación de diferentes estrategias para su mitigación.
- Es con el cálculo de la huella ecológica que se logra determinar las principales actividades que influyen en la generación de CO₂ por parte de la comunidad universitaria. Como principales actividades se encuentran la movilidad y hábitos de transporte por parte de la comunidad estudiantil, docente, administrativa, aseo y vigilancia. Así mismo como el consumo de energía, agua y consumo de papel por fuera y dentro del campus, alimentación, construcción de edificios y residuos sólidos.
- La variable Movilidad da cuenta de que la mayoría de estudiantes se movilizan en bus urbano y motocicleta y que esta variable tiene una gran influencia en la generación de CO₂, igualmente refleja gran utilización de vehículo particular por parte de la comunidad Docente y Administrativa y un uso no muy frecuente de bicicleta por la comunidad estudiantil.
- Es con la huella ecológica que se logra determinar los alcances, que para este caso, la Universidad posee en términos de sostenibilidad, y como por medio de este indicador se evidencian las falencias y las estrategias a implementar con el fin de promover el desarrollo sostenible a nivel local.
- En el desarrollo de la investigación se lograron identificar las variables más influyentes y con mayor impacto al medio ambiente, así como los principales hábitos de transporte por parte de la comunidad universitaria. Es igualmente necesario mencionar todos los factores que el cálculo de la huella ecológica abarca, siendo este un dato complejo para analizar y calcular, ya que se tomaron en cuenta no solo datos sencillos como consumos de agua y energía sino también los requerimientos energéticos por tipo de material para la construcción de un edificio.

- A partir del cálculo de la huella ecológica en el campus de la Universidad Tecnológica de Pereira se evidencia la ausencia no solo de información sino también de documentación y cartografía básica que permita una aproximación al inventario de especies presentes en el Jardín Botánico de la Universidad y sus alrededores. Cabe resaltar que para la determinación de la captura de CO₂ por parte del bosque muy húmedo premontano bajo, característico de esta zona, fue necesaria la utilización de fuentes secundarias. Por esto se recomienda al Jardín Botánico de la Universidad estudios que logren conocer el 100% de las especies presentes en los diferentes ecosistemas que hacen parte del campus universitario.
- Es importante que desde la Facultad de Ciencias Ambientales se realicen estudios sobre la capacidad de captura no solo de la guadua, si no de diferentes especies y a nivel general del bosque de la universidad, pues esta información es básica para estudios sobre sustentabilidad local.
- Por medio del estudio realizado se logran determinar el número de hectáreas necesarias, por parte solo de la comunidad de la Universidad Tecnológica de Pereira, para asimilar las emisiones generadas por las actividades de movilidad, consumo de papel, energía, agua, generación de residuos sólidos y construcción de edificios. Para el año 2015 la Universidad Tecnológica de Pereira generó a 7.479 toneladas de CO₂ del 84% de los cuales corresponde a la variable Movilidad y hábitos de transporte, por lo tanto serían necesarias 2111,16 Hectáreas para suplir y compensar nuestro medio por las emisiones generadas a partir de las actividades comunes dentro y por fuera del campus.
- Para el año 2005, la huella ecológica del país corresponde a 1,8 hectáreas globales es decir que la biocapacidad es de 3.9 hectáreas por persona en comparación con 0,11 hectáreas para la comunidad del campus universitario; reflejando así que un adecuado manejo y conservación de los bosques en los alrededores y dentro del campus se puede lograr un campus sostenible, asimismo una planeación estratégica para la implementación de programas y actividades que permitan desarrollar medidas de mitigación y compensación.

BIBLIOGRAFÍA

- Agredo González , L. (2010). Aproximación a la Huella Ecológica de la Universidad del Valle, Campus Unversitario de Meléndez. Cali, Valle, Colombia.
- Alberich , J. (s.f.). *Población Mundial y Desarrollo Sostenible* . Recuperado el 23 de Enero de 2015, de http://www.desenvolupamentsostenible.org/index.php?option=com_content&view=article&id=9&Itemid=35&lang=es
- Álvarez, N. L. (2008). *Metodología para el Cálculo de la Huella Ecológica en Universidades. Universidad Santiago de Compostella. Congreso Nacional del Medio Ambiente. Cumbre del Desarrollo Sostenible*. Recuperado el 7 de Febrero de 2015, de http://educacion.tamaulipas.gob.mx/formacion/cursos_2011/No13/AP/S8/A8P1.pdf
- Ambiente, M. d. (Marzo de 2010). *Slideshare*. Recuperado el 05 de Mayo de 2016, de <http://es.slideshare.net/FAONoticias/politica-hdrica-nacional-y-gestin-de-cuencas-hidrogrficas>
- Arbildo, C. (Agosto de 2012). *Estrategias para reducir el consumo de papel*. Recuperado el 2 de Mayo de 2016, de <http://trujillomenospapel.blogspot.com.co/>
- ARDISA. (2012). *Huella Ecológica*.
- Barrera, X., Gómez, R., & Suárez Castaño , R. (2015). El ABC de los Compromisos de Colombia para la COP21.
- Bicknell, K. B. (1998). New methodology for the ecological footprint with an application to the New Zealand economy. *Ecological Economics*. Vol. 27, 149-160.
- Castiblanco, C. (22 de Noviembre de 2007). *La Economía Ecológica: Una disciplina en busca de autor*. Recuperado el 19 de Abril de 2016, de <http://www.bdigital.unal.edu.co/13802/1/1424-6796-1-PB.pdf>
- Ciencias de la Salud, Biológicas y Ambientales. (2 de Septiembre de 2012). *Educación Superior Abierta y a Distancia*. Recuperado el 27 de Enero de

2015, de <http://es.scribd.com/doc/104683651/1-Historia-Del-Concepto-de-Desarrollo-Sustentable#scribd>

Departamento Nacional de Planeación. (2007). *Consolidar una Gestión ambiental que promueva el Desarrollo Sostenible*. Recuperado el 3 de Mayo de 2016, de <http://www.invemar.org.co/documents/10182/14507/JC-227.pdf/5f257d02-bae2-4637-b81a-3031b37da861>

Dirección de Metodología y Producción Estadística DANE. (2011). *Encuesta Nacional Agropecuaria ENA*. Obtenido de http://www.dane.gov.co/files/investigaciones/agropecuario/sipsa/insumos_factores_de_produccion_junio_2013.pdf

FAO. (s.f.). *Deposito de Documentos de la FAO*. Recuperado el 05 de Mayo de 2016, de <http://www.fao.org/docrep/005/y3918s/y3918s02.htm>

FEDERACIÓN NACIONAL DE CULTIVADORES DE CEREALES Y LEGUMINOSAS. FENALCE. (2015). *Indicadores Cerealistas*. Recuperado el 20 de Abril de 2015, de <http://www.fenalce.org/archivos/Indicador%20Cerealista%202015.pdf>

Fernández Muerza, A. (26 de Marzo de 2011). *Eroski Consumer*. Recuperado el 26 de Enero de 2015, de "Se necesitan tres Españas y media para mantener el país": http://www.consumer.es/web/es/medio_ambiente/urbano/2011/03/26/199701.php

Foladori, G. (2001). *La Economía Ecológica. Capítulo 7*. Recuperado el 20 de Mayo de 2016, de http://rimd.reduaz.mx/coleccion_desarrollo_migracion/sustentabilidad/Sustentabilidad10.pdf

Hunter, D. (1994). *Concepts and Principles of International Environmental Law: An Introduction*. Geneva, p.9: UNEP.

IDEAM, M. d. (2010). *Estimación de las emisiones de dióxido*. Bogotá, Colombia.

¹ IDEAM, IAvH, Invemar, SINCHI e IIAP Tomo 3: Contaminación del aire y agua en Colombia e impactos sobre la salud. Informe del Estado del Medio Ambiente y los Recursos Naturales Renovables 2011. Bogotá, D. C., 2013. 148 pag.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia, IDEAM. (2014). *MONITOREO Y SEGUIMIENTO AL FENÓMENO DE LA*

DEFORESTACIÓN EN COLOMBIA. Recuperado el 05 de Mayo de 2016, de <http://www.ideam.gov.co/web/ecosistemas/deforestacion-colombia>

Instituto de Investigación de Recursos Biológicos - Alexander Von Humboldt. (2014). Recuperado el 3 de Mayo de 2016, de <http://www.humboldt.org.co/es/instituto/quienes-somos/que-hacemos>

Jardín Botánico, U. T. (2005). *Presentación: Generalidades*. Pereira: 1 Edición. pag 19.

Leiva Mas, J., Rodríguez Rico, I., & Martínez Nodal, P. (Marzo de 2012). Cálculo de la Huella Ecológica en Universidades Cubanas. Caso de Estudio: Universidad Central "Marta Abreu" de las Villas.

Lenzen, M. y. (2001). *A modified ecological footprint method and its application to Australia*. Ecological Economics.

López Álvarez, N. (2008). *Metodología para el Cálculo de la Huella Ecológica en Universidades*. Universidad Santiago de Compostella. Congreso Nacional del Medio Ambiente. Cumbre del Desarrollo Sostenible. Recuperado el 7 de Febrero de 2015, de http://educacion.tamaulipas.gob.mx/formacion/cursos_2011/No13/AP/S8/A8P1.pdf

López, R. M. (3 de Marzo de 2015). *Ciudades para un futuro más sostenible*. Recuperado el 15 de Abril de 2016, de Huella Ecológica: <http://habitat.aq.upm.es/boletin/n32/armor.html>

Lugo, A., & Brown, S. (1992). *Tropical forests as sinks of atmospheric carbon*. Forest Ecology and Management 48.

Méndez, M. S. (2003). *Agroforestería para la producción animal en América Latina - II*. Roma: FAO.

Moreno López, R. (3 de Marzo de 2005). *Ciudades para un Futuro más Sostenible*. Recuperado el 29 de Enero de 2015, de la Huella Ecológica : <http://habitat.aq.upm.es/boletin/n32/armor.html>

Ortega-P., S.C., A. García-Guerrero, C-A. Ruíz, J. Sabogal. & J.D. Vargas (eds.) 2010. Deforestación Evitada. Una Guía REDD + Colombia. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial; Conservación Internacional Colombia; Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF); The Nature Conservancy; Corporación Ecovera; Fundación Natura; Agencia de

Cooperación Americana (USAID); Patrimonio Natural - Fondo para la Biodiversidad y Áreas Protegidas y Fondo para la Acción Ambiental. Bogotá. 72p.

Observatorio Iberoamericano del Desarrollo Local y la Economía Social, O. (2008). *ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA HUELLA ECOLÓGICA DE DOS EMPRESAS DEL SECTOR PESQUERO GALLEGO*. España: Revista OIDLES.

Ospina, B. (2011). *PLAN DE MANEJO AMBIENTAL DEL JARDÍN BOTÁNICO Y DE LOS BOSQUES DE LA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA*. Pereira.

Pereira, U. T. (2013). *Boletín Estadístico* . Pereira.

Pérez, L. B. (1 de enero de 2007). Los Derechos de La Sustentabilidad : Desarrollo, Consumo y Ambiente. En L. B. Pérez, *Los Derechos de La Sustentabilidad : Desarrollo, Consumo y Ambiente* (pág. 287). United States: EDICIONES COLIHUE.

Plan Verde, Ciudad de México. (Junio de 2011). Recuperado el 26 de Enero de 2015, de Origen del Concepto de Sustentabilidad: <http://www.planverde.df.gob.mx/ecomundo/69-miscelanea/500-origen-del-concepto-de-sustentabilidad.html>

Rees , W., & Wackernagel, M. (1996). *Ecological Footprints and Appropriated carrying capacity: Measuring the natural capital requirements of the human economy*.

Reyes, A. R. (2006). *Estudio de la inclusión de los relictos de bosque de la Universidad Tecnológica de Pereira al área de manejo del Jardín Botánico, Pereira*. Pereira.

Sanchez, A. R. (2013). *Fortalecimiento al modelo de Gestión Integral de Residuos Sólidos no Peligrosos adoptado por la Universidad Tecnológica de Pereira*. Pereira.

Sector Azucarero Colombiano. (s.f.). *Anexo Estadístico Informe Anual de Asocaña 2014-2015*. Recuperado el 20 de Abril de 2015, de <http://www.asocana.org/modules/documentos/11929.aspx>

Suh, S. L. (2004). System boundary selection in Life-cycle inventories. *Environmental Science & Technology*. Vol. 38, 657-664.



- Tárraga, M. Á. (Junio de 2003). *Indicadores de Sostenibilidad y Huella Ecológica. Aplicación a la UAM*. Recuperado el 24 de Enero de 2015, de Departamento de Ecología: https://www.uam.es/servicios/ecocampus/especifica/descargas/investigacion/Resumen_PFC_Indicadores.pdf
- The International Society for Ecological Economics . (1994). *Invirtiendo en Capital Natural: Una Aproximación a la Sostenibilidad Ecológica* . Recuperado el 28 de Enero de 2015, de http://www.crisisenergetica.org/staticpages/capacidad_carga.htm
- Transmetro. (2006). *Cálculo de la Reducción Estimada de Emisiones de CO2-Barrabquilla*.
- Unidad de Planeacion Minero Energética, U. (2012). *Determinación de propiedades físicas y, estimación del consumo energético en la producción, de acero, concreto, vidrio, ladrillo, y otros materiales, entre ellos los alternativos y otros de uso no tradicional, utilizados contrucciones colombianas*. Cali .
- Van de Bergh, J. y. (1999). *Spatial sustainability, trade and indicators: an evaluation of the ecological footprint*. Ecological Economics.
- Vega Marcote, P., & Álvarez Suárez, P. (2011). *Enseñanza de las Ciencias. La Agenda 21 y la Huella Ecológica como Instrumentos para lograr una Universidad Sostenible*. Recuperado el 20 de Enero de 2014
- Wackernagel, M. (1998). The Ecological Footprint of Santiago de Chile. *Local Environment*. Vol. 3, 7-25.
- Wackernagel, M. M. (2005). National Footprint and Biocapacity Accounts 2005: The underlying calculation method. Global Footprint Network. *Disponibile en www.footprintnetwork.org/download.php?id=5*.
- Wackernagel, M. y. (1997). Perceptual and structural barriers to investing in natural capital: Economics from an ecological footprint perspective. *Ecological Economics*, 3 - 24.
- World Wildlife Fund for Nature . (2014). *Informe Planeta Vivo*. Recuperado el 28 de Enero de 2015, de http://www.footprintnetwork.org/images/article_uploads/Informe-PlanetaVivo2014_LowRES.pdf

ANEXOS

Anexo 1: Población y muestra otros Administrativos por Dependencia

Población y muestra otros Administrativos por Dependencia		
Dependencias	Población	Muestra
Rectoría y Vicerreectorías	54	27
Univirtual y Centros	26	13
Secretaria General y Oficinas	18	9
División de Personal y Servicios	33	17
División de Sistemas y Proceso de datos	21	11
División Financiera	18	9
Sección Mantenimiento	23	12
Total Otros Administrativos	193	97

Anexo 2: Formato de recolección de datos (Estudiantes)

FORMATO DE RECOLECCION DE DATOS	
 <p>Universidad Tecnológica de Pereira</p>	<p>ENCUESTA ESTUDIANTES</p> 
<p>Buenos Días / Tardes /</p> <p>La siguiente encuesta tiene como fin indagar sobre el consumo de papel y movilidad de la comunidad Universitaria para la realización del trabajo de grado “Calculo de la Huella Ecológica en el campus de la Universidad Tecnológica de Pereira.” por los estudiantes de Administración Ambiental Jhefrey Molina Restrepo y Margarita Ocampo Rodríguez.</p>	
<p>Fecha: AAAA/MM/DD</p>	
<p>Dependencia:</p>	
<p>Nombre</p>	
<p>Preguntas</p>	
<p>Consumo de papel</p>	
<p>1. Qué número de hojas de papel utiliza por semana para apuntes y notas en clase?</p> <p>a. 0</p> <p>b. 1 – 10</p> <p>c. 10 – 20</p> <p>d. 20 – 30</p> <p>e. 30 - 40</p> <p>f. 40 – 50</p> <p>2. Qué número de hojas de papel utiliza por semana para impresiones fuera del campus universitario?</p> <p>a. 0</p> <p>b. 1 – 10</p> <p>c. 10 – 20</p> <p>d. 20 – 30</p> <p>e. 30 – 40</p> <p>f. 40 – 50</p> <p>3. Qué número de hojas de papel utiliza por semana para fotocopias fuera del campus universitario?</p> <p>a. 0</p> <p>b. 1 – 10</p> <p>c. 10 – 20</p> <p>d. 20 – 30</p> <p>e. 30 – 40</p>	

f. 40 - 50

4. Qué porcentaje de papel recicla por semestre?

- a. 0% – 20 %
- b. 20% - 40%
- c. 40% - 60%
- d. 60% - 80%
- e. 80% - 100%

Movilidad

1. En que Barrio y Municipio vive?

2. Cuantas veces se desplaza hasta la Universidad...

***Un desplazamiento = ida y vuelta**

- a. Caminando _____
- b. En Bicicleta _____
- c. En Motocicleta _____
- d. En Bus _____
- e. En Mega-Bus _____
- f. En Taxi _____
- g. En Vehículo particular _____

3. Si usted utiliza motocicleta, cuál es su cilindraje? _____

4. Si usted utiliza vehículo particular que tipo de combustible emplea?

- a. Gasolina
- b. Diesel
- c. Gas Natural
- d. Otro. Cuál? _____



5. Cuál es el cilindraje de su vehículo particular? _____

***Si no sabe el cilindraje indique el tipo y modelo de vehículo (Ejemplo: Corsa Active 1.4)**

6. Con que nivel de ocupación se desplaza en su vehículo?

- a. 1 persona
- b. 2 personas
- c. 3 personas
- d. 4 personas
- e. 5 personas

Anexo 3: Formato de recolección de datos (Administrativos)

FORMATO DE RECOLECCION DE DATOS		
 <p>Universidad Tecnológica de Pereira</p>	ENCUESTA ADMINISTRATIVOS	
Buenos Días / Tardes /		
La siguiente encuesta tiene como fin indagar sobre el consumo de papel y movilidad de la comunidad Universitaria para la realización del trabajo de grado “ Calculo de la Huella Ecológica en el campus de la Universidad Tecnológica de Pereira. ” por los estudiantes de Administración Ambiental Jhefrey Molina Restrepo y Margarita Ocampo Rodríguez.		
Fecha: AAAA/MM/DD		
Dependencia:		
Nombre:		
Preguntas		
Consumo de papel		
1. Qué número de hojas de papel utiliza por semana para impresiones fuera del campus universitario?		
a. 0		
b. 1 – 10		
c. 10 – 20		
d. 20 – 30		
e. 30 – 40		
f. 40 – 50		
g. 50 – 60		
h. 60 – 70		
i. 70 – 80		
j. 80 – 90		
k. 90 – 100		
2. Qué porcentaje de papel recicla por semestre?		
a) 0% - 20%		
b) 20% - 40%		
c) 40% - 60%		
d) 60% - 80%		
e) 80% - 100%		

Movilidad

1. En que Barrio y Municipio vive?

2. Cuantas veces se desplaza hasta la Universidad en un dia?

*Un desplazamiento = ida y vuelta

- a. Caminando _____
- b. En Bicicleta _____
- c. En Motocicleta _____
- d. En Bus _____
- e. En Mega-Bus _____
- f. En Taxi _____
- g. En Vehículo particular _____

3. Si usted utiliza motocicleta, cuál es su cilindraje? _____

4. Si usted utiliza vehículo particular que tipo de combustible emplea?

- a. Gasolina
- b. Diesel
- c. Gas Natural
- d. Otro. Cuál? _____



5.Cuál es el cilindraje de su vehículo particular? _____

*Si no sabe el cilindraje indique el tipo y modelo de vehículo (Ejemplo: Corsa Active 1.4)

6. Con que nivel de ocupación se desplaza en su vehículo?

- a. 1 persona
- b. 2 personas
- c. 3 personas
- d. 4 personas
- e. 5 personas

Anexo 4: Formato recolección de datos (Personal Aseo y Vigilancia)

FORMATO DE RECOLECCION DE DATOS	
 <p>Universidad Tecnológica de Pereira</p>	 <p>ENCUESTA PERSONAL DE ASEO Y VIGILANCIA</p>
<p>Buenos Días / Tardes /</p> <p>La siguiente encuesta tiene como fin indagar sobre el consumo de papel y movilidad de la comunidad Universitaria para la realización del trabajo de grado “Calculo de la Huella Ecológica en el campus de la Universidad Tecnológica de Pereira.” por los estudiantes de Administración Ambiental Jhefrey Molina Restrepo y Margarita Ocampo Rodríguez.</p>	
Fecha: AAAA/MM/DD	
Dependencia:	
Nombre:	
Preguntas	
Consumo de papel	
<p>1. Qué número de hojas de papel utiliza por semana fuera del campus universitario?</p> <ul style="list-style-type: none">a. 0b. 1 – 10c. 10 – 20d. 20 – 30e. 30 – 40f. 40 – 50 <p>4. Qué porcentaje de papel recicla por semestre?</p> <ul style="list-style-type: none">a. 0% – 20 %b. 20% - 40%c. 40% - 60%d. 60% - 80%e. 80% - 100%	

Movilidad

1. En que Barrio y Municipio vive?

2. Cuantas veces se desplaza hasta la Universidad...

***Un desplazamiento = ida y vuelta**

- a. Caminando _____
- b. En Bicicleta _____
- c. En Motocicleta _____
- d. En Bus _____
- e. En Mega-Bus _____
- f. En Taxi _____
- g. En Vehículo particular _____

3. Si usted utiliza motocicleta, cuál es su cilindraje? _____

4. Si usted utiliza vehículo particular que tipo de combustible emplea?

- a. Gasolina
- b. Diesel
- c. Gas Natural
- d. Otro. Cuál? _____



5. Cuál es el cilindraje de su vehículo particular? _____

***Si no sabe el cilindraje indique el tipo y modelo de vehículo (Ejemplo: Corsa Active 1.4)**

6. Con que nivel de ocupación se desplaza en su vehículo?

- a. 1 persona
- b. 2 personas
- c. 3 personas
- d. 4 personas
- e. 5 personas

Anexo 5: Formato de recolección de datos (Docentes)

FORMATO DE RECOLECCION DE DATOS	
 <p>Universidad Tecnológica de Pereira</p>	 <p>ENCUESTA DOCENTES</p>
Buenos Días / Tardes /	
La siguiente encuesta tiene como fin indagar sobre el consumo de papel y movilidad de la comunidad Universitaria para la realización del trabajo de grado “ Calculo de la Huella Ecológica en el campus de la Universidad Tecnológica de Pereira. ” por los estudiantes de Administración Ambiental Jhefrey Molina Restrepo y Margarita Ocampo Rodríguez.	
Fecha: AAAA/MM/DD	
Dependencia:	
Nombre:	
Preguntas	
Consumo de papel	
1. Qué número de hojas de papel utiliza por semana para <u>preparar sus clases?</u>	
a. 0 – 10	
b. 10 – 20	
c. 20 – 30	
d. 30 – 40	
e. 40 – 50	
2. Qué número de hojas de papel utiliza por semana para <u>impresiones fuera del campus</u> universitario?	
a. 0	
b. 1 – 10	
c. 10 – 20	
d. 20 – 30	
e. 30 – 40	
f. 40 – 50	
3. Qué número de hojas de papel utiliza por semana <u>para fotocopias fuera del campus</u> universitario?	
a. 0	
b. 1 – 10	
c. 10 – 20	
d. 20 – 30	
e. 30 – 40	
f. 40 – 50	
4. Qué porcentaje de papel recicla por semestre?	
a. 0% – 20 %	
b. 20% - 40%	
c. 40% - 60%	

- d. 60% - 80%
- e. 80% - 100%

Movilidad

1. En que Barrio y Municipio vive?

2. Cuantas veces se desplaza hasta la Universidad en un dia?

*Un desplazamiento = ida y vuelta

- a. Caminando _____
- b. En Bicicleta _____
- c. En Motocicleta _____
- d. En Bus _____
- e. En Mega-Bus _____
- f. En Taxi _____
- g. En Vehículo particular _____

3. Si usted utiliza motocicleta, cuál es su cilindraje? _____

4. Si usted utiliza vehículo particular que tipo de combustible emplea?

- a. Gasolina
- b. Diesel
- c. Gas Natural
- d. Otro. Cuál? _____

5. Cuál es el cilindraje de su vehículo particular? _____

*Si no sabe el cilindraje indique el tipo y modelo de vehículo (Ejemplo: Corsa Active 1.4)

6. Con que nivel de ocupación se desplaza en su vehículo?

- a. 1 persona
- b. 2 personas
- c. 3 personas
- d. 4 personas
- e. 5 personas

Anexo 6: Inventario de Alimentos (Carne y pescado)

Inventario de Alimentos y rendimientos asociados a su producción (carne y pescado)				
Consumo de Carne				
Producto	Consumo	Consumo	Rendimiento (t/ha)	Huella Ecológica Parcial (Co₂/ha)
	Kg/d	t/año		
Carne res	133	29,393	0,07	419,9
Pollo	60	13,26	181,44	0,073
Total Huella Ecológica parcial carne				419,973
Consumo de Pescado				
Producto	Consumo	Consumo	Rendimiento (t/ha)	Huella Ecológica Parcial (Co₂/ha)
	Kg/d	t/año		
Pescado	28	6,188	0,8	7,735
Total Huella Ecológica parcial pescado				7,735

Anexo 7: Inventario de Alimentos (Abarrotes, verduras y lácteos)

Inventario de Alimentos y rendimientos asociados a su producción (Abarrotes, Verduras, Lácteos)				
Producto	Consumo	Consumo	Rendimiento	Huella Ecológica Parcial
	Kg/d	t/año	(t/ha)	(Co₂/ha)
Aceite	6,96	1,71912	0,5	3,438
Aguacate	3	0,741	12,5	0,059
Arroz	145	35,815	5,58	6,418
Arveja	14	3,458	3,2	1,081
Avena	4	0,988	0,8	1,235
Azúcar	40	9,88	13,8	0,716
Banano	8	1,976	25,9	0,076
Café	3	0,741	1,1	0,674
cebolla de bulbo	2	0,494	20,9	0,024
Fríjol	30	7,41	1,1	6,736
Guayaba	5	1,235	14,9	0,083
Harina de trigo	50	12,35	2,1	5,881
leche	6,2	1,5314	0,17	9,008
Limón	6	1,482	11,4	0,130
Lulo	7	1,729	9,2	0,188
Maracuyá	9	2,223	51,7	0,043
Mora	5	1,235	12,5	0,099
Panela	6	1,482	6,2	0,239
Papa	80	19,76	22	0,898
Papaya	4	0,988	25,9	0,038
Pimentón	4	0,988	19,7	0,050
Piña	9	2,223	23,8	0,093
Plátano	10	2,47	10	0,247
Lechuga	8	1,976	25,9	0,076
Tomate	10	2,47	35,7	0,069
Tomate de Árbol	10	2,47	10,23	0,241
Zanahoria	3	0,741	16,9	0,044
Total Huella Ecológica parcial abarrotes				37,886

Anexo 8: Cuantificación de materiales de Construcción BLOQUE C

LOSAS, COLUMNAS, VIGAS,MUROS CONTENCIÓN, FUNDACIONES	Unidad	Cantidad
Columna concreto 3500 psi (circular)	m ³	55,00
Columna concreto 3500 psi (rectangular)	m ³	183,00
Escalera concreto 3500 psi	m ³	60,00
Fondo tanque de almacenamiento concreto 28 MPA impermeabilizado	m ³	5,00
Losa aligerada casetón icopor e=0.60m, concreto 3500 psi premezclado.	m ²	3.800,00
Losa aligerada casetón icopor e=0.60m. Concreto 3500 psi premezclado. Allanado. Parqu	m ²	397,00
Losa de concreto 3500 psi premezclado contrapiso e=0.15m	m ²	167,00
Losa de concreto contrapiso e=0.15 m. Concreto 4000 psi. Premezclado. Parquederos	m ²	650,00
Muro de contención en concreto 3500 psi	m ³	37,00
Muro de contención tanque de almacenamiento concreto 4000 psi impermeabilizado	m ³	13,50
Muros en concreto impermeabilizado de f'c 28 MPA, e= 0,20 m	m ³	5,30
Pantalla en concreto 3500 psi e= 0.10-0.30 m	m ³	78,00
Pedestal concreto 3500 psi	m ³	3,00
Placa de fondo en concreto impermeabilizado de f'c 28 MPA, e = 0,20 m	m ³	3,10
Placa superior en concreto de f'c 28 MPA (4000 psi), e = 0,20 m	m ³	1,50
Placa superior en concreto impermeabilizado de f'c 28 MPA, e = 0,25 m	m ³	6,00
Solado espesor e=0.05m concreto 2500 psi	m ²	787,00
Viga de enlace cimiento en concreto de 3500 psi	m ³	95,00
Vigas aéreas en concreto 3500 psi	m ³	49,00
Zapata concreto 3500 psi	m ³	356,00
Vigas de cimentación 0.30x0.30m concreto 3000 psi. Incl refuerzo	m ³	3,00
Total Concreto	m³	1.618,94
CEMENTO MUROS		
Muro ladrillo farol arcilla e=12x20x30cm	m ²	1.367,00
Muro en bloque estructural de cemento e=14 x 20 x 40cm	m ²	35,00
Muro en bloque estructural de cemento e=20 x 20 x 40cm	m ²	175,00
Total Cemento	m²	1.577,00
CUANTIFICACIÓN DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN EDIFICIO BLOQUE C		
LADRILLO		
Ladrillos por m2	m ²	17,50
Total Ladrillo	un	27.597,50

MORTERO		
MORTERO MUROS (0,021 m ³ por m ² construido)		
Mezcla de materiales cementantes, agregado fino y agua	m ³	0,02
Total Mortero	m³	33,12
Total Cemento en Muros	m³	15.035,12
MORTERO PISOS	m ²	4.100,00
	m ³	123,00
	Total Cemento Pisos	m³
Total arena Pisos	m³	134,07

Arena Total	m³	1.040,68
Gravilla Total	m³	1.519,91
Cemento Total	kg	637.506,12

VIDRIO		
Ventana en aluminio fija o corrediza incluye persiana y vidrio templado v-1, v-2, v-3	m ²	475,00
Ventana de aluminio corrediza sin persiana v-13	m ²	25,00
Pasamanos en vidrio templado 10mm. Tubería en acero inox. 2"	m ²	170,10
Espejos biselados de 4mm	m ²	13,00
Total Vidrio	m²	513,00

PINTURA		
Estuco y pintura interiores vinilo tipo 1	m ²	2.640,00
Pintura para cielo rasos vinilo tipo 1	m ²	1.500,00
Pintura tipo koraza para exteriores	m ²	910,00
Total Pintura por m2	m²	5.050,00
Total Pintura por Galón	gl	1.335,98

PVC		
Tubería PVC acueducto rde 21 de ø 2 1/2"	m	13,10
Tubería PVC acueducto de ø1" rde 21	m	32,40
Tubería PVC acueducto de ø 1 1/2" rde 21	m	20,40
Tubería PVC acueducto de ø 1 1/4" rde 21	m	15,30
Tubería PVC acueducto de ø1/2" rde 21	m	36,20
Tubería PVC acueducto de ø4" rde 21	m	118,00
Tubería PVC acueducto de ø3" rde 21	m	19,00
Total Tubería PVC pres 1/2"	m	254,40
Tubería PVC acueducto de ø3" rde 21	m	69,00
Tubería PVC acueducto de ø 2" rde 21	m	29,20
Tubería PVC acueducto de ø3/4" rde 21	m	42,00
Total Tubería PVC pres 3/4"	m	140,20
Tubería PVC sanitaria de 2", incluye accesorios	m	158,00
Tubería PVC sanitaria de 3", incluye accesorios	m	45,00
Tubería PVC sanitaria de 4", incluye accesorios	m	187,00
Tubería PVC sanitaria de 6", incluye accesorios	m	18,00
Total tubería PVC Sanitaria	m	408,00
Total PVC	m	802,60

MADERA		
Barra en madera b=0.43m	m ²	2,24
Guarda escoba en madera granadillo h= 0.10m	m ²	154,00
Casetón en madera común	m ²	7.600,00
Total Madera		7.756,24

Anexo 9: Emisiones de CO₂ por tipo de Material

Emisiones de CO₂ por tipo de Material				
Materiales	Total (kg/m²)	Total (t/m²)	t Co₂/t de Material	t Co₂/m²
Acero	55,50	0,0555	2,7045	0,1501
Arena	421,53	0,4215	0,0970	0,0409
Cemento	151,90	0,1519	1,0955	0,1664
Gravilla	633,75	0,6337	0,0980	0,0621
Ladrillo	11,84	0,0118	0,2448	0,0029
Madera	8,83	0,0088	0,0002	0,0000
Pintura	4,54	0,0045	0,4079	0,0019
Tubería	0,16	0,0002	7,6592	0,0013
Vidrio	2,53	0,0025	1,8591	0,0047
	Total			0,4302

Anexo 9: Emisiones de CO2 asociadas a la construcción

EDIFICIO	AREA	EMISIONES DE CO ₂	t CO ₂
	m ²	t CO ₂ /m ²	
Bienestar Universitario	510,08	219,44	4,39
Eléctrica	3417,33	1470,15	29,40
Administrativo	4942,83	2126,43	42,53
Mecánica	3293,53	1416,89	28,34
Industrial	2694,01	1158,98	23,18
Sistemas	2004,99	862,56	17,25
Galpón	2233,38	960,81	19,22
Química	2278,61	980,27	19,61
Educación Bloque C	605,49	260,49	5,21
Educación Bloque D	878,66	378,00	7,56
Laboratorio de Aguas	1130,53	486,36	9,73
Planetario	128,12	55,12	1,10
Biblioteca y Auditorio Jorge Roa Martínez	3736,02	1607,26	32,15
Ciencias Ambientales	5200,08	2237,10	44,74
Ciencias de la Salud	4429,08	1905,41	38,11
Bellas Artes y Humanidades	9982,79	4294,65	85,89
Módulo exterior Bellas Artes	352,8	151,78	3,04
Centro de Visitantes Jardín Botánico	429,9	184,95	3,70
Vivero	492,06	211,69	4,23
Bloque L	2375,67	1022,03	20,44
Módulo interdisciplinario	5676,85	2442,21	48,84
Módulo interdisciplinario segunda etapa*	1607,02	691,35	13,83
Módulo interdisciplinario tercera etapa	2951,47	1269,74	25,39
Laboratorio de pruebas dinámicas E-20*	300	129,06	2,58
Centro de innovación y desarrollo tecnológico	2854	1227,81	24,56
Sede Administrativa Jardín Botánico	310,78	133,70	2,67
EDIFICACIONES SERVICIOS GENERALES			
Módulo de estudiantes Senda Paisajística	35	15,06	0,30
Módulo de estudiantes Física	35	15,06	0,30
Cafetería Deportes	85,15	36,63	0,73
Cafetería Ciencias Ambientales	117,96	50,75	1,01
Cafetería Medicina	144,17	62,02	1,24
Kiosco Medicina	53,82	23,15	0,46
Kiosco de Frutas	60	25,81	0,52
Cafetería Bellas Artes y Humanidades	407	175,09	3,50
Módulo de ventas precooperativa	50	21,51	0,43
Bodega de emergencia	17,78	7,65	0,15
Módulo de baños zona deportiva	91	39,15	0,78
Caseta de residuos sólidos	65,52	28,19	0,56
SEDES ALTERNATIVAS			
Sede de Ciencias Clínicas	1600	688,33	13,77
C.D.V.	927,36	398,96	7,98
Laboratorio Genética Médica	120	51,62	1,03
TOTAL	68625,84	29523,20	590,46

Anexo 10 : Estimaciones de emisiones de CO2 y disposición de Residuos Sólidos en el Relleno Sanitario La Glorita

Relleno Sanitario La Glorita	
Cantidad de residuos a disponer (t/año)	2560117
Generación Equivalente de CO2 (t CO2/año)	1706062
Factor de Emisión de CO2 (t CO2/ t residuo sólido)	0,6664

