

Estudios de caso gestión ambiental



MELISA BETANCUR Y MÓNICA MORALES C

Cartilla de Ingeniería Civil
Universidad La Gran Colombia
2019

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	4
OBJETIVO	7
COMPETENCIAS	7
HIDROELÉCTRICAS.....	9
1.1 DEFINICIONES CONCEPTUALES	11
FÍSICA	11
BIOLOGÍA – ECOLOGÍA	17
GESTIÓN AMBIENTAL.....	27
1.3 ACTIVIDADES DE APROPIACIÓN	33
1.5 DILEMAS ÉTICOS	34
ISLAS DE CALOR URBANO	36
2.1 DEFINICIONES CONCEPTUALES	36
FÍSICA	36
ECOLOGÍA-BIOLOGÍA.....	41
GESTIÓN AMBIENTAL	46
2.2 RESUMEN GRÁFICO.....	51
2.3 ACTIVIDADES DE APROPIACIÓN	51
2.4 ACTIVIDADES DE APROPIACIÓN	52
2.3 DILEMAS ÉTICOS	52
3. REPRESENTACIÓN GLOBAL DEL NÚCLEO DE LA CARTILLA	54
4. TEST.....	54
5. ANEXO.....	58
BIBLIOGRAFÍA	61

ÍNDICE DE TABLAS E ILUSTRACIONES

TABLAS

Tabla 1. Clasificación de las hidroeléctricas por la potencia producida. Tomado de www.deingenierias.com	16
Tabla 3. Porcentaje de albedo y emisividad de algunas superficies.	40
Tabla 4 Componentes del paisaje con potencial de infraestructura verde (Tomado y modificado de Vásquez, 2016).	48
Tabla 4. Normas relacionadas con el licenciamiento ambiental de proyectos hidroeléctricos.	58

ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Mapa de hidroeléctricas en Colombia. Adaptado de (Semana sostenible, 2019). 9	
Ilustración 2 Desarrollo y conflicto en las hidroeléctricas	10
Ilustración 3 Esquema de funcionamiento de una hidroeléctrica indicando sus partes principales.....	11
Ilustración 4 . Ejemplos de tipos de energía potencial y cinética.....	12
Ilustración 5. Proceso de transformación de la energía en una hidroeléctrica.	13
Ilustración 6 Comportamiento de los campos eléctrico y magnético.....	14
Ilustración 7. Generador de corriente eléctrica debido a la presencia de un campo magnético variable. PhET Interactive Simulations - Physics	15
Ilustración 8 Componentes de un ecosistema.....	19
Ilustración 9 Alteraciones al ciclo de agua.....	20
Ilustración 10. Composición, estructura y función de los sistemas biológicos a distintas escalas (Modificado Noss (1990) y Moreno y Pineda (2001)).	23
Ilustración 11 Migración de los peces de río.....	25
Ilustración 12 Impactos ambientales generación hidroeléctrica.....	27
Ilustración 13. Competencia y exigibilidad de la licencia ambiental para el sector eléctrico.	30
Ilustración 14 Diagnostico ambiental de alternativas.....	31
Ilustración 15 Diagnóstico ambiental de alternativas.....	31
Ilustración 16. Perfil de temperatura de las islas de calor urbano	36
Ilustración 17. Mecanismos de transferencia de energía.....	36
Ilustración 18. Reflexión, refracción de las ondas incidiendo de un medio a otro diferente.	38
Ilustración 19 Beneficios techos y fachadas verdes	51

INTRODUCCIÓN

Colombia ocupa el segundo lugar en biodiversidad a nivel mundial. Esta diferenciación de especies se da gracias a la formación de los Andes en la zona tropical que ofrece diferentes tipos de hábitats para múltiples especies. Su ubicación en la franja tropical hace posible una mayor expresión en términos de formas y número de especies a diferencia de otras zonas de vida. De esta forma cuenta con biomas constituidos por páramos, bosques andinos, selvas húmedas tropicales, bosques secos, humedales y sabanas áridas (MAVDT, 2009).

Las condiciones y características de países que se encuentran en regiones megadiversas, traen beneficios para la población en tanto estas condiciones son favorables para el sustento de la economía, la calidad de vida y la erradicación de la pobreza (Rodríguez, 2007; IPBES;2019). Sin embargo, el cambio climático, el crecimiento acelerado de la población y la consecuente demanda de recursos naturales, ha traído como consecuencia la transformación de los ecosistemas con el fin de satisfacer la demanda de madera, agua dulce, alimento, fibra y combustible entre otros (Millennium Ecosystem Assessment, 2005). Como resultado de estos impactos sobre la biodiversidad y los ecosistemas, se han perdido servicios ecosistémicos y funciones que amenazan la economía, los medios y la calidad de vida (IPBES; 2019).

De esta forma, las actividades humanas han alterado la naturaleza significativamente. De acuerdo con los resultados del más reciente informe de la Plataforma Intergubernamental Científico-Normativa sobre Diversidad Biológica y Servicios de los Ecosistemas- IPBES (2019), tres cuartas partes del medio ambiente terrestre y alrededor del 66% del medio ambiente marino han sido alterados considerablemente, poniendo en peligro de extinción alrededor de 1 millón de especies animales y vegetales.

Algunas de las actividades que han desencadenado problemáticas ambientales a nivel mundial son la producción de alimentos correspondientes a la agricultura y ganadería, las cuales han generado degradación en los agroecosistemas (Rodríguez, 2007). Dichas actividades no han sido las únicas ya que su cuota de impacto la han puesto también la construcción de carreteras, puertos, y ciudades, siendo América Latina la región que ha registrado la urbanización más rápida en el mundo (BID,2011).

En este orden de ideas, si bien la ingeniería ha contribuido a generar beneficios para la población, también ha tenido un papel en la modificación de la naturaleza de forma insostenible sobrepasando los límites impuestos en la naturaleza y que resultan de los patrones de producción y de consumo (Rodríguez, 1994; Rodríguez, 2007). Siendo así, la expansión urbana ha sido partícipe de la transformación de superficies naturales en superficies geométricamente definidas, duras y pavimentadas, que han reemplazado las coberturas vegetales y de suelo originales. Sin lugar a dudas, la urbanización se ha consolidado como una de las industrias que ha contribuido a desbordar los límites naturales produciendo impactos negativos sobre el medio ambiente. Como resultado de esto, las dinámicas naturales se han alterado dando lugar a la aparición de plagas y enfermedades, inundaciones y efecto de isla de calor entre otros (Bolaños y Moscoso, 2011). Sumado a esto, los patrones de consumo y la generación de energía eléctrica ha agravado la problemática ambiental al contribuir con la generación de gases efecto invernadero y acelerar la transformación de ecosistemas por cambio del uso del suelo.

La tendencia de esta transformación se ha caracterizado por considerar los bosques, el suelo, la fauna y el agua como recursos renovables, ocasionando la degradación y destrucción de ecosistemas estratégicos. Esta problemática es generalizada por lo cual ha llevado a expertos temáticos a la búsqueda de soluciones mediante convenios internacionales y normas nacionales que han incluido en sus estrategias el uso sostenible de los recursos naturales. No obstante, cuanto más son estudiados estos problemas, más se hace evidente que estos no se pueden entender de forma aislada, su entendimiento debe ser sistémico, lo que significa que los problemas están interconectados y son interdependientes.

Dentro de la búsqueda de soluciones surge la gestión ambiental. Su finalidad es alcanzar el desarrollo sostenible por medio de la prevención, conservación y mitigación de los problemas ambientales para garantizar la oferta de bienes y servicios ecosistémicos que permiten desarrollar las actividades diarias y el desarrollo de las generaciones futuras. Para esto, se identifican los problemas que tienen que ver con la sociedad y naturaleza, se analizan los recursos del territorio, es decir, factores bióticos, abióticos, y sociales, con el fin de integrar diferentes saberes para generar conocimientos y proponer una solución en concordancia con el marco legal (Rodríguez y Espinosa, 2002). Siendo así, el análisis de

estas problemáticas requiere integrar diferentes disciplinas para entender las causas y consecuencias de la transformación del territorio.

En consonancia con lo expuesto, esta cartilla pretende enfocarse en la visión holística del mundo planteada por Capra (1998) bajo el concepto de ecología profunda, que “reconociendo la interdependencia fundamental entre todos los fenómenos y el hecho que, como individuos y sociedades, estamos inmersos en (y finalmente dependiente de) los procesos cíclicos de la naturaleza”. Siendo así, se pretende, ver el todo funcional y entender la interdependencia de las partes, para llevar a cabo el análisis de estudios de caso que incluyen las aplicaciones ingenieriles sobre factores bióticos y abióticos del ecosistema y su impacto sobre estos. Sumado a esto, esta cartilla busca que el estudiante logre integrar las diferentes aplicaciones de las ciencias sobre problemas reales de la ingeniería.

OBJETIVO

Integrar las diferentes disciplinas en la aplicación del quehacer del ingeniero civil para un mejor entendimiento en la innovación y creación de nuevos proyectos.

COMPETENCIAS

La presente cartilla tiene como finalidad la integración de saberes de tres áreas fundamentales de las ciencias básicas: biología, ecología y física; aplicándolas a distintos proyectos y problemáticas de ingeniería civil. Este proceso se realiza mediante un pensamiento sistémico que relaciona diferentes áreas iniciando con el entendimiento del contexto, seguido por la apropiación de conceptos de las diferentes áreas aplicadas al quehacer ingenieril y desarrollándolo en la proposición de ideas que están enmarcadas dentro del marco ambiental que sustenta dichos temas. Para ello, buscamos unir la comprensión, el análisis, la aplicación y la implicación en el desarrollo del conocimiento de los estudiantes.

“saber”

- Identifica el contexto en el cual se desarrollan diferentes proyectos de ingeniería, con el fin de entenderlos y reconocer la mayor cantidad de variables que afectan el desarrollo del mismo.
- Comprende el funcionamiento básico de diferentes sistemas de la ingeniería mediante la integración de los conocimientos previos de física y matemáticas. Este proceso incluye el análisis que le permita distinguir los parámetros más relevantes en dichas áreas con el fin de modelar y explicar de una forma sencilla y comprensible el problema ingenieril presentado.
- Identifica y reconoce los diferentes escenarios de gestión ambiental entendiendo los efectos asociados al desarrollo de obras de ingeniería vista desde distintos enfoques y áreas de aplicación.

“saber hacer”

- Integra los conceptos asociados a las áreas de biología, ecología y física con el objetivo de aplicarlos en su quehacer ingenieril, relacionando al mismo tiempo sociedad ambiente y desarrollo, identificando impacto y consumo humano.
- Relaciona contexto y conceptos aprendidos en las áreas básicas, en la exploración y de sistemas ingeniería civil presentes en Colombia y en el mundo.
- Propone proyectos que impliquen la integración de las áreas de física, biología y ecología tal que se basen en la creación y planeación de estructuras asociadas a la ingeniería civil.

“saber ser”

- Reconoce los efectos ambientales y la implicación de realización y aplicación de distintos sistemas de ingeniería, buscando la regulación entre la ingeniería y el medio ambiente tal que se valore la importancia de ambas áreas.
- Aplica las normas ambientales en el proceso de desarrollo del proyecto ingenieril, identificando factores de vulnerabilidad, riesgo, amenaza, mitigación y adaptación, generadas por el desarrollo de proyectos asociados al desarrollo profesional.
- Evalúa los efectos del desarrollo profesional tanto en la sociedad como en el medio ambiente.

HIDROELÉCTRICAS

Las grandes hidroeléctricas han sido objeto de críticas y controversias durante los últimos años. Si bien, fueron consideradas como símbolo de modernidad, progreso económico y capacidad humana para transformar la naturaleza (World Commission on Dams, 2000), la visión fue cambiando debido a las repercusiones sobre el ambiente y la sociedad (López, 2008) generados por la destrucción de la biodiversidad y el desplazamiento de las comunidades. La creciente información acerca de los impactos de las represas motivo al Banco Mundial y otras entidades de crédito internacionales a suspender y disminuir los fondos para este tipo de proyectos, así mismo, a estimular el ejercicio por mejorar las prácticas en aquellos proyectos que continúan operando (Ledec y Quintero,2003). Hoy en día este tipo de proyectos no son considerados renovables ya que en el largo plazo la generación y

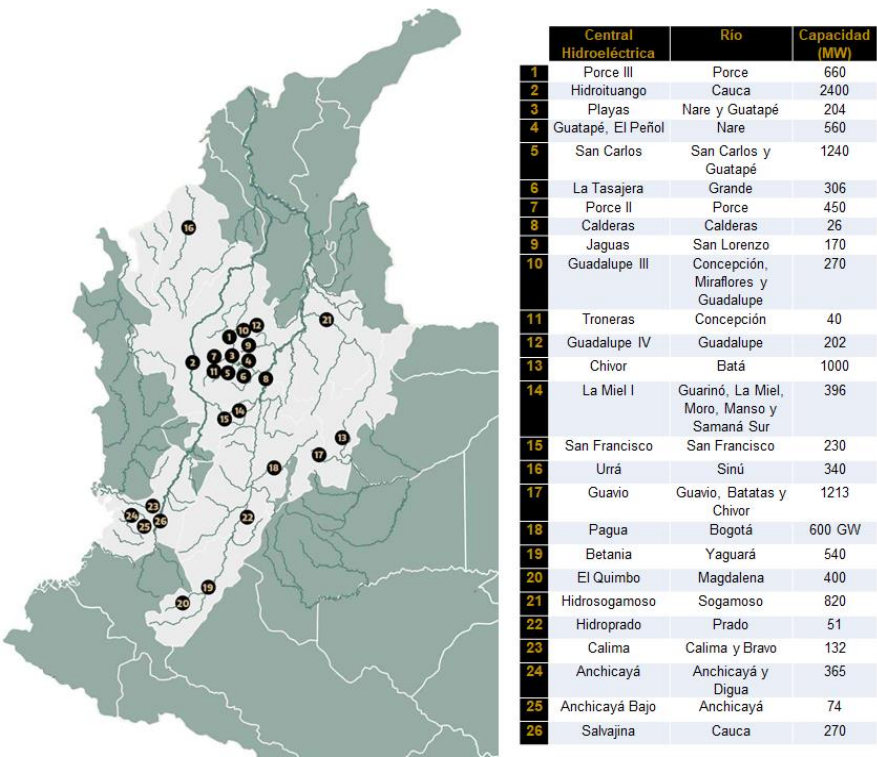


Ilustración 1 Mapa de hidroeléctricas en Colombia. Adaptado de (Semana sostenible, 2019).

almacenamiento de energía se reducirá como resultado de la sedimentación (Ledec y Quintero, 2003). Con el tiempo, los datos fueron mostrando que los costos eran mayores que los beneficios y el costo ambiental no cubría el valor total de la afectación a la comunidad y al ambiente (Ilustración 1) (Comisión Mundial de Represas, 2000; Semana Sostenible, 2019). Este debate dio lugar a la Comisión Mundial de Represas, con el

objetivo revisar el funcionamiento de las grandes repesas en términos de efectividad y evaluar alternativas energéticas, así como la elaboración de estándares internacionales para su planificación, diseño, construcción, monitoreo y cese de operaciones.

A pesar de la información encontrada por la Comisión Mundial de Represas (2000) en la que evidenció que las grandes represas habían producido deficiencias en el desempeño



Ilustración 2 Desarrollo y conflicto en las hidroeléctricas

técnico, financiero y económico, y un incrementar impactos sociales y ambientales que en su mayoría serían sobrellevados por pobres, pueblos indígenas y grupos vulnerables, algunos de los argumentos a favor de la energía hidroeléctrica se basa en su bajo costo frente a otras fuentes de energía eléctrica y sobre el impacto significativo que generará cualquier tipo de tecnología productora de energía

sobre el ambiente (¡Error! No se encuentra el origen de la

referencia. Ilustración 2) (Ledec y Quintero, 2003).

1.1 Definiciones conceptuales

FÍSICA

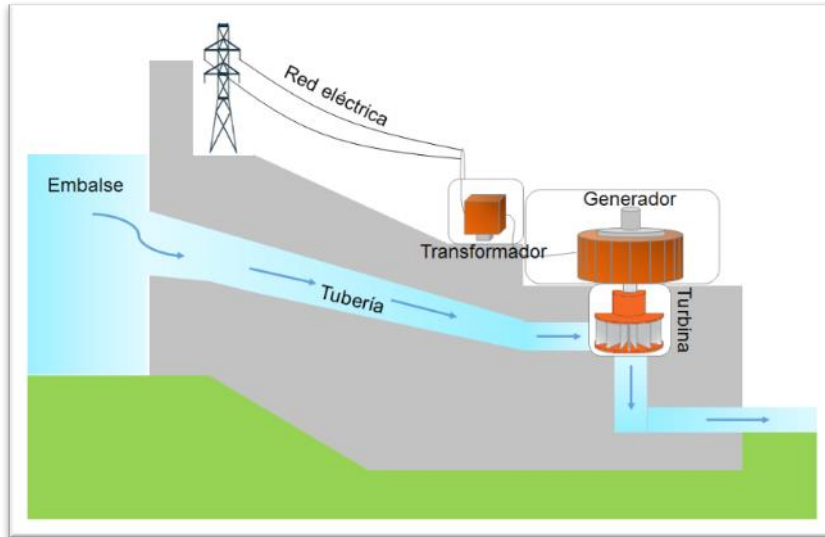


Ilustración 3 Esquema de funcionamiento de una hidroeléctrica indicando sus partes principales.

Una hidroeléctrica en sus partes más básicas se compone de un embalse o río, la tubería que conecta el agua con la turbina, ésta a su vez está conectada al generador para finalmente distribuir la energía eléctrica por medio de la red que la distribuye

(Ilustración 3).

A groso modo, en el funcionamiento de un sistema hidroeléctrico una compuerta permite el paso del agua (proveniente de una represa o una fuente natural como un río o un lago) por la tubería, permitiendo el direccionamiento del agua hacia la turbina. La energía con la que llega el agua proveniente de la fuerza gravitacional con la que ésta cae, hace que el agua se abra paso por en medio de las aspas de la turbina, haciendo con que ésta gire. Finalmente, la turbina se conecta a un generador eléctrico que a su vez también gira. En el generador ocurre la transformación de energía y se crea la electricidad a ser distribuida.

Energía.

Según Feynman, la física de hoy aún no sabe lo que es la energía. Y si bien, no es fácil definirla y resulta en uno de los temas más relevantes tanto para la ciencia como para la ingeniería es un concepto que usamos a diario en diferentes casos. En las casas, por ejemplo, llega la energía eléctrica. Los resortes y trampolines almacenan energía elástica. El sol y las bombillas por su parte proveen de energía radiante. Las estufas usan energía

térmica. Y así, es posible encontrar una gran variedad de tipos de energía. (Hecht). **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**

Y aunque estas aplicaciones nos dan una idea de lo que es la energía, no la definen. Sin embargo, nos dice que la energía está presente en el universo de distintas formas, lo que lleva a dos sentencias importantes. Primero, que la energía puede ser transformada en diferentes tipos y transferida de un objeto a otro. Y la segunda, que la cantidad total de energía es siempre la misma, es decir, se conserva.



Ilustración 4 . Ejemplos de tipos de energía potencial y cinética.

La energía en la hidroeléctrica por su parte sufre una continua transformación. Comienza como una energía potencial gravitacional al encontrarse el agua a un desnivel. En su caída toma velocidad convirtiéndose en energía cinética de movimiento y finalmente, ese movimiento del agua hace que la turbina gire. La turbina hace girar un eje dentro del generador, donde los imanes y las bobinas de alambre convierten la energía de movimiento en energía eléctrica a través de un fenómeno llamado **electromagnetismo**. Esta electricidad se transmite a través de líneas eléctricas a los consumidores.

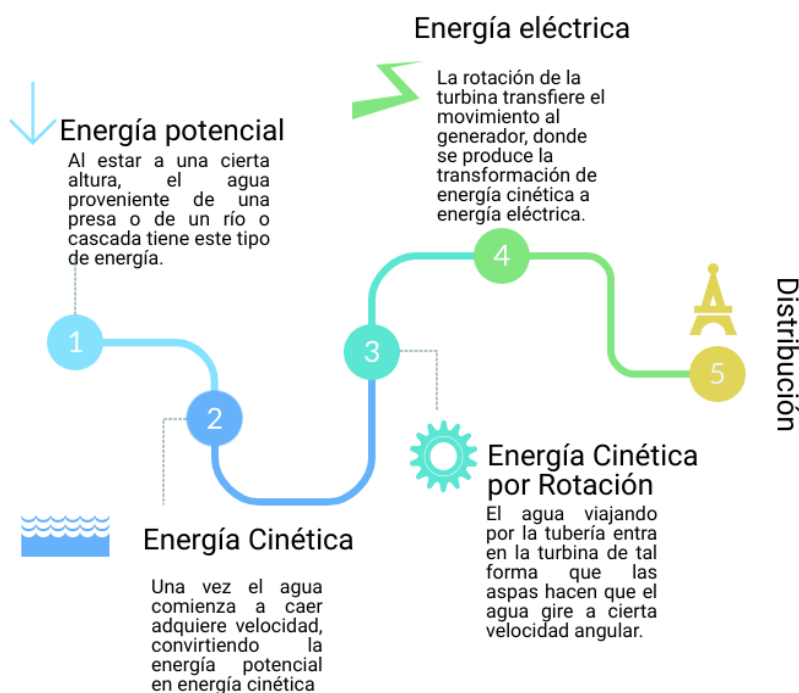


Ilustración 5. Proceso de transformación de la energía en una hidroeléctrica.

Electromagnetismo

El electromagnetismo como su nombre lo indica combina los fenómenos eléctricos y magnéticos importantes en la física y presentes en una gran variedad de eventos naturales como los arcoíris o las auroras, o en efectos como el radio, las telecomunicaciones entre otras.

El estudio de la electricidad tuvo sus orígenes al estudiar una propiedad fundamental de la materia como lo es la carga eléctrica y en particular a los electrones. Y por otro lado el magnetismo tiene sus inicios al encontrar un material particular en la naturaleza que hoy conocemos como los imanes naturales. Ambos fenómenos, sin embargo, están ligados de

forma tal que una corriente eléctrica (cargas en movimiento) producen campos magnéticos y, campos magnéticos perturbados o variables pueden producir electricidad. A mediados del siglo XIX, James Clerk Maxwell, tomando estudios previos y propios reúne todas las teorías del electromagnetismo en lo que hoy se conocen como las ecuaciones de Maxwell.

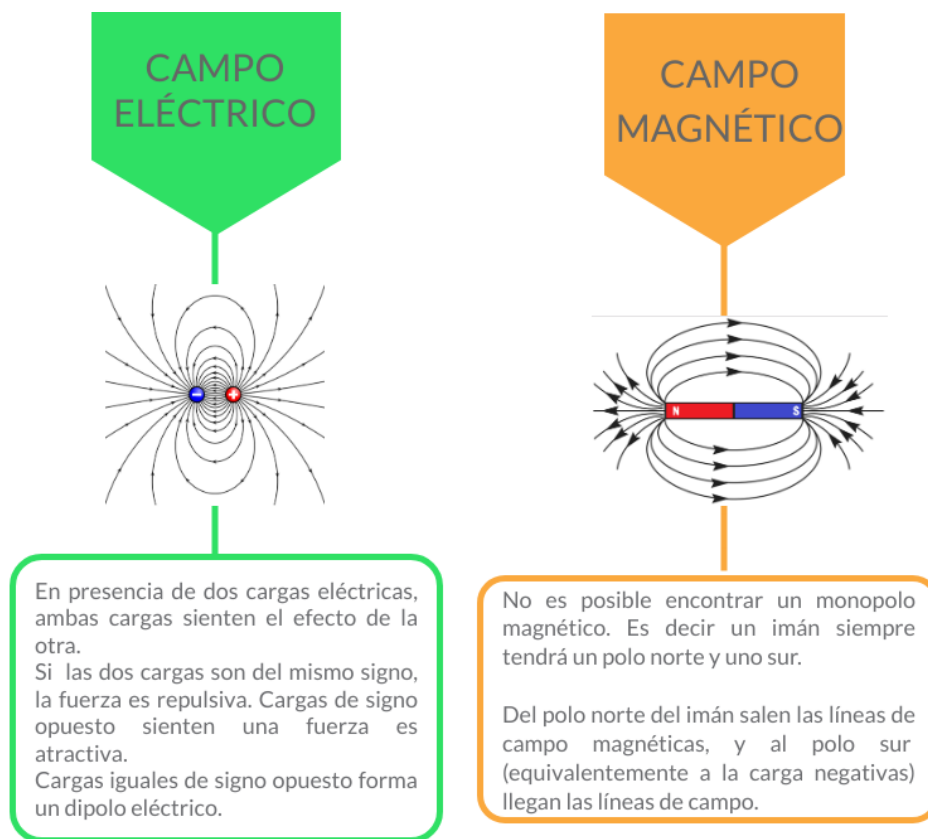


Ilustración 6 Comportamiento de los campos eléctrico y magnético.

Ley de Faraday

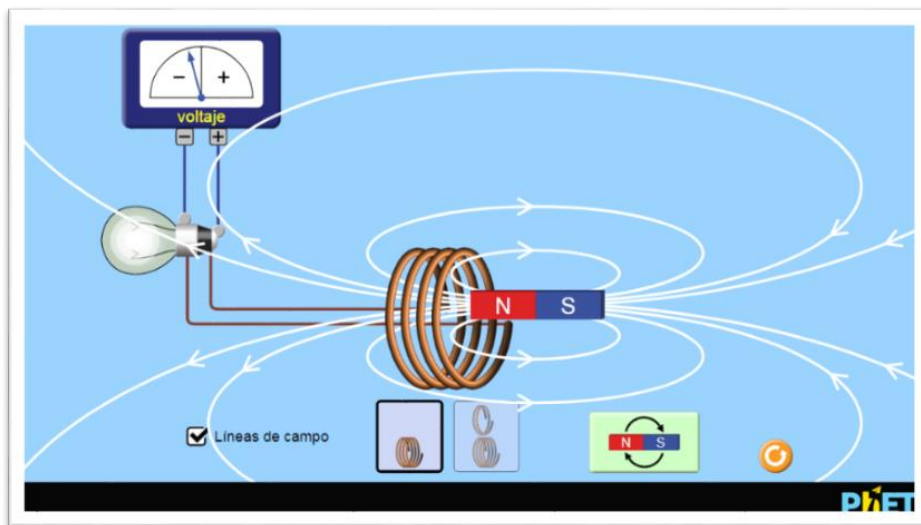
Experimentos realizados por Faraday sobre las corrientes inducidas debidas a la presencia de campos magnéticos condujeron al dispositivo conocido como generador eléctrico. Esto debido a que los efectos eléctricos y magnéticos están ligados entre sí.

Generador

El generador consiste en un dispositivo en el cual hay un material conductor, puede ser un alambre casi cerrado –al que llamaremos espira- y un campo magnético producido por uno o varios imanes. La espira es conectada a una bombilla eléctrica y se hace pasar un imán

por en medio de la espira. En este caso será posible ver que la bombilla se enciende o apaga dependiendo de la posición del imán pasando por la espira, aún sin existir una batería que la alimente el foco que se está encendiendo.

Este comportamiento se presenta debido a que el movimiento del imán a través de la espira genera



un campo magnético variable. *Ilustración 7. Generador de corriente eléctrica debido a la presencia de un campo magnético variable. PhET Interactive Simulations - Physics*

variable, lo que a su vez induce una corriente que fluye a través del conductor que en este caso es la espira y de esta forma, los electrones viajan hasta la bombilla para encenderla. Este fenómeno es el llamado *fem* (fuerza electromagnética) inducida, y sus unidades son los Voltios (V). La Ilustración 7 muestra cómo la presencia de campo magnético (debida al imán) varía dependiendo de la posición del imán dentro de la espira. Esto hará que adicionalmente la intensidad con que alumbra la bombilla también cambie (*PhET Interactive Simulations - Physics*, PhET, 2009).



Código QR: Simulador de *PhET Interactive Simulations*, donde el lector podrá interactuar y ver el efecto del generador de corriente eléctrica.

Hidroeléctrica

Los generadores presentes en una hidroeléctrica son un poco más complejos que los presentados previamente, sin embargo, el principio físico es el mismo. Dentro del

generador se encuentran los imanes y bobinas (conjunto de espiras) de alambre de cobre. El generador puede ser diseñado de dos maneras. La turbina puede girar bobinas de alambre dentro de los imanes, o puede girar imanes dentro de bobinas de alambre. En ambos casos, debido al proceso de rotación se forman campos magnéticos variables en el tiempo y, por lo tanto, los electrones se ponen en movimiento creando una corriente eléctrica. Los electrones por lo tanto fluyen hacia las redes eléctricas.

Potencia eléctrica

La eficiencia de una hidroeléctrica se mide por la potencia producida en la central. Una parte de esa potencia es debida a la energía potencial gravitacional generada por la caída del agua, otra parte está asociada al caudal y otros componentes se asocian tanto a la eficiencia de la turbina, así como la eficiencia del generador eléctrico. Su unidad de medida son los Vatios o Watts y la relación matemática que la describe es:

$$P = Q \cdot g \cdot h \cdot \eta \quad (1)$$

P : Potencia eléctrica

g : valor de la gravedad

h : altura de caída del agua

Q : caudal: volumen de fluido que pasa por unidad de tiempo a través de un área.

η : factor de eficiencia de la turbina y el generador.

Dependiendo la potencia producida por la central hidroeléctrica ésta puede ser clasificada en 4 tipos:

Tabla 1. Clasificación de las hidroeléctricas por la potencia producida. Tomado de www.deingenierias.com

Tipo de Hidroeléctrica	Potencia (kW)
Microcentrales	<100
Centrales de pequeña potencia	100 - 1000

Centrales de media potencia	1000 - 10000
Centrales de gran potencia	> 10000

Como se observó en la ecuación (1), la potencia generada tiene como dependencia importante la altura de caída del agua y su desnivel y por tanto las centrales hidroeléctricas también tienen su respectiva clasificación si son de alta, baja o media presión:

- Alta presión: Corresponde a hidroeléctricas cuya caída del agua es mayor a 200 m.
- Media presión: La caída de agua en este caso está entre una altura de 200 y 20 m.
- Baja presión: Hidroeléctricas con una caída de agua menor a 20 m.

Asociado a la altura de la caída de agua en la hidroeléctrica se encuentra el caudal desalojado por ésta. Así pues, una central de alta presión desaloja un bajo caudal del orden de 20 m³/s por máquina. A medida de la altura disminuye su caudal aumenta, de manera que una central de media presión proporciona un caudal aproximado de 200 m³/s. Y las hidroeléctricas superan caudales de 300 m³/s (Asociación iberoamericana de entidades reguladoras de energía -ariae, Contenidos didácticos- centrales eléctricas).

BIOLOGÍA – ECOLOGÍA

Ecosistema

Al hablar de ecosistema es necesario tener en mente diferentes conceptos. El primero de estos, biota, consiste en el agrupamiento de todas las poblaciones de plantas, animales y microbios. Por otro lado, los factores abióticos son aquellos que sostienen o limitan la comunidad biótica. Dentro de estos factores están los elementos físicos y químicos inertes como el agua, la presión, la humedad, la pluviosidad, la temperatura y el suelo entre otros (Nebel & Wright, 1999). De esta forma, los organismos vivos (biota) y su ambiente (abiótico) están interrelacionados de manera inseparable e interrelacionan con otros, de manera que un flujo de energía conduce a estructuras bióticas definidas y reciclados de materiales entre otros componentes vivos y sin vida se conoce con el nombre de ecosistema (Odum & Barret, 2006).

Propuesto por primera vez por Arthur Tansley en 1935, ecosistema se refiere a “cualquier unidad que incluya a todos los organismos de un área dada que interacciona con su ambiente físico de manera que un flujo de energía que conduce a estructuras bióticas definidas con claridad y reciclados de otros componentes vivos y sin vida” (Odum & Barret, 2006). De acuerdo con Vargas (2011) la estrecha relación de sus componentes físicos y biológicos, tiene como consecuencia que al cambiar al menos uno de sus componentes se estaría alterando los demás y como consecuencia el funcionamiento del mismo.

Los componentes de un ecosistema se pueden definir en diferentes niveles. La especie son las diferentes clases de animales, vegetales y microbios. Cada especie incluye individuos que tienen una apariencia muy similar que conforman poblaciones naturales cuyos miembros pueden cruzarse entre sí pero no pueden hacerlo con miembros de poblaciones pertenecientes a otras especies y que su reservorio genético común está separado de otras especies (Curtis, Barnes, Schnek, & Flores, 2001). El grupo de individuos que compone el grupo de apareamiento y reproducción se conoce como población, su característica es que son grupos de individuos de la misma especie que viven en determinada área en determinado tiempo (Nebel & Wright, 1999). Por último, la comunidad está compuesta por diferentes poblaciones de organismos que comparten tiempo y espacio e interactúan entre sí, las interacciones que se dan entre estas son demasiado variadas y complejas y regulan el número de individuos de cada población, al igual que el número y tipo de especies existentes en una comunidad (Curtis, Barnes, Schnek, & Flores, 2001).

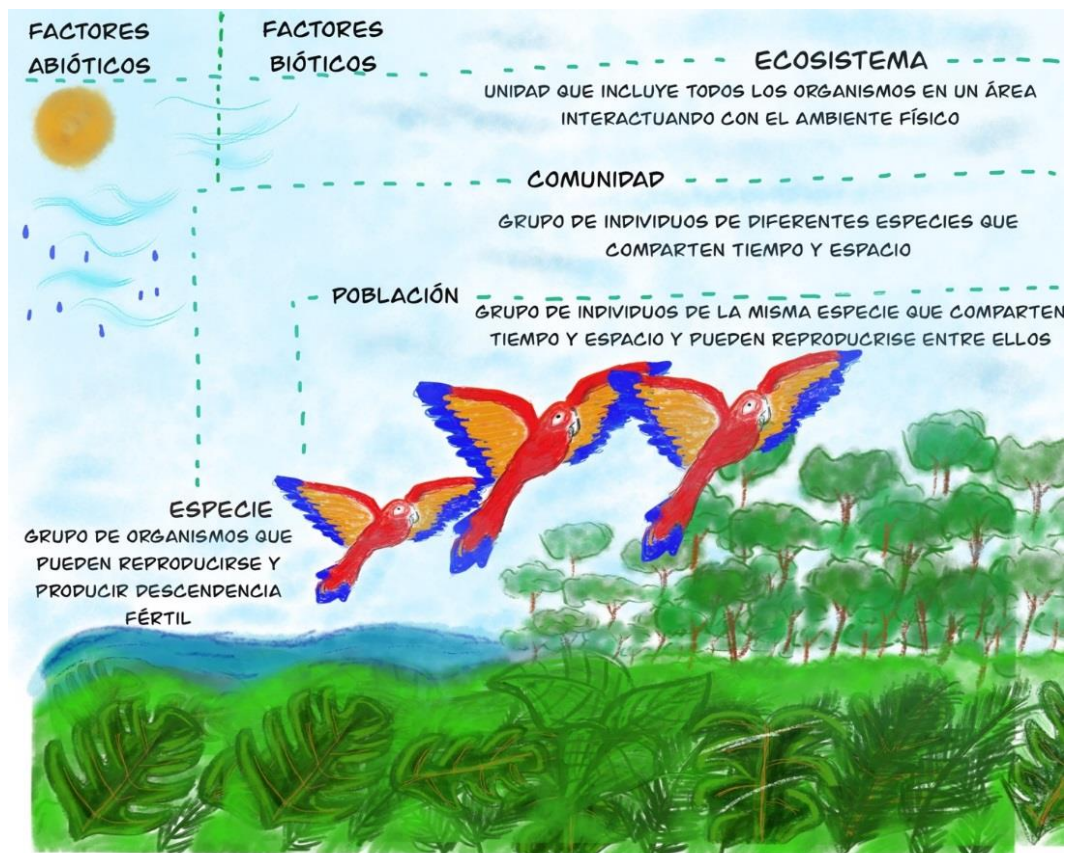


Ilustración 8 Componentes de un ecosistema

En cuanto a los factores abióticos, la energía constituye una alimentación necesaria para su funcionamiento. El sol es la fuente más importante, aunque el viento, la lluvia, el flujo de agua o los combustibles fósiles tienen un papel importante. Esta energía sale en forma de calor del ecosistema y otras formas transformadas como materia orgánica, desechos o contaminantes. Los componentes necesarios para la vida agua, aire y nutrientes entran y salen del ecosistema en forma constante, y los individuos también lo hacen (migración y emigración) para reproducirse o cumplir otras etapas de su ciclo (Odum & Barret, 2006).

La interacción de los organismos con el medio abiótico tiene dos consecuencias:

1. Flujo unidireccional de energía a través de los organismos autótrofos (fotosintéticos) hacia organismos heterótrofos que se alimentan de estos o de heterótrofos.
2. Un reciclado de materiales que se mueven desde el ambiente abiótico, pasando por los cuerpos de los organismos vivos y regresando al medio abiótico. El ciclaje de materiales depende de los organismos descomponedores.

El ecosistema es la combinación de componentes bióticos y abióticos a través de los cuales fluye la energía y circulan los materiales.

. El enfoque de su estudio es útil puesto que al estudiar sustancias de circulación universales como el carbono o el agua mediante modelos permite entender problemáticas

ecológicas como veremos en los estudios de caso propuestos (Curtis, Barnes, Schnek, & Flores, 2001). Por

otro lado, una de las características de los ecosistemas es que son dinámicos y pueden recuperarse por si solos en tanto no existan factores tensionantes o barreras que lo impidan. Cuando estos han perdido sus

mecanismos de regeneración se hace necesario asistirlos, proceso llamado restauración



Ilustración 9 Alteraciones al ciclo de agua

asistida que implica la intervención humana para que se dé la regeneración y se garantice el desarrollo de procesos de recuperación (Vargas, 2011). El conocimiento del funcionamiento de los ecosistemas, así como el impacto sobre estos permite construir las bases necesarias para los procesos de conservación, preservación y restauración que son necesarios para mantener la oferta de bienes y servicios ecosistémicos de los cuales depende el ser humano.

Relación de los ciclos biogeoquímicos y las hidroeléctricas

El agua está involucrada en varios métodos de producción de energía eléctrica (Severiche, 2013). El origen de la energía hidráulica viene del ciclo del agua, (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**) el agua de los cuerpos de agua es evaporada por el sol, posteriormente cae en forma de lluvia sobre la tierra y fluye por ríos, donde será utilizada para la generación de energía. Esto representa una de las modificaciones humanas de mayor alcance a los flujos de agua y a materia asociada a estos (Maavara, Lauerwald, Reignier, & Van Cappellen, 2017).

Los ciclos del agua y del carbono son modificados en la generación de energía eléctrica. Los ríos son parte importante del ciclo del carbono, este se intercambia entre las capas de la atmósfera como conductos que conectan el ciclo continental y oceánico. Sin embargo, el equilibrio entre la fijación, la mineralización y el depósito de carbono orgánico a lo largo de los ríos, ha sido alterado por el incremento en las cargas de carbono y nutrientes y la construcción masiva de represas.

La evidencia científica sugiere que la exportación de carbono orgánico al océano cambia significativamente por las represas, este no podrá ser transportado aguas abajo alterando el estado trófico de los ríos y el clima de la tierra (Maavara, Lauerwald, Reignier, & Van Cappellen, 2017). Esto genera efectos a miles de kilómetros aguas arriba y aguas abajo del río represado (Corradine; 2018). Los sedimentos atrapados en el embalse, terminarán colmatándolo con el tiempo, mientras que aguas abajo despojan a las orillas de los ríos, ecosistemas ribereños y deltas aumentando la erosión, las inundaciones, que se verá reflejado en la productividad de bordes (Moran, López, Moore, Müller, & Hyndman, 2018). La alteración en el ciclo del carbono también se debe al aumento en las concentraciones de dióxido de carbono. La Comisión Mundial de Represas (2000), reconoció que las hidroeléctricas representan un aporte significativo al cambio climático, en conjunto, sus

emisiones son similares o hasta 3.5 veces mayores que las producidas por una central eléctrica de combustible fósil durante su vida útil. Los gases de efecto invernadero generados (dióxido de carbono y metano) por la remoción y descomposición de la vegetación y los suelos inundados continua durante la vida del embalse, modificando el ciclo del carbono al elevar la concentración de este a una tasa mayor a la que puede ser reincorporado (Martinez, Búrquez, & Calmus, 2012). (Angarita, et al, 2018) (Moran, Lopez, Moore, Müller, & Hyndman, 2018).

Considerando que los ríos y ecosistemas acuáticos constituyen la base de la vida en la tierra, al igual que los medios de subsistencia para las comunidades locales, el ciclo del agua se ve alterado al represar una gran masa de agua cambiando dramáticamente la distribución global de agua dulce y la alteración de los regímenes de temperatura (Angarita, et al, 2018) (Comisión Mundial de Represas, 2000). Sin importar el tamaño de las represas y operación, estas modifican los procesos biofísicos y regímenes naturales de los ríos. A estas alteraciones se suman las pérdidas de agua por evaporación, el cambio en la tasa de evotranspiración por la eliminación de cobertura, la reducción del caudal anual, la disminución de aporte de agua dulce al mar y la infiltración de agua en el subsuelo entre otros (Martínez, Búrquez, & Calmus, 2012).

Impactos ambientales

En Colombia, el 70% de la generación de energía eléctrica proviene del agua represada y representa el 1.5 % del producto interno bruto. El crecimiento poblacional y la demanda de energía significaron un aumento en generación eléctrica. Su ubicación también fue cambiando con el paso de los años. Anteriormente se construían arriba de los 1.000 m.s.n.m, pero hoy es posible encontrarlas por debajo de esta altitud (Moreno, Rueda y Andrade; 2018). Dependiendo de la altura del embalse se pueden ver afectados diferentes grupos de peces, las especies endémicas se verán afectadas por encima de los 1.000 m.s.n.m, mientras que las especies migratorias se verán afectadas por debajo de esta elevación (Semana sostenible, 2019).

El impacto sobre los ecosistemas se debe a un cambio en estructura y composición como resultado de la fragmentación y pérdida de biodiversidad acuática y terrestre. Y cambio en la función, debido a la alteración del flujo de nutrientes y producción primaria (Moran, Lopez, Moore, Müller, & Hyndman, 2018). Un ejemplo de esto son los ecosistemas

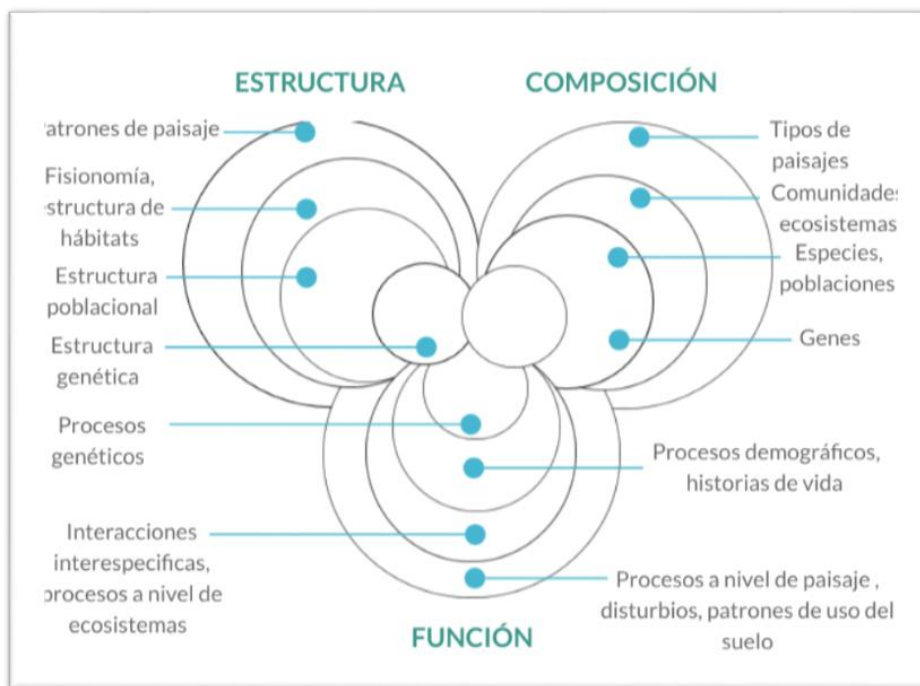


Ilustración 10. Composición, estructura y función de los sistemas biológicos a distintas escalas (Modificado Noss (1990) y Moreno y Pineda (2001)).

ribereños, los cuales dependen de las inundaciones naturales periódicas, sin embargo, su periodicidad y duración cambian debido a los proyectos hidroeléctricos, ocasionando problemas río abajo. La

afectación de la productividad biológica que se da como causa del incremento de la contaminación, el aumento de la intrusión de agua salada en las desembocaduras de los ríos, la reducción de carga de sedimentos y nutrientes y el aumento de la erosión costera, no solo causa la muerte de peces y otras especies de fauna y flora que dependen del río, sino que tiene repercusiones económicas para las comunidades que dependen de los recursos pesqueros o actividades como agricultura o el suministro de agua.

El impacto sobre los peces y otras formas de vida acuáticas se da ya que la presa bloquea las migraciones de los peces río arriba. En el caso de la construcción de la Hidroeléctrica Urrá en el río Sinú, la desviación del río en enero de 1996, fue la primera obra en afectar los peces migratorios al impedir el paso de éstos a áreas importantes para cumplir su ciclo biológico debido a los túneles. Dos años después de la desviación del río las poblaciones aguas abajo manifiestan la disminución del recurso (Artencio, 2000).

Muchos de los peces no están adaptados a sobrevivir en lagos artificiales y se ven afectados por el deterioro en la calidad de agua y la baja disponibilidad de oxígeno que termina por matar los peces y dañar sus hábitats. Aquellos con movilidad más limitada, como moluscos y crustáceos, son mucho más sensibles a los cambios (Ledec y Quintero; 2003).

La repercusión para la fauna colombiana proviene del cambio en las dinámicas de los ríos, debido a que los eventos del ciclo biológico tales como migración, desove y desarrollo, están ligados a los regímenes de lluvias. La disminución del espejo de agua al final de temporadas lluviosas genera alteraciones físicas y químicas en la calidad del agua y el alimento comienza a escasear (Artencio, 2000). Las especies de peces migratorios son guiadas por la reducción en el nivel del río y sus modificaciones fisicoquímicas, como una señal para iniciar su recorrido río arriba para llegar a sus áreas de desove. Sin embargo, la presa impide el paso de agua resultando ser una barrera (Moreno, Rueda y Andrade; 2018; Corradine; 2018).

El resultado de esto es que los peces no pueden llegar a sus áreas de maduración gonadal para esperar el periodo lluvioso para su maduración final y posterior desove. Dichas áreas deben tener aguas claras, con óptima calidad físico-química y baja velocidad de corriente para garantizar dicho proceso, al ser ocupadas por el embalse alteran el ciclo biológico de especies de peces migratorios.

De acuerdo con Moreno, Rueda y Andrade (2018), en Colombia hay 1494 especies de peces de agua dulce, 112 de éstas realizan migraciones exclusivamente en estas aguas y representan los mayores aportes en la pesca artesanal. Las barreras en estas migraciones no solo repercuten en las poblaciones de las especies, sino que también en el sustento de las comunidades que dependen de estas para su alimentación o comercialización (Martinez, Búrquez, & Calmus, 2012). Dichas alteraciones, generan variaciones en la composición y abundancia de los peces y en la estructura de la ictiofauna en la cuenca, como resultado, las especies no migratorias aumentan y las migratorias, que tienden a tener importancia comercial, disminuyen. (Artencio, 2000).



Ilustración 11 Migración de los peces de río

Dentro de las estrategias planteadas en presas, se construyen instalaciones cuyo fin es permitir el paso de los peces migratorios río arriba, sin embargo, esto no garantiza su paso, siendo limitada su eficacia al no proporcionar un paso seguro (Ledec y Quintero; 2003). En los casos exitosos y de acuerdo con las características de la presa, se puede estimular el desove y mantener la riqueza de peces. (Moreno, Rueda y Andrade; 2018).

Sin embargo, esto dependerá de la construcción de la presa, en la cual se deberán considerar múltiples escenarios, bien sea para mitigar el impacto o para evitarlo. De acuerdo con Moreno; Rueda y Andrade; 2018), los cambios en la dinámica de peces migratorios y no migratorios, dependen de los siguientes factores:

1. Altitud de la presa
2. “La disrupción que haga el caudal que pasa por las turbinas en la sincronización del ritmo biológico que asocia la temporalidad del brillo solar con la producción y liberación de gametos”
3. La pendiente longitudinal del cauce del río aguas arriba y aguas abajo de la presa.
4. La presencia de ciénagas que dependan directamente de los aportes del río represado.

Las extinciones de fauna y flora local e incluso global, son el resultado de la inundación permanente de los embalses. En los trópicos, las grandes hidroeléctricas han desencadenado extinciones de especies, sin embargo, la falta de datos científicos ha contribuido con el hecho de que estos casos estén poco documentados. Los ecosistemas más afectados son aquellos que se encuentran a lo largo de los ríos y arroyos, resultando en la pérdida bosques riparios que se dan en estas condiciones.

El llenado del embalse tiene como consecuencia el ahogamiento de fauna terrestre. Aunque existen medidas para su rescate, estas no suelen ser exitosas. En lugar de morir ahogados, los animales que fueron capturados mueren de hambre al ser reubicados o son presa de sus competidores o depredadores debido a la capacidad de carga limitada de sus nuevos hábitats (Ledec y Quintero; 2003).

En Estados Unidos solo el 6.1 % de la energía se basa en hidroeléctricas ya que los costos sociales y ambientales se volvieron inaceptables en relación con la energía producida (Moran, Lopez, Moore, Müller, & Hyndman, 2018). Tras identificar esto, muchas presas han sido desmanteladas obteniendo efectos positivos. Zonas en las que el salmón había desaparecido ésta volviendo. En Europa, la situación es similar, la pérdida de financiamiento y la identificación del costo ambiental de estos proyectos ha llevado a desmantelar o sustituir este tipo de energía. Sin embargo, en países en desarrollo esta sigue vendiéndose como la alternativa más barata dada la riqueza hídrica sin incluir los costos socioambientales.

IMPACTOS AMBIENTALES

GENERACIÓN HIDROELÉCTRICA



Ilustración 12 Impactos ambientales generación hidroeléctrica

GESTIÓN AMBIENTAL

Los impactos ambientales de las hidroeléctricas han sido identificados a nivel mundial razón por la cual han surgido diferentes iniciativas con el fin de mitigarlos. La cantidad e intensidad depende en gran medida del sitio en el cual se ubican las hidroeléctricas. Sin embargo, aun cuando se hagan esfuerzos por mitigar los daños, algunos de estos no podrán ser remediados, por ende, la primera decisión consistirá en una la selección adecuada del lugar o evitar llevar a cabo el proyecto, en sitios con alto grado de biodiversidad y endemismos (Ledec y Quintero,2003).

De acuerdo con Ledec y Quintero (2003), dentro de los impactos que no pueden ser mitigados por completo se encuentra:

- La pérdida de biodiversidad que es irreversible sobre hábitats críticos cuya ocurrencia no es frecuente y sufren consecuencias tales como la desecación o son inundados por la presa.

- La interrupción en el paso para los peces por la presa que genera desequilibrios en el balance ecológico del río en términos de composición y migraciones de especies.
- Zonas cuyas características responden a una alta biodiversidad o ecosistemas estratégicos, no deberían ser considerados para el establecimiento de este tipo de proyectos, ya causarían una conversión y degradación significativa del hábitat causando una pérdida irreversible de la biodiversidad.

En estos casos, aun cuando existan sitios factibles, si los impactos son altamente indeseables desde el punto de vista ambiental, es preferible promover otro tipo de energías (Ledec y Quintero;2003). La decisión de construir una presa se debe basar en un análisis costo-beneficio, esto quiere decir que si los costos no son evidentes en la evaluación de factibilidad, los impactos ambientales generados no podrán ser mitigados al no ser contemplados con anterioridad, la consecuencia de esto será una situación de inequidad en el área de influencia directa e indirecta del proyecto.

El enfoque ecosistémico promovido por la Comisión Económica para Europa de las Naciones Unidas, integra los componentes del ecosistema, la economía y la sociedad para que la administración del recurso hídrico no se haga de forma aislada (Martinez, Búrquez, & Calmus, 2012). La Gestión integral del recurso hídrico en Colombia, es un proceso que promueve el desarrollo de políticas públicas orientadas al desarrollo económico, social y protección de ecosistemas (MAVDT, 2010). Su finalidad es “el manejo coordinado de los recursos hídricos, la tierra y los recursos naturales relacionados, con el objetivo de maximizar el bienestar económico y social resultante de manera equitativa, sin comprometer la sostenibilidad de los ecosistemas vitales” (GWP, 2000). Siendo así, para el uso del agua en proyectos hidroeléctricos, la visión del recurso debe ser integral e incluir todos los efectos de los embalses sobre los aspectos sociales, ambientales y económicos. La comprensión del entorno, será vital para la toma de decisiones con respecto a la construcción de presas.

A partir de la Declaración de Río Sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (1992) se reconoce el derecho a una vida saludable y productiva en armonía con la naturaleza. De igual forma, se reconoce la soberanía de los estados para explorar sus propios recursos y la responsabilidad de establecer políticas de desarrollo y medio ambiente para que sus actividades no causen daños al medioambiente. Desde entonces, los recursos financieros de

los gobiernos han sido utilizados para crear instituciones, legislación e instrumentos que permitan cumplir las metas acordadas en Rio (Rodríguez & Espinoza, 2002).

Siendo así, este tratado es ratificado por medio de la expedición de la Ley 99 de 1993 que crea el Ministerio del Medio Ambiente y organiza Sistema Nacional Ambiental (SINA). Mediante el artículo 49 estipula lo siguiente “Requerirán licencia ambiental para su ejecución los proyectos, obras o actividades, que puedan generar deterioro grave al medio ambiente, a los recursos naturales renovables o al paisaje, de conformidad con el artículo siguiente”, modificado posteriormente. Más adelante, el Decreto 3572 de 2011 modifica los objetivos y la estructura del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y se integra el Sector Administrativo de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Posteriormente, por medio del Decreto 3573 de 2011, se crea la Autoridad Ambiental de Licencias Ambientales (**Anexo 1**).

En la normativa colombiana la licencia ambiental es un requerimiento para la construcción y operación de grandes proyectos de generación de energía. La Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA) es la entidad encargada de que los proyectos, obras o actividades sujetos a licenciamiento, permiso o trámite, cumplan con la normativa ambiental, y así contribuyan al desarrollo sostenible del país. Siendo así, dentro de sus funciones estará otorgar o negar licencias, permisos y trámites de competencia del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (Decreto 3573 de 2011).

Además de ANLA, otras autoridades ambientales competentes pueden otorgar o negar licencias ambientales: Corporaciones Autónomas Regionales y las de Desarrollo Sostenible, los municipios, distritos y áreas metropolitanas cuya población urbana sea superior a un millón de habitantes dentro de su perímetro urbano y autoridades ambientales creadas mediante la Ley 768 de 2002. Esto dependerá de las especificaciones estipuladas en el Decreto Único Reglamentario para el sector ambiental, Capítulo 3 Licencias Ambientales, en el cual se diferenciará la competencia de cada una de acuerdo al sector. A continuación, se presenta el caso para el sector eléctrico (Ilustración 13).



Ilustración 13. Competencia y exigibilidad de la licencia ambiental para el sector eléctrico.

Para dar cumplimiento a esta normativa ambiental, y dando continuidad a lo estipulado en la Ley 99 de 1993, en Colombia, los estudios de impacto ambiental son el instrumento básico para la toma de decisiones sobre proyectos, obras o actividades que requieren licencia ambiental, con el fin de preservar o mantener la oferta de bienes naturales para el desarrollo sostenible de la sociedad (Hernández, 1996). El Decreto 1076 de 2015 del sector ambiente, capítulo 3 licencias ambientales; sección 3 estudios ambientales, define el diagnóstico ambiental de alternativas y el estudio de impacto ambiental, como una obligación para las empresas que presenten un proyecto a la autoridad ambiental competente, cuyo fin será identificar, describir, evaluar y controlar las acciones del ser humano sobre el medio.



Código QR: Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible 1076 de 2015.

Estudios ambientales y su importancia

- Los estudios ambientales permiten mantener los impactos dentro del marco previsto en la licencia ambiental.
- Previene la generación de impactos significativos e irreversibles que son imposibles de eludir por las características del proyecto.
- Facilita la ejecución del proyecto evitando multas, suspensiones o la revocatoria de la licencia, por incumplimiento.



Diagnóstico Ambiental de Alternativas

Como se mencionó anteriormente, proyectos tales como hidroeléctricas tienen impactos negativos sobre el ambiente y estos pueden variar de acuerdo a la ubicación, diseño del proyecto y ecosistema en el que se encuentre entre otros.

Ilustración 15 Diagnóstico ambiental de alternativas

El diagnóstico ambiental de alternativas (DAA) tiene como objeto suministrar la información que permitirá evaluar y comparar diferentes alternativas para desarrollar un proyecto, su principal característica es que toda opción planteada debe ser realizable. Estas opciones deberán tener en cuenta el entorno geográfico y sus características ambientales y sociales, análisis comparativo de los efectos y riesgos inherentes y las posibles soluciones y medidas de control y mitigación para cada alternativa.

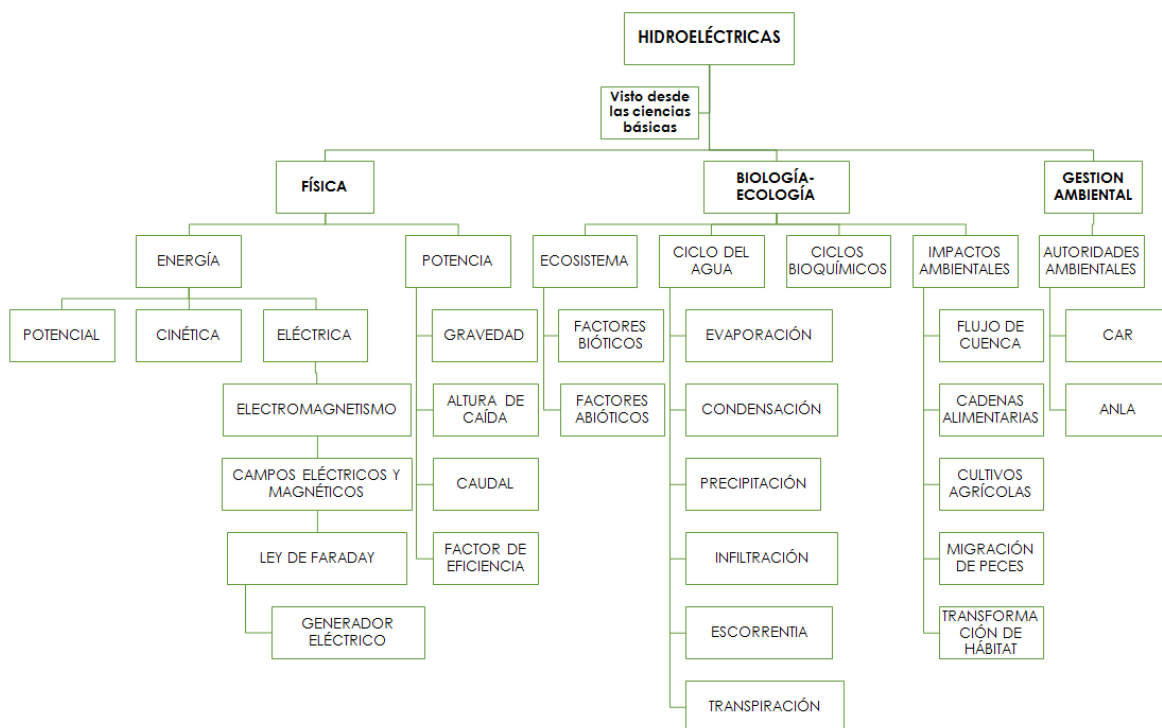
La importancia de este diagnóstico es que permite plantear diferentes alternativas con el fin de disminuir los impactos negativos que pueda tener un proyecto. En el caso de la hidroeléctrica Hidroituango, de acuerdo con un comunicado de prensa emitido por la Contraloría General de la República, la empresa no presentó el Diagnóstico Ambiental de Alternativas ni le fue exigido por la autoridad competente aun cuando este era necesario para determinar opciones con respecto a la ubicación y efectos sobre poblaciones y recursos naturales (Comunicado de Prensa Contraloría General de la República No 132). Las consecuencias, no fue posible contemplar diferentes alternativas y tener en cuenta otras visiones (La República, 2018). Como se mencionó anteriormente, los impactos de este tipo de proyectos pueden reducirse si se modifican o se tienen en cuenta factores como la altitud del proyecto y ubicación entre otros.

Estudio de impacto ambiental

El Estudio de Impacto Ambiental (EIA), es un instrumento fundamental para la toma de decisiones sobre los proyectos, obras o actividades que requieren licencia ambiental. El contenido de este estudio será un análisis a profundidad a las características y entorno del proyecto. Siendo así, es un documento esencial que sirve para definir la viabilidad ambiental de un proyecto por parte de la autoridad ambiental. Este documento contiene un inventario ambiental de la zona donde se ejecutará, y se identifican y valorarán los posibles impactos ambientales con el fin de considerar medidas de prevención, mitigación, compensación y corrección, que reduzcan o eviten la magnitud del impacto

En caso de que la autoridad ambiental competente se pronuncie y no se requiera hacer un diagnóstico ambiental de alternativas, el interesado en obtener una licencia ambiental debe radicar el estudio de impacto ambiental correspondiente al proyecto (Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible 1076 de 2015).

1.2 Resumen gráfico



1.3 Actividades de apropiación

La proyección regional de demanda de energía eléctrica y potencia máxima en Colombia para los próximos años se encuentra en el documento asociado al siguiente QR.



Como actividad grupal se debe escoger una hidroeléctrica presente en Colombia a la cual se le haya otorgado una licencia ambiental para estudiar los siguientes aspectos:

1. Características básicas de la hidroeléctrica. Esto se refiere al tipo de hidroeléctrica asociada a su fuente hídrica. Tipo de turbina y generador que utiliza.
2. Basado en la potencia eléctrica que produce, clasificarla. Tener en cuenta los parámetros que llevan a esa potencia.

3. En qué región proporciona energía y qué porcentaje cubre en la proyección en los próximos 10, 20 y 30 años de acuerdo a la región en la cual su energía es distribuida.
4. Análisis de la problemática ambiental considerando aspectos biológicos y ecológicos antes de la construcción de la central hidroeléctrica, durante su periodo de funcionamiento y su proyección a 10, 20 y 30 años, en el caso de mantener su funcionamiento.
5. Aplicación de las leyes ambientales asociadas a este proyecto.
6. Ventajas y desventajas del proyecto.
7. Argumentos para mantener o desmantelas la hidroeléctrica en estudio.
8. Conclusiones

1.4 Actividad de resolución de problemas

Consulte el siguiente **código QR** en el cual encontrará diferentes noticias sobre los impactos de las hidroeléctricas en Colombia. Puede leer uno o varios artículos.



1. Identifique los impactos ambientales, sociales y económicos ocasionados por el proyecto hidroeléctrico.
2. De acuerdo con los impactos negativos que identificó
 - Si trabajara en la empresa que ejecuta el proyecto ¿qué decisión tomaría con respecto al futuro de este?
 - Si trabajara en una empresa que incumple las normas ambientales ¿qué haría?

1.5 Dilemas éticos

Los principales impactos sociales generados por hidroeléctricas son los reasentamientos forzados y los cambios en formas de vida (López y Ponseti, 2008). Se estima que nivel

mundial, han sido desplazadas más de 50 millones de personas (WWF, 2004). Dichos cambios en formas de vida son consecuencia de la pérdida de acceso a los recursos naturales por la inundación del embalse, la degradación de tierras agrícolas y de pastero, pérdida de recursos pesqueros como consecuencia de la fluctuación del flujo de agua y su consecuente degradación del ecosistema (Martinez, Búrquez, & Calmus, 2012). Los costos sociales y ambientales son asumidos de forma desproporcionada por grupos pobres y vulnerables sin haber recibido una porción conmensurada de los beneficios de la explotación de la biodiversidad (Imhof, Wong, & Bosshard, 2002).

El desplazamiento genera riesgos de empobrecimiento, en los que se encuentra perder la tierra y quedarse sin trabajo, sin vivienda, sin seguridad alimentaria, con mayor morbilidad (Imhof, Wong, & Bosshard, 2002) y marginalización social (Martinez, Búrquez, & Calmus, 2012). Dicho desplazamiento puede generar impactos ambientales adicionales, como el cambio del uso del suelo por la conversión de hábitats para reasentamientos. El reasentamiento de las poblaciones incluye viviendas, tierras para viviendas y para realizar cierto tipo de actividades al igual que capacitaciones. Este proceso siempre debe darse con la participación y consulta a la comunidad, sin embargo, los proyectos deben ser diseñados con el objetivo de no tener que llevar a cabo reasentamientos de poblaciones vulnerables (Ledec y Quintero; 2003; López y Ponseti 2008).

Sumado a esto, los bienes culturales, incluyendo bienes sagrados, que no pueden rescatarse antes de la inundación del embalse generan pérdidas en el patrimonio histórico y cultural (Ledec y Quintero; 2003).

Debido a las grandes problemáticas sociales, ha quedado en evidencia que, a pesar de la generación de energía y empleos, existen otras problemáticas que no han podido ser solucionadas. Las inundaciones y sequías en zonas donde se establecen hidroeléctricas, han dejado en evidencia que existe una capacidad limitada controlar el caudal de un río (Martinez, Búrquez, & Calmus, 2012).

ISLAS DE CALOR URBANO

Las islas de calor y el efecto debido a ellas, se debe principalmente a que los materiales de construcción de las ciudades, tales como el concreto y el asfalto absorben la luz del sol y ésta a su vez es irradiada en la noche, aumentando la temperatura comparada con la de zonas rurales donde la presencia de este tipo de materiales es mucho menor. El aumento en la temperatura, principalmente en las horas de la noche, implica, entre otros efectos un mayor consumo energético, el cual requiere un buen entendimiento en el proceso de construcción y desarrollo de las ciudades (Ilustración 16).

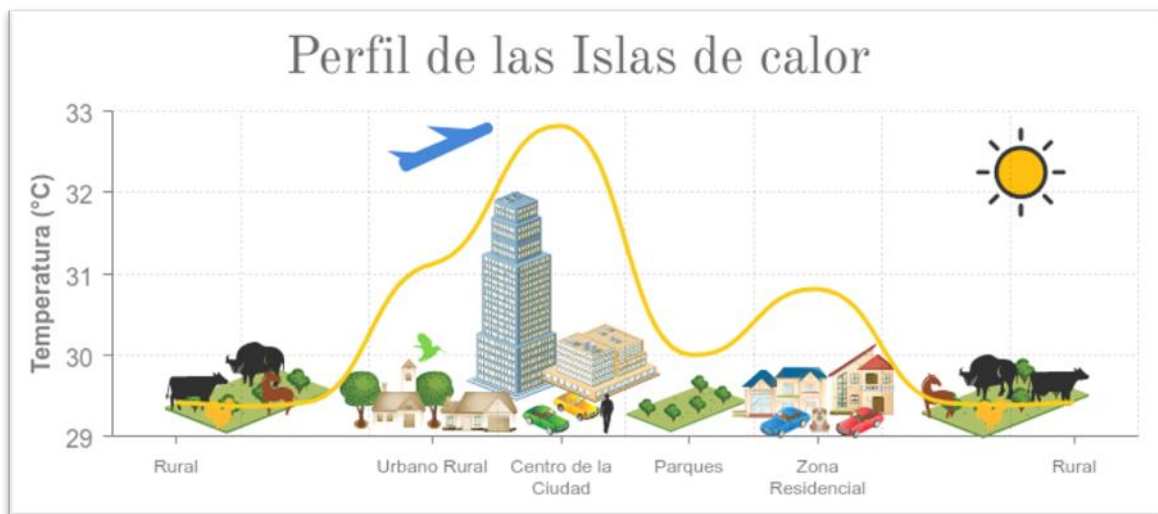


Ilustración 16. Perfil de temperatura de las islas de calor urbano

2.1 Definiciones conceptuales

FÍSICA

Como se vio en la sección previa, la energía es un fenómeno que surge de diferentes fuentes. Una de ellas es el sol, el cual produce energía por radiación. Esta energía se transfiere a los

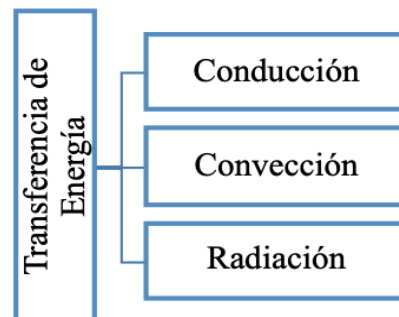


Ilustración 17. Mecanismos de transferencia de energía.

diferentes cuerpos como energía térmica. Para entender mejor el proceso es necesario revisar algunos conceptos.

Termodinámica

Es el estudio y aplicación de la energía térmica de los sistemas. La energía térmica a su vez es comúnmente asociada a la temperatura. Los cuerpos, dependiendo del tipo de material y su temperatura transfieren o absorben energía de tres formas: por conducción, convección o radiación.

- **Conducción:** En este proceso, la transferencia se representa a escala atómica como un intercambio de energía cinética entre partículas microscópicas en el que las partículas menos energéticas ganan energía en colisiones con partículas más energéticas.

El calor por conducción se produce cuando dos objetos a diferentes temperaturas entran en contacto. El calor fluirá a través del objeto de mayor temperatura hacia el de menor buscando alcanzar el equilibrio termodinámico (ambos objetos a la misma temperatura).

- **Convección:** Como resultado del cambio de la densidad de los materiales debido a la variación de la temperatura, la transmisión de calor por convección tiene lugar principalmente en líquidos y gases. Ésta se produce cuando las partes más calientes de un fluido ascienden hacia las zonas más frías (la densidad tiende a disminuir cuando aumenta la temperatura), generando de esta manera una circulación continua del fluido y transmitiendo así, el calor hacía las zonas frías.
- **Radiación:** Todos los objetos continuamente radian energía en la forma de ondas electromagnéticas producidas por vibraciones térmicas de las moléculas. Cada uno de ellos emite con una longitud y frecuencia característica.

La luz

A comienzos del siglo XIX, la luz era considerada como una serie de partículas emitidas por un objeto. Más adelante se verificó que la luz presentaba principalmente un comportamiento ondulatorio. Sin embargo, la dualidad onda-partícula de la luz fue la que explicó de forma más completa este fenómeno. Según la teoría de Einstein, la energía de un fotón (partícula) es proporcional a la frecuencia de la onda electromagnética.

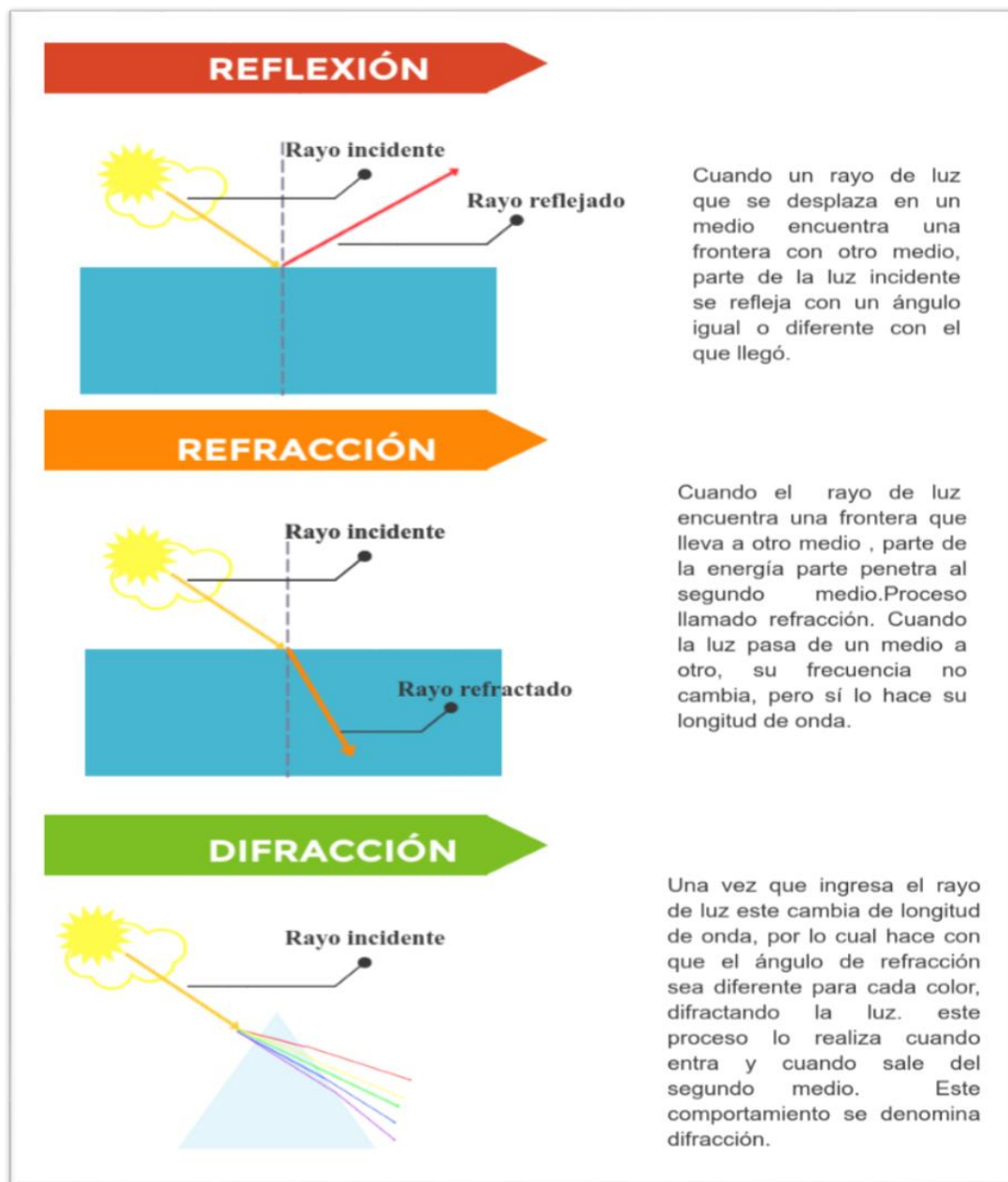


Ilustración 18. Reflexión, refracción de las ondas incidiendo de un medio a otro diferente.

En el caso de las islas de calor urbanas, es el sol, el cuerpo que emite la radiación y por medio de la luz que llega a las ciudades o a un medio pueden ocurrir los fenómenos de reflexión, difracción y dispersión.

Código QR: Cuando un rayo o una onda se refleja o se refracta depende del medio en el cual viaja, tanto en el que incide, como el medio en el que se refracta. Para entender mejor este fenómeno, invitamos al lector a interactuar por medio del código QR. Allí podrá modificar el ángulo de incidencia, así como los índices de cada uno de los medios, de forma que se pueda verificar cuánto del rayo u onda incidente se refleja y qué porcentaje se refracta.



Radiación de cuerpo negro

La radiación solar, al interactuar con la materia, puede también ser absorbida, de forma que el cuerpo que recibe la radiación adquiere cierta temperatura y comienza el cuerpo receptor a emitir radiación electromagnética.

Una forma de cuantificar esa radiación, es a partir del concepto de cuerpo negro, que puede definirse como el único material que puede absorber toda la radiación electromagnética que le llega. Es decir, no se refleja ningún fragmento de la onda incidente, ni tampoco lo atraviesa.

Cuanto absorbe o emite un cuerpo, depende principalmente de la interacción de las ondas electromagnéticas con los átomos o moléculas que conforman la materia. Una forma fácil en que asociamos este comportamiento es cuando en un día caluroso al vestir ropas oscuras, nuestro cuerpo adquiere mayor temperatura que si vestimos ropas claras, pues el color negro absorbe más radiación que el blanco, ya que éste sí consigue reflejar mayor parte de la radiación que le llega debida al sol.

Así como la ropa, diferentes superficies y colores pueden reflejar y emitir radiación. Dos parámetros que cuantifican este fenómeno son el albedo y la emisividad.

- **Albedo:** Es la razón entre la radiación que refleja una superficie, respecto a la que le llega. Es un parámetro adimensional, que varía entre cero y uno (o 0 y 100%). El

cuerpo negro, por ejemplo, tiene albedo cero al no reflejar nada de la radiación que le llega.

- **Emisividad:** Es la razón entre la radiación emitida por una superficie y la radiación emitida por un cuerpo negro. Al igual que el albedo varía entre cero y uno, sin embargo, para un cuerpo negro su emisividad es 1, ya que éste emite toda la radiación que llega.

Los materiales utilizados para la construcción y desarrollo en las ciudades también presentan este fenómeno de absorción y emisión, por lo cual también es posible obtener parámetros como el albedo y la emisividad en estos materiales. El asfalto, por ejemplo, refleja deficientemente la radiación, lo que implica que su valor de albedo sea bajo y por lo tanto absorba buena parte de la radiación que le llega.

En la tabla abajo, se presentan los valores de albedo y emisividad de algunas superficies tanto naturales como urbanas con el fin de comparar los efectos debidos a la radiación electromagnética que llega a ellos.

Tabla 2. Porcentaje de albedo y emisividad de algunas superficies.

Material	Albedo (%) α	Emisividad (%) ϵ
Suelos	5-75	90-98
Seco arenoso	25-35	84-91
Vegetación	5-30	90-99
Césped	20-30	90-95
Bosque mixto	5-20	
Coníferas	5-16	97-98
Bosque pantanoso	12	97-99
Agua	5-95	92-97
Altura solar alta	5	92-97
Altura solar baja	95	92-97
Nieve fresca y limpia	70-95	99
Nieve vieja	40-70	82

Superficies Urbanas		
Asfalto	5-15	95
Hormigón	10-50	71-90
Ladrillo	20-50	90-92
Piedra	20-35	85-95
Pintura blanca	50-90	85-95
Pintura roja, verde, café	20-35	85-95
Pintura negra	2-15	90-98

Como es posible observar en la Tabla 2. Los materiales asociados a superficies urbanas, tienen una alta emisividad, eso significa, que de toda radiación que absorbieron van a emitir alrededor del noventa y cinco por ciento implicando una transferencia de energía térmica al ambiente, lo cual genera un aumento en la temperatura del ambiente.

Es por ello que se hace necesario crear urbes que mitiguen este aumento de temperatura principalmente en las zonas más comerciales.

ECOLOGÍA-BIOLOGÍA

El crecimiento desmesurado de las ciudades ha contribuido con el incremento la contaminación del aire, la alteración de sistemas hidrológicos, la alteración de los ciclos biogeoquímicos y la formación de islas de calor y olas de calor (Pimienta et al, 2012). El aumento de la población y los procesos de urbanización acelerada también han contribuido con la pérdida de biodiversidad y de servicios ecosistémicos como resultado del reemplazo de coberturas vegetales originales por superficies geométricamente definidas, duras y pavimentadas. Es por esto que la urbanización produce impactos significativos sobre el ambiente al generar cambios en las dinámicas por la reducción de la superficie de diferentes hábitats (Ortega y MacGregor, 2013; Bolaños & Hurtado, 2011).

Se estima que para el 2050, la población urbana mundial llegará a los 6.300 millones de habitantes. Como resultado, habrá una mayor demanda de recursos naturales para su mantenimiento y consecuencias negativas para la biodiversidad y oferta de servicios ecosistémicos (Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica; 2011). El

incremento de las emisiones de gases efecto invernadero también tendrá parte debido al transporte, sistemas de calefacción y refrigeración, las industrias, emisión de aerosoles, residuos sólidos y cambios en el uso del suelo, entre otros (UN- HABITAT, 2011).

De acuerdo con Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (en Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica, 2011), la temperatura aumentará 4° C para el año 2030, con consecuencias como el aumento de olas de calor, sequías, inundaciones, tormentas, aumento del nivel del mar e intrusiones salinas, con graves consecuencias para la salud pública y economía. El incremento de la temperatura y de los gases efecto invernadero traerán consigo el aumento del efecto de isla de calor urbana, producido por la generación de calor solar que es almacenado en las construcciones, y emitido lentamente, debido a la disminución de áreas verdes en las ciudades. La eliminación de vegetación y suelos permeables generan un mayor evaporación y humedad relativa del aire, mientras que las superficies de los edificios y suelos duros tienen una menor admitancia térmica, por lo cual se registran mayores temperaturas (Smith & Romero, 2016). Junto con otros factores como la contaminación atmosférica, que contribuyen en la formación de grandes tormentas y posteriores inundaciones (Perkins, 2009; Pimienta et al, 2012).

Importancia de la vegetación

La vegetación urbana puede mitigar algunos de los problemas característicos de las ciudades (Pimienta et al, 2012). Siendo así, la vegetación ha sido incorporada en construcciones con fines decorativos o por la prestación de servicios ecosistémicos (Bolaños-Silva y Hurtado, 2011). Diferentes estudios alrededor del tema han demostrado el uso de infraestructura verde puede compensar la pérdida de áreas verdes incrementando la biodiversidad urbana y trayendo diferentes beneficios ambientales, económicos y sociales para los habitantes urbanos (Kohler, 2005; Williams et al. 2014; Bolaños y Hurtado, 2011; Djedjig et al. 2015; Lundholm, 2004; Brenneinsen, 2003).

Siendo así el concepto de infraestructura verde ha adquirido importancia en la planeación ambiental al ofrecer una amplia gama de servicios ecosistémicos como la protección contra inundaciones, la purificación de aire y agua y la provisión de hábitats. El aumento del almacenamiento de carbono también hace que juegue un papel importante en la mitigación

y adaptación al cambio climático (Garmendia et al, 2016).

Para ejemplificar esto, la vegetación puede mitigar las islas de calor urbano, reducir la contaminación y aumentar la producción de sombra. Dicha sombra generada enfría el aire y reduce entre 10 y 30% la velocidad del viento. Adicionalmente, las áreas verdes permiten transformar el calor sensible en calor latente. Por esto, los parques generan un fenómeno de “brisas de parque” al reducir la temperatura de espacios contiguos y limpiar la atmósfera con el desplazamiento de aire desde áreas frías a áreas calientes (Smith & Romero, 2016).

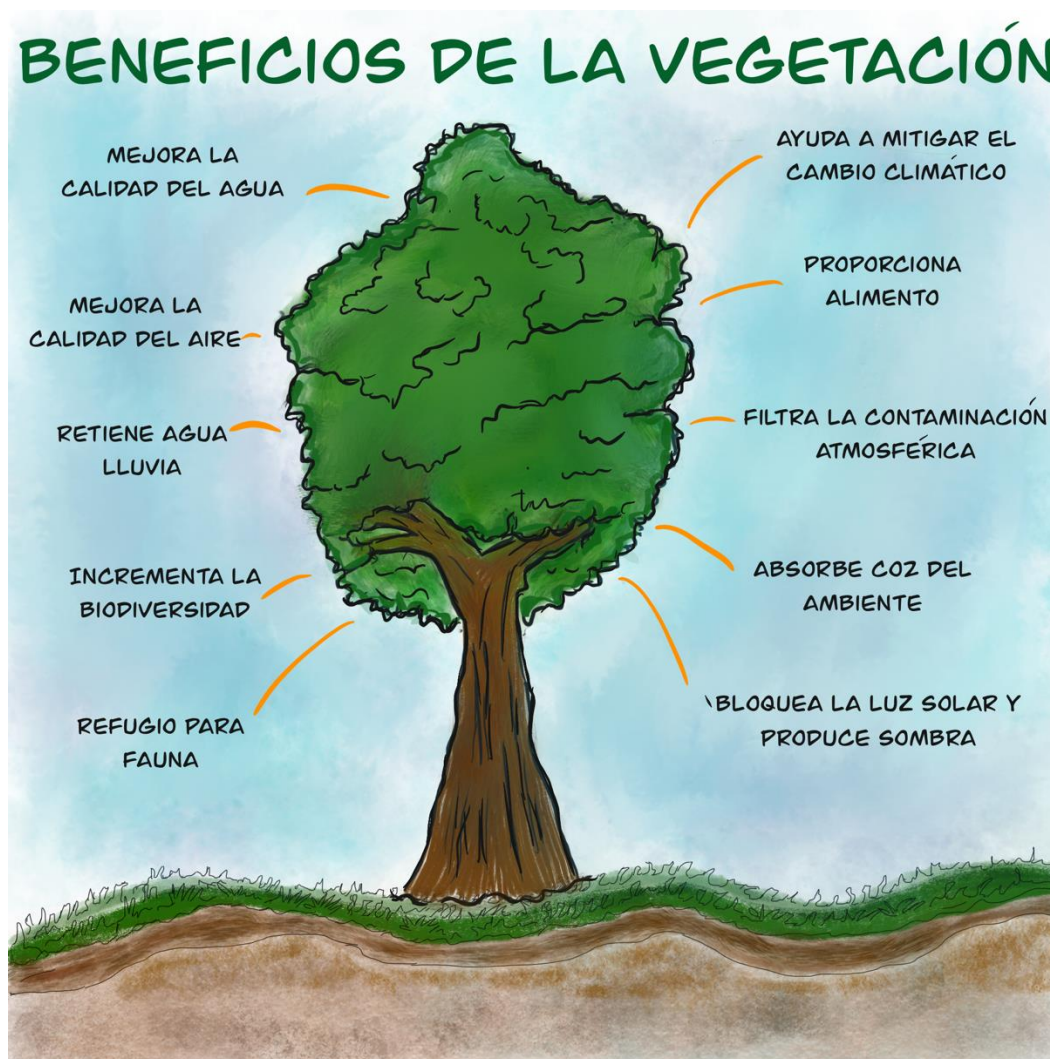


Ilustración 19 Beneficios de la vegetación urbana

Ecosistema urbano

La ciudad, considerada como un sistema vivo, tuvo origen en 1938 gracias a Munford seguido por autores como Higuera (2009). El concepto de ecosistema urbano se plantea en 1959 por R. Duncan y se va modificando con el tiempo con el fin de aportar a la comprensión de dicha noción. Más adelante se reconoce que los organismos vivos y su medio son inseparables e interactúan mutuamente. Con esto se entiende la ciudad como un ecosistema complejo cuya característica es el cambio continuo. Dentro de este cambio se consideran las cadenas de energía, recursos naturales y producción de residuos actividades que necesitan mantenimiento, restauración, estimulación y cierre para su desarrollo (Velásquez, 2013).

Siendo así se define como “el espacio donde ocurre una estrecha relación de hábitat entre el previamente existente, lo natural, y lo construido por el hombre, lo artificial” (Amaya, 2005). La población, la actividad y el territorio crean un triángulo que permite entender la ciudad desde sus interrelaciones, siendo el territorio el lado más vulnerable frente al desequilibrio entre la población y sus actividades. Por esta razón la ciudad empieza a verse con enfoque ecológico, pues estas relaciones que modifican el territorio y lo hacen vulnerable, modifican también el espacio vital que necesita el ser humano para desarrollar sus funciones en su hábitat (Amaya, 2005).

Siguiendo este orden de ideas es posible afirmar que la ciudad puede compararse con un ecosistema por las relaciones e interacciones que posee, pero estas incumplen con dos requisitos de un ecosistema natural: a) La ciudad no tiene un metabolismo cerrado, b) La ciudad no posee una fuente de energía inagotable, como el sol, que le permita ejecutar todas sus funciones. Su metabolismo es lineal, sus recursos provienen de otros ecosistemas por lo cual se generan desequilibrios territoriales. En cuanto a las fuentes de energía, utiliza fuentes secundarias, tales como la electricidad, el petróleo, el carbón o el gas, gracias a los cuales crece y mantiene transportando recursos y desechos desde y hacia cualquier parte del planeta (Higuera, 2009).

Las ciudades además se caracterizan por su proceso de transformación constante resultado de la sustitución de usos modificación la naturaleza de un paisaje natural a uno artificial (Vásquez, 2016; Amaya, 2005). El cambio del uso del suelo y el desarrollo de las actividades del ser humano en las ciudades tienen como consecuencia la sobreexplotación de recursos generando problemas ambientales como la contaminación del aire, la emisión

de gases efecto invernadero; la generación de ruido ambiental; la generación de residuos y aguas residuales, la pérdida de biodiversidad; el efecto de isla de calor urbana, la presión sobre recursos naturales y fragmentación de hábitat y deforestación entre otros (Bosetti & Gómez, 2012).

Actualmente, estos problemas ambientales propios de las ciudades son causa de preocupación mundial, ya que se reconoce que la calidad de vida de los ciudadanos y su supervivencia dependen de la capacidad de lograr un equilibrio entre los sistemas que componen la ciudad y la interacción con el ambiente. Por esto, la ciudad vista como un ecosistema considera que la comunidad de seres vivos que la habitan y su entorno se encuentren en equilibrio (Bosetti & Gómez, 2012).

Con miras a encontrar el equilibrio entre las actividades que se realizan en las ciudades y el ambiente, se han planteado diferentes soluciones que puedan contribuir desde el enfoque ecosistémico. Dichos planteamientos se basan en los cuatro ciclos del ecosistema urbano: el ciclo atmosférico; el ciclo hidrológico; el de la materia orgánica y los residuos y el ciclo energético. Para este último se busca cumplir el objetivo de disminuir la contaminación atmosférica y disminuir el efecto de isla de calor mediante el uso colores claros en pavimentos y fachadas, evitar emisiones de calor por equipos y aumento de zonas verdes en áreas centrales (Higueras, 2009). De este último se hablará como una de las estrategias de gestión ambiental orientadas a disminuir el efecto de isla de calor y aumentar los servicios ecosistémicos en la ciudad.

Código QR: Los servicios ecosistémicos “son los beneficios directos e indirectos que la humanidad recibe de la biodiversidad” (MEA, 2005). Consultando el código QR podrá ver una explicación del concepto.



Importancia de la biodiversidad urbana

Como se ha mencionado anteriormente, aunque las ciudades son ecosistemas naturales modificados, esto no quiere decir que sean incompatibles con la diversidad biológica. Muchas ciudades se encuentran en puntos calientes de diversidad biológica del mundo debido a la oferta de bienes y servicios ambientales que han encontrado en estas zonas (SCBD, 2012). Siendo así, la biodiversidad urbana comprende una variedad de organismos

vivos y hábitats terrestres y acuáticos que se encuentran dentro y en inmediaciones de los asentamientos (S.D.A y C.I, 2010).

Teniendo en cuenta los conceptos tratados en la primera parte de la cartilla, especies, poblaciones y comunidades, sean nativos, migratorios o introducidos, habitan, se reproducen, alimentan o movilizan por las ciudades. En el caso de Bogotá, habitan más de 600 especies de flora y potencialmente 200 de fauna que encuentran su óptimo ecológico en este tipo de hábitat. Sin embargo, las poblaciones de muchas especies han disminuido debido a la pérdida de hábitats, a la fragmentación y la degradación de los ecosistemas de los que dependen (S.D.A y C.I, 2010).

Las intervenciones en las ciudades pueden aumentar la diversidad por medio de la restauración de sus hábitats, la plantación de especies nativas en parques, bordes de carreteras, jardines, jardines verticales e techos u otras zonas de este tipo (SCBD, 2012). La importancia de esta estrategia es que no solamente contribuye con el aumento de la diversidad urbana, sino que también permitirá contrarrestar y disminuir el efecto de isla de calor urbana como se verá a continuación.

GESTIÓN AMBIENTAL

Gestión ambiental Urbana

Para el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (2008), la gestión ambiental se gesta conjuntamente entre el Estado y los actores sociales, articulándose con la gestión territorial, las políticas ambientales y sectoriales, y los planes sectoriales relacionados que afectan el medio ambiente. Por tal razón, la gestión ambiental urbana integra instrumentos jurídicos, técnicos, económicos, financieros y de planeación y fortalecimiento institucional, para mejorar la calidad de vida urbana. Siendo así, es un conjunto de acciones cuyo objetivo es lograr la racionalidad en el proceso de decisión, relacionado con la conservación, protección, defensa y mejora del medioambiente a partir de un enfoque interdisciplinar y global (Guhl, 1998). Para esto, se utilizan diferentes estrategias y actividades cuyo fin consiste en el mejoramiento de las actividades antrópicas que afectan el entorno de la ciudad.

Estructura ecológica principal

Derivado de múltiples compromisos en el ámbito nacional e internacional, la protección, conservación y restauración de ecosistemas se presenta como una obligación del Estado para mantener los procesos productivos y la calidad de vida en el territorio (Van der Hammen, 2005). De esta forma, surge el concepto de estructura ecológica principal (EEP) en la segunda mitad del siglo 20 y fue incorporado como un elemento central de la planificación urbana en el Plan de Ordenamiento Territorial (POT) de Bogotá en el 2000 y en 2007 por medio del Decreto 36000 de 2007, considerado como un determinante ambiental del ordenamiento del territorio (Andrade et al., 2013).

EEP se define como “el conjunto de ecosistemas naturales y semi-naturales que tienen una localización, extensión, conexiones y estado de salud, tales que garantiza el mantenimiento de la integridad de la biodiversidad, la provisión de servicios ambientales, como medida para garantizar la satisfacción de las necesidades básicas de los habitantes y la perpetuación de la vida” (Van Der Hammen y Andrade, 2002). Su finalidad, es el uso y manejo de la tierra y el agua para garantizar la conservación de la biodiversidad.

Los componentes de la EEP son las áreas protegidas y de especial importancia ecosistémica, los corredores hídricos y los elementos conectores complementarios. A esto se suma la estructura ecológica complementaria que comprende los elementos urbanísticos y que corresponde con el concepto de infraestructura urbana. En esta última incluye jardines y antejardines, vías, arborización urbana y fachadas y techos verdes (Andrade et al., 2013).

Infraestructura verde

El concepto de infraestructura verde se ha definido como “red interconectada de espacios verdes que conservan las funciones y los valores de los ecosistemas naturales y que, a su vez, provee beneficios asociados a la población humana” (Benedict & McMahon, 2006; Vásquez, 2016; Firehock, 2010; Mell, 2008). En contextos urbanos, proveen un sinnúmero de beneficios ecológicos, económicos y sociales (Vásquez, 2016).

Los proyectos de infraestructura verde incluyen techos verdes y jardines verticales. En algunos casos los proyectos de manejo de aguas lluvias o viaductos son incluidos (Garmendia et al, 2016). También pueden referirse a árboles que proveen beneficios ecológicos en las zonas urbanas (Kremer et al, 2016), plazas urbanas, senderos o pueden

referirse a estructuras de ingeniería, diseñadas de manera que sean amigables con el entorno. Cada uno de estos tiene como fin la reconciliación del crecimiento urbano, el bienestar social y la protección ambiental. Los servicios ecosistémicos que proveen los espacios verdes de las ciudades son la regulación climática, purificación del aire, reducción del ruido, refugio para aves, provisión de espacios para recreación, esparcimiento y contacto con la naturaleza, los cuales se mantendrán siempre y cuando los ecosistemas que allí se encuentren estén en buen estado (Vásquez, 2016).

Tabla 3 Componentes del paisaje con potencial de infraestructura verde (Tomado de Vásquez, 2016).

Escala de barrio	Escala de ciudad	Escala regional
Calles arboladas	Ríos y llanuras de inundación	Áreas Silvestres Protegidas
Techos y Muros verdes	Parques intercomunales	Parques nacionales Bordes costeros y playas
Plazas de barrio	Canales urbanos	Senderos estratégicos y de larga distancia
Jardines privados	Lagunas	Bosques
Espacios abiertos institucionales	Bosques urbanos	Fajas de resguardo en líneas de alta tensión
Estanques y arroyos	Parques naturales	Red de carreteras y ferrocarriles
Derechos de paso de caminos	Frentes de agua continuos	Tierras agrícolas
Peatonales y ciclo rutas	Plazas municipales	Ríos y llanuras de inundación
Cementerios	Cerros	Canales
Pistas deportivas	Grandes espacios recreativos	Campo abierto
Zanjas de inundación	Esteros	Cordones montañosos
Pequeños bosques	Terrenos abandonados	Territorio de propiedad común
Áreas de juego	Bosques comunitarios	
Quebradas	Sitios mineros en abandono	Acueductos y gaseoductos
Patios de la escuela	Tierras agrícolas	
Huertos	Vertederos	Fallas geológicas Lagos
Terrenos abandonados		

Techos verdes

Los techos verdes adquieren su importancia al presentarse como una solución a la ausencia de zonas verdes en proyectos de construcción (Zielinski, 2012; Snodgrass, 2010). Una de las principales características de los techos verdes es que en las edificaciones exista una estructura capaz de soportar el peso de la vegetación y de tecnologías que sean necesarias para la propagación del material vegetal y garanticen la integridad de la estructura del edificio (Rosatto *et. al*, 2010; Secretaria Distrital del Ambiente, 2014) (Bolaños y Hurtado, 2011). Como se mencionó anteriormente, uno de los beneficios de los techos verdes es la transformación de una superficie dura y estéril en un área con una cobertura vegetal que ofrecerá hábitat y refugio a otras especies (Bolaños y Hurtado, 2011).

Estos beneficios y el éxito de los techos se garantizan, gracias a la integración entre el inmueble a intervenir, la vegetación escogida, el medio de crecimiento, los factores climáticos y ambientales y el cumplimiento de funciones de estanqueidad, drenaje, capacidad de retención de agua, estabilidad mecánica, nutrición y filtración (Bolaños y Hurtado, 2011; Secretaria Distrital de Ambiente, 2014).

Muros verdes

Los muros verdes son cubiertas de vegetación que se encuentran en la parte exterior del edificio logrando un efecto visual (Bolaños y Hurtado, 2011). Su desarrollo tiene origen en la mitigación al cambio climático, pues estos contribuyen en la reducción de la temperatura hasta el punto de reemplazar sistemas de enfriamiento (Cameron, Taylor, y Emmett, 2014).

Beneficios de la infraestructura verde

La infraestructura verde está relacionada con el aumento y disponibilidad de áreas que pueden ser utilizadas para anidación y alimentación. En cuanto a la conectividad, favorece el flujo de información genética al ofrecer lugares de percha que pueden ser utilizados por diferentes especies, generando beneficios en términos de la biodiversidad. Dichos beneficios fueron estudiados por Brenneisen (s.f) quien concluye que estos espacios dentro de la ciudad pueden sustituir hábitats para especies de fauna y flora que puedan adaptarse y desarrollarse en condiciones locales extremas, por esto puede considerarse como herramientas para preservación de biodiversidad urbana.

La vegetación también contribuye al enfriamiento, debido a la sombra (Djedjg et al, 2015) y el incremento de evotranspiración, las superficies se enfrían y a se reduce el efecto de isla de calor. (Bolaños & Moscoso, 2011b; Secretaria Distrital de Ambiente, 2011; Malys & Musy, 2016). Sumado a esto, sirve como control sobre aguas lluvias y precipitación al aumentar el tiempo de retención reduciendo el escurrimiento superficial, además de reducir la contaminación en el agua (Rosatto *et.al.*, 2015; Hahn *et.al*, 2002; Snodgrass, 2010).

Los espacios verdes generados como estrategia de gestión ambiental permiten el esparcimiento de la comunidad la cual también puede involucrarse en el desarrollo de agricultura urbana para la seguridad alimentaria (Bolaños & Moscoso, 2011^a; Hahn *et.al*, 2002). Además de esto, la producción de oxígeno y captura de dióxido de carbono aumenta gracias a los servicios ecosistémicos prestados por la vegetación (Bolaños y Hurtado, 2011).

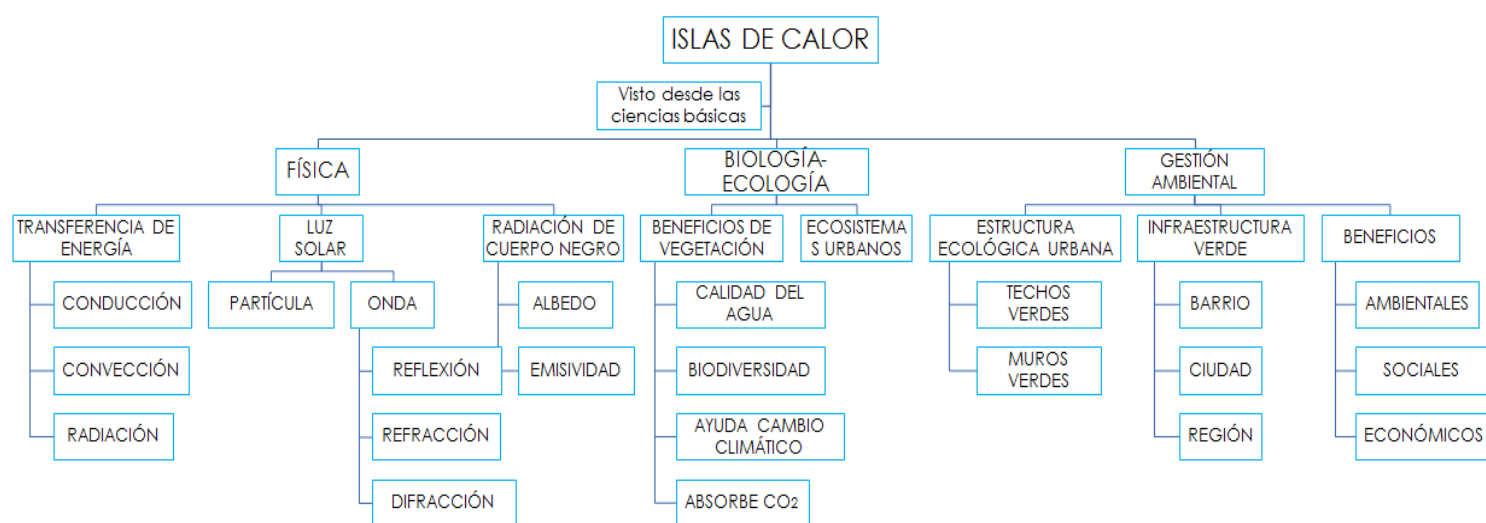
En cuanto a beneficios para la comunidad, la sensación de bienestar aumenta al igual que la calidad de vida de los habitantes al aumentar el área de zonas verdes y producir un alivio visual que integra las construcciones a entornos naturales (Ibañez, 2008; Secretaria Distrital de Ambiente, 2011; Grant & Lane, 2002; Hahn *et.al*, 2002). Dentro de este bienestar cabe mencionar la reducción del ruido que se da gracias a la transformación de la energía sonora en energía de movimiento y calórica (Minke, *n.d*). Otros de los beneficios generados por la infraestructura verde son los posibles beneficios tributarios e incentivos públicos relacionados con sellos ambientales y los espacios de participación y educación ambiental (Secretaria Distrital de Ambiente, 2011; Whitelaw y Matsuzaki, 2002; Catalano et al, 2016).

BENEFICIOS TECHOS Y FACHADAS VERDES



Ilustración 20 Beneficios techos y fachadas verdes

2.2 Resumen Gráfico



2.3 Actividades de apropiación

Haga un estudio de campo sobre la isla de calor urbana en Bogotá, para ello:

1. Realice un perfil de temperatura de la ciudad.
2. Estudie los materiales y superficies en los sectores donde el perfil presenta mayor temperatura.

3. Realice una propuesta de diseño que ayude a la mitigación en el impacto de la isla urbana.
4. Escriba las conclusiones.

2.4 Actividades de apropiación

Consulte la Guía Práctica de Techos y Fachadas Verdes de la Secretaria Distrital de ambiente en el Código QR y responda las siguientes preguntas:

1. ¿Qué beneficios tiene la implementación de techos verdes y jardines verticales?
2. ¿Cuáles son los requisitos minimos para implementar un techo verde?
3. ¿Cuáles son los requisitos minimos para implementar un jardin vertical?
4. ¿Qué factores debería tener en cuenta para implementar un techo verde en una construcción?

2.3 Dilemas éticos

El efecto de isla de calor urbana se produce cuando en un centro urbano hay una temperatura mayor que en los alrededores. Muchos factores influyen en el incremento de este fenómeno, como la pérdida de cobertura vegetal y de suelos blandos que puedan absorber la lluvia y permitir la evaporación. La tendencia de los proyectos actuales consiste en reemplazar las superficies naturales con superficies duras y oscuras como cemento y asfalto que retienen más calor. La alternativa a estas superficies es la implementación de cobertura vegetal, techos verdes y muros verdes, sin embargo, su coste económico es elevado ya que requiere tecnologías adecuadas, mantenimiento constante y un estudio previo de las estructuras del edificio.



En el siguiente código QR puede consultar información adicional acerca del efecto de isla de calor y sus efectos sobre la salud.

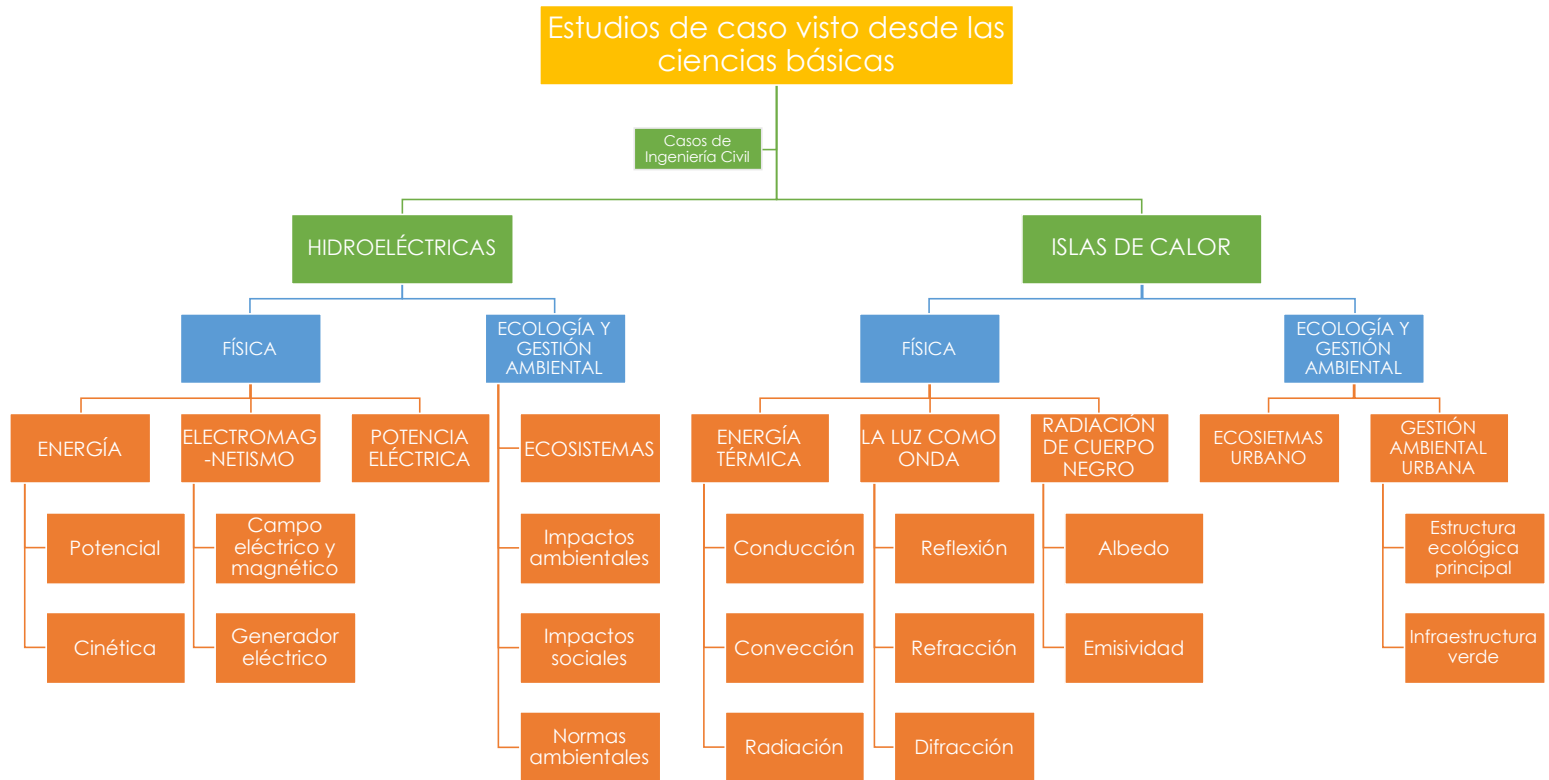


Teniendo en cuenta las ventajas y beneficios de los techos verdes y sus costos elevados, responda las siguientes preguntas:

1. ¿Por qué incrementar los costos de una obra para implementar infraestructura verde si esta es más costosa?
2. ¿Qué puede aportar el sector de construcción para generar más espacios verdes en las ciudades?

VALORACIÓN

3. Representación global del núcleo de la cartilla



4. Test

HIDROELÉCTRICAS

- La hidroeléctricas funcionan a partir de una transformación de energía. La unidad de medida de esta magnitud física es:
 - a) Joules o Julios
 - b) Calorías
 - c) Electronvoltios (eV)
 - d) BTU- British Thermal Unit
 - e) Todas las anteriores

- Considerando el factor de eficiencia y la gravedad como parámetros fijos, para que una central sea considerada una hidroeléctrica de media potencia (1000-10000 kW), ésta debe ser:
 - a) Una hidroeléctrica de alta presión, y el caudal de $20 \text{ m}^3/\text{s}$.
 - b) Una hidroeléctrica de baja presión y caudal de $20 \text{ m}^3/\text{s}$
 - c) Una hidroeléctrica de media presión y caudal de $200 \text{ m}^3/\text{s}$
 - d) Una hidroeléctrica de baja presión y caudal por encima de los $300 \text{ m}^3/\text{s}$
 - e) Ninguna de las anteriores cumple con las condiciones para ser una hidroeléctrica de media potencia.
- El recibo de la energía eléctrica que llega a su casa, además de decir el valor a pagar, le da información de sobre su consumo. Las unidades en las que llega son de kWh. A qué magnitud física corresponden estas unidades:
 - a) Unidades de Potencia eléctrica
 - b) Unidades de Energía
 - c) Unidades de Tiempo
 - d) Ninguna de las anteriores
 - e) Todas las anteriores
- El conjunto de factores abióticos en un ecosistema, recibe el nombre de:
 - a) Biotopo
 - b) Biomasa
 - c) Biocenosis
- La suma de todos los organismos que existen sobre el planeta y su ambiente es una definición de:
 - a) Ecosistema
 - b) Población
 - c) Comunidad
 - d) Biodiversidad
- Selecciones la forma correcta de representar la organización de los seres vivos de menor a mayor nivel
 - a) Individuo- comunidad- ecosistema- población

- b) Individuo- comunidad -población- ecosistema
 - c) Individuo- población- ecosistema- comunidad
 - d) Individuo- población- comunidad- ecosistema
- ¿Cómo se denomina el proceso que hace referencia al movimiento de individuos de una misma especie de un lugar a otro y que puede responder a cambios estacionales o a la búsqueda de sitios con mejores condiciones ambientales o mayor disponibilidad de recursos relacionados con la alimentación, la reproducción, etc.
 - a) Dispersión
 - b) Migración
 - c) Emigración
- Estudio ambiental que debe ser presentado a la autoridad ambiental competente y aprobado por esta, previo a conocer de la licencia ambiental. Tiene como objetivo suministrar información para evaluar y comparar.
 - a) Estudio de impacto ambiental
 - b) Plan de manejo ambiental
 - c) Diagnóstico ambiental de alternativas
- Es el instrumento básico para la toma de decisiones sobre proyectos, obras o actividades que requieren licencia ambiental.
 - a) Estudio de impacto ambiental
 - b) Diagnóstico ambiental de alternativas
 - c) Plan de manejo ambiental

ISLAS DE CALOR

- En un diseño para la construcción de un edificio, los materiales a utilizar de forma que la temperatura en la zona donde será construida no sea tan alta son:
 - a) Hierro, ladrillo y pintura azul
 - b) Hormigón, hierro, pintura blanca
 - c) Vidrio, ladrillo, pintura negra
 - d) Piedra, vidrio, pintura roja
 - e) Hormigón, vidrio, pintura blanca

- Cuando una onda incide de un medio a otro, a 45° el porcentaje de onda reflejada y onda refractada es respectivamente:
 - a) 10% y 90%
 - b) 50% y 50%
 - c) 45% y 65%
 - d) 90% y 10%
 - e) Depende de los índices de refracción.
- Basado en el perfil de temperatura de las islas de calor, una posible solución al aumento de las temperaturas en las ciudades es:
 - a) Evitar la construcción de vías y puentes.
 - b) Generar más zonas urbano-rurales
 - c) Continuar con el desarrollo urbano, utilizando los techos y paredes verdes.
 - d) Todas las anteriores.
 - e) Ninguna de las anteriores.

5. ANEXO

Anexo 1: Normas relacionadas con el licenciamiento ambiental de proyectos hidroeléctricos

Tabla 4. Normas relacionadas con el licenciamiento ambiental de proyectos hidroeléctricos.

Norma	Artículos	Descripción
Decreto Ley 2811 de 1974 Código Nacional de Recursos Naturales Renovables	Artículo 102	Quien pretenda construir obras que ocupen el cauce de una corriente o depósito de agua, deberá solicitar autorización

Norma	Artículos	Descripción
Decreto 1541 de 1978	Título III. De los modos de adquirir derecho al uso de las aguas y sus cauces	
	Capítulo I. Disposiciones generales	
	Artículo 28	El Derecho al uso de las aguas y de los cauces se adquiere de conformidad con el artículo 51 del Decreto - Ley 2811 de 1974: a. Por ministerio de la ley; b. Por concesión; c. Por permiso, y d. Por asociación.
	Capítulo III. Concesiones	
	Artículo 36	Toda persona natural o jurídica, pública o privada, requiere concesión para obtener el derecho al aprovechamiento de las aguas: i. Generación hidroeléctrica;

Norma	Artículos	Descripción
Constitución Política de Colombia	Título I	
	Artículo 7	El Estado reconoce y protege la diversidad étnica y cultural de la Nación colombiana
	Artículo 8	Es obligación del Estado y de las personas proteger las riquezas culturales y naturales de la Nación
	Título II De los derechos, las Garantías y los Deberes	
	Capítulo 2 De los derechos sociales, económicos y culturales	
	Artículo 49	La atención de la salud y el saneamiento ambiental son servicios públicos a cargo del Estado. Se garantiza a todas las personas el acceso a los servicios de promoción, protección y recuperación de la salud.
	Artículo 58	Función social y ecológica de la propiedad

	Artículo 63	Los bienes de uso público, los parques naturales las tierras comunales de grupos étnicos, las tierras de resguardo, el patrimonio arqueológico de la Nación y los demás bienes que determina la ley, son inalienables, imprescriptibles e inembargables.
	Artículo 70	Las culturas.
	Artículo 72	Patrimonio cultural
	Capítulo 3: De los derechos colectivos y del ambiente.	
	Artículo 79	Ambiente sano y participación de la comunidad.
	Título XI. De la Organización Territorial	
	Capítulo 4: Del régimen especia	
	Artículo 330	Régimen de territorios indígenas
	Título XII. Del régimen económico y de la Hacienda Pública	
	Capítulo 2: De los planes de desarrollo.	
	Artículo 339	Habrà un plan de desarrollo conformado por una parte general y un plan de inversiones de las entidades públicas del orden nacional.

Norma	Artículos	Descripción
Ley 99 de 1993	Título VIII sobre licencias ambientales	
	Artículo 7	Proyectos obras y actividades sujetas a licencia ambiental
	Artículo 8	Competencia del de Ambiente y Desarrollo Sostenible
	Título X De los modos y procedimientos de participación ciudadana	
	Artículo 69	Del derecho a intervenir en los procedimientos administrativos ambientales.
	Artículo 74	Del derecho de petición de información
	Artículo 76.	De las comunidades indígenas y negras
	Título VIII De las rentas de las corporaciones autónomas regionales	
	Artículo 43	Tasas por utilización de aguas. Parágrafo. Reglamentado por el decreto nacional 1900/2006
	Artículo 45	Transferencia del Sector Eléctrico. Reglamentado por el Decreto Nacional 1933/94.

Norma	Artículos	Descripción
Decreto Único Reglamentario	Capítulo 3 Licencias Ambientales	
	Artículo 2.2.2.3.1.2	Autoridades ambientales competentes para otorgar o

Sector Ambiental		negar licencia ambiental
	Artículo 2.2.2.3.2.1	Proyectos, obras y actividades sujetos a licencia ambiental. En el sector eléctrico: a) La construcción y operación de centrales generadoras de energía eléctrica con capacidad instalada igual o superior a cien (100) MW

BIBLIOGRAFÍA

- Andrade, G., & Remolina, F. (2013). Assembling the pieces: a framework for the integration of multi-functional ecological main structure in the emerging urban region of Bogotá, Colombia. *Urban Ecosyst.*
- Angarita, H., Wickel, A., Sieber, J., Chavarro, J., Maldonado, J., Herrera, G., Purkey, D. (2018). Basin-scale impacts of hydropower development on the Mompós Depression wetlands, Colombia. *Hydrology and Earth System Sciences.*
- Artencio, V. (2000). Impacto de la hidroeléctrica de Urrá en los peces migratorios del río Sinú. *Temas agrarios*, 29-40.
- Brenneisen, S. (2003). "Space for Urban Wildlife: Designing Green Roofs as Habitats in Switzerland" 4 (1): 27–36.
- Bolaños, T. y Hurtado, A. (2011). "Consideraciones y selección de especies vegetales para su implementación en ecoenvolventes arquitectónicos: Una Herramienta Metodológica" 5: 5–20.
- Bolaños, T., y Hurtado, A. (2011). *Envolventes verdes y biodiversidad en edificaciones. Contexto y elementos para su diseño y implementación.* Bogotá, Colombia: Universidad Piloto de Colombia.
- Bosetti, M., & Gómez, R. (2012). Del medio ambiente al espacio urbano. Ciudades latinoamericanas en la transición de ciudades difusas a ciudades compactas. *Provincia.*
- Cameron, R., Taylor, J. & Emmett, M. (2014). What's "cool" in the word of green facades? How plant choices influences the cooling properties of green walls. *Building and environment* (73), 198-207.
- Catalano, C., Corrado, M., Laudicina, V., & Guarino, R. (2016). Thirty years unmanaged green roofs: Ecological research and design implications. *Landscape and urban planning*, 149, 11-19.
- Corradine, L. (2018), "Efectos de hidroeléctricas: urge una visión integral", en *Pesquisa Javeriana* [en línea], disponible en: <https://www.javeriana.edu.co/pesquisa/efectos-de-hidroelectricas-urge-una-vision-integral/>, recuperado: 25 de junio de 2018.
- Curtis, H., Barnes, N., Schnek, A., & Flores, G. (2001). *Biología* (Vol. Sexta edición).

Montevideo, Uruguay: Panamericana.

Djedjig, *et al.* (2015). “Experimental Study of the Urban Microclimate Mitigation Potential of Green Roofs and Green Walls in Street Canyons,” no. April 2013: 34–44.

Energy of moving water. Student guide. National Energy Education. Development Project.

Garmendia, E., Apostolopoulou, E., & Adams, W. (2016). Biodiversity and Green Infrastructure in Europe: Boundary object or ecological trap? *Land use policy*(56), 315-319.

Grant, G. (2002). Extensive Green Roofs in London. *Urban Habits* , 4 (1), 51-65.

Global Water Partnetship. 2000. Manejo integrado de recursos hídricos», GWP-TAC Background Papers N° 4: Comité de Consejo Técnico (TAC) de la Asociación Mundial para el Agua (GWP), ISBN: 91-631-0058-4, Estocolmo, Suecia.

Guhl,E., Macias, L., Wills, E., Capera, C. & Boada, A. (1998). Guía para la gestión ambiental local y regional. Bogotá. FONADE.

Hahn, C. *et.al* (2002). Introductory manual for greening roofs (Vol. 1). Canada.

Hecht, Eugene. Física en perspectiva. Addison-Wesley Iberoamericana. 1987. Halliday, David and Resnick, Robert. Fundamentals of physics. 9th Edition, extended. John Wiley & Sons, Inc. 2008.

Hernández, L. (1996). Estudios de impacto ambiental y sus tendencias en Colombia. *Agronomía colombiana*, 219-227.

Higueras, E. (2009). El reto de la ciudad habitable y sostenible. Pamplona, España.

Ibañez, R. A. (2008). Techos vivos extensivos : una práctica sostenible por descubrir e investigar en Colombia. Alarife: Revista de arquitectura, (16), 21.

Imhof, A., Wong, S., & Bosshard, P. (2002). Guía ciudadana sobre la Comisión Mundial de Represas. Berkeley, California: West Coast Print Center.

Kremer, P., Hamstead, T., & McPhearson, T. (2016). The value of urban ecosystem services in New York City: A spatially explicit multicriteria analysis of landscape scale valuation scenarios. *Environmental Science & Policy*(62), 57-68.

Köhler, M. (2005). “Long-Term Vegetation Research on Two Extensive Green Roofs in Berlin” 4 (1).

La Republica (2018, 28 de mayo), “ Conozca los cambios que tuvo la licencia de Hidroituango” [en línea], disponible en <https://www.larepublica.co/economia/cambios-en-la-licencia-ambiental-de-hidroituango-2732264>

- Ledec, G., & Quintero, J. D. (2003). *Good and bad dams, environmental criteria for site selection of hydroelectric projects*. Sustainable Development Working Paper No. 16. Banco Mundial Región Latinoamérica y el Caribe.
- López-Pujol, Jordi, Ponseti, Marta, El Proyecto De Las Tres Gargantas De China: Su Historia Y Sus Consecuencias. Estudios de Asia y África [en línea] 2008, XLIII (Mayo-Agosto) : [Fecha de consulta: 25 de junio de 2019] Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=58611186001> ISSN 0185-0164
- Lundholm, J. (2004). "Green Roofs and Facades : A Habitat Template Approach" 4 (1): 87–101.
- Maavara, T., Lauerwald, R., Reignier, P., & Van Cappellen, P. (2017). Global perturbation of organic carbon cycling by river damming. *Nature communications* .
- Malys, L., & Musy, M. a. (2016). Direct and Indirect Impacts of Vegetation on Building Comfort: A Comparative Study of Lawns, GreenWalls and Green Roofs. (N. H. Wong, Ed.) *Energies* , 9 (32), 1-21.
- Martínez, A., Búrquez, A., & Calmus, T. (2012). Disyuntivas: impactos ambientales asociados a la construcción de presas. *Región y sociedad*.
- Martínez Yrizar, Angelina, Búrquez, Alberto, & Calmus, Thierry. (2012). Disyuntivas: impactos ambientales asociados a la construcción de presas. *Región y sociedad*, 24(spe3), 289-307. Recuperado en 02 de julio de 2019, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-39252012000600010&lng=es&tlng=es.
- MacGregor-Fors, I. y R. Ortega-Álvarez. 2013. *Ecología urbana: experiencias en América Latina*.
- Mell, I. (2008). Green Infrastructure: concepts and planning. *Forum ecojournal*(8), 69-80.
- Millenium Ecosystem Assessment – MEA -. 2005. *Ecosystem and human well-being: A framework for assessment*. 4 volumes. Island Press. Washington. D.C, EE.UU.
- Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT). 2010. *Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico*, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, ISBN: 978-958-8491-35-6, Bogotá D.C, Colombia.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible-MADS. (2008). *Política de Gestión Ambiental Urbana*. Recuperado de: <http://www.minambiente.gov.co/index.php/component/content/article/2050-plantilla-asuntos-ambientales-y-sectorial-y-urbana-sin-galeria-84>

- Minke, G.(n.d). Techos Verdes, Planificación, ejecución, consejos praticos.
- Moreno, L. A., Rueda, C. y Andrade, G. I. (Eds.). 2018. Biodiversidad 2017. Estado y tendencias de la biodiversidad continental de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, D. C., Colombia. 84p.
- Moran, E., Lopez, C., Moore, N., Müller, N., & Hyndman, D. (2018). Sustainable hydropower in the 21st century. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United State of America* , 11891–11898.
- Moreno,C. 2001.Métodos para medir la biodiversidad. M&T- Manuales y Tesis SEA,vol 1. Zaragoza,84pp.
- Nebel, J., & Wright, R. (1999). *Ciencias ambientales, ecología y desarrollo sostenible* (Vol. Sexta edición). Mexico, Mexico: Pearson.
- Ochoa De La Torre José Manuel (2009) Ciudad, vegetación e impacto climático. El confort en los espacios urbanos. Ediciones Erasmus. Barcelona. Revista Electrónica Nova Scientia, N° 11 Vol. 6 (1), 2013. ISSN 2007 - 0705. pp: 228 - 253 –
- Odum, E., & Barret, G. (2006). *Fundamentos de ecología* (Vol. Quinta edición). México,D.F, México: Thomson.
- Perkins, S. (11 de April de 2009). Urban Heat. Society for science & the public, 175(8), 26- 29.
- Perspectiva de las ciudades y la diversidad biológica. Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica. 2012.
- Quintero Bosetti, M., & Gómez Rosales, L. (2012). Del medio ambiente al espacio urbano. Ciudades latinoamericanas en la transición de ciudades difusas a ciudades compactas. *Provincia*, (27), 43-76.
- Raymond A. Serway y John W. Jewett, Jr. Física para ciencias e ingeniería. Volumen 1. Séptima edición. Cengage Learning. 2008.
- Radiación solar invisible y arquitectura, Adriana Lira-Oliver, investigación Adriana Lira-Oliver pp. 0116-124
- Rosatto, H. *et.al* (2015). Cubiertas vegetadas de tipo "extensivo", eficiencia en la retención del agua de lluvia de distinto tipo de vegetación implantada. Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias , 47 (2), 123-134.
- Semana sostenible. 2018. Hidroeléctricas: la delgada línea entre el desarrollo y el conflicto.
- Severiche, C. (2013). El agua y la generación de energía en entornos de sostenibilidad. Revista de la Escuela de Ingenierías y Arquitectura.

- Secretaria del convenio de diversidad biológica. (2011). Plan Estratégico para la Diversidad Biológica 2011-2020 y las Metas de Aichi “Viviendo en armonía con la naturaleza”. Recuperado de: <https://www.cbd.int/doc/strategic-plan/2011-2020/Aichi-Targets-ES.pdf>
- Secretaría Distrital de Ambiente y Conservación Internacional. 2010. Política para la Gestión de la Conservación de la Biodiversidad en el Distrito Capital. Editorial Panamericana, Formas e Impresos. Bogotá, Colombia. 116 pp.
- Secretaria Distrital de Ambiente-SDA. (2014). Guía práctica de techos verdes y jardines verticales, una piel natural para Bogotá.
- Snodgrass, E. &. (2010). The green roof manual, a professional guide to design, installation, and maintenance. London, England: Timber Press.
- University of Colorado. (). *PhET Interactive Simulations - Physics*, PhET: Interactive simulations. Retrieved at January 14, 2009, from the website temoa : Open Educational Resources (OER) Portal at <http://temoa.tec.mx/node/16402>
- UN-HABITAT. (2011). Informe Mundial Sobre Asentamientos Humanos, Planificación y Diseño de una Movilidad Urbana Sostenible: Orientaciones para Políticas.
- Van der Hammen, T. (2005). La conservación de la biodiversidad: hacia una estructura ecológica de soporte de la nación colombiana. *Palimpsesto* , 1657-5083.
- Vásquez, A. (2016). Infraestructura verde, servicios ecosistémicos y sus aportes para enfrentar el cambio climático en ciudades: el caso del corredor ribereño del río Mapocho en Santiago de Chile. *Revista de Geografía Norte Grande*, 63-86.
- World Commission on Dams, 2000. Represas y desarrollo, un nuevo marco para la toma de decisiones.
- Williamns, N., Lundholm, J., & MacIvor, S. (2014). Do green roofs help urban biodiversity conservation? *Journal of Applied Ecology*(51), 1643-1649.
- WWF. (2004). Rivers at risk: Dams and the future of freshwater ecosystems. 48 pp.
- Zielinski, S. e. (2012). Techos verdes: Una herramienta viable para la gestión ambiental en el sector hotelero del Rodadero, Santa Marta? *Gestión y Ambiente* , 15 (1).

Referencias adicionales

- Banco Interamericano de Desarrollo. (2011). Sostenibilidad Urbana en América Latina y el Caribe.
- Bolaños,T y Moscoso,A. (2011). “Consideraciones y selección de especies vegetales para su implementación en ecoenvolventes arquitectónicos: Una Herramienta Metodológica” 5: 5–20.
- Capra, F. (1998). La trama de la vida. Una nueva perspectiva de los sistemas vivos. Barcelona: Anagrama.
- Millenium Ecosystem Assessment. 2005. Ecosystems and human well-being: Biodiversity synthesis. World Resources Institute, Washington, DC.
- Rodríguez Becerra, Manuel. (2007). Ingeniería y medio ambiente. Revista de Ingeniería, (26), 56-63. Retrieved June 04, 2019,
- Rodríguez Becerra, M. (1994). La política ambiental del fin de siglo: Una agenda para Colombia. Bogotá, Colombia: CEREC.
- Rodríguez, M., & Espinoza, G. (2002). Gestión ambiental en América Latina y el Caribe Evolución, tendencias y principales prácticas. (D. Wilk, Ed.) Banco Interamericano de Desarrollo Departamento de Desarrollo Sostenible División de Medio Ambiente
- IPBES. 2019. Global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science- Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. E. S. Brondizio, J. Settele, S. Díaz, and H. T. Ngo (editors). IPBES Secretariat, Bonn, Germany
- Marzano, R. J. (2001). Designing a new taxonomy of educational objectives. Experts in Assessment Series, Guskey, T. R., & Marzano, R. J. (Eds.). Thousand Oaks, CA: Corwin.