



Universidad Internacional de La Rioja  
Facultad de Educación

Máster Universitario en Métodos de Investigación en  
Educación

**Estudio cuasi experimental para la  
disminución de la huella de carbono en  
estudiantes de educación media**

Trabajo fin de estudio presentado por:	Jaime Alejandro Escobar Villarreal
Tipo de trabajo de investigación:	Tipo 2 Estudio de Enfoque cuantitativo
Director/a:	Dra. María Isabel Gómez Núñez
Fecha:	22 de Julio de 2021

## Resumen

La educación ambiental es una herramienta indispensable para que la humanidad reflexione sobre las acciones cotidianas que impactan de manera negativa en la naturaleza. Además, permite encontrar caminos socialmente contruidos desde edades tempranas, a partir de escenarios de aprendizaje concretos, gestionados por los docentes que buscan ayudar a mitigar el cambio climático. Las organizaciones internacionales, como la Organización de las Naciones Unidas (ONU), han recalcado el valor que tiene la escuela en el proceso de alfabetización ambiental que requiere la sociedad. El objetivo de este estudio es evaluar la efectividad de un tratamiento pedagógico dirigido a la disminución de la huella de carbono en estudiantes de educación media de un centro educativo urbano en la ciudad de Bogotá. El diseño de esta investigación es de tipo cuasi experimental. Cuenta con una muestra de 224 estudiantes con edades comprendidas entre los 14 y 16 años ( $M = 15.2$ ;  $DT = 0.98$ ) seleccionados a través de un muestreo no probabilístico intencional. Para la realización del estudio se llevó a cabo una prueba pretest-posttest, que se toma mediante una calculadora ambiental, que mide el nivel de huella de carbono expresada en kilogramos de dióxido de carbono, se realiza la medición en un periodo temporal de diez semanas a un grupo control conformado por 110 participantes y otro experimental de 114. Posteriormente se hace una Prueba T de Student, que permite confirmar la hipótesis alternativa. Los resultados muestran que es posible disminuir la huella de carbono a través de una intervención pedagógica fundamentada en el Aprendizaje Basado en Problemas (ABP), mediante experiencias cotidianas que se pueden desarrollar en los hogares de cada alumno.

**Palabras clave:** Cambio climático, educación ambiental, desarrollo sostenible, aprendizaje basado en problemas, huella de carbono.

## Abstract

Environmental education is an essential tool for humanity to reflect about the daily actions that impact nature in a negative way. Additionally, it allows us to find several paths built socially from early ages based on concrete learning scenarios, managed by educators who seek to mitigate the impact of climate change. International organizations such as the UN (United Nations), have emphasized the relevance of school in the process of environmental education required by society. The objective of this study is to evaluate the effectiveness of a pedagogical treatment oriented to reduce the carbon effects in middle school students from an urban educational center in Bogota city. The design of this research is quasi- experimental. It has a sample of 224 participants aged 14 to 16 years old, ( $M = 15.2$ ;  $SD = 0.98$ ) selected through an intentional non-probability sampling. To carry out this study, a pretest and posttest was applied using an environmental calculator, which measures the impact or carbon dioxide expressed in kilograms; the measurement was carried out in a ten (10) weeks period with a control group formed with 110 participants, and the experimental one formed by 114 participants. Subsequently, with the T Student test, allowed to confirm the alternative hypothesis. Thus, the results showed that it is possible to reduce the carbon footprint/ impact through a pedagogical intervention based on Problem-Based Learning (PBL), through daily experiences that can be developed at each students' home.

**Keywords:** Climate change, environmental education, sustainable development, problem-based learning, carbon footprint.

## Índice de contenidos

1.	INTRODUCCIÓN .....	8
1.1.	Objetivos .....	9
1.1.1.	Objetivo general .....	9
1.1.2.	Objetivos específicos .....	9
1.2.	Formulación y justificación del problema .....	9
2.	MARCO TEÓRICO .....	13
2.1.	Cambio climático: conceptualización y evolución .....	13
2.2.	Educación para el desarrollo sostenible .....	15
2.2.1.	Antecedentes de la educación ambiental .....	17
2.2.2.	Educación ambiental .....	19
2.2.3.	Educación ambiental en Colombia .....	21
2.2.4.	Proyectos Escolares Ambientales (PRAE) .....	23
2.3.	Huella de carbono (HdC) .....	25
2.3.1.	Alimentación .....	27
2.3.2.	Consumo de energía .....	29
2.3.3.	Uso de la HdC en educación ambiental .....	31
3.	METODOLOGÍA .....	33
3.1.	Tipo de estudio .....	33
3.1.1.	Diseño .....	33
3.1.2.	Hipótesis .....	34
3.1.3.	Variables .....	34
3.2.	Población y muestra .....	35
3.3.	Materiales- instrumentos .....	35
3.3.1.	Calculadora de huella de carbono .....	36

3.3.2.	Aprendizaje basado en problemas para la reducción de huella de carbono ..	37
3.4.	Procedimiento de recogida de datos .....	39
3.5.	Análisis de datos.....	40
4.	RESULTADOS .....	41
4.1.	Discusión de resultados.....	41
5.	CONCLUSIONES.....	46
5.1.	Limitaciones .....	47
5.2.	Prospectiva .....	48
	Referencias bibliográficas .....	50
Anexo A.	Formulario para registro de la huella de carbono .....	60
Anexo B.	Planes de alimentación sostenible diseñados por los estudiantes. ....	61
Anexo C.	Preparación de receta sostenible.....	62
Anexo D.	Recordatorios Plan de ahorro energético. ....	63

## Índice de figuras

<b>Figura 1.</b> Modelo aumento de la temperatura por acciones antropogénicas. ....	14
<b>Figura 2.</b> Objetivos de desarrollo sostenible.....	17
<b>Figura 3.</b> Estimaciones globales de las emisiones por especie. ....	28
<b>Figura 4.</b> Efectos ambientales de la producción de energía eléctrica por tipo de fuente.....	30
<b>Figura 5.</b> Modelo de resultado de medición de la calculadora de HdC. ....	37
<b>Figura 6.</b> Distribución datos HdC grupo experimental.....	42
<b>Figura 7.</b> Distribución datos HdC grupo control.....	42

## Índice de tablas

Tabla 1. <i>Referencias normativas de la Educación Ambiental en Colombia.</i> .....	22
Tabla 2. <i>Emisiones de GEI de algunas actividades antropogénicas en Gt CO<sub>2</sub> eq.</i> .....	29
Tabla 3. <i>Tipos de variables.</i> .....	35
Tabla 4. <i>Categorías Calculadora de HdC.</i> .....	36
Tabla 5. <i>Fases del aprendizaje basado en problemas</i> .....	38
Tabla 6. <i>Estructura de los grupos control y experimental.</i> .....	41
Tabla 8. <i>Medias HdC pretest-postest.</i> .....	43
Tabla 9. <i>Prueba T rangos de reducción de HdC</i> .....	43
Tabla 10. <i>Prueba T resultante de la ReducciónHdC entre el grupo control y experimental.</i> ..	44

## 1. INTRODUCCIÓN

Este trabajo surge del evidente consumo indiscriminado de recursos, que se ha observado directamente durante varios años en la institución educativa en la ciudad de Bogotá, Colombia. Aunque en el colegio se habla de educación ambiental durante las clases, talleres y Proyectos Ambientales Escolares (PRAE), los comportamientos del alumnado no dan cuenta de los principios trabajados, que se han querido desarrollar a través de estas estrategias pedagógicas.

El incremento en el consumo de productos alimenticios altamente contaminantes y la falta de cultura del ahorro de energía, son solamente dos de los comportamientos que evidencian el fracaso del modelo de educación ambiental dentro de la institución educativa. Por ello se hace necesario un cambio de enfoque, en donde se logre disminuir la Huella de Carbono (HdC) que los estudiantes dejan con sus actividades diarias.

Este estudio ofrece la posibilidad de implementar, analizar y evaluar un proyecto ambiental, que busca cambiar hábitos ambientalmente insostenibles, identificando aquellas prácticas humanas que mayor impacto negativo tienen en el medio ambiente desde la cotidianidad de estudiantes de educación media. Para ello se usa el indicador de HdC, que permite medir cuantitativamente la cantidad de Gases de Efecto Invernadero (GEI), expresadas en kilogramos (kgs) de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), que se generan al llevar a cabo las prácticas humanas (Wackernagel & Rees, 1996). Posteriormente, se proponen algunas acciones directas que ayudan a disminuir la HdC.

Esta investigación, encuadrada dentro del enfoque cuantitativo, se desarrolla a través de un diseño cuasi experimental con medidas pre y post-tratamiento con grupo control y experimental no equivalentes. El trabajo completo se estructura en cinco capítulos diferenciados y relacionados entre sí. En el primero se expone la introducción, que contiene la formulación y justificación del problema y los objetivos que guiarán la propuesta de investigación. Durante el segundo capítulo se presenta el marco teórico, incluyendo el estado actual de las investigaciones que se han hecho sobre cambio climático, educación para el desarrollo sostenible y HdC. En la tercera sección se encuentra la metodología, detallando lo relativo a los participantes, técnicas e instrumentos de recogida de información, procedimiento y análisis de datos. La intervención propuesta para este diseño cuasi



experimental consiste en hacer un diagnóstico ambiental a 224 estudiantes de educación media, con una calculadora de HdC, con el objetivo de medir la cantidad de kgs de CO<sub>2</sub> que producen en sus hogares (medida pretest dentro del diseño de investigación). Posteriormente, se aplican las estrategias pedagógicas a trabajar con el grupo experimental (110 estudiantes), que pretenden disminuir el nivel de kgs de CO<sub>2</sub>, para luego hacer la prueba posttest con la misma calculadora al total de la muestra (n = 224). En el cuarto capítulo, tras el análisis estadístico de los datos, se exponen los principales resultados, con el fin de determinar la relación entre la aplicación del tratamiento y la HdC de los estudiantes, como medida de los kgs de CO<sub>2</sub> que se producen en sus hogares, examinando las posibles diferencias intra e intergrupo (control-experimental). Finalmente, en el quinto capítulo se plantean las conclusiones, limitaciones y prospectiva, junto con las referencias bibliográficas de los documentos consultados e incluidos en texto.

## 1.1.Objetivos

### 1.1.1. Objetivo general

Analizar la efectividad de una intervención educativa para la disminución de la HdC (niveles de CO<sub>2</sub>) en estudiantes de Educación Media de un centro educativo urbano de la ciudad de Bogotá.

### 1.1.2. Objetivos específicos

- Analizar las diferencias de la HdC entre el grupo control y grupo experimental tras la intervención educativa planteada.
- Examinar la evolución de la HdC, evaluada a través de los niveles de CO<sub>2</sub>, en los grupos control y experimental.

## 1.2.Formulación y justificación del problema

El interés por esta investigación nace de la falta de preocupación desde la escuela por reflexionar sobre las acciones humanas que generan el calentamiento global, pues aunque el término de educación ambiental incursionó en el ámbito educativo desde 1972 (Zabala & García, 2008) los GEI se han elevado considerablemente. Solamente entre 1970 y 2004 aumentaron un 70% (The Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC], 2019). Esto

evidencia la falta de criterio, elementos y mecanismos que la humanidad necesita para poder cambiar la cultura de consumo que ha desencadenado en una crisis ambiental.

En Colombia, desde el gobierno se adelantan esfuerzos para materializar estrategias pedagógicas que formen individuos ambientalmente responsables de sus acciones. Sin embargo, los proyectos que se plantean están alejados de la realidad académica de las instituciones educativas del país, pues no existe un plan claro para su implementación, lo que debilita el proceso y, en consecuencia, no se ha alcanzado el objetivo final de la educación ambiental (López, 2019).

De acuerdo con esta problemática surge la pregunta de investigación: ¿Qué estrategias pedagógicas son efectivas para disminuir la HdC en estudiantes de educación media de un colegio urbano? En este sentido, resulta pertinente hacer un cambio en la EA, cargar a los individuos del común con la responsabilidad real que tienen sobre los cambios ambientales que están ocurriendo en el planeta. La escuela, más allá de tener una función informativa, debe intentar cambiar los paradigmas que la sociedad de consumo ha implantado en la cultura, proponiendo nuevas formas para sobrevivir y, a la vez, mantener el delicado equilibrio en el planeta Tierra.

En consecuencia, se hace necesario y urgente tomar medidas que permitan mitigar el cambio climático. Los científicos estiman que si continuamos con nuestros hábitos cotidianos, la Tierra logrará alcanzar entre 2030 y 2052 un aumento de la temperatura de 1.5°C. Esto representaría un punto de no retorno, pues los cambios atmosféricos que traería consigo este fenómeno, representarían alteraciones impredecibles en el clima (IPCC, 2019).

Aunque el calentamiento global es una amenaza real para la humanidad, es un tema que carece de divulgación, pues tanto los medios de comunicación, como los gobiernos e incluso las escuelas, le quitan importancia al fenómeno, dejándolo en planos secundarios, privilegiando asuntos como la economía y el mercado, promoviendo el consumo por encima de las consecuencias que puede traer este tipo de prácticas para el medio ambiente y, en consecuencia, para el bienestar de los seres humanos a largo plazo. Estudios recientes de EA en niños y jóvenes, demuestran que hay un alto nivel de desconocimiento e interés sobre asuntos ambientales, señalando la escasez de estudios científicos de tipo experimental y cuasi experimental, lo que limita el conocimiento del impacto de las prácticas pedagógicas sobre la EA (Cruz & Páramo, 2020).

Países desarrollados como Japón, Corea del Sur, Finlandia o Singapur, cuentan con un alto nivel de inversión de recursos económicos para la educación (Morales & Morales, 2020), que si bien es un tema recurrente en las instituciones educativas a nivel mundial, está estructurado desde un enfoque tradicional, que como se sabe tiene muchas falencias a la hora de generar aprendizajes significativos en estudiantes (Pulido & Olivera, 2018).

En el caso de la institución donde se hace este estudio, por su misma naturaleza tradicional en elementos como el currículo, la metodología y la pedagogía, no se ha logrado consolidar un desarrollo pleno de la educación ambiental. En consecuencia, es necesario hacer un cambio de enfoque que garantice que esos aprendizajes sean útiles para el estudiantado y le den sentido, para que puedan ser usados en diferentes espacios, no solo dentro de la escuela, sino en todos los espacios donde se requiera tomar decisiones sostenibles.

Por otro lado, la importancia de concentrar esfuerzos para educar ambientalmente a la población, es un plan que beneficia no solamente a la protección de los ecosistemas y recursos del planeta o a la supervivencia de la especie humana, como consecuencia natural de este proceso, también garantiza el acceso a otros derechos sociales, que la Organización de las Naciones Unidas [ONU], (2018) ha definido como los 17 objetivos de desarrollo sostenible para el 2030. La escuela del siglo XXI debe propiciar los espacios y herramientas para que los ciudadanos no solo estén preparados, sino para que también sean actores activos de los cambios que exige el planeta para mantener y cuidar la vida de todos los seres vivos.

Esta investigación quiere aprovechar las nuevas condiciones de la escuela, teniendo en cuenta la situación actual de pandemia, permitiendo que los informantes puedan aportar experiencias desde sus hogares. Esto es conveniente para el carácter del trabajo, pues los discentes pueden normalizar las prácticas que se plantean durante la intervención e integrarlas como parte de su cotidianidad, lo que expande de una manera importante los alcances de este proceso indagador.

Las prácticas educativas en el hogar ofrecen una alta variedad de estrategias que se pueden desarrollar con elementos y situaciones cotidianas, además de trasladar las preocupaciones, cuestionamientos e intereses al escenario más cercano de los estudiantes- Esto genera procesos de emprendimiento de proyectos cercanos que podrían mejorar tanto la calidad de vida de las familias, como también impactar en los procesos de aprendizaje y reflexión de los discentes.

A nivel personal, otras de las ventajas de abordar la educación desde hogar, tiene que ver con el desarrollo de habilidades para la vida como la motivación, autogestión y autonomía. Además, permite integrar a otros actores en el proceso de aprendizaje como las familias y las comunidades cercanas, haciendo que las experiencias tengan gran significancia para los estudiantes (Riley, 2016).

Finalmente, este trabajo quiere ofrecer nuevas herramientas pedagógicas para aquellos docentes que quieren emprender proyectos ambientales en ámbitos urbanos, enfocadas al cuidado del medio ambiente a través del trabajo experimental y del estudio de situaciones cotidianas. Las estrategias implementadas están centradas en identificar las principales fuentes de contaminación del estudiantado y se procura buscar soluciones para su mitigación.

## 2. MARCO TEÓRICO

El marco teórico de este trabajo da cuenta de las investigaciones llevadas a cabo durante los últimos años en materia científica y educativa. Aquí se presenta la fundamentación y los antecedentes de los títulos elegidos. Los descriptores, usados para hacer el rastreo de las fuentes, están relacionados con cambio climático, educación para el desarrollo sostenible y huella de carbono. De estos se desprenden otros subtítulos, que surgen naturalmente para explicar conceptualmente los objetivos planteados en esta investigación y que, al final, sirven de insumo para la discusión.

### 2.1. Cambio climático: conceptualización y evolución

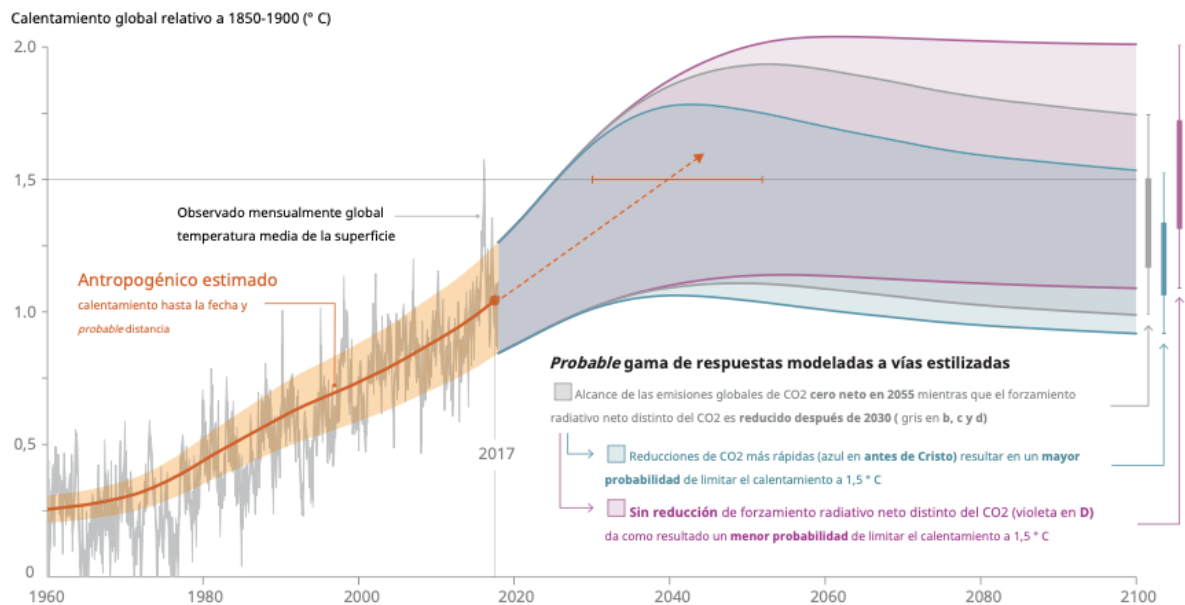
El cambio climático se define como la variación media de las propiedades del clima que se mantiene por prolongados periodos de tiempo. Estas variaciones se pueden dar por fenómenos naturales o por acciones antropógenas. Estas acciones generan gases que se acumulan en la atmósfera, impidiendo que los rayos solares que entran al planeta puedan volver a salir, convirtiéndose en GEI. Seis son los gases responsables del 97% del efecto invernadero antropogénico: vapor de agua (H<sub>2</sub>O), dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>), óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), ozono (O<sub>3</sub>) (IPCC, 2014). Solamente entre 1970 y 2004 se ha incrementado en un 80% la producción de CO<sub>2</sub>, pasando de 21 a 38 gigatoneladas (Gt). En el año 2004 estos gases representaban el 77% de los GEI y son causados por actividades humanas, lo que pone en evidencia la responsabilidad de los seres humanos sobre el cambio climático (IPCC, 2007; 2019).

El cambio climático se ha acelerado debido a la explosión demográfica que la humanidad ha experimentado durante el último siglo y al proceso de industrialización de la economía, que se ha venido dando desde finales del siglo XVIII. Esto ha hecho que las necesidades humanas sean cada vez mayores y diversas, desencadenando en un indiscriminado consumo de recursos naturales y, en consecuencia, en un aumento de la temperatura de la Tierra, lo que ha generado alteraciones en el clima (Caymaz, 2020).

Desde la época preindustrial hasta hoy, la temperatura ha aumentado entre 0,75 y 0,99°C, un promedio de 0,1 a 0,3°C por década. La Figura 1 muestra el nivel de emisiones que desde la década de los 60 los seres humanos han producido con sus acciones y que hasta el año 2017 han representado un aumento de la temperatura de 1°, que junto a los GEI que se emitan

desde ahora, serán las causas del aumento de la temperatura en el planeta a 1.5°C entre los años 2030 y 2052. Si se llega a ese nivel de temperatura, los efectos pueden ser catastróficos, pues pueden llegar a desaparecer ecosistemas que son fundamentales para ofrecer recursos esenciales como el agua y aire (IPCC, 2019)

**Figura 1.** *Modelo aumento de la temperatura por acciones antropogénicas.*



Fuente: IPCC, 2018

Las instituciones internacionales preocupadas por la crisis climática han creado una serie de estrategias, que buscan establecer un plan mundial que permita mitigar los problemas que generan el calentamiento global, como el Protocolo de Kioto, que compromete a los países industrializados a disminuir en promedio el 5% del nivel de emisiones de GEI que, hasta 1990, habían producido con sus actividades (ONU, 1998). Así mismo, el Acuerdo de París celebrado en 2015, reitera el compromiso ambiental de las naciones y establece que, como objetivo mundial, el aumento de la temperatura se debe mantener por debajo de los 2 °C. Para ello, se debe consolidar un pacto mundial en el que todo el público participe de la tarea, resaltando el papel de la educación como herramienta fundamental del cambio que requiere este reto global (ONU, 2015)

En este sentido, la escuela debe cumplir un rol determinante que ofrezca alternativas que generen cambios sustanciales en la concepción que se tiene de cambio climático, pues muchos educadores han tratado de transmitir su preocupación por esta amenaza. Sin embargo, es un tema complejo que requiere de cualificación para poder trabajarlo en las aulas y, en

consecuencia, han pasado generaciones enteras de individuos que han crecido con concepciones erróneas sobre este ámbito de estudio, siendo esto uno de los motivos para restarle importancia al fenómeno (IPCC, 2007). Otra de las debilidades de la educación ambiental es que esta se limita a la conceptualización de las causas, efectos y consecuencias del cambio climático, cuyos objetivos son transmitir el conocimiento o desarrollar el pensamiento crítico. Muy pocos se centran en buscar soluciones prácticas que se podrían implementar para mitigar el problema, existiendo una distinción clara entre educadores científicos y educadores ambientales (Monroe et al., 2019).

La Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura ([UNESCO], 2017) plantea que los sistemas educativos deben ajustar sus contenidos, prácticas y principios, para poder ofrecer una pedagogía centrada en formar a estudiantes que tengan mayor preocupación por el medio ambiente y logren adquirir comportamientos sostenibles. Esto garantizaría tanto la supervivencia de su generación como la de las futuras, a través del trabajo conjunto entre compañeros, comunidades educativas y locales.

## 2.2. Educación para el desarrollo sostenible

Cuando se habla de educación ambiental, nos referimos a educación para el desarrollo sostenible, en ella se establece que la sociedad actual tiene el derecho de suplir sus necesidades, pero también el deber de garantizar que las futuras generaciones satisfagan las suyas, para que puedan gozar de una buena calidad de vida (Keeble, 1988). Es así como el principio de justicia intergeneracional obliga a todos los individuos a gestionar de una mejor manera los recursos renovables y no renovables que existen en el planeta, de lo que se deduce que la educación para el desarrollo sostenible juega un papel protagónico para cumplir esta tarea (Durrani et al., 2019).

La educación para el desarrollo sostenible pretende que los individuos sean conscientes de los efectos que generan sus acciones al medio ambiente y, a partir de ahí, introducir habilidades que puedan mitigar el impacto negativo de esos comportamientos en los ambientes naturales del planeta (Tekbiyik & Çelik, 2019). Para ello, los actores fundamentales en todo este proceso es el profesorado cualificado quienes, a través de sus habilidades, competencias y conocimientos, logran implementar dentro de sus contextos las estrategias pedagógicas que permitan a sus estudiantes adquirir nuevos hábitos sostenibles (Nketsia et al., 2020). De este

modo, el docente no solo debe centrarse en desarrollar conocimientos teóricos que permitan entender el trasfondo científico de la problemática ambiental sino que, además, debe permitir la apertura a nuevos espacios de aprendizaje experimentales, en donde el estudiante encuentre soluciones prácticas que pueda desarrollar desde diferentes escenarios, pues la escuela tradicional a la que se ha enfrentado durante tanto tiempo el estudiantado, puede atentar en contra del proceso de adquisición de estas habilidades (Karakas, 2019).

Los estudios experimentales y cuasi experimentales para abordar problemáticas ambientales son fundamentales, pues ofrecen un valor agregado a los proyectos, además de darle herramientas pedagógicas o metodológicas a docentes o a la comunidad académica. Igualmente, permiten que los participantes hereden aprendizajes prácticos que permanecen en el tiempo, cambiando hábitos y generando un aporte valioso para lograr que nuestra sociedad se desarrolle sosteniblemente (Ural & Dadli, 2020).

La Figura 2 muestra los 17 objetivos de desarrollo sostenible que son resultado del acuerdo firmado por 193 Estados miembros de la ONU (2015), quienes se comprometieron para el año 2030 a alcanzar estos propósitos, enfocados a mejorar las condiciones sociales, económicas y ambientales del mundo, en busca de una sociedad más igualitaria. Lo más importante de este acuerdo es que demuestra que la justicia climática es un eje articulador entre el cuidado del medio ambiente y la calidad de vida de la población mundial, pues implica replantear la actual dinámica económica, en la que unos pocos tienen acceso a los bienes y servicios necesarios para vivir dignamente, a garantizar que el acceso al agua, alimentación, vivienda, salud, educación, entre otros, sean derechos fundamentales. El cuarto objetivo de este acuerdo implica la necesidad de garantizar una educación equitativa y de calidad para toda la población, a través de un profesorado cualificado que permita promover la educación ambiental teórica y práctica, buscando fomentar estilos de vida sostenibles en la sociedad (ONU, 2018).



**Figura 2. Objetivos de desarrollo sostenible.**



Fuente: ONU, 2015

### 2.2.1. Antecedentes de la educación ambiental

La educación ambiental se establece como política global desde la Conferencia de Estocolmo en 1972, en la que se declaró que es fundamental la labor de la educación para tratar los problemas ambientales, pues esta tiene la capacidad de llegar a niños, jóvenes y adultos continuamente, con el objetivo de informar sobre las consecuencias de este fenómeno y buscar las estrategias para su mitigación (ONU, 1972). Así mismo, durante la conferencia llevada a cabo en 1975 en la ciudad de Belgrado, durante el seminario internacional de educación ambiental, se definieron las directrices básicas de los programas de educación ambiental, constituyéndose como procesos continuos, interdisciplinarios, participativos y cooperativos que formen individuos conscientes y preocupados por el medio ambiente (ONU, 1975).

Dos años más tarde, durante la Conferencia Intergubernamental sobre Educación Ambiental de 1977, se propone que la escuela debe estar al servicio de la protección del medio ambiente, ofreciendo conocimientos fundamentales a través de las ciencias sociales y naturales para la utilización racional y el cuidado de los recursos naturales (UNESCO, 1978). Esta propuesta es la base para cumplir con los objetivos de la educación ambiental, que consisten en lograr que la sociedad tenga mayor sensibilidad y consciencia de los problemas medioambientales, además de adquirir conocimientos básicos relacionados con las acciones que afectan a la

naturaleza. Del mismo modo, se pretende que los individuos adquieran las actitudes, aptitudes y destrezas necesarias para resolver los problemas ambientales, a través de la participación activa en diferentes espacios escolares y extraescolares (ONU, 1975).

La transformación de la escuela es necesaria para cumplir los objetivos de la educación ambiental, pues exige abrir nuevos escenarios de aprendizaje no convencionales, como museos, escuelas de verano, campamentos, reservas naturales, centros culturales, etc., para así permitir la apertura a nuevos escenarios de aprendizaje, en donde el estudiantado tenga mejores experiencias y reflexiones sobre la crisis climática (UNESCO, 1987). De igual manera, durante la Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo en 1992, se establecen nuevos niveles de cooperación internacional para promover la protección de recursos en el mundo, a través del financiamiento de la ciencia y conocimiento que permitan garantizar el desarrollo sostenible, en donde los seres humanos no atenten en contra de los recursos fundamentales para tener una buena calidad de vida (ONU, 1992).

La formación de ciudadanos con consciencia ambiental es fundamental para alcanzar los objetivos planteados por las organizaciones internacionales para mitigar el cambio climático. En la Asamblea General sobre el Medio Ambiente, celebrada en Nueva York en 1997, se reitera la importancia de la educación ambiental, como mecanismo infaltable en el proceso de difusión de las estrategias necesarias para la consolidación del desarrollo sostenible (ONU, 1999). La descentralización de la educación ambiental también es un tema importante en las agendas de organizaciones internacionales, pues la variación de contextos de las escuelas señala que no es pertinente estandarizar los proyectos educativos, porque las necesidades, problemas y realidades son diferentes. Esto permite ajustar los programas ambientales partiendo del ámbito social, los sistemas de producción nacionales y los valores culturales locales (ONU, 2002).

Como resultado de estos procesos, se establece que la educación ambiental si bien es una política global, las naciones individualmente deben establecer sus propias estrategias para cumplir con los objetivos propuestos durante las asambleas. Para ello, propone que funcionen, dentro de los estados, instituciones que gestionen el plan de desarrollo sostenible. Una de las políticas planteadas es la creación de ministerios ambientales, cuyo propósito construir una política ambiental dentro de los países (UNESCO, 1987).

### 2.2.2. Educación ambiental

Entender la realidad ambiental que está viviendo el planeta es un paso importante para alertar y prevenir a los ciudadanos de la crisis climática que se avecina. Es fundamental ser conscientes de la problemática, para luego iniciar un proceso que permita a los individuos adoptar nuevas actitudes, habilidades y comportamientos sostenibles (Strategy, 2015). La escuela es un pilar fundamental para cumplir estos objetivos, pues es el lugar social en donde las personas, desde las primeras etapas de desarrollo, logran adquirir compromisos individuales y colectivos a través de la resolución de problemas (Joshi, 2017).

Es por esto que educación ambiental debe estar encaminada a generar personalidades responsables que interactúen con el medio que los rodea a través de la ética, la moral, el respeto y el cuidado (Flórez & Yepes, 2015). Por ello, la educación ambiental es una herramienta indispensable para ayudar a mitigar el cambio climático, pues las nuevas generaciones serán las encargadas de resolver los problemas ambientales en el futuro, asumiéndolos como una causa global (Sulsberger, 2018).

Siguiendo esta línea, uno de los retos más importante para la educación ambiental está en cambiar el paradigma tradicional de muchas instituciones educativas, que establecen que los problemas ambientales deben ser vistos desde la asignatura de Ciencias Naturales, pues si se quiere mejorar las actitudes y comportamientos ambientales en los estudiantes, este tema debe ser tratado de manera transversal (Thathong, 2004). El calentamiento global es un problema que gira en torno a dilemas morales, éticos, políticos y científicos. Esto implica para la escuela concentrar sus esfuerzos y utilizar todas las herramientas interdisciplinarias para su entendimiento y abordaje (Helvacı & Helvacı, 2019).

Una de las estrategias que resuelve la falta de integración de las asignaturas en la escuela, es el Aprendizaje Basado en Problemas (ABP). Esta metodología permite colocar a los estudiantes en el centro del proceso, retándolos a resolver problemas cotidianos con ayuda de todas las herramientas cognitivas y sociales que poseen por sí mismos y con los demás, facilitando el proceso de aprendizaje no solo inmediato, sino también a medio y largo plazo (Çalış & Yıldırım, 2020). Este modelo es significativo para el aprendizaje porque se aleja del modelo tradicional, en donde el docente es el centro del proceso académico, impidiendo que los estudiantes trabajen sobre situaciones prácticas orientadas a desarrollar habilidades para la vida, indispensables para consolidar el proceso de educación ambiental (Indrawan et al., 2018).

El ABP permite generar nuevos conocimientos a través de la experiencia directa del estudiante, a partir de la resolución de un problema que se plantea en el aula y que puede trascender a otros espacios más amplios. El principio fundamental de esta propuesta es aprender haciendo, con un alto grado de participación cooperativa que, a lo largo del proyecto, involucra procesos de observación, indagación, reflexión, experimentación, análisis y evaluación de la experiencia (Matriano, 2020). Estos procesos son motivadores para los estudiantes, pues permite hacerlos actores de su propia investigación que, junto con el proceso de interacción y comunicación continuo, promueve el desarrollo de capacidades y competencias personales que utilizan para resolver problemas auténticos (Çoruhlu & Nas, 2018).

Los ABP, en educación ambiental, puede ser una herramienta potente, pues a partir de la creación de escenarios reales y problematizadores, los participantes logran establecer dinámicas de trabajo diversas. Esto les permite explorar dimensiones tanto cognitivas como personales y grupales, que al final se logran consolidar en experiencias significativas de aprendizaje a largo plazo. Este tipo de metodología requiere de un alto nivel de reflexión por parte del docente, lo que demanda mayor tiempo a la hora de planificar las actividades, en contraste con los métodos tradicionales que son más prácticos para su desarrollo (Ural & Dadli, 2020).

Una de las dimensiones a las que se pueden acudir para tratar la educación ambiental, sobre todo el territorio de origen indígena, son las relaciones ancestrales que los seres humanos establecieron con la naturaleza durante la época precolombina-. A pesar de vivir hoy en un mundo que funciona a partir de las normas que dicta el mercado que desconoce las tradiciones ancestrales (fundamentadas en la espiritualidad y se alejan de lo material), el uso de conocimientos indígenas es pertinente, pues pueden ser utilizados en el ámbito educativo como una herramienta que conecte a los individuos con la naturaleza, que ayude a promover su cuidado a través de la decolonialidad, interculturalidad y el biocentrismo (Collado et al., 2019).

Escenarios naturales como jardines, huertos, fuentes hídricas, cultivos locales, entre otros, son entornos naturales pertinentes para resolver problemas ambientales. De hecho, muchas escuelas rurales y urbanas gozan de este tipo de espacios que estimulan los procesos de aprendizaje, pues permiten estudiar directamente los fenómenos e incluso transformar

espacios vulnerables, en espacios recuperados como resultado del proceso. Por ello es importante que el ABP trascienda las paredes del aula y de la escuela a través de prácticas científicas llevadas a cabo por el estudiantado, posibilitando la promoción de actitudes y comportamientos sostenibles en los estudiantes (Engels et al., 2019).

Para generar este tipo de experiencias y aprovechar mejor los recursos que ofrecen los entornos naturales en la educación ambiental, se hace necesario que el profesorado replantee sus prácticas pedagógicas, tomando distancia de métodos basados en la transmisión de conocimientos. Se trata de acercarse cada vez más a implementar prácticas apoyadas en metodologías de investigación, que estimulen el desarrollo de habilidades como el pensamiento crítico y la capacidad para solucionar problemas (Zambrano et al., 2018).

La educación ambiental establecida desde la escuela puede llegar a ser un factor importante para generar consciencia ambiental- Sin embargo, los estudiantes al ser sujetos en formación, transitan por otros ámbitos que también intervienen en el desarrollo de actitudes y comportamientos. De acuerdo con esto, las familias, los medios de comunicación, el mercado, el Estado, entre otros agentes, si no ejercen con ética ambiental sus actividades, pueden quebrar los procesos que se desarrollan desde las instituciones educativas. Por ello la sociedad entera debe estar alineada para alcanzar los objetivos de desarrollo sostenible para que la educación ambiental tenga un efecto significativo (Edsand & Broich, 2020).

### 2.2.3. Educación ambiental en Colombia

Para el caso colombiano la normativa que regula la educación ambiental, se establece a partir de los acuerdos ambientales mundiales. El marco jurídico en el país decreta los principios y rutas a seguir para llevar a cabo el proceso de implementación del desarrollo sostenible y la labor de la escuela colombiana en esta labor. En la Tabla 1 se presentan las herramientas normativas con las que Colombia cuenta, para abordar la educación ambiental en los centros educativos del país junto con sus objetivos.

**Tabla 1. Referencias normativas de la Educación Ambiental en Colombia.**

REFERENCIA NORMATIVA	OBJETIVO
Decreto 2811 de 1974	Incluir cursos de ecología, para la preservación de recursos naturales en instituciones educativas en el país.
Decreto 1337 de 1978	Implementar la educación ecológica para la preservación de los recursos naturales del país.
Constitución de 1991	Formar ciudadanos ambientalmente responsables.
Ley 115 de 1994	Establecer la educación ambiental como área obligatoria como parte del Proyecto Educativo Institucional (PEI) de los centros educativos del país.
Decreto 1743 de 1994	Institucionalizar los Proyectos Ambientales Escolares (PRAE) en el PEI de los colegio privados y públicos.
Plan de Desarrollo Ambiental de 1997	Impulsar la política ambiental a toda la sociedad colombiana a través de la escuela.
Política Nacional de Educación Ambiental del 2002.	Incluir la dimensión ambiental en la educación básica y media en las instituciones urbanas y rurales del país.

Ley 1549 del 2012	Fortalecer la institucionalización de la política nacional de educación ambiental.
Decreto 1075 del 2015	Establecer el Decreto Único del sector educativo.
Acuerdo 407 de Julio-08 de 2015	Acordar alianza entre el MEN y el Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS) por “La formación de una ciudadanía responsable: un país más educado y una cultura ambiental sostenible para Colombia”

Adaptación de Establecimiento Público Ambiental de Cartagena (EPA), 2017

Es así como una de las políticas educativas ambientales más concretas para instituciones y docentes del país, se establece bajo el decreto 1743 de 1994, para institucionalizar el Proyecto de Educación Ambiental en Colombia a través del Ministerio de Educación Nacional. Este instaure mecanismos pedagógicos que van a servir como herramienta para cumplir con los propósitos del desarrollo sostenible que se dan desde el Ministerio del Medio Ambiente. Una de las estrategias pedagógicas concretas es la implementación de Proyectos Ambientales Escolares (PRAE), los cuales están enfocados en resolver de manera práctica, problemas ambientales locales, regionales y nacionales, gestionados a través de dinámicas participativas, democráticas e interdisciplinarias.

#### 2.2.4. Proyectos Escolares Ambientales (PRAE)

Los PRAE se han convertido en un instrumento determinante para abordar la educación ambiental en Colombia. Estos proyectos establecen las estrategias pedagógicas y didácticas que permiten la construcción de experiencias significativas para la comprensión de cómo las actividades humanas afectan los recursos naturales a nivel municipal, departamental y nacional de las poblaciones en el territorio colombiano. Además, posibilitan la implementación de estrategias que puedan aportar al cuidado y conservación de dichos

recursos, junto con la comunidad y las familias (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia [MADS], 2016). Esta metodología es fundamental porque permite que las nuevas generaciones critiquen las diferentes formas de explotación de los recursos de sus territorios, pues como resultado de estos procesos de explotación, no solamente se dan problemas de tipo ambientales, sino también sociales, políticos y económicos (Sandoval et al., 2017).

Es así como, a través de los PRAE, se han logrado tener experiencias exitosas, en donde las comunidades han establecido soluciones a problemáticas ambientales locales mediadas por docentes y estudiantes, mejorando la calidad de vida de las poblaciones donde se trabaja. Sin embargo, en ocasiones, los PRAE solo se desarrollan en el interior de las instituciones educativas por lo que, para que tenga mejores alcances, los docentes deberían vincular a otras instituciones que sean capaces de ofrecer mayores recursos a estos proyectos (Figueroa & García, 2019).

Los PRAE son estrategias pedagógicas importantes para avanzar en la política de la sostenibilidad. Sin embargo, la realidad es otra: muchas instituciones educativas desconocen la implementación de estos planes, por tanto, no han articulado estos proyectos en sus dinámicas académicas, no se evidencia seguimiento de proyectos emprendidos, ni resultados de sus actividades. En consecuencia, no se desarrolla en los estudiantes las competencias necesarias para generar consciencia ambiental, ni capacidades para la resolución de problemas ambientales que establecen los objetivos de desarrollo sostenible (López, 2019).

Otra de las falencias en la implementación de los PRAE en las instituciones educativas está relacionada con el aspecto interdisciplinar, pues la propuesta global para tratar los problemas ambientales propone que deben ser abordados holísticamente. Sin embargo, en muchas instituciones se delega esta tarea a los docentes de ciencias, quienes se encargan de desarrollar, en muchos casos, procesos conceptuales, debilitando la participación por parte de los actores del ámbito educativo (Huérfano, 2018). De este modo, las familias, el cuerpo directivo, estudiantes y demás docentes de otras áreas del conocimiento quedan relegados del proceso y no adquieren compromiso alguno. A esto se une la escasez de recursos económicos, así como el exceso de actividades, falta de coordinación entre los estamentos y desinterés por los problemas locales que debilitan los propósitos de la causa ambiental (Bustamante et al., 2017). Es por ello que, en ocasiones, los componentes de los PRAE se



implementan de manera parcial y desarticulada con los objetivos de desarrollo sostenible a nivel local. Para mejorar esta situación, se sugiere un fortalecimiento del modelo, replanteando los procesos de ejecución y constante acompañamiento institucional en busca de lograr nuevos enfoques culturales y sociales en las comunidades escolares y locales (Mora & Ortiz, 2015).

La falta de conocimiento del proceso de implementación de los PRAE, así como la escasa o nula integración interdisciplinar de las prácticas ambientales, promueve el abordaje de las dinámicas ambientales a través de metodologías tradicionales. Esto impide que se generen actitudes de desmotivación en los estudiantes, en lo que acaba siendo una temática o contenido más de los planes de estudio, cuyo único objetivo se limita a cumplir con el Decreto 1743, en el que se instituyen los Proyectos de Educación Ambiental, para todos los niveles de educación formal (Alarcon & Ovalle, 2019).

Un nuevo enfoque con el que se pueden desarrollar proyectos ambientales, a través de la motivación, experimentación y significado que promuevan el alcance de los objetivos de generar actitudes, aptitudes y comportamientos sostenibles, están relacionados con los actividades que se desarrollan al interior de las prácticas pedagógicas de cada docente. Esto mitiga, en gran parte, los problemas de implementación de los PRAE, que son tan difíciles de consolidar dentro de modelos pedagógicos tradicionales como el colombiano y que, además, se pueden implementar mediante herramientas tecnológicas (Hernández, 2021). En este sentido, una de las estrategias pedagógicas que permite reflexionar a los individuos sobre el impacto que tienen sus acciones sobre el medio ambiente, es el cálculo de la HdC. Así, a partir de factores de consumo cotidiano, esta herramienta cuantifica la cantidad de emisiones de GEI que una persona, una población o un sector industrial, generan en un determinado periodo de tiempo, lo que invita a entender que toda la humanidad tiene una deuda ecológica con el planeta que tenemos que saldar (Karaarslan & Çakır, 2018). El estudio de este procedimiento se centra en el siguiente apartado.

### 2.3. Huella de carbono (HdC)

La HdC se define como la cantidad de emisiones de GEI que se producen de manera directa o indirecta como consecuencia de las actividades humanas (Weidema et al., 2008). Aunque el

origen del término no se conoce, es posible que sea una extensión de la huella ecológica que se usa desde principios de los años 90 (Rees, 1992).

La HdC es un indicador que permite a los seres humanos ser críticos de los productos que consumen, pues para su cálculo se toma en cuenta la cantidad de recursos naturales, así como la cantidad de desperdicios que se generaron al momento de su producción. Uno de los objetivos a futuro de muchos sectores ambientalistas y políticos es que se normalice, en el etiquetado de productos, la HdC que dejan los bienes y servicios durante el proceso de producción, distribución y consumo final (Rodr et al., 2015). Lo que se pretende con este proceso es que la industria se vea obligada a movilizarse en procesos de producción más sostenibles que evidencien disminución de emisiones de los GEI, estableciéndose en el campo de las economías circulares donde no haya desechos contaminantes (Gallego, 2015).

Uno de los obstáculos más evidentes, para lograr consolidar economías circulares o procesos de consumo más conscientes, está relacionado con las preferencias declaradas que los individuos tienen sobre ciertos productos, bienes o servicios. Sin embargo, el conocimiento de la HdC, dentro del proceso de adquisición, puede ser determinante para que la sociedad cambie esos paradigmas y le dé prelación al consumo de productos que se produzcan de manera sostenible (Gutiérrez & Pérez, 2017). Un alto nivel de producción de GEI depende de los hábitos cotidianos de los seres humanos. El 30% corresponde a las actividades asociadas al transporte, como el uso de automóviles o viajes en avión. Sin embargo, en ocasiones, es difícil cambiar estas prácticas porque su uso depende de factores como la infraestructura de los territorios. Casi el 25% de estas emisiones corresponden al consumo de productos de origen animal como las carnes y lácteos. El consumo de energía de los hogares representa el 30% de estas emisiones y, por último, el 15% restante corresponde a otras prácticas como la producción de basura. Estos tres últimos factores de emisión de GEI sí se pueden tratar a través de estrategias como la alfabetización ambiental, en donde los hogares cuenten con herramientas para tomar decisiones de consumo más sostenibles (Gallego, 2015).

La fórmula para determinar la HdC es  $E = Na * fe$ , donde E es la cantidad de emisiones de GEI, Na es el nivel de la fuente estimada<sup>1</sup> y fe los factores de emisión<sup>2</sup>. Este último varía dependiendo del territorio donde se haga la medición, pues los promedios GEI se realizan en el interior de los países. Los resultados se pueden dar en unidades de dióxido de carbono equivalente (CO<sub>2</sub>eq) (Frohmann et al., 2012).

### 2.3.1. Alimentación

La alimentación representa aproximadamente el 27% de la emisión de GEI a nivel mundial, convirtiéndola en una de las fuentes de contaminación antropogénicas que mayor impacto tienen sobre el medio ambiente, pues el conjunto de fases para su producción es muy variada y engloba varios procesos altamente contaminantes (Aguilera et al., 2020) Para determinar la HdC de los alimentos se debe tener en cuenta la cantidad de GEI que se invirtieron durante el proceso de producción y distribución. En ese sentido, para el caso de productos agrícolas, se tienen en cuenta variables como el uso de fertilizantes y agroquímicos y, para el proceso de alimentos de origen animal, se cuentan variables como el estiércol y la maquinaria que utiliza combustibles fósiles, pues estos elementos emiten gas metano y dióxido de carbono respectivamente (Frohmann et al., 2012).

El crecimiento económico, junto con el demográfico que se ha configurado durante las décadas de los siglos XX y XXI, claramente representan una alta demanda alimentaria, pues las necesidades van a ser mayores cada vez. Las proyecciones estiman que los países de ingreso bajo van a sufrir procesos de subalimentación para el año 2030, pues la producción alimenticia estará enfoca a abastecer a los países de ingresos medio y alto (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2017). Es por esto que los esfuerzos globales deben estar enfocados en conseguir un mundo sin hambre, que garantice la seguridad alimentaria y que acabe la malnutrición en todos los países, independientemente de su crecimiento económico o condición social. Para ello, se debe consolidar un sistema alimentario alejado del actual, pues la dieta de la población hoy es insostenible (FAO, 2019). En este sentido, a pesar de que se está produciendo más comida de la que la población actual

---

<sup>1</sup> Se refiere a las unidades de la fuente de contaminación (Ejemplo 10 galones de gasolina)

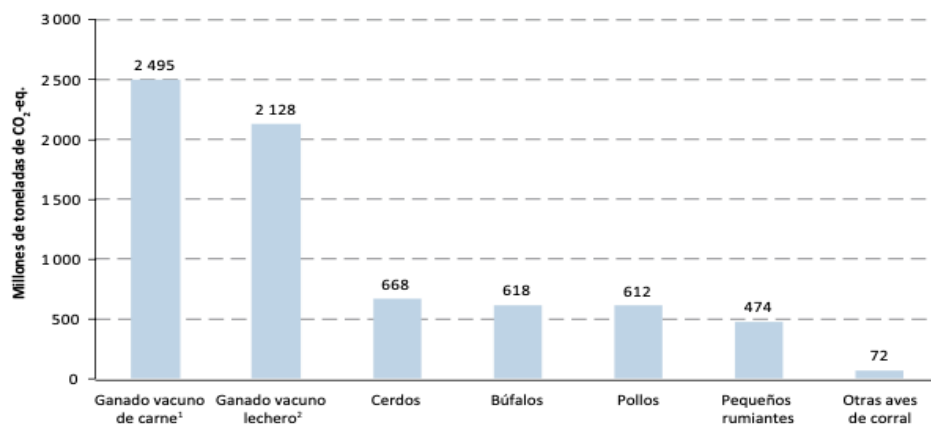
<sup>2</sup> Es el promedio de la cantidad de GEI, asociado a una fuente de contaminación concreta (Gasolina, Hectáreas de tierra plantadas, gas natural, etc.), cada país tiene sus propios valores para determinar los factores de emisión.

del planeta es capaz de consumir, se desperdicia un tercio del total de la producción de alimentos (FAO, 2011). Los países que mayor demanda alimentaria tienen son China, India y Estados Unidos, pues poseen las poblaciones más densas del planeta acaparando, en muchos casos, la oferta que existe de ciertos productos, negando así la posibilidad a países pobres de garantizar la seguridad alimentaria de sus poblaciones. Esto genera problemas como el hambre y la desnutrición. Además, la demanda de alimentos está centrada en el consumo de arroz, trigo, cereales, azúcar y productos de origen animal como la carne y los lácteos, estos últimos definidos como alimentos altamente contaminantes (FAO, 2020).

Uno de los papeles más importantes de la educación en el campo de la alimentación está relacionado con el nivel de consciencia de consumo que puedan desarrollar los individuos a la hora de adquirir un alimento u otro. Para ello, desde diferentes sectores ambientales, sociales y políticos, se propone imprimir en las etiquetas de los productos de comercio, los niveles de GEI que se invirtieron en el proceso de producción de los alimentos. De este modo, los consumidores podrían definir su compra con mejor criterio ambiental y obligar a las empresas a que se movilicen a aplicar procesos de producción sostenibles (Vivanco, 2021).

La Figura 3 muestra el nivel de emisión de GEI que se producen a través de la producción de alimentos de diferentes especies. Se puede observar cómo el ganado vacuno genera la mayor cantidad de gases entre la producción de carne y leche, seguidos de otras especies como el cerdo, el búfalo, el pollo, pequeños rumiantes y, finalmente, otras aves de corral. Cabe puntualizar que la producción de estos alimentos de origen animal, también son fuentes de contaminación para los suelos y las fuentes hídricas, lo que hace que el alto consumo sea insostenible (FAO, 2013).

**Figura 3.** *Estimaciones globales de las emisiones por especie.*



Fuente: FAO, 2013

Aunque la alimentación es un factor de contaminación importante, escasos estudios educativos en Colombia se han centrado en cómo disminuir la HdC basado en estos hábitos. Sin embargo, sí se ha analizado qué tan balanceadas son las dietas de los estudiantes de las instituciones públicas del país. En este sentido, los resultados no son positivos, pues no se ha alfabetizado nutricionalmente a las comunidades educativas, como tampoco se ha regulado la venta y distribución de alimentos en las tiendas escolares, que no contribuyen a la sana alimentación, ni a promover dietas sostenibles (López et al., 2017). Esto obedece, además, a la falta de cualificación por parte del profesorado, pues no se ofrecen desde los planes de estudio las prácticas docentes o las herramientas eficientes que mejoren los niveles de consciencia del consumo de alimentos sostenibles. Es decir, se educa y se toman decisiones a partir de las creencias individuales y no desde la ciencia, la nutrición y la educación ambiental (Bayraktar, 2020).

### 2.3.2. Consumo de energía

El consumo de energía es otra de las fuentes de mayor producción de GEI que se originan mediante la actividad antropogénica. La alta demanda de energía que la sociedad necesita para funcionar es cada vez mayor debido, principalmente, al aumento de la población y a la diversidad de bienes y servicios que la sociedad de consumo ofrece (Islas, 2016). En la Tabla 2 aparece el modelo matemático que demuestra el aumento de producción de GEI por consumo de energía entre 2015 y 2020, así como la proyección que se espera hasta 2030. La energía es la segunda fuente de emisión más alta, luego de la producción de comida.

**Tabla 2. Emisiones de GEI de algunas actividades antropogénicas en Gt CO<sub>2</sub> eq.**

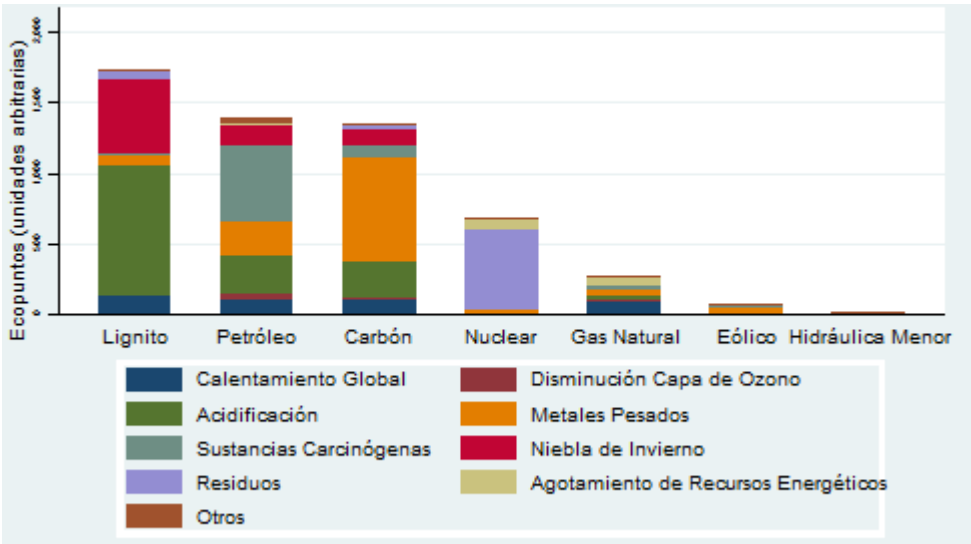
FUENTE DE EMISIÓN	2015	2020	2025	2030
Energía	86,672	88,596	106,469	124,803
Procesos industriales	9,424	10,665	14,537	18,407
Agricultura y silvicultura	117,937	170,436	186,447	174,500
Residuos	19,553	21,600	25,224	28,091

Total	233,586	291,297	332,697	345,801
-------	---------	---------	---------	---------

Fuente: Adaptación de Vito & Universidad de los Andes, 2020

Así mismo, en la Figura 4 se logra evidenciar que la producción de energía eléctrica representa diferentes riesgos para el medio ambiente. Sin embargo, no todas las fuentes de energía tienen los mismos efectos o niveles de contaminación. En ese sentido, fuentes de energías como el lignito, petróleo y carbón, representan la menor viabilidad para producir energía. Por otro lado, la energía nuclear, el gas natural, la energía eólica e hidráulica, se establecen como energías renovables que son más pertinentes para brindarle a la sociedad lo necesario para su desarrollo.

**Figura 4.** Efectos ambientales de la producción de energía eléctrica por tipo de fuente.



Fuente: Urdaneta, 2019

En Colombia, la creciente demanda energética (en promedio 2.9% por año), ha obligado al país a buscar mecanismos para suplir las necesidades de la población. Se estima que el 70% de la generación de energía proviene de hidroeléctricas, si bien es un tipo de energía renovable, no es del todo limpia, pues aunque los niveles de emisión de GEI son relativamente bajos con respecto a otras fuentes de energía, afecta de manera indirecta tanto la atmósfera, con los procesos necesarios para la construcción y mantenimiento de las represas, como también atenta contra las especies que habitan allí, además de afectar la salud y economía de las poblaciones que dependen del buen estado y fluidez de estas aguas (Oviedo & Ocaña, 2018). Por eso se hace necesario disminuir la demanda de energía. Si se logra alfabetizar a la

población sobre el uso responsable de los recursos energéticos, se podría lograr, a largo plazo, construir ofertas más variadas de energía, con base en criterios de sostenibilidad. De este modo, la población optaría a fuentes de viabilidad energética que garanticen la protección de ambientes naturales y que, además, disminuyan considerablemente las emisiones de carbono por actividades energéticas (IPCC, 2018).

La educación ambiental para entender la importancia del ahorro de energía es fundamental, pues es una problemática que se resuelve de manera colectiva. En consecuencia, se puede abordar bajo los principios colaborativos que se dan de manera natural en las instituciones educativas, permitiendo a los estudiantes reflexionar sobre las problemáticas y posibles soluciones a este fenómeno. El trabajo práctico alejado de los libros de textos y otros recursos pedagógicos tradicionales es la clave para el exitoso involucramiento del alumnado, así como para la adquisición de conocimientos y actitudes necesarias para mitigar este tipo de problemas ambientales (Hong & Lin, 2019). Así mismo, la consolidación del desarrollo sostenible desde la escuela, se puede afianzar con el trabajo de las familias, porque al ser aplicado en sus hogares, se pone en práctica lo aprendido en las aulas, empoderando así a los estudiantes, pues se convierten en agentes transformadores de las tradiciones insostenibles que se han mantenido durante las últimas décadas en sus hogares (Lee & Williams, 2020).

### 2.3.3. Uso de la HdC en educación ambiental

Es urgente la necesidad de cambiar los hábitos humanos, pues actualmente estamos usando 1.5 veces la capacidad de los recursos disponibles del planeta en un solo año. Eso quiere decir que, para 2050, la sociedad necesitará tres planetas para suplir sus necesidades, problema que los individuos desconocen. En consecuencia, la humanidad tiene un déficit ambiental que con el tiempo seguirá creciendo, por ello se hace necesario replantear los patrones de consumo que hemos mantenido hasta hoy. La HdC es un indicador que permite conocer los efectos reales de nuestros estilos de vida. Así, las entidades sociales como la escuela pueden utilizar esta medición para crear escenarios diferentes de supervivencia en la que los individuos se educan para el futuro (Doğan & Pektaş, 2019)

La medición de la HdC en educación es una metodología que logra atraer la atención de los estudiantes, dado que emerge como una forma atractiva y eficaz de desarrollar consciencia ambiental a partir del análisis cuantitativo de lo que significan las prácticas de cada individuo para el medio ambiente. En Ciencias Naturales, para abordar la educación ambiental, se

suelen utilizar prácticas de laboratorio y simuladores que proyectan, a partir de regresiones, escenarios distópicos que hacen enfrentar al estudiantado con la realidad de un futuro sin recursos naturales (Boose, 2014). Así mismo, en el ámbito del lenguaje, se emplean los temas ambientales como ejes motivadores de aprendizaje de otras lenguas, en donde los estudiantes se trasladan a escenarios virtuales de diálogo, cuyo objetivo es interactuar con ciudadanos de otras nacionalidades planteando soluciones de cómo pueden disminuir su HdC (Fauville et al., 2012).

De igual forma, el uso de juegos de rol en la enseñanza de las Ciencias Ambientales da la oportunidad a los estudiantes de demostrar sus conocimientos y habilidades ambientales en diferentes escenarios, en donde se pueden generar retos o discusiones reflexivas con otros participantes sobre situaciones problemáticas sociocientíficas, permitiendo a los docentes desarrollar valores como la autorrealización, autoconfianza y el trabajo en equipo (Oliver, 2016). Igualmente, los estudios ambientales a través de la percepción que tienen los estudiantes sobre cuestiones ambientales son comunes en educación. Para ello, se suelen utilizar instrumentos como los cuestionarios, en donde se evidencia que los estudiantes no conciben que las decisiones que a diario toman puedan tener impacto sobre el medio ambiente. En ese sentido, desconocen que en sus hogares o colegios se puedan generar prácticas insostenibles (Öz Aydın, 2016).

Otro enfoque pedagógico más ambicioso, pero que logra mejorar los comportamientos cotidianos y que habría que mirar a largo plazo cómo impacta en el estudiantado, es educar a través de la transformación de espacios escolares comunes a espacios sostenibles. Para ello, se utilizan laboratorios vivos, en donde a través de la integración de toda la comunidad se construyen zonas de producción de energías limpias, cultivos verticales, huertos escolares, etc., teniendo como propósito básico desaparecer la HdC de las instituciones, logrando consolidarse como territorios sostenibles (Guth, 2016).

Por ello, la HdC para mejorar los conocimientos, actitudes y prácticas ambientales en instituciones educativas, puede funcionar como recurso pedagógico. Además, permite incluir a toda la comunidad educativa y conocer cuantitativamente los niveles de producción de GEI tanto individual como colectivamente, para buscar acciones que reduzcan estas emisiones. De este modo, se posibilitaría la consolidación de las escuelas como escenarios de aprendizaje que ofrecen herramientas concretas para disminuir la HdC (Torres et al., 2017).



Finalmente, una de las grandes amenazas que puede surgir en el proceso de alfabetismo ambiental, tienen que ver con los educadores encargados de administrar programas de educación ambiental, porque muchos desconocen los fenómenos concretos que afectan los ambientes naturales del planeta. Igualmente, es posible que sus niveles de HdC sean muy altas y, en consecuencia, sus comportamientos y ejemplos hacia sus estudiantes no resulten acordes con el cuidado de la naturaleza. Así mismo, paradójicamente, maestros que viven en el campo presentan menor consciencia que aquellos que viven en las grandes ciudades, lo que hace que los principios del desarrollo sostenible se consoliden mejor en escuelas urbanas, que en las instituciones de carácter rural (Uyanık, 2020).

### 3. METODOLOGÍA

En este apartado se argumenta la decisión de la elección del diseño y tipo de investigación y se describen las características de la población que participó del estudio. Además, se puntualizan los detalles del tratamiento pedagógico utilizado, se explica cómo se usó el instrumento, para finalmente exponer los procedimientos de recogida y análisis de los datos.

#### 3.1. Tipo de estudio

En este apartado se evidencian las características del diseño cuasi experimental usado en esta investigación, además se argumenta el por qué el alcance del estudio es de tipo correlacional. Por otro lado, se establecen las dos hipótesis posibles a partir de los objetivos y finalmente las variables que se toman para hacer el análisis estadístico.

##### 3.1.1. Diseño

El diseño que se utiliza es esta investigación es cuasi experimental con medidas pretest y posttest con grupo control no equivalente, inicialmente porque los cursos que participan de este estudio están previamente establecidos desde comienzo del año académico 2021 por el instituto educativo. Por ende, no hay ningún tipo de aleatorización al asignar a los integrantes a los grupos control y experimental (cuasi control y cuasi experimental) (León & Montero, 2015). El diseño cuasi experimental se encuadra dentro de la investigación experimental. Es muy usado en el ámbito educativo debido a la imposibilidad, anteriormente comentada, de la aleatorización en la asignación de los individuos a los grupos determinados. Este diseño se encuadra dentro del enfoque cuantitativo, derivado del paradigma positivista o analítico

según el cual, la realidad puede ser fragmentada y estudiada de una forma objetiva, ejerciendo cierto control sobre las situaciones investigadas (Gómez-Núñez et al., 2020).

Por otro lado, el alcance de este estudio es de tipo correlacional, pues se pretende evaluar si el ABP (VI), tiene algún efecto sobre la VD o nivel de HdC de los participantes. Los estudios con este tipo de alcance permiten conocer el nivel de relación que existe entre dos variables dentro de un contexto específico, a través de un proceso de cuantificación, análisis y vinculación y así establecer una hipótesis a partir de los resultados (Hernández - Collado & Baptista, 2014). No se establece un alcance de tipo explicativo (más común en los estudios de corte experimental), debido a la falta de control de ciertas variables extrañas que podrían interferir en los resultados, tal y como se explicará en el apartado referido a las limitaciones de este trabajo.

### 3.1.2. Hipótesis

A partir de los objetivos de la investigación, se derivan las siguientes hipótesis:

- Hipótesis Nula ( $H_0$ ): Los resultados de los grupos control y experimental no presentan diferencias estadísticamente significativas de HdC.
- Hipótesis Alternativa ( $H_1$ ): Existen diferencias estadísticamente significativas entre las mediciones de la HdC de los grupos control y experimental en el posttest.
- Hipótesis Alternativa ( $H_2$ ): El grupo experimental disminuye significativamente su HdC tras el tratamiento pedagógico aplicado en comparación con el grupo control, en el que no se aprecian dichas diferencias estadísticamente significativas.

### 3.1.3. Variables

Este estudio trabaja a partir de dos variables, que se explican a continuación en la Tabla 3:

**Tabla 3. Tipos de variables.**

Tipo de variable	Definición	Indicador
Independiente	Tipo de metodología aplicada (Nivel 1: ABP; Nivel 2: Metodología tradicional)	Estrategias de aula (metodologías aplicadas)
Dependiente	Huella de carbono	Nivel de gases de CO2 medidos a través de la calculadora de HdC

Elaboración propia.

### 3.2. Población y muestra

En este estudio se trabajan con dos grupos no equivalentes, un grupo experimental (cuasi experimental) conformado por 110 discentes de los cursos A, B y C y un grupo control (cuasi-control) de 114 estudiantes de los cursos D, E y F es decir, un total de 224 alumnos de grado décimo con edades comprendidas entre los 14 y 16 años ( $M = 15.2$ ;  $DT = 0.98$ ). Los estudiantes incluidos en la muestra presentan un nivel socioeconómico medio, con una cantidad de mujeres de 107 (47,7%) y hombres 117 (52,2%). La muestra fue elegida a través de un muestreo no probabilístico intencional, pues fue el investigador principal, por conveniencia, la persona encargada de escoger a los participantes por la accesibilidad a los mismos dentro de su centro de trabajo.

### 3.3. Materiales- instrumentos

El proceso se hace a través de una prueba pretest a la totalidad de la muestra ( $n = 224$  estudiantes). Posteriormente, durante un periodo de tiempo de 30 días se aplica el tratamiento al grupo experimental (110 estudiantes), basado en ABP enfocado a la disminución de la HdC de los participantes. Finalmente se hace la prueba posttest al total de la muestra para evidenciar si hay variaciones en los resultados.

### 3.3.1. Calculadora de huella de carbono

El instrumento que se utiliza para la medición de nivel de GEI de los estudiantes, es la calculadora de Huella de Carbono Internacional Orientada a Estudiantes, desarrollada por el proyecto The International Student Carbon Footprint Challenge, programa académico que tiene como objetivo brindar herramientas ambientales al estudiantado de nivel escolar básico y medio de todo el mundo (Fauville et al., 2012).

La calculadora de HdC se estructura a partir de un test de 50 preguntas, organizadas en cuatro categorías ([la versión de la calculadora se puede encontrar en este hipervínculo](#)), las cuales se explican en la Tabla 4 (Hertwich & Peters, 2009):

**Tabla 4. Categorías Calculadora de HdC.**

Categoría	Descripción
Energía del Hogar & Electrodomésticos	Esta sección contiene preguntas enfocadas al sistema de calefacción, a los tipos y frecuencia de uso energético de bombillas y electrodomésticos. Así mismo, a las dinámicas de consumo de recursos como el agua, el gas y la producción de basura.
Comida	Esta categoría pregunta información relacionada con los hábitos alimenticios y clasifica los niveles de HdC de acuerdo con el régimen alimenticio de cada usuario. En consecuencia, las dietas veganas y vegetarianas obtienen menos niveles de contaminación a diferencia de las dietas omnívoras que dejan una mayor HdC.
Compras personales	En este apartado, la calculadora evalúa los niveles de consumo de artículos tecnológicos, moda y plástico, como también el grado de reutilización de muchos de estos bienes.
Transportación	Aquí se calcula la HdC de acuerdo con los medios de transporte utilizados para movilizarse, los que tienen menor puntaje en la calculadora son eléctricos y de tracción humana como la bicicleta, los

que mayor CO<sub>2</sub> provocan son los que trabajan con combustibles fósiles.

Fuente: Elaboración propia.

Cabe resaltar que las categorías transportación ni compras personales se contemplan dentro de las mediciones hechas al estudiantado, pues el investigador concluyó que no puede cuestionar la forma en cómo se movilizan los estudiantes, pues ni la edad, ni las condiciones estructurales de la ciudad, permiten a los participantes decidir sobre la forma de transportarse, así como tampoco son capaces de controlar muchas de las decisiones de consumo diario hechas en sus hogares. Es así como en la Figura 5, se muestra un ejemplo del resultado final de la medición de HdC. Además, incluye el promedio per cápita de la HdC del país, pues el instrumento contempla los factores de emisión de 73 naciones en el mundo, entre ellos los de Colombia, lo que permite obtener resultados válidos para los participantes de este estudio. Estos resultados se expresan en kilogramos (kgs) de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>).

**Figura 5.** Modelo de resultado de medición de la calculadora de HdC.



Fuente: International Student Carbon Footprint Challenge, 2009.

### 3.3.2. Aprendizaje basado en problemas para la reducción de huella de carbono

El ABP se desarrolla a partir de la pregunta ¿conocen su huella de carbono?, esta es planteada por el investigador, con la intención de cuestionar al grupo experimental conformado por los cursos 10A, 10B y 10C. A partir de esta, los estudiantes miden a través de la calculadora de

HdC, sus niveles de contaminación. Posteriormente, el investigador les propone configurar un escenario, en donde los mismos estudiantes creen estrategias para mitigar su HdC, de acuerdo con sus prácticas cotidianas y a los indicadores más altos obtenidos, teniendo en cuenta que la mayor parte de su día deben permanecer en sus casas a causa de la de pandemia.

El resultado de este proceso consiste en cinco fases desarrolladas en dos sesiones de 75 minutos cada una, durante un periodo de tiempo de cinco semanas, a través de una modalidad 100% virtual, a continuación en la Tabla 5, se describe cada una de las fases:

**Tabla 5. Fases del aprendizaje basado en problemas**

Estrategia		Descripción	Objetivo
<b>Fase 1</b>	Observación de la película Cowspiracy <sup>3</sup>	Como propuesta de los estudiantes se hace un cine foro, en donde se comentan los fenómenos más impactantes del documental, identificando las prácticas que mayor HdC se producen a partir del factor alimentación.	Reflexionar sobre la importancia que tiene la disminución del consumo de alimentos de origen animal para el medio ambiente.
	Plan de alimentación (Ver anexo B)	A partir del documental se propone establecer, de manera conjunta, un plan de alimentación sostenible de una semana.	Disminuir el consumo de alimentos que dejan niveles elevados de HdC, como alimentos de origen animal.
<b>Fase 3</b>	Receta (Ver anexo C)	A partir del plan de alimentación, se prepara conjuntamente una	Preparar una dieta saludable, sostenible y

<sup>3</sup> Cowspiracy: Documental del año 2014, producido por Kip Andersen y Keegan Kuhnque. Muestra cómo la actividad ganadera, es una de las mayores responsables en la producción de GEI del planeta. A través de cifras alarmantes de niveles de contaminación del aire, del agua y el suelo, demuestra que es una necesidad disminuir drásticamente el consumo de alimentos de origen animal, para frenar el cambio climático.

		receta cuyos ingredientes contienen bajos niveles de HdC.	económica con niveles bajos de HdC.
<b>Fase 4</b>	Evaluación consumo energético	Basados en las facturas de energía de los hogares de los estudiantes, se calcula cuántas represas hidroeléctricas se necesitan actualmente para suministrar el servicio energético	Reflexionar sobre los efectos ambientales que trae consigo el suministro de energía eléctrica de los hogares de los estudiantes.
<b>Fase 5</b>	Plan de ahorro energético (Ver anexo D)	A través de la herramienta de calendario del colegio, se establecen recordatorios con el nombre “hora de ahorrar”, durante un mes, tres veces al día, en donde los estudiantes tendrán que hacer monitoreo en sus hogares, identificando los electrodomésticos sin uso, desconectándolos.	Disminuir el consumo eléctrico de los hogares de los estudiantes.

Fuente: Elaboración propia.

Por otro lado, al grupo control conformado por los cursos 10E, 10F y 10G, se le hacen las mediciones de la HdC durante el mismo periodo de tiempo que al grupo experimental. Sin embargo, la metodología aplicada para este grupo consiste en hacer una revisión teórica de los contenidos relacionados con problemas ambientales, sin darle ningún tipo de profundidad, se puede decir que la estrategia utilizada es basada en un modelo tradicional utilizado previamente en el nivel educativo y asignatura mencionados.

### 3.4.Procedimiento de recogida de datos

El proceso para recoger los datos se realiza durante las sesiones de clase de ciencias sociales de los estudiantes, se les explica que es un ejercicio académico del investigador, en donde se pretende calcular los niveles de contaminación de cada uno de ellos, a partir de la medición

de la HdC. El docente pregunta a los discentes si están de acuerdo con participar del ejercicio y aceptan unánimemente a ser parte del estudio (para ello, firman su consentimiento informado, al igual que sus tutores legales por tratarse de alumnos menores de edad).

La aplicación de la prueba pretest se realiza comenzando el año académico 2021 a todo el estudiantado de grado décimo ( $n=224$ ). Este proceso se hace virtualmente a través de un formulario diseñado por el investigador, con ayuda de la herramienta Forms de la plataforma Office365 (ver Anexo 1), en donde se muestra la ruta para acceder a la calculadora de HdC. Del mismo modo, también se solicita registrar el curso y el resultado de la medición de la HdC, junto con la captura de pantalla del resultado final (no se solicita el nombre, pues al ser una herramienta institucional, sus datos personales quedan registrados automáticamente). Todo proceso se hace bajo el acompañamiento continuo del investigador, quien da las instrucciones paso a paso de cada una de las 50 preguntas, contestando a los interrogantes que surgen durante el proceso de medición. Posteriormente, diez semanas después, tras la aplicación de la intervención educativa basada en el ABP al grupo experimental (y la metodología tradicional al grupo control), se hace la prueba posttest a toda la muestra, siguiendo exactamente el mismo proceso de medición. Los datos finales se exportan al programa Excel y SPSS para facilitar su gestión y organización.

### 3.5. Análisis de datos

Con los datos obtenidos de las mediciones de HdC de los estudiantes de grado décimo, se procede a hacer el análisis estadístico, para identificar si existe diferencia entre los niveles de HdC de los grupos control y experimental, utilizando la variable ReducciónHdC, obtenida a través de la resta de las puntuaciones del pretest y posttest de ambos grupos, es decir, se utiliza el cambio entre los dos momentos de medición como variable de respuesta. El factor utilizado es su pertenencia o no al grupo experimental. La prueba utilizada es una *t* de Student para muestras independientes, en donde cada grupo utiliza la variable ReducciónHdC. Del mismo modo, se utilizó la *t* de Student para muestras dependientes (pareadas o emparejadas) para analizar el cambio entre el momento pre-post en cada uno de los grupos de forma independiente. Por último, se incluyó el índice *d* (diferencia media tipificada) propuesto por Cohen (1988), posibilitando la valoración del tamaño o magnitud del efecto de las diferencias observadas. A la hora de analizar el tamaño del efecto, seguiremos los siguientes criterios propuestos por el autor:  $.20 \leq d \leq .49$  indicaría una magnitud baja de las diferencias;  $.50 \leq d \leq .79$



señalaría una magnitud moderada de las diferencias;  $d \geq .80$  indicaría una magnitud alta de las diferencias.

El programa que se utiliza para hacer los análisis estadísticos es SPSS

## 4. RESULTADOS

Para el análisis estadístico inicialmente en la Tabla 6, se muestra el número de participantes en el grupo experimental y en el grupo control.

**Tabla 6. Estructura de los grupos control y experimental.**

		Etiqueta de valor	N
Grupo	1	Experimental	110
	2	Control	114
		Total	224

Fuente: Elaboración propia.

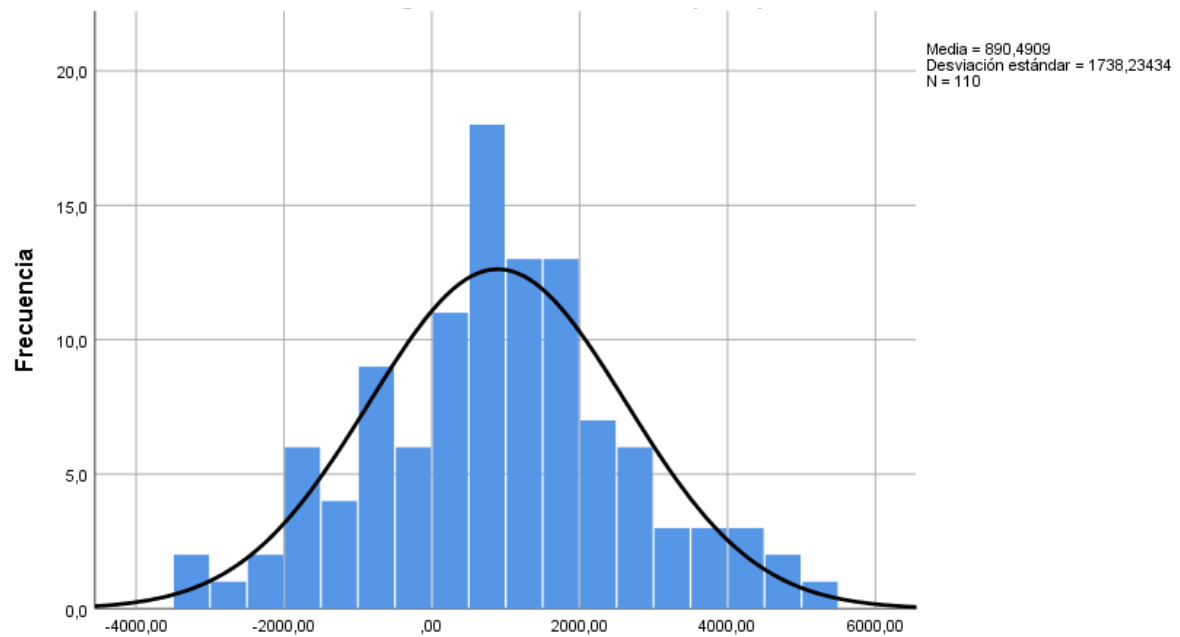
Luego se hacen las pruebas de Kolmogorov-Smirnov para comprobar la normalidad de los datos, en la Tabla 7, se evidencia que el grupo experimental obtuvo un p-valor de  $0,200 > 0,05$ , lo que sugiere la distribución normal de los datos, así mismo, el p-valor del grupo control es de  $0,068 > 0,05$ , lo que indica que los datos se distribuyen normalmente.

**Tabla 7. Prueba de normalidad Kolmogorov-Smirnov**

		ReducciónHdC Experimental	ReducciónHdC Control
N		110	114
Parámetros normales <sup>a,b</sup>	Media	890,4909	-207,8947
	Desv. Desviación	1738,23434	1837,98165
Máximas diferencias extremas	Absoluto	,071	,101
	Positivo	,071	,083
	Negativo	-,057	-,101
Estadístico de prueba		,071	,101
Sig. asintótica(bilateral)		,200 <sup>c,d</sup>	,068 <sup>c</sup>

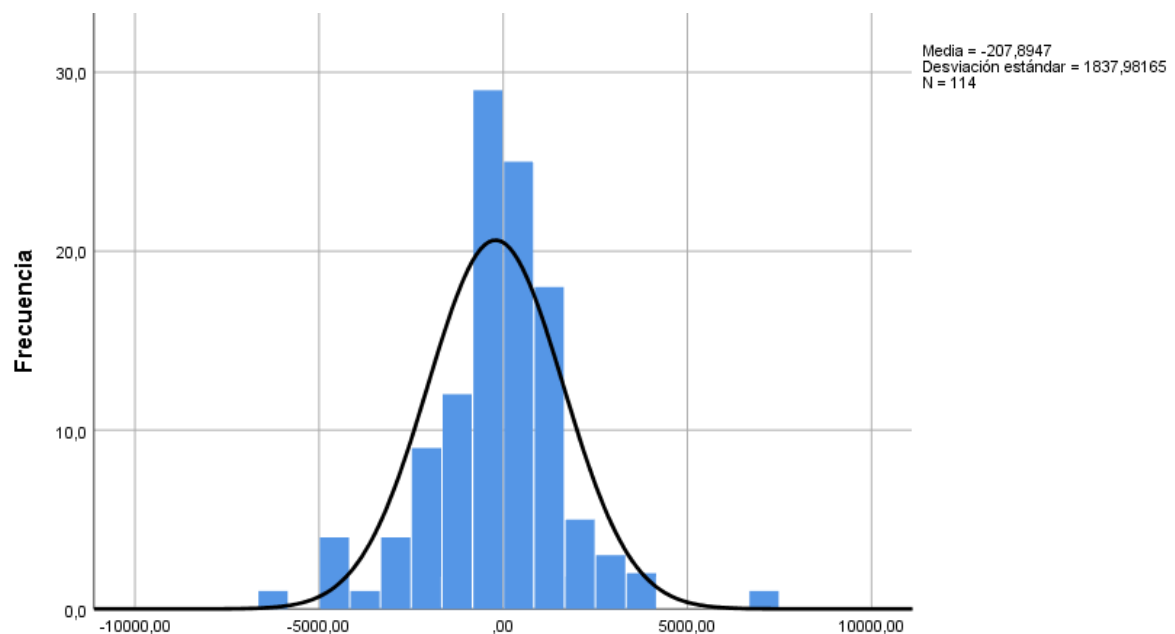
Fuente: Elaboración propia.

Con base en esto se decide graficar la distribución de los datos para probar su normalidad, a continuación en la Figura 6, se evidencia que los datos del grupo experimental, se distribuyen con normalidad.

**Figura 6.** Distribución datos HdC grupo experimental.

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 7, se evidencia que los datos del grupo control, se distribuyen con relativa normalidad.

**Figura 7.** Distribución datos HdC grupo control.

Fuente: Elaboración propia.

Posteriormente como se muestra en la Tabla 8, se obtienen las medias de la HdC, a partir del cálculo pretest y posttest tanto del grupo control, como del grupo experimental.

**Tabla 8. Medias HdC pretest-postest.**

	Grupo	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
<b>HdC1</b>	Experimental	4571,92	1633,35	155,73
	Control	3719,37	1355,79	126,99
	Total	4138,03	1554,97	103,90
<b>HdC2</b>	Experimental	3681,43	1415,67	134,98
	Control	3927,26	1712,11	160,35
	Total	3806,54	1574,85	105,22

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se hace el análisis estadístico con una prueba T para muestras independientes, que permite comparar, a través de las medias de la HdC de los grupos control y experimental, cambios significativos entre ambos grupos. Para ello, se procede a obtener la diferencia entre los resultados de las HdC pretest y posttest, obteniendo la variable de respuesta denominada ReducciónHdC.

Para realizar la prueba t, primero comprobamos la homogeneidad de las varianzas con la prueba de Levene, con la cual, con base en la media, se obtuvo un estadístico de 0,117 y una significancia del 0,733, es decir, el supuesto de homogeneidad es válido.

Con la prueba t de la Tabla 9, se determina con un intervalo de confianza del 95%, que la diferencia entre el grupo control y experimental oscila entre 626,99 y 1569,77 kgs de CO<sub>2</sub>, es decir, como mínimo, el grupo experimental disminuyó su HdC en 626,99 kgs más que el grupo control y esta reducción puede ser hasta 1569,77 kgs. El valor t de la prueba fue de 4,592, con un p-valor de 0,000, es decir, la hipótesis de igualdad de medias para los dos grupos se rechaza.

**Tabla 9. Prueba T rangos de reducción de HdC**

	t	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
		Inferior	Superior
<b>ReducciónHdC</b>	4,592	626,99824	1569,77305

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 10, se muestran los resultados del procedimiento estadístico, en donde el p-valor obtenido es de 0,000 ( $<0,05$ ) lo que permite confirmar la hipótesis alternativa 1, es decir, que sí existe diferencia significativa entre ambos grupos, lo que implica que la reducción de la HdC en el grupo experimental cambió con respecto al grupo de control. La magnitud del efecto fue moderada, con un valor de 0,61.

**Tabla 10. Prueba T resultante de la ReducciónHdC entre el grupo control y experimental.**

	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	Tamaño del efecto Cohen
ReducciónHdC	222	,000	1098,38565	239,19706	0,613723481

Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, se puede ver el cambio al interior de cada grupo realizando una prueba t para muestras emparejadas (muestras pareadas), con la cual, se puede concluir que para el grupo experimental, el valor del estadístico t fue de 5,373, con un p-valor asociado de 0,000 ( $<0,05$ )- Se rechaza la hipótesis nula, es decir, sí hay un cambio significativo en su HdC después de haber recibido el tratamiento. Por otra parte, para el grupo de control, el valor del estadístico t fue de -1,208, con un p-valor asociado de 0,230 y, por lo tanto, no se rechaza la hipótesis nula de igualdad de medias- Es decir, en el grupo control no se observó ningún cambio significativo en su huella de carbono entre el momento pre y posttest.

#### 4.1. Discusión de resultados.

El objetivo de este estudio ha sido analizar si existe una diferencia entre los niveles de HdC del grupo experimental, luego de implementar el recurso pedagógico conocido como ABP, en contraste con el grupo control en el que se implementa una metodología tradicional.

De acuerdo con los resultados de los análisis estadísticos, se llegan a las siguientes conclusiones:

- Se rechaza la  $H_0$ , según la cual, los resultados de los grupos control y experimental luego de la medición de la HdC, no presentan diferencias significativas. Sin embargo, se confirman la  $H_1$ : Hay diferencia significativa entre las mediciones de la HdC de los grupos control y experimental.

Aquí se evidencia que el recurso pedagógico ABP utilizado con el grupo experimental, logra disminuir la HdC de los estudiantes, gracias al uso de técnicas experimentales, que promovieron el desarrollo de aprendizajes significativos a través de los principios de observación, indagación, reflexión y discusión, con un alto nivel de participación tanto del investigador como de los participantes en el estudio (Matriano, 2020).

Por otro lado, la medición de la HdC permitió desarrollar pensamiento crítico y cuestionar las acciones diarias que los estudiantes realizan y que representan una amenaza para el medio ambiente (Rodr et al., 2015). Esto impactó en los hábitos que llevaban los estudiantes a diario desde sus hogares, haciéndolos reflexionar sobre su responsabilidad como consumidores, invitándolos a tomar decisiones más sostenibles, estableciendo rutinas de consumo que implican menores niveles de contaminación, teniendo en cuenta los procesos de producción, distribución y consumo, sobretodo de productos de origen animal y servicios de energía (Gallego, 2015). Otro de los componentes fundamentales para evidenciar la reducción de la HdC fueron los escenarios problematizadores, pues estos lograron la consolidación de las estrategias y que los estudiantes se apropiaran del proceso. Los discentes eran llamados a proponer soluciones a los problemas que se les presentaba, permitiendo el cumplimiento de los ejercicios propuestos por parte de la mayoría del estudiantado (Ural & Dadli, 2020).

- Se acepta las hipótesis alternativa, según la cual, se aprecia una disminución estadísticamente significativa de la HdC dentro del grupo experimental, pero no en el grupo control.

Esta segunda conclusión muestra que la metodología tradicional utilizada con el grupo control, no tiene ningún cambio sobre los comportamientos, conocimientos y actitudes ambientales de los estudiantes. Prueba, además, que la transmisión de conocimientos no tienen impacto en el cambio de hábitos insostenibles, que los estudiantes necesitan para cambiar el esquema de consumo indiscriminado de recursos (Karakaş, 2019).

Así mismo, una de las causas de estos resultados se debe a que el modelo tradicional dificulta consolidar aprendizajes significativos (Pulido & Olivera, 2018), pues coloca al docente como figura protagónica del proceso de aprendizaje, porque su papel es el de comunicar la información, relegando la participación de los estudiantes en un plano secundario (Indrawan et al., 2018). Por ello, si se sigue insistiendo en abordar la educación ambiental desde la

metodologías tradicionales, no se tendrá éxito en educar individuos autónomos que sean capaces de construir una sociedad sostenible (Thathong, 2004).

## 5. CONCLUSIONES

En un principio se menciona que la falta de información tanto de los medios de comunicación, como de los Estados y otras instituciones, por divulgar la problemática ambiental, hacen que los individuos sigamos insistiendo en mantener las costumbres insostenibles que hasta hoy hemos ejercido. En ese sentido, se reconoce a la educación como una herramienta indispensable para cambiar los paradigmas de consumo que la sociedad ha establecido como modelo, haciendo una lectura crítica del mundo en la que se cuestionen las acciones que impactan negativamente en el medio ambiente. De este modo, se buscan soluciones desde la cotidianidad de la vida para generar conocimientos, actitudes y habilidades sostenibles que garanticen una vida digna a las actuales y futuras generaciones. Para ello, tenemos que hacer cambios profundos, que nos obligan a repensar la forma en cómo vivimos, pues las costumbres culturales y los objetivos económicos actuales, nos han conducido a este camino por el que hoy transitamos, convertido el cambio climático en la amenaza más importante de la vida en el planeta como la conocemos hoy, pues estamos ante un posible escenario de extinción masiva, nos queda muy poco tiempo para esquivar ese camino sin retorno.

Es así como los modelos tradicionales en educación, son llamados a transformarse en otras formas de aprender a partir de la experiencia vivida, pues de esta manera se mantienen los recuerdos y los aprendizajes permanentemente, solo así se puede lograr que los individuos interioricen la ética del cuidado hacia la naturaleza y si eso se mantiene, los demás valores sociales van a desarrollarse gradualmente, hasta consolidar una sociedad sostenible cementada a partir de la justicia y la equidad. Aunque el tiempo en el que se implementó ABP es corto, se logra obtener resultados positivos, y traza una ruta concreta para los futuros pedagogos que quieran implementar metodologías enfocadas a reducir los niveles de contaminación de sus estudiantes e inculcar valores ambientales, a través de ejercicios prácticos, que atraigan la motivación y despierten en ellos la responsabilidad ambiental que tienen con el planeta. Así mismo los países y sociedades que viven en el privilegio, tienen una responsabilidad aún mayor en esta dinámica ambiental, pues por ser ellos los más capacitados y preparados en esta lucha por frenar el cambio climático, deben enarbolar las banderas del

desarrollo ambiental como objetivo fundamental de toda la humanidad, a través de la consciencia colectiva, para recordar que somos una sola especie, que merece tener las mismas obligaciones y derechos con nuestro entorno.

También cabe señalar que, la HdC es un excelente indicador ambiental, que se puede usar, no solo en el ámbito educativo, sino es pertinente su implementación en todas las esferas sociales, políticas y económicas, pues nos recuerda cuál es el costo ambiental de las decisiones que tomamos día a día y llama reflexionar sobre qué alternativas podemos tomar como sociedad para cambiar el ritmo de vida que tenemos hoy, nos invita a mejorar nuestros hábitos alimenticios, así como ser conscientes de los recursos que nos rodean y saber que muchos de ellos son finitos y los tenemos que cuidar, y por supuesto la importancia de movilizarnos a buscar fuentes de energía limpias.

Finalmente esta investigación encontró que el ABP, es una metodología exitosa para la alfabetización ambiental de estudiantes de educación media, además gracias a esta metodología, se logra disminuir significativamente los niveles de contaminación expresados en la HdC del estudiantado en un tiempo de cinco semanas, también se logra demostrar que la metodología tradicional no logra tener efectos positivos en consolidar el desarrollo sostenible.

### 5.1.Limitaciones

Dentro de las principales limitantes para el buen desarrollo de la investigación, fue la falta de motivación de algunos estudiantes para llevar a cabo las actividades, pues para ejecutarlas, se necesita niveles de autonomía altos, porque los ejercicios están enfocados a realizarse en casa, en donde los estudiantes no cuentan con ningún acompañamiento por parte del investigador. Así mismo, al ser un ejercicio netamente virtual, la carencia de encuentros presenciales, hizo que se prescindieran de otras fases fundamentales para disminuir la HdC, pues gracias a la situación actual de pandemia, otras actividades como las salidas de campo, juegos de contacto, asistencia directa al centro educativo, entre otras, no se pueden llevar a cabo. Otra situación que se dio está relacionada con las mediciones de las categorías transportación y compras, no se tomaron, pues es muy complicado controlar, sugerir y cambiar hábitos relacionados con estos dos criterios.

Por otro lado, el trabajo con una muestra de un solo centro educativo limita los alcances de la investigación, pues al no obtener datos de otras poblaciones de tipo rural, vulnerable, cultural o socioeconómico, no se podría establecer una metodología pedagógica definitiva para disminuir los niveles de contaminación de diferentes centros educativos ubicados en otros territorios.

Finalmente se observaron variables que pueden interferir en el éxito del estudio, entre ellas las fallas de conectividad a internet y constantes inasistencias a las sesiones de algunos estudiantes, hizo que no participaran de algunas actividades. En segundo lugar, a causa de que la institución educativa maneja un modelo de evaluación cuantitativo, hizo que la motivación de muchos participantes estuviese condicionada por la calificación, al darse cuenta de que el proceso no tenía peso porcentual en la evaluación continua, se abstuvieron de participar de algunas actividades.

## 5.2. Prospectiva

Se puede establecer una metodología presencial, que permita controlar personalmente el desarrollo de las estrategias propuestas de manera directa, adaptando las actividades a escenarios de encuentro entre el investigador y los participantes. Así mismo ofrecer nuevas alternativas que impliquen mayor nivel de participación y experiencias, donde los estudiantes creen consciencia de la importancia de disminuir su HdC. Así mismo, teniendo en cuenta que la calculadora de HdC, evalúa otros indicadores que no se contemplaron en esta investigación, para futuros trabajos se pueden buscar estrategias para disminuir el CO<sub>2</sub> de esas actividades en otros escenarios, que inviten al alumnado a reflexionar sobre sus hábitos cotidianos.

Para lograr resultados más fiables, se podría acudir a otros centros educativos con otras características sociales, geográficas, culturales y económicas, para así lograr una muestra mucho mayor de datos que permita medir mejor el tratamiento pedagógico y demostrar si realmente funciona en otros contextos diferentes.

Finalmente, en función de mejorar los niveles de autonomía a la hora de desarrollar las actividades, se podría extender el tiempo de realización del estudio a un periodo de tiempo mayor. De esta forma trataríamos de transmitir la urgencia de disminuir los niveles de contaminación, como un compromiso ciudadano y no como una actividad escolar, y pueda



trascender el contexto escolar y trasladarse a otros escenarios donde se ponga a prueba si lograron tomar una verdadera consciencia ambiental.

## Referencias bibliográficas

- Aguilera, E., Piñero, P., Infante Amate, J., González de Molina, M., Lassaletta, L., & Sanz Cobeña, A. (2020). Emisiones de gases de efecto invernadero en el sistema agroalimentario y huella de carbono de la alimentación en España. *Real Academia de Ingeniería*.
- Andersen, K., Kuhn, K. (2014). *Cowspiracy: The Sustainability Secret* [Film]. A.U.M. Films, First Spark Media.
- Alarcón, A., Ovalle B., & Velandia T. (2019). Los proyectos ambientales escolares y su articulación con las TIC. *Revista Conrado*, 15(70), 168-174. <http://conrado.ucf.edu.cu/index.php/conrado>
- Bayraktar, Ş. (2020). Factors Contributing Ecological Footprint Awareness of Turkish Pre-Service Teachers. *International Education Studies*, 13(2), 61. <https://doi.org/10.5539/ies.v13n2p61>
- Boose, D. (2014). Teaching Quantitative Reasoning for Nonscience Majors Through Carbon Footprint Analysis. *Journal of College Science Teaching*, 044(02), 18–26. [https://doi.org/10.2505/4/jcst14\\_044\\_02\\_18](https://doi.org/10.2505/4/jcst14_044_02_18)
- Bustamante, N. del C., Cruz, M. I., & Rivera, C. (2017). Proyectos ambientales escolares y la cultura ambiental en la comunidad estudiantil de las instituciones educativas de Sincelejo, Colombia Environmental school projects and environmental culture in the. *Revista Logos, Ciencia y Tecnología*, 9(1), 215–229.
- Çalış, D., & Yıldırım, H. İ. (2020). The Effect of Prediction, Observation, Explanation Supported Project-Based Environmental Education on the Levels of Attitude and Behavior Toward the Environment. *Educational Policy Analysis and Strategic Research*, 15(1), 22–43. <https://doi.org/10.29329/epasr.2020.236.2>
- Caymaz, B. (2020). Thematic review of some studies about the global warming in turkey. *International Electronic Journal of Environmental Education*, 10(1), 16–31.
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. Erlbaum.
- Collado-Ruano, J., Madroñero-Morillo, M., & Álvarez-González, F. (2019). Training

- transdisciplinary educators: Intercultural Learning and Regenerative Practices in Ecuador. *Studies in Philosophy and Education*, 38(2), 177–194. <https://doi.org/10.1007/s11217-019-09652-5>
- Çoruhlu, T. Ş., & Nas, S. E. (2018). The impact of project-based learning environments on conceptual understanding: The “Recycling” concept. *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, 19(1), 1–24.
- Cruz-Castaño, N., & Páramo, P. (2020). Educación para la mitigación y adaptación al cambio climático en América Latina. *Educación y Educadores*, 23(3), 469–489. <https://doi.org/10.5294/edu.2020.23.3.6>
- Decreto 1743 de 1994. Por medio del cual se institucionalizan Los proyectos ambientales escolares PRAE en Colombia. 5 de agosto de 1994. D.O. No. 41476
- Doğan, Y., & Pektaş, M. (2019). Investigation of ecological footprint of academicians according to different variables. *International Electronic Journal of Environmental Education*, 9(2), 174–189.
- Durrani, R., Malik, S., & Juman, N. B. (2019). Education for Sustainable Development (ESD) in Pre-Service Teachers Education Curriculum at Pakistan: Current Status and Future Directions. *Pakistan Journal of Distance and Online Learning*, 5(2), 67–84.
- Edsall, H. E., & Broich, T. (2020). The Impact of Environmental Education on Environmental and Renewable Energy Technology Awareness: Empirical Evidence from Colombia. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 18(4), 611–634. <https://doi.org/10.1007/s10763-019-09988-x>
- Engels, M., Miller, B., Squires, A., Jennewein, J., & Eitel, K. (2019). The Confluence Approach: Developing Scientific Literacy through Project-Based Learning and Place-Based Education in the Context of NGSS. *Electronic Journal of Science Education*, 23(3), 33–58.
- Establecimiento Público Ambiental de Cartagena (EPA). (2017). *Marco normativo de la Educación Ambiental*.
- Fauville, G. (2017). Questions as indicators of ocean literacy: students’ online asynchronous discussion with a marine scientist. *International Journal of Science Education*, 39(16), 2151–2170. <https://doi.org/10.1080/09500693.2017.1365184>

- Fauville, G., Lantz-Andersson, A. & Säljö, R. (2012). International Student Carbon Footprint Challenge – Social Media as a Content and Language Integrated Learning Environment. *International journal of science education*, (76), 80. <https://doi.org/10.14705/rpnet.2012.000030>
- Figuerola-Vargas, D., & García-García, L. E. (2019). Comprensión de las acciones comunitarias en educación ambiental en Chiquinquirá, Boyacá. *Praxis & Saber*, 10(23), 293–314. <https://doi.org/10.19053/22160159.v10.n23.2019.9735>
- Flórez-Yepes, G. Y. (2015). La educación ambiental y el desarrollo sostenible en el contexto colombiano. *Revista Electrónica Educare*, 19(3), 1–12. <https://doi.org/10.15359/ree.19-3.5>
- Frohmann, A., Herreros, S., & Mulder, N. (2012). *Huella de carbono y exportaciones de alimentos Guía práctica*. Documentos de proyecto CEPAL.
- Gallego, S. Á. (2015). La huella de carbono de los productos. *AENOR (Asociación Española de Normalización y Certificación)*.
- Gómez-Núñez, M. I., Cano-Muñoz, M. A., & Torregrosa, M. S. (2020). *Manual para investigar en educación. Guía para docentes y orientadores indagadores*. Narcea.
- Guth, D. (2016). Merging Environmental Health and Education. *Community College Journal*, 87(1), 12–17.
- Gutiérrez, S. P., & Pérez, A. V. (2017). Consumer response to carbon footprint information of food : a discrete choice experiment study. *Revista de economía del caribe*, 2106, 1–27.
- Helvacı, S. C., & Helvacı, İ. (2019). An interdisciplinary environmental education approach: Determining the effects of E-STEM activity on environmental awareness. *Universal Journal of Educational Research*, 7(2), 337–346. <https://doi.org/10.13189/ujer.2019.070205>
- Henao-Hueso, O., & Sánchez-Arce, L. (2019). Fundamentos epistemológicos que sustentan una investigación en educación ambiental para el desarrollo local sostenible, en la provincia de el Oro. *La CONRADO: Revista pedagógica de la Universidad de Cienfuegos*, ISSN: 1990-8644. 15, 190–195. <https://conrado.ucf.edu.cu/index.php/conrado/issue/view/46>

- Hernández-Almanza, G. A. (2021). Metodología TIC en la enseñanza de educación ambiental para el desarrollo sostenible. *Revista Educación y Ciudad*, 40, 129–146. <https://doi.org/10.36737/01230425.n40.2021.2461>
- Hernandez-Sampieri, R., Fernandez-Collado, C., & Baptista, M. P. (2014). *Metodología de la investigación* (6ª ed.). McGraw Hill Education.
- Hertwich, E. G., & Peters, G. P. (2009). Carbon footprint of nations: A global, trade-linked analysis. *Environmental Science and Technology*, 43(16), 6414–6420. <https://doi.org/10.1021/es803496a>
- Hong, H. Y., & Lin, P. Y. (2019). Elementary students enhancing their understanding of energy-saving through idea-centered collaborative knowledge-building scaffolds and activities. *Educational Technology Research and Development*, 67(1), 63–83. <https://doi.org/10.1007/s11423-018-9606-x>
- Huérfino, G. (2018). *Proyectos ambientales escolares (PRAE) como estrategia de implementación de la educación ambiental en la educación básica y media en Colombia*. [Tesis de maestría no publicada] Universidad Federal de Río de Janeiro.
- Ildebrando, G. & García, M. (2008). Historia de la Educación Ambiental desde su discusión y análisis en los congresos internacionales. *Revista de Investigación*, 32(63), 1–18.
- Indrawan, E., & Jalinus, Nizwardi, S. (2018). Review Project Based Learning. *International Journal of Science and Research*, 8(4), 1014–1018. [www.ijsr.net](http://www.ijsr.net)
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2007). *Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. <https://www.ipcc.ch/report/ar4/syr/>
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2013). *Glosario Cambio Climático 2013*. Bases físicas. [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/08/WGI\\_AR5\\_glossary\\_ES.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/08/WGI_AR5_glossary_ES.pdf)
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2018). Summary for Policymakers. In: Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change,

- sustainable development, and efforts to eradicate poverty. [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/05/SR15\\_SPM\\_version\\_report\\_HR.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/05/SR15_SPM_version_report_HR.pdf)
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2019). *Calentamiento Global de 1,5 °C. In Intergovernmental Panel on Climate Change*. [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/09/IPCC-Special-Report-1.5-SPM\\_es.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/09/IPCC-Special-Report-1.5-SPM_es.pdf)
- Islas, I. (2016). Emisiones de CO<sub>2</sub> en hogares urbanos. El caso del Distrito Federal. *Estudios Demograficos y Urbanos*, 31(1), 115–142. <https://doi.org/10.24201/edu.v31i1.1505>
- Joshi, R. (2017). Ecoclubs: An Effective Tool to Educate Students on Biodiversity Conservation. *Biodiversity International Journal*, 1(5), 50–52. <https://doi.org/10.15406/bij.2017.01.00028>
- Karaarslan-Semiz, G., & Çakır-Yıldırım, B. (2018). Is my footprint too big? Exploring the ecological footprint concept with high school students. *Science Activities*, 55(3), 104–114. <https://doi.org/10.1080/00368121.2018.1563040>
- Karakaş, H. (2019). An activity to increase ecological footprint awareness of primary school teacher candidates: educational drama. *Research in Pedagogy*, 9(1), 16–27. <https://doi.org/10.17810/2015.88>
- Lee, C., & Williams, P. H. (2020). Engaging elementary students in energy sustainability: a service-learning project by preservice elementary teachers. *Journal of service-learning in higher education*, 10(0), 46–62.
- León, O. & Montero, I. (2015). *Métodos de Investigación en Psicología y Educación (4ª ed.)*. McGraw Hill.
- López D., Torres. & Gómez G. (2017). La alimentación escolar en las instituciones educativas públicas de Colombia. Análisis normativo y de la política pública alimentaria. *Prolegómenos*, 20(40), 97–112. <https://doi.org/10.18359/prole.3043>
- López Daza, G. A., Torres P, K., & Gómez García, C. F. (2017). La alimentación escolar en las instituciones educativas públicas de Colombia. Análisis normativo y de la política pública alimentaria. *Prolegómenos*, 20(40), 97–112. <https://doi.org/10.18359/prole.3043>

- Matriano, E. A. (2020). Ensuring Student-Centered, Constructivist and Project-Based Experiential Learning Applying the Exploration, Research, Interaction and Creation (ERIC) Learning Model. *International Online Journal of Education and Teaching*, 7(1), 214–227. <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=eric&AN=EJ1244245&site=ehost-live>
- Monroe, M. C., Plate, R. R., Oxarart, A., Bowers, A., & Chaves, W. A. (2019). Identifying effective climate change education strategies: a systematic review of the research. *Environmental Education Research*, 25(6), 791–812. <https://doi.org/10.1080/13504622.2017.1360842>
- Mora-Ortiz, J. R. (2015). Los proyectos ambientales escolares. Herramientas de gestión ambiental. *Bitacora Urbano Territorial*, 25(2), 67–74. <https://doi.org/10.15446/bitacora.v2n25.39975>
- Morales-Inga, S., & Morales-Tristán, O. (2020). Viabilidad de Comunidades Profesionales de Aprendizaje en sistemas educativos de bajo desempeño. *Educación y Educadores*, 23(1), 91–112. <https://doi.org/10.5294/edu.2020.23.1.5>
- Nketsia, W., Opoku, M. P., Saloviita, T., & Tracey, D. (2020). Teacher Educators’ and Teacher Trainees’ Perspective on Teacher Training for Sustainable Development. *Journal of Teacher Education for Sustainability*, 22(1), 49–65. <https://doi.org/10.2478/jtes-2020-0005>
- Oliver, S. (2016). Integrating role-play with case study and carbon footprint monitoring: A transformative approach to enhancing learners’ social behavior for a more sustainable environment. *International Journal of Environmental and Science Education*, 11(6), 1323–1335. <https://doi.org/10.12973/ijese.2016.346a>
- Organización de las Naciones Unidas. (1972). *Declaración de Estocolmo sobre el Medio Humano*. <http://www.upv.es/contenidos/CAMUNISO/info/U0579218.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas. (1975). *La Carta de Belgrado*. <https://www.manekenk.org.ar/wp-content/uploads/2016/01/belgrado01.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas. (1988). The Brundtland Report: “Our Common Future”. <https://doi.org/10.1080/07488008808408783>.

Organización de las Naciones Unidas. (1992). *Declaración de Río sobre medio ambiente y desarrollo*.

[http://siga.jalisco.gob.mx/assets/documentos/TratadosInt/DeclaraRio\\_92.htm](http://siga.jalisco.gob.mx/assets/documentos/TratadosInt/DeclaraRio_92.htm)

Organización de las Naciones Unidas. (1998). *Protocolo de Kyoto de la Convención Marco de las Naciones Unidas Sobre el Cambio Climático*.

<https://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpspan.pdf>

Organización de las Naciones Unidas. (1999). *Asamblea General. Arreglos institucionales internacionales relativos al medio ambiente y el desarrollo*.

<https://www.un.org/spanish/esa/sustdev/agenda21/agenda21spchapter38.htm>

Organización de las Naciones Unidas. (2002). *Cumbre de Johannesburgo sobre el desarrollo sostenible*. <http://www.upv.es/contenidos/CAMUNISO/info/U0667148.pdf>

Organización de las Naciones Unidas. (2015). *Acuerdo de París*.

[https://unfccc.int/sites/default/files/spanish\\_paris\\_agreement.pdf](https://unfccc.int/sites/default/files/spanish_paris_agreement.pdf)

Organización de las Naciones Unidas. (2018). *La Agenda 2030 y sus Objetivos de Desarrollo Sostenible*.

[https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/40155/24/S1801141\\_es.pdf](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/40155/24/S1801141_es.pdf)

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2011). *Informe pérdidas y desperdicio de alimentos en el mundo – Alcance, causas y prevención*.

<http://www.fao.org/3/i2697s/i2697s.pdf>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2013). *Enfrentando el cambio climático a través de la ganadería*. <http://www.fao.org/3/a-i3437s.pdf>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2019). *El estado de la seguridad alimentaria y la nutrición en el mundo*.

<http://www.fao.org/3/ca5162es/ca5162es.pdf>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2020). *Perspectivas alimentarias*. <http://www.fao.org/3/cb0606es/cb0606es.pdf>

Organización de las Naciones Unidas para la Cultura, las Ciencias y la Educación. (1978). *Conferencia intergubernamental sobre educación ambiental*.

[https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000032763\\_spa](https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000032763_spa)



- Organización de las Naciones Unidas para la Cultura, las Ciencias y la Educación. (1987). *Congreso Internacional UNESCO-PNUMA sobre la educación y Formación Ambientes*. [https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000075072\\_spa](https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000075072_spa)
- Oviedo-Ocaña, E. R. (2018). *Las Hidroeléctricas: efectos en los ecosistemas y en la salud ambiental*. Revista de La Universidad Industrial de Santander. Salud, 50(3), 191–192. <https://doi.org/10.18273/revsal.v50n3-2018003>
- Öz-Aydın, S. (2016). Turkish High School Students' Awareness about Carbon Footprint and the Effects of Teaching on Fostering Awareness. *International Electronic Journal of Environmental Education*, 6(2), 29. <https://doi.org/10.18497/iejee-green.56932>
- Pulido-Capurro, V. (2018). Aportes pedagógicos a la educación ambiental: una perspectiva teórica. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 20(3), 333–346. <https://doi.org/10.18271/ria.2018.397>
- Rees, W. E. (1992). Ecological footprints and appropriated carrying capacity: What urban economics leaves out. *Environment & Urbanization*, 4(2), 121–130. <https://doi.org/10.1177/095624789200400212>
- Riley, G. (2016). The role of self-determination theory and cognitive evaluation theory in home education. *Cogent Education*, 3(1), 1–8. <https://doi.org/10.1080/2331186X.2016.1163651>
- Sandoval, L. E., Marín, M., & Almanza, A. M. (2017). Explotación de recursos naturales y conflicto en Colombia. *Revista de Economía Institucional*, 19(37), 201–225. <https://doi.org/10.18601/01245996.v19n37.11>
- Sterman, J. D. (2011). Communicating climate change risks in a skeptical world. *Climatic Change*, 108(4), 811–826. <https://doi.org/10.1007/s10584-011-0189-3>
- Strategy, M. T. (2015). Policy for the Integration of a Sustainable Development Perspective. *World Heritage Convention*, 1–18.
- Sulsberger, M. J. (2018). Gathering, interpreting, and positioning children's narratives in environmental education research. *Cultural Studies of Science Education*, 13(3), 707–732. <https://doi.org/10.1007/s11422-018-9867-z>
- Tekbiyik, A., & Çelik, M. (2019). Education for Sustainable Development in Primary School:

- Improvement of Students' Ecocriticism Skills. *Journal of Education in Science, Environment and Health*. <https://doi.org/10.21891/jeseh.568716>
- Thathong, K. (2004). An integration of teaching and learning activities on environmental education in the subjects. *Research in Higher Education Journal*, 1–9.
- Torres-Ramos, L. K., Carbo-Bustanza, N., & López-Gonzales, J. L. (2017). Huella de carbono y los conocimientos, actitudes y prácticas de los estudiantes y personal del nivel secundario sobre emisiones de gases de efecto invernadero. *Apuntes Universitarios*, 7(2), 54–63. <https://doi.org/10.17162/au.v7i2.196>
- Ural, E. & Dadli, G. (2020). The Effect of Problem-based Learning on 7th-grade Students' Environmental Knowledge, Attitudes, and Reflective Thinking Skills in Environmental Education. *Journal of Education in Science, Environment and Health*. <https://doi.org/10.21891/jeseh.705145>
- Urdaneta, N. (2019). Los retos económicos de la producción de energías renovables en Colombia. *Revista Supuestos*, <http://revistasupuestos.com/desarrollo/2019/4/5/los-retos-econmicos-de-la-produccin-de-energias-renovables-en-colombia>.
- Uyanık, G. (2020). Investigation of the ecological footprint awareness levels of classroom teacher candidates. *International Electronic Journal of Environmental Education*, 10(1), 32–43.
- Vito., & Universidad de los Andes. (2020). *Resumen Ejecutivo - Propuesta de actualización y consolidación de escenarios de emisiones de GEI por sector y evaluación de costos de abatimiento asociados en Colombia*. [https://www.minambiente.gov.co/images/cambioclimatico/pdf/NDC\\_Colombia/PMR\\_reporte\\_escenario\\_de\\_mitigacion\\_20201209\\_1.pdf](https://www.minambiente.gov.co/images/cambioclimatico/pdf/NDC_Colombia/PMR_reporte_escenario_de_mitigacion_20201209_1.pdf)
- Vivanco, E. (2021). Etiquetado de huella de carbono: Uso en el sector alimentos de Gran Bretaña, Francia y Suiza. *Biblioteca del Congreso Nacional de Chile (BCN)*.
- Wackernagel, M. & Rees, W. (1996). *Our ecological footprint: Reducing human impact on the earth*. New Society Publishers.
- Weidema, B. P., Thrane, M., Christensen, P., Schmidt, J., & Løkke, S. (2008). Carbon footprint: A catalyst for life cycle assessment?. *Journal of Industrial Ecology*, 12(1), 3–6.

<https://doi.org/10.1111/j.1530-9290.2008.00005.x>

Zambrano, Y., Fl, G., Nieto-Montaña, L., & Jiménez-Jiménez J. (2018). La huerta escolar como estrategia para fortalecer el aprendizaje. *Cultura. Educación y Sociedad* 9(3), 457-464. DOI: [http:// dx.doi.org/10.17981/cultedusoc.9.3.2018.53](http://dx.doi.org/10.17981/cultedusoc.9.3.2018.53)

## Anexo A. Formulario para registro de la huella de carbono

### Huella de carbono I

En este link encontrará la calculadora de huella de carbono, ingrese antes de completar el formulario  
<https://depts.washington.edu/i2sea/iscfc/fpcalc.php?page=fpcalc&version=full>

1. curso \*

- ☐ 10A
- ☐ 10B
- ☐ 10C
- ☐ 10D
- ☐ 10E
- ☐ 10F
- ☐ 10G
- ☐ 10H

2. Registra cuántos kgs de CO<sub>2</sub> produces al año (ejemplo 3695) SIN PUNTOS NI COMAS \*

El valor debe ser un número.

3. Pantallazo del resultado \*

↑ Cargar archivo

## Anexo B. Planes de alimentación sostenible diseñados por los estudiantes.

Plan De Alimentacion Sostenible						
LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO	DOMINGO
DESAYUNO: BOWL DE FRUTAS CON CEREAL. TOSTADAS CON MERMELADA.	DESAYUNO: CEREAL CON LECHE DE ALMENDRA, PAN CON CREMA DE MANI Y JUGO DE NARANJA.	DESAYUNO: AVENA CON FRUTAS Y NUECES, JUGO NATURAL.	DESAYUNO: SMOOTHIE CON FRAMBUESAS, BANANAS, Y JUGO DE NARANJA, PAN INTEGRAL Y ALMENDRAS	DESAYUNO: PANKAKES DE AVENA CON ARANDANOS Y LECHE DE ALMENDRAS.	DESAYUNO: GALLETAS INTEGRALES CON MANTEQUILLA DE MANI, MIX DE FRUTOS ROJOS Y BARRA ENERGETICA.	DESAYUNO: PAPAYA, BANANA, PIÑA Y MANZANA EN JUGO DE NARANJA (A MODO DE SALPICÓN) PAN DE CEREALES CON UNA TAJADA DE QUESO VEGANO.
ALMUERZO: VERDURAS AL VAPOR, CON PURE DE PAPA Y CREMA DE LENTEJAS. JUGO DE MARACUYA	ALMUERZO: PASTAS A LA CARBONARA, CON PAN DE AJO Y LIMONADA NATURAL	ALMUERZO: CREMA DE ESPARRAGOS, ENSALADA DE LECHUGA Y TOMATES FRESCOS, PAPAS CHIPS Y JUGO DE LULO.	ALMUERZO: AJIACO, PORCION DE ARROZ INTEGRAL Y AGUACATE, JUGO DE MORA.	ALMUERZO: ENSALADA DE PASTAS FRIA CON VERDURAS, CREMA DE TOMATE Y JUGO DE MANGO	ALMUERZO: TORTA DE ESPINACA, ARROZ, GARBANZOS, Y JUGO DE CURUBA	ALMUERZO: HAMBURGUESAS DE LENTEJA A LA BRASA, PLATANO ASADO, PAPAS FRITAS NATURALES Y LIMONADA.
MERIENDA: UNA MANZANA O BANANO	MERIENDA: BARRA ENERGETICA O DE CEREAL	MERIENDA: BEBIDA ENERGETICA O BATIDO DE FRUTAS	MERIENDA: UNA MANZANA	MERIENDA: PAN O TOSTADA CON AGUACATE	MERIENDA: YOGURT VEGANO CON FRUTOS SECOS	MERIENDA: UNA MANZANA
CENA: AVENA CON GALLETAS SALTIN	CENA: CREMA DE VERDURAS CON ARROZ INTEGRAL CON UN TE O INFUSION.	CENA: CAFE CON GALLETAS INTEGRALES	CENA: TE DE FRUTOS ROJOS CON PAN INTEGRAL Y TAJADA DE QUESO VEGANO.	CENA: UNA BARRA DE CEREAL CON LECHE DE ALMENDRAS	CENA: BOWL DE AVENA CON CHIA Y QUINUA	CENA: GALLETA DE AVENA CON TE DE DE FRUTOS ROJOS

DIETA SOSTENIBLE	LUNES
	<b>Desayuno:</b> Pan, Café, Fruta <b>Almuerzo:</b> Ensalada de verduras, arroz. <b>Cena:</b> Pan, Frutas
	MARTES
	<b>Desayuno:</b> Pan Integral, frutas <b>Almuerzo:</b> Crema De Champiñones <b>Cena:</b> Rebanada de pan Integral, yogurt Vegano
	MIÉRCOLES
	<b>Desayuno:</b> Avena con frutos secos <b>Almuerzo:</b> Garbanzos, arroz <b>Cena:</b> Cereal con leche y frutos secos
	JUEVES
	<b>Desayuno:</b> Arepas, Café <b>Almuerzo:</b> Ensalada de papa, arroz, crema de espinaca <b>Cena:</b> Pan tostado.
	VIERNES
	<b>Desayuno:</b> Avena Con frutas <b>Almuerzo:</b> Lentejas, arroz, papa <b>Cena:</b> pan integral, y queso

## Anexo C. Preparación de receta sostenible.



## Anexo D. Recordatorios Plan de ahorro energético.

<div>Activity</div> <div>Chat</div> <div>Teams</div> <div>Assignments</div> <div>Calendar</div> <div>Calls</div> <div>Files</div> <div>...</div> <div>Apps</div> <div>?</div>	<div>Calendar</div> <div> <div>Meet now</div> <div>New meeting</div> </div>						
	<div>Today &lt; &gt; March 2021 - April 2021</div> <div>Week</div>						
	28 Sunday	29 Monday	30 Tuesday	31 Wednesday	01 Thursday	02 Friday	03 Saturday
	10 AM	Hora de ahorrar ↻	Hora de ahorrar ↻	Hora de ahorrar ↻	Hora de ahorrar ↻	Hora de ahorrar ↻	Hora de ahorrar ↻
	11 AM						
	12 PM						
	1 PM	Hora de ahorrar ↻	Hora de ahorrar ↻	Hora de ahorrar ↻	Hora de ahorrar ↻	Hora de ahorrar ↻	Hora de ahorrar ↻
	2 PM						
	3 PM						
	4 PM	Hora de ahorrar ↻	Hora de ahorrar ↻	Hora de ahorrar ↻	Hora de ahorrar ↻	Hora de ahorrar ↻	Hora de ahorrar ↻