



SOLUCIONES BASADAS EN LA NATURALEZA PARA INUNDACIONES

Autor

CRISTHIAN CAMILO OVIEDO VILLADA

Director

JORDI RAFAEL PALACIOS GONZÁLEZ

Ingeniero Ambiental Msc. Ingeniería Civil

PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA



UNIVERSIDAD DE PAMPLONA

PAMPLONA- NORTE DE SANTANDER

2022





AGRADECIMIENTOS

Doy gracias a Dios por permitirme alcanzar este gran logro para mí y mi familia, por la sabiduría que me ha brindado para afrontar cada una de las adversidades que se me han presentado a lo largo de este camino y por haberme llenado de una buena salud durante todo este proceso.

Esta monografía con mucho orgullo se la dedico a mis padres, por todo su esfuerzo, dedicación y colaboración durante estos años, la paciencia por esperar la llegada de este momento, sin ustedes nada de esto hubiera sido posible, así mismo a mi hermana por creer siempre en mí, y ser su ejemplo a seguir.

También quiero agradecer de manera especial y sincera a la Universidad de Pamplona, el cuerpo directivo y docente, porque a lo largo de estos años han compartido cada uno de sus conocimientos y experiencias, para mi desarrollo personal y profesional, cada uno de ellos con su paciencia y dedicación han creado en mis bases de respeto y gran admiración para esta hermosa carrera que es Ingeniería Civil.



TABLA DE CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN	8
2.	INUNDACIONES	9
2.1.	Tipos de Inundaciones	10
2.1.1	Por sus causas.	11
2.1.2.	Por el impacto.	14
2.1.3.	Por duración e intensidad.....	15
2.1.4.	Inundaciones por causas humanas	19
2.2.	Dinámica Fluvial.....	20
2.2.1.	¿Qué condiciones hacen que las ciudades sean vulnerables a las inundaciones?.....	21
3.	SOLUCIONES BASADAS EN LA NATURALEZA (SBN)	22
3.1.	¿Qué importancia tienen estas soluciones?.....	28
3.2.	Principios fundamentales para instruir en la implementación de futuros proyectos basados en la naturaleza.....	29
3.2.1.	Principio 1. Observar las condiciones del ecosistema, institucionales y socioeconómicas de la región.	30
3.2.2.	Principio 2: Evaluar los riesgos y beneficios de las soluciones naturales	32
3.2.3.	Principio 3: Calificación de desempeño estandarizada.....	33



3.2.4. Principio 4: Protección del ecosistema e innovación integral	34
3.2.5. Principio 5: Manejo Adaptativo.....	36
3.2.6. Normas para ejecutar	38
3.2. Soluciones Costeras	57
3.2.1. Humedales Costeros.....	58
3.3. Soluciones Riveras.....	63
3.3.1. Bosques	63
3.3.2. Restauración de las cuencas.....	65
3.4. Soluciones Urbanas.....	67
3.4.1. SUDS (Sistemas de Drenaje Sostenible)	67
4. EFICACIA DE LAS SBN PARA LOS PELIGROS NATURALES: ENFOQUES DE MODELADO	78
4.1. Estudio de caso: cuenca del río Chindwin, Myanmar (Birmania)	79
4.1.1. Modelos hidrológicos e hidráulicos	80
4.1.2. Resultados	80
5. CONCLUSIONES	86
6. ANEXOS	88
Anexo 1: SBN para el cuidado hídrico.	88
Anexo 2: Quince países del mundo con mayor peligro de inundaciones.	89



Anexo 3: Métodos integrados de gestión del riesgo de inundaciones	90
7. REFERENCIAS.....	91



INDICE DE IMAGENES

Ilustración 1	Desbordamiento del río Putumayo provocó inundaciones en Puerto Asís	10
Ilustración 2	Desbordamientos de ríos de Arauca y Boyacá.....	11
Ilustración 3	Inundaciones por fuertes precipitaciones en Cali.....	12
Ilustración 4	Alertas tempranas de inundaciones costeras	14
Ilustración 5	Las crecidas ordinarias de los ríos.....	15
Ilustración 6	Inundaciones por intensidad.....	16
Ilustración 7	Inundación por lluvias muy intensas.....	17
Ilustración 8	Derretimiento de la nieve y la creciente amenaza de inundaciones Stowe, Vermont, Nueva Inglaterra.....	18
Ilustración 9	Inundaciones por Contaminación.....	19
Ilustración 10	Impacto de las inundaciones en América Latina para el periodo 2002 a 2017.....	20
Ilustración 11	Terraplenes	23
Ilustración 12	Presa	24
Ilustración 13	Diques.....	25
Ilustración 14	Canal.....	26
Ilustración 15	Gaviones.....	26
Ilustración 16	Soluciones infraestructura gris vs Infraestructura verde	27
Ilustración 17	Ecosistema de un afluente y alrededores.....	29
Ilustración 18	Proceso de gestión adaptativa	38
Ilustración 19	Inundaciones costeras serán terribles en 2050	58



Ilustración 20 Ecosistema de Manglares	60
Ilustración 21 Ecosistema - Arrecife de coral	62
Ilustración 22 Cascadas en la Provincia Rodríguez de Mendoza, Perú.	64
Ilustración 23 Cuencas torrenciales.....	66
Ilustración 24 Construcción de un jardín de lluvia en la ciudad.	70
Ilustración 25 Techos verdes	72
Ilustración 26 Pavimento permeable	73
Ilustración 27 Cuenta verde.....	75
Ilustración 28 Pozo permeable de agua lluvia.....	77
Ilustración 29 Análisis de SBN	79
Ilustración 30 Marco de modelado de riesgo para evaluar el valor de las SBN.....	82
Ilustración 31 Mapa de uso de la tierra de la cuenca de Chindwin	83
Ilustración 32 Extensión y profundidad de la inundación.....	84
Ilustración 33 Población afectada y resultados con el uso de SBN.....	85
Ilustración 34 Bosquejo de algunas soluciones basadas en la naturaleza	88
Ilustración 35 Países inundables de hoy a 2070	89
Ilustración 36 Métodos de gestión- inundaciones	90



1. INTRODUCCIÓN

Las inundaciones son unos de los fenómenos catastróficos más comunes, y que más daños genera alrededor del mundo, debido a esto el manejo eficaz ante los riesgos de inundación es esencial el cuidado y la protección de las personas y sus recursos de pervivencia y limitar los daños futuros. Las soluciones que se basan en lo natural y su capacidad para abordar los riesgos de inundaciones cada vez están teniendo una atención mucho mayor. Por tanto, en esta monografía se mostrarán algunas de las soluciones naturales que existen mundialmente para evitarlas, cuáles son sus beneficios, porque usar SBN o estructura verde, en la prevención y cuidado ante posibles desastres naturales, frente a las estructuras grises convencionales (EM-DAT, 2018).

Para una breve introducción conoceremos que las SBN son acciones para contrarrestar los daños para reparar y manejar de manera sustentable los ecosistemas naturales alterados para abordar los desafíos de la sociedad de manera eficiente y adaptable, estas soluciones deben proveer beneficios de bienestar humano y mejoras para la biodiversidad (Huang, 2020). De igual manera se también se describirá por qué y que tipo de inundaciones existen, cuales son e los principios básicos y normativas que se deben tener para implementar de manera correcta las SBN para inundaciones, y los grandes beneficios que se obtienen al ser implantadas.



2. INUNDACIONES

El agua es el principal recurso natural y más valiosos en cualquier país debido a los beneficios económicos y sociales de su uso deliberado; sin embargo, además de los beneficios, también existen situaciones extremas como inundaciones y sequías. En el pasado, la gente entendía la naturaleza de las inundaciones no en términos de estadísticas, sino como parte del entorno con el que estaban estrechamente asociados, además muchas de las personas que viven alrededor de los ríos los utilizan como medio de transporte y como fuente de agua para beber y cultivar llanuras aluviales fértiles, sus casas están construidas en terrenos más altos para evitar daños por inundaciones, junto con el aumento del número de personas y sus necesidades, también se desarrolla la infraestructura en los alrededores del embalse, contribuyendo así al desarrollo de la comuna. Los terrenos cercanos a los ríos son uno de las principales causas que aumentan el riesgo de inundaciones. (Salas & Jiménez, 2021)

En resumen, las inundaciones son acumulaciones de agua en áreas o regiones donde no fluye regularmente, son generadas naturalmente o en gran parte debido a lluvias intensas e inusuales que producen grandes cantidades de agua que no se pueden drenar naturalmente, o artificialmente desbordándose, otros motivos son el deshielo de los polos, oleajes altos producidos por movimientos de placas tectónicas (maremotos), explosiones y muchas otras razones que serán explicadas a continuación.

Ilustración 1 Desbordamiento del río Putumayo provocó inundaciones en Puerto Asís



Fuente: (RCN-Radio, 2019)

2.1. TIPOS DE INUNDACIONES

La mayoría de veces pensamos que las inundaciones se aplican de una solo forma, pero no es así, es cierto que tienen un mismo fin, ocupar de agua cierta área de manera no esperada o abrupta, pero en realidad si tenemos algunas formas de clasificar estas inundaciones y algunas de estas son por sus causas, por el impacto, por duración e intensidad, y por último por causas humanas.



2.1.1 POR SUS CAUSAS.

INUNDACIONES FLUVIALES DESBORDAMIENTO DE RÍOS:

Esto sucede cuando el nivel de agua del río, lago u otro cuerpo de agua sube y desborda hacia las orillas inundando las costas o tierras de la zona, los daños causados por el desbordamiento de un río pueden ser extensos debido a que afectan los demás ríos cause debajo de menor tamaño generando crecidas súbitas que pueden romper las presas o diques e inunden las áreas cercanas, en las zonas planas de baja pendiente las inundaciones se desarrollan lentamente y menos profundas; pero en zonas montañosas se pueden desarrollar rápidamente con cualquier lluvia fuerte debido a los escombros que arrastra con su cauce, genera corrientes rápidas y peligrosas.

Llevar un registro de los eventos pasados puede ayudar a tener una estadística probable de las posibles precipitaciones futuras que suban los niveles del agua del río que produzcan inundaciones. (Barcelona, 2015)

Ilustración 2 Desbordamientos de ríos de Arauca y Boyacá



Fuente: (Tiempo, Arauca, 2015)

INUNDACIONES POR PRECIPITACIÓN:

Las inundaciones pluviales ocurren cuando las lluvias extremas provocan inundaciones independientes de un área de agua. Un concepto erróneo de las inundaciones es que siempre se piensa que tiene que haber una fuente de agua cerca para estar en peligro, sin embargo, las inundaciones por tormentas pueden ocurrir en todos los entornos, rural o urbano, incluso en áreas sin agua circundante. De acuerdo con (Barcelona, 2015), existen dos tipos de inundaciones por precipitación:

Ilustración 3 Inundaciones por fuertes precipitaciones en Cali



Fuente: (Bustamante, 2017)

- ***Inundaciones por agua superficial:*** Esto sucede cuando un sistema de drenaje urbano se desborda y hace que el agua fluya hacia las calles y estructuras vecinas, lo que sucede gradualmente con el tiempo, manteniendo a los residentes seguros y generalmente bajos



los niveles de agua (rara vez inundados, más de 1 metro). No es una amenaza inmediata para la vida, pero puede causar un daño económico significativo.

- **Inundaciones repentinas:** Se produce por corrientes de agua intensas y con gran velocidad provocadas por lluvias torrenciales que descienden sobre terrenos cercanos en un corto período de tiempo, también pueden ocurrir por descarga repentina de agua de diques o presas; los desbordamientos repentinos son muy peligrosos y destructivos no solo por el impacto que tiene el agua, sino que además estas arrastran los escombros llevándolos río abajo.

INUNDACIONES COSTERAS:

Son las inundaciones de tierras a lo largo de la costa. Las causas más comunes de estas inundaciones son los vientos fuertes de las mareas (mareas vivas) y los tsunamis. Las olas de tormenta se producen cuando los vientos fuertes producidos por una tormenta tropical empujan el agua de mar hacia la costa, es la principal causa de desbordamientos costeros y, a menudo, la mayor amenaza de tormentas. Los impactos aumentan con la marejada ciclónica que ocurre durante la marea alta y provoca desbordamientos catastróficos. En este tipo de inundación, el agua se desborda desde las áreas bajas, causando a menudo daños a personas y propiedades.

La gravedad de las inundaciones costeras está determinada por una serie de factores, que incluyen la intensidad de la tormenta, el tamaño, la velocidad, la dirección y el terreno en tierra y en el mar, todos los cuales se tienen en cuenta para determinar la probabilidad y la intensidad. de

inundación marejada ciclónica, además de datos pronósticos de tormentas pasadas que han afectado la zona. (Barcelona, 2015).

Ilustración 4 Alertas tempranas de inundaciones costeras



Fuente: (Swail y otros, s.f.)

2.1.2. POR EL IMPACTO.

INUNDACIÓN POR CRECIDA ORDINARIA:

Son inundaciones que causan pocos daños y la cantidad de agua no sobrepasa el límite del lecho del río.

INUNDACIÓN EXTRAORDINARIA:

Ocurre cuando el agua se desborda más de lo habitual y provoca daños más o menos importantes, como inundaciones de la planta baja, aparcamientos y algunos cortes de electricidad.

Ilustración 5 Las crecidas ordinarias de los ríos



Fuente: (Moreno, 2015)

INUNDACIÓN CATASTRÓFICA:

En estos desbordamientos el daño es crítico, un edificio o un puente pueden ser destruidos parcial o totalmente, los cortes a los servicios básicos son más prolongados y sustanciales (Barcelona, 2015).

2.1.3. POR DURACIÓN E INTENSIDAD

En esta clasificación se combinan entre sí los factores que se tienen en cuenta en las inundaciones, distinguimos los siguientes tipos:

Ilustración 6 Inundaciones por intensidad



Fuente: (Caracteristicas.co, s.f.)

INUNDACIONES RÁPIDAS POR PRECIPITACIONES MUY INTENSAS:

Se dan cuando hay precipitaciones muy intensas, en un periodo de corta duración, se caracteriza por tener un tiempo de duración muy corto, un buen ejemplo son las inundaciones que suelen producirse en el mar en temporada de lluvias, pues al ser tan rápidas y hay muy poco tiempo para alertar a la población, por lo que es muy importante estar preparado para recibir menos daños. (Barcelona, 2015).

INUNDACIONES POR PRECIPITACIONES MUY INTENSAS Y CONTINUAS:

En este tipo de desbordamientos, las precipitaciones pueden ser de gran intensidad o moderada y durar de 1 a 4 días. Los desbordamientos correspondientes a este tipo según, Barcelona (2015) se pueden dividir en dos subtipos:

- ***Inundaciones rápidas por precipitaciones altas*** Los aguaceros son intensos y suelen durar dos o tres horas, (menos de 24 horas en total). La precipitación acumulada (número total de episodios) supera los 200 mm. El área afectada no suele ser muy amplia.
- ***Inundaciones por precipitaciones moderadamente intensas:*** Estas inundaciones son similares en intensidad a la categoría 1 pero duran más, dos o tres días. El área afectada es mucho más amplia.

Ilustración 7 Inundación por lluvias muy intensas



Fuente: (Zamora, 2020)



INUNDACIONES POR PRECIPITACIONES CONTINUAS:

En este tipo, las precipitaciones son de intensidad media baja, pero llegan a alcanzar valores altos con el tiempo y durar alrededor de una semana o más. El área afectada suele ser más amplia.

INUNDACIONES PRODUCIDAS POR FUSIÓN DE NIEVE:

Estos desbordamientos están relacionados con las precipitaciones, o se producen exclusivamente por el derretimiento de la nieve que se acumula durante el invierno. (Barcelona, 2015).

Ilustración 8 Derretimiento de la nieve y la creciente amenaza de inundaciones Stowe, Vermont, Nueva Inglaterra



Fuente: (Hall, s.f.)

2.1.4. INUNDACIONES POR CAUSAS HUMANAS

Como su nombre lo indican son las inundaciones producidas por intervención humana, como las edificaciones construidas para el control en beneficio de una producción con el agua tal cual lo hacen las presas y diques, que pueden almacenar grandes cantidades de agua, y al ser desbordados o colapsados provocar una gran inundación. Otras causas de inundaciones son las alteraciones por la contaminación producida, que obstruye muchas veces los cauces naturales, provocando desbordes, también la destrucción de ecosistemas naturales, afectan drásticamente las filtraciones naturales del agua, que pueden mitigar una inundación.

Ilustración 9 Inundaciones por Contaminación



Fuente: (Cobo, 2017)

Ilustración 10 Impacto de las inundaciones en América Latina para el periodo 2002 a 2017

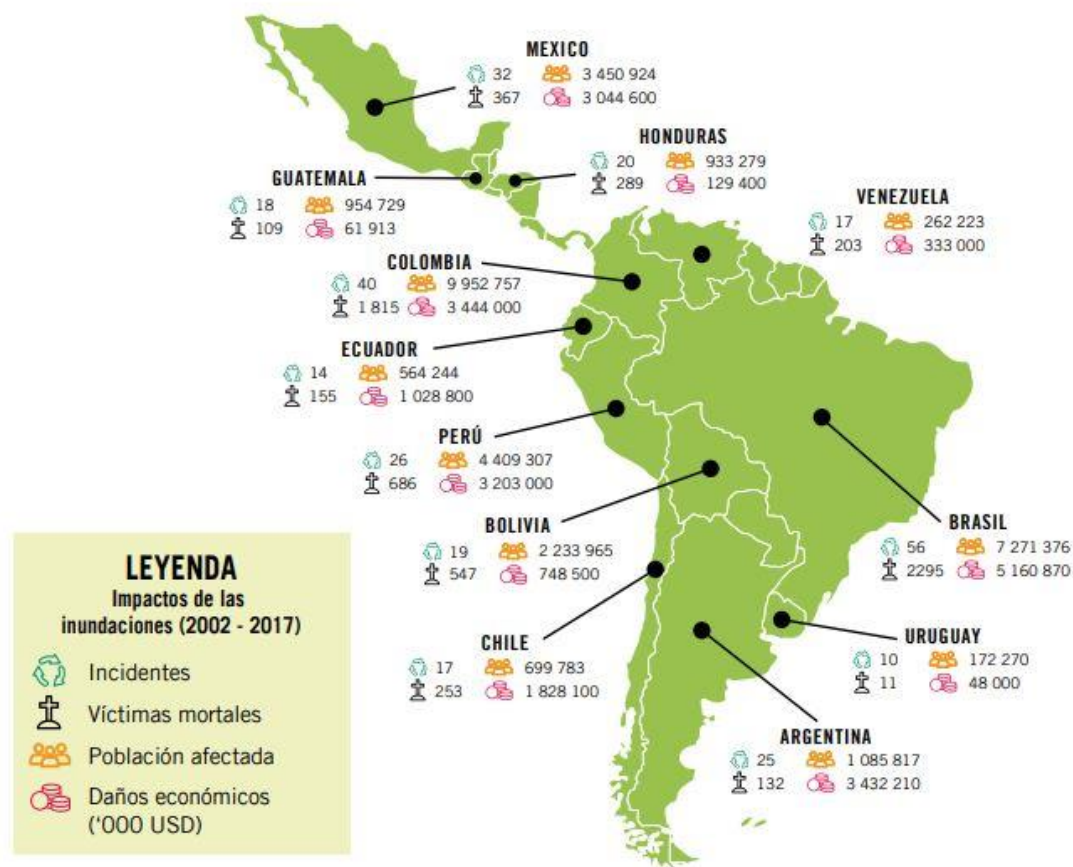


Fig. 4: Impactos de las inundaciones en países seleccionados de América Latina para el período 2002 - 2017. Fuente: Elaboración propia basada en EM-DAT (2018).

Fuente: (EM-DAT, 2018).

2.2. DINÁMICA FLUVIAL

Para entender mejor el motivo de las inundaciones debemos tener en cuenta la dinámica fluvial de los cuerpos de agua. Según Ollero (2007) “la dinámica fluvial es un conjunto complejo de varios procesos y cambio de los sistemas fluviales, tanto en la composición espacial como en la evolución temporal del sistema”; así mismo, la morfología fluvial es una subdisciplina de la dinámica fluvial que estudia y analiza las formas fluviales resultantes (principalmente erosión,



transporte y sedimentación)”. Uno de los principales afluentes que más producen inundaciones son los ríos, que son corrientes de agua que fluyen desde un nacimiento hasta la desembocadura de este en otros cuerpos de agua, gran parte de estos ríos se encuentran atreves o cercanos a las poblaciones dificultando el cuidado y control ambiental sobre estos.

2.2.1. ¿QUÉ CONDICIONES HACEN QUE LAS CIUDADES SEAN VULNERABLES A LAS INUNDACIONES?

El fenómeno natural del origen hidrológico y climático, como las inundaciones, los desastres naturales por una persona o el fracaso geológico amenaza el desarrollo socio-económico de la comunidad o del país, esta amenaza está relacionada con tres factores climáticos; La precipitación, la temperatura máxima y la temperatura mínima son las causas externas de, entre otras, las inundaciones. Los factores de sensibilización internos pueden afectar directamente a un área teniendo en cuenta su exposición y vulnerabilidad, e inversamente proporcional a su resiliencia a otras amenazas un área que probablemente se verá afectada por inundaciones, su nivel de referencia por encima o por debajo del nivel del mar, incluidos los niveles, además de las áreas demasiado cerca de ríos y ciudades que pueden o no tener un buen drenaje bien mantenido. (Barros, s.f).

$$Riesgo = amenaza \times \underbrace{exposición \times \frac{susceptibilidad}{resiliencia}}_{Vulnerabilidad}$$



3. SOLUCIONES BASADAS EN LA NATURALEZA (SBN)

La UICN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza) (IUCN, 2017) define las SBN como "actividades que protegen, favorecen de manera sostenible y restauran ecosistemas alterados, para el bien de los humanos y se adaptan a los desafíos sociales, al mismo tiempo que contribuyen al bienestar humano y el medioambiente". En otras palabras más generales, "soluciones naturales" es un término que se puede describir otro tipo de alternativas no tradicionales para resolver los problemas ambientales como las inundaciones, escasez de agua, la erosión del suelo por los cambios climáticos; si bien el enfoque tradicional para el desarrollo de infraestructuras es en escala de grises e incluye estructuras hechas por el hombre, las soluciones naturales incluyen una combinación de elementos naturales, conocidos como soluciones verdes. (Silva Zuñiga, 2021).

Por varios años las soluciones implementadas eran la construcción de presas, embalses, presas y sistemas de drenaje convencionales , con un enfoque de infraestructura gris usados ante determinadas amenazas climáticas; en cambio, (L y otros, 2021) las soluciones naturales pueden incluir restaurar y proteger los arrecifes de coral y los cinturones de manglares para aumentar la resistencia ante las inundaciones costeras y al incremento de los niveles del mar, actuando como la primera línea de defensa, ayudar a disipar la energía de las olas; mejorar la vegetación para reducir el riesgo de deslizamientos de tierra; y crear espacios verdes permeables para ayudar a reponer las aguas subterráneas en áreas con escasez de agua. Silva (2021). Algunos ejemplos de las estructuras grises que más se usan son:

Ilustración 11 Terraplenes



Fuente Caribe R. (2020).

Estructuras ingenieriles que se realizan para prevenir las inundaciones, haciendo de trabajo como barrera que impide el desbordamiento del río o aguas de mar, hacia la zona habitada por algunas comunidades, cercanas a las orillas de los ríos y costas, esta solución es muy utilizada, pero tienen algunas afectaciones al paisaje ambiental de la zona, y tiene a crear una gran acumulación de residuos alrededor de toda la estructura.

Ilustración 12 Presa



Fuente: Ingenieros Hidraulicos, (2020).

Son canales para el control de inundaciones. Recientemente han surgido los conceptos de “SBN”, como una adaptación que se basa en el ecosistema de la zona para reducir los desastres naturales o también llamados “infraestructura verde” como una mejor alternativa complementaria a los métodos tradicionales grises (Mundial, 2017).

Ilustración 13 Diques



Fuente: (Zarza, s.f.)

Los diques son estructuras (hormigón, piedra, tierra y otros materiales) construidas con el propósito de contener agua, impidiendo su flujo. Se pueden construir perpendiculares o paralelas a la fuente de agua que se pretende que contengan, su función principal es retener los sedimentos y controlar los puntos de inundación. Una vez construidos, estabilizan la pendiente, retienen el flujo, reducen la velocidad del agua y, por lo tanto, su potencial de corrosión y, en última instancia, reducen la cantidad de sólidos que llegan al reservorio, lo que ralentiza los procesos aluviales y prolonga su vida (Díaz Romero, 2008).

Ilustración 14 Canal



Fuente: (Valdivielso, 2016).

Un canal de agua es un canal artificial de agua que se canaliza para darle una salida controlada y evitar desbordamientos o para usar como alimentación de otros afluentes (Valdivielso, 2016).

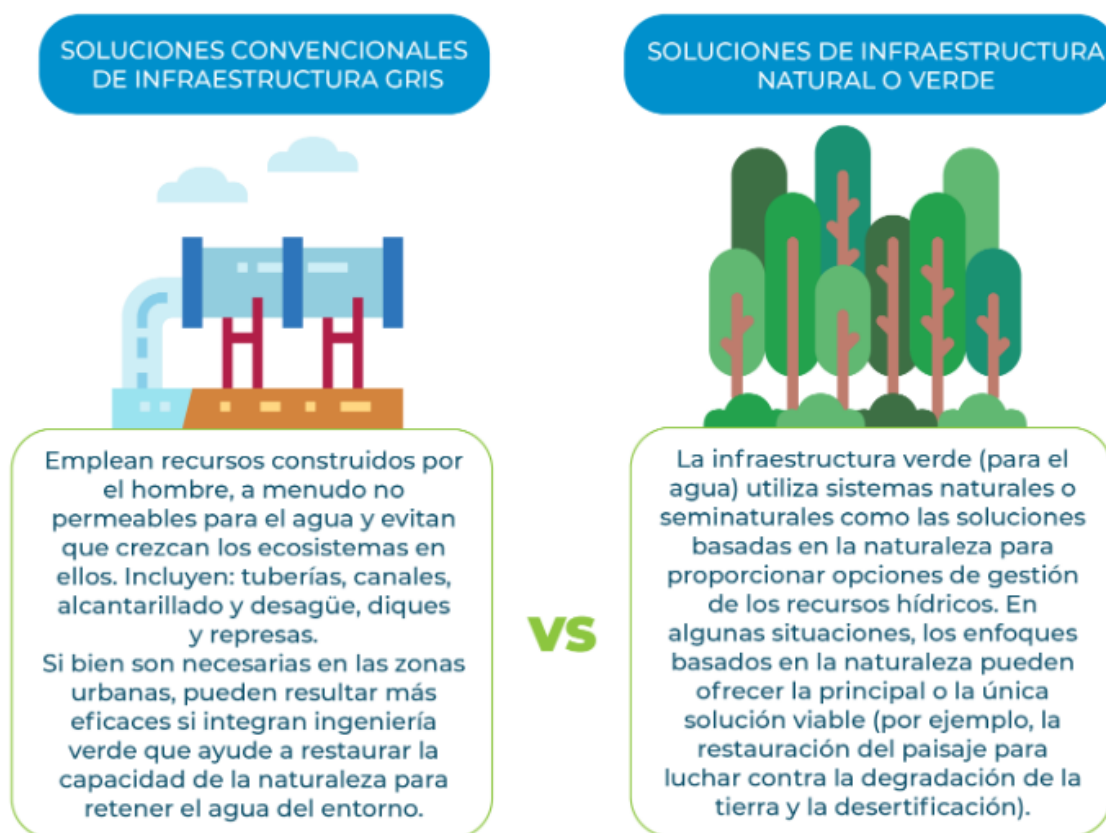
Ilustración 15 Gaviones



Fuente: (Definición, 2021).

Los gaviones son elementos movibles de varias formas, hechos de malla metálica, rellenos con piedras del tamaño de grano adecuado y cosidos entre sí. Estas estructuras se utilizan para resolver problemas geotécnicos, hidráulicos y de control de erosión. Estos artículos se pueden ensamblar y empaquetar manualmente o utilizando equipos mecánicos convencionales (Bolívar Trujillo, 2019).

Ilustración 16 Soluciones infraestructura gris vs Infraestructura verde



Fuente: (Agua, 2022)

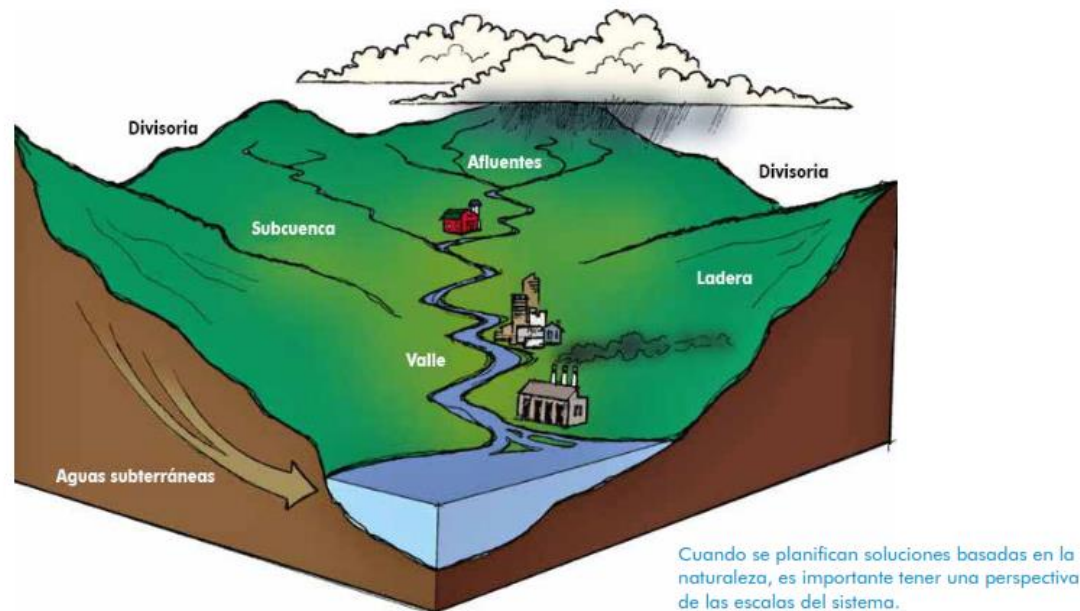


3.1. ¿QUÉ IMPORTANCIA TIENEN ESTAS SOLUCIONES?

Las soluciones basadas en la naturaleza abordan el tema ante la gran dependencia excesiva que tenemos de la infraestructura gris que pueden no ser sostenibles, debido a que esta infraestructura está asociada con un problema doble; se basa en el uso de recursos que a menudo son limitados y no reutilizables, también a menudo temporales; a medida que las amenazas climáticas aumentan y se vuelven más severas, las soluciones grises deberán modernizarse o reemplazarse, las SBN también requieren mantenimiento, y en ocasiones, renovación, pero no en la misma medida, por lo que pueden ser más flexibles que sus soluciones en escala de grises.

Al conservar y restaurar elementos naturales, los proyectos que integran estas soluciones naturales ayudan en gran manera a proteger el medio-ambiente y mantener los hábitats para las especies en peligro de extinción, también reducen las emisiones de carbono y restauran la belleza del paisaje; describiendo así su gran importancia y demostrando que los países que aún no han implementado estas soluciones están perdiendo una importante ventaja, sin hablar del valor económico. Las SBN son más resistentes a los cambios climáticos que las soluciones grises, por lo que los costos del capital inicial son menores, al igual los costos de operación y mantenimiento (Kumar y otros, 2021).

Ilustración 17 Ecosistema de un afluente y alrededores



Fuente: (Mundial, 2017).

Están soluciones son respaldadas por la naturaleza misma ya que utilizan e imitan los procesos y ciclos naturales para contribuir a una mejor gestión del agua. Por ejemplo, la conservación del agua puede mejorar los recursos de agua subterránea al enfocarse en áreas de recarga de acuíferos u otras áreas sensibles del paisaje (Agua, 2022).

3.2. PRINCIPIOS FUNDAMENTALES PARA INSTRUIR EN LA IMPLEMENTACIÓN DE FUTUROS PROYECTOS BASADOS EN LA NATURALEZA

El principal propósito de estos principios durante el diseño y su ejecución es promover mejores prácticas y así evitar los errores comunes al usar soluciones basadas en la naturaleza, conocer las metodologías usadas, como desarrollarlas y que beneficios traen en la prevención de las inundaciones.



3.2.1. PRINCIPIO 1. OBSERVAR LAS CONDICIONES DEL ECOSISTEMA, INSTITUCIONALES Y SOCIOECONÓMICAS DE LA REGIÓN.

El uso de soluciones naturales en el área de estudio para contrarrestar la contaminación y el cambio climático; la reducción del peligro ante desastres debe comenzar con un estudio de todo el ecosistema teniendo en cuenta las condiciones ambientales, institucionales y socioeconómicas de la región.

CONDICIONES DEL ECOSISTEMA:

Los ecosistemas requieren de gran manera de desarrollos ecológicos más variados. Comúnmente, estos no se pueden obtener a través de la gestión de instalaciones individuales de forma retirada. Las condiciones y el estado de los ecosistemas a proporción del panorama, determinan la capacidad de las soluciones naturales para reducir el riesgo de una posible inundación, cuando se estudia a una menor escala, es probable que el instalar este tipo de soluciones no sean suficientes, mientras que, a escalas más grandes, la presencia y las condiciones de los ecosistemas pueden tener un impacto enorme en la reducción de las inundaciones.

Detallar las condiciones del ecosistema, como la cuenca del río y sus deltas que definen como es la interacción de sus sedimentos, el estudio de la hidrodinámica y la ecología de los cuerpos de agua, debido a que es muy probable que estos métodos están fuertemente influenciados por los comportamientos de los ríos y costas, al igual que también por influencia humana y las infraestructuras existentes. En los sistemas influye el comportamiento general de los sedimentos, demás cuerpos no naturales en el agua que provocan una variación en el flujo y





corrientes. Por eso es importante determinar las cargas de los sedimentos que se producen río arriba y el comportamiento de estos al llegar a río abajo, dicho esto es importante realizar una planificación de medidas basadas en la naturaleza, y evitar los imprevistos que pueden causar al tratar de dar soluciones con infraestructuras ingenieriles (Mundial, 2017).

La planificación para lograr sacar al máximo el potencial de las soluciones naturales, es ideal aplicar un plazo de 20 a 50 años, o más de ser posible, descrito por el banco Mundial (Mundial, 2017). Dado el constante cambio climático que estamos teniendo por causa de la contaminación global, los ecosistemas también se ven directamente afectados, tiempo. Una de estas ventajas es que son adaptables a condiciones y riesgos ambientales cambiantes, y pueden exceder potencialmente la vida útil de las estructuras diseñadas. Los residentes costeros y las demás partes interesadas se deben dar cuenta de que sus sistemas están cambiando, porque el nivel del mar está aumentando, cambiando el tamaño y la dirección de las futuras tormentas que se produzcan.

CONDICIONES INSTITUCIONALES Y SOCIOECONÓMICAS:

Como base para cualquier solución de infraestructura, se debe tener en cuenta el entorno institucional y socioeconómico de la zona, debido a que las soluciones al riesgo de inundaciones basadas en la naturaleza son poco reconocidas en comparación con las medidas tradicionales, por eso se lleva a cabo en el entorno socioeconómico e institucionales de la zona puede ser complicado; debido a que, hay relativamente poca literatura sobre su efectividad, valor y beneficios, como resultado, estas decisiones pueden necesitar una visión más global de los roles de las personas, incluida la consideración de los diferentes puntos de vista y objetivos de las





partes involucradas. Se requieren más investigaciones para seguir aumentando la legitimidad de las medidas. Lograr la adopción generalizada soluciones naturales puede ser difícil y puede tener una larga duración, pero valdrá la pena más adelante en los futuros proyectos. Idealmente, esto también debería lograrse para proyectos generales de ingeniería (Mundial, 2017).

3.2.2. PRINCIPIO 2: EVALUAR LOS RIESGOS Y BENEFICIOS DE LAS SOLUCIONES NATURALES

Se debe hacer una evaluación completa de los peligros y beneficios; para tener todas las precauciones posibles, incluido el beneficio de la reducción de inundaciones junto con los impactos sociales y medioambientales, los proyectos de soluciones por el riesgo de inundación generalmente comienzan identificando tres factores: riesgo, impacto y vulnerabilidad. La evaluación de riesgos tiene dos objetivos; en primer lugar, generar una base para comprender lo que se está buscando, esto permite a los investigadores de políticas establecer objetivos de mitigación de riesgos.

Las evaluaciones de riesgos no siempre se llevan a cabo para los proyectos de naturaleza, aunque son importantes para llevar a cabo una exitosa de las medidas de disminución del riesgo de inundaciones, la falta de evaluaciones adecuadas puede generar malentendidos sobre la capacidad de un proyecto para reducir el riesgo; además, no siempre se tiene presente las diferentes medidas que se pueden tomar para reducir el peligro ante desbordamientos, esto puede dar lugar a soluciones incompletas en lugares clave o estrategias de gestión de riesgos inadecuadas con consecuencias potencialmente negativas a largo plazo, los ecosistemas u otros beneficios para la comunidad, finalmente, la evaluación de riesgos debe incluir proyecciones de





cambios futuros en el riesgo como resultado de los probables cambios climáticos, socioeconómicos e institucionales en curso. Se debe prestar atención a la naturaleza dinámica de la función de disminución de riesgos de los ecosistemas naturales, incluyendo la evolución del uso de los ecosistemas a lo largo del tiempo (Mundial, 2017).

3.2.3. PRINCIPIO 3: CALIFICACIÓN DE DESEMPEÑO ESTANDARIZADA

Toda solución debe planearse, diseñarse, ejecutarse y evaluarse de manera objetiva, para obtener los resultados esperados, las normas internacionales que se deben tener para una estructura ante la precaución de inundaciones, dichas por “The international levee handbook”, El manual internacional de diques (M. y otros, 2013) y “Coastal Engineering” Manual de ingeniería costera), en cooperación entre ingenieros y ecologistas, con conocimiento de los sistemas naturales, (D y otros, 2018). Estas normas están adaptadas a los procesos de diseños, ensayos y ejecución. No solo brindan orientación para la realización, sino que también evalúan la eficacia de estas soluciones. Todavía no se tienen estándares similares a las estructuras convencionales para las estructuras de SBN, por lo tanto, la implementación de estas soluciones debe verse facilitada por un proceso amplio y transparente para definir estándares de desempeño. (Mundial, 2017).

Hoy en día, hay muchos materiales que los diseñadores pueden usar, para la pérdida de humedad de la vegetación, por ejemplo, hay una serie de artículos revisados por pares que cubren los últimos avances en el modelado numérico; estos modelos se pueden utilizar en planes agregados si se aplican consideraciones conservadoras de los factores variables de la vegetación para evitar consideraciones demasiado optimistas de la eficacia de tales soluciones; de igual



manera, existe una importante falta de información sobre la eficacia de las operaciones ambientales en el manejo del peligro ante inundaciones, por falta de entendimiento se relaciona particularmente con los trabajo durante una tormenta extrema o un tsunami, aunque los modelos numéricos son utilizados para estudiar el comportamiento de los ecosistemas vegetales en condiciones tormentosas, a menudo faltan datos para la validación de experimentos o trabajos del campo. (Mundial, 2017).

Además, se sabe poco sobre su durabilidad a largo plazo y sobre cómo se verá afectado por muchos eventos. Para llenar estos vacíos, es necesario presentar sistemáticamente el conocimiento para promover la toma de decisiones de las SBN. El progreso y la adopción de registros de ingeniería medibles para ecosistemas necesitará la colaboración entre ecólogos o expertos familiarizados con sistemas naturales e ingenieros, esto nos ayudará a comprender mejor la importancia de los ecosistemas en la reducción de riesgos de desbordamientos, en última instancia, permite una comparación objetiva de la eficacia, los valores y aprovechamiento de diferentes tipos de soluciones (Mundial, 2017).

3.2.4. PRINCIPIO 4: PROTECCIÓN DEL ECOSISTEMA E INNOVACIÓN INTEGRAL

Para gestionar el riesgo de desbordamientos hídricos, es necesario reutilizar los ecosistemas ya presentes y las especies autóctonas de la región, respetando al mismo tiempo los principios básicos de renovación y sostenimiento ecológico.

La renovación, conservación y manejo de ecosistemas es un elemento importante para implementar las SBN para el manejo de los peligros de inundaciones, la renovación de la





ecología y la morfología del sitio (el estudio de los ciclos naturales, incluida la hidrodinámica y el transporte de escombros), es una ciencia cuya teoría y prácticas profundas facilitan la implementación adecuada de las SBN, ejemplo, sabemos que los ecosistemas más diversos son mejores productivamente y más resistentes a las perturbaciones, además, existe amplia evidencia de que la renovación por medio de la plantaciones de cultivos o una especie exótica conduce a efectos desfavorables y, por ende, se necesitan dirigir más esfuerzos hacia la restauración de las condiciones abióticas adecuadas (Mundial, 2017).

No obstante, este entendimiento no siempre es igual y se ve reflejado en los proyectos locales de reducción de inundaciones, por ejemplo, las plantaciones de manglares a gran escala a menudo se realizan con grupos de especies inapropiadas o en áreas inapropiadas, lo que genera complicaciones innecesarias, por otro parte, los esfuerzos de renovación y replantación mal planteados pueden tener consecuencias no deseadas en otros ecosistemas sostenibles, como las llanuras de marea y las praderas marinas. Desde la perspectiva de la evaluación de riesgos, los enfoques correctivos se deben empezar con una evaluación sistemática que identificara las clases de ecosistemas y los procesos abióticos preexistentes, las valoraciones de estos sistemas ayudan a identificar cuáles son las oportunidades y barreras para la protección y renovaciones efectivas de los ecosistemas (Mundial, 2017).

Para determinar el ecosistema deseado y su sostenibilidad, se deben considerar las condiciones que se tienen y que se puedan llegar a tener en un futuro, algunas veces el área del ecosistema se ha transformado tanto que la idea de volver al condiciones originales es poco práctica, esto justifica la renovación de un tipo diferente de ecosistema y alinear los objetivos de





la renovación, además, los efectos del cambio climático consiguen dar lugar a cambios drásticos, de igual forma es bueno comprender las consecuencias de la mitigación de riesgos para los ecosistemas existentes y cómo cambiará este los riesgos a medida que cambie el ecosistema (Mundial, 2017).

El uso de los conocimientos existentes sobre renovación y manejo de ecosistemas no solo reducirá la posibilidad de fracaso del proyecto, sino que además evitará efectos secundarios adversos, como la sustitución o la desintegración de ecosistemas potencialmente sostenibles. Un ejemplo, los manglares a menudo se consideran clave para limitar las olas generadas por las tormentas de las costas, no obstante, los antiguos hábitats de manglares (zonas intermareales superiores) normalmente son usados para la acuicultura, la agricultura o los asentamientos. Como resultado, la regeneración de manglares normalmente ocurre en la zona de marea baja, que afecta negativamente a crustáceos, aves, algas y manatíes; estas mediaciones deben garantizar que las comunidades sean conscientes del impacto de la reducción de riesgos, incluidas las consecuencias para los ecosistemas (Mundial, 2017).

3.2.5. PRINCIPIO 5: MANEJO ADAPTATIVO

Se necesita un manejo adaptativo basado en el seguimiento a largo plazo, eso asegura que el rendimiento sea duradero, este manejo debe estar firmemente respaldado por el conocimiento de la gestión de los ecosistemas, lo que requiere una investigación más profunda del comportamiento de los ecosistemas. Un ejemplo de una estrategia con manejo adaptativo es la adición de sedimentos, al igual se hace a veces en los sistemas de las playas o dunas. Otro ejemplo sería excluir a los herbívoros o carnívoros, si limitan la recuperación del ecosistema, el





estado dinámico del ecosistema, combinado con las acciones a larga duración, se necesita un manejo adaptativo de cualquier planificación ecosistémica. Por lo tanto, la integración de las SBN debe ir acompañada con un plan de manejo adaptativo (Mundial, 2017).

El régimen adaptativo es un planteamiento sistemático que promueve la elección de decisiones ágiles, es un proceso repetitivo donde las actividades de manejo van seguidas de actividades específicas de seguimiento y evaluación, cuando comprende el desempeño de las actividades que se presenten actualmente o a futuro, la toma de buenas decisiones y un buen manejo pueden mejorar. El ciclo de control adaptativo se basa en un propósito predecible, como la instalación, el debido seguimiento, la evaluación de datos, la toma correcta de acciones y ajustes posibles de precaución en el manejo. Esto debe repetirse en partes regulares mientras se usa el producto, además las actividades de manejo de la adaptación deben describirse en un plan específico y recibir financiación periódica. Las actividades cubren varios escenarios hipotéticos de manejo si la medida no produce los objetivos esperados (Mundial, 2017).

La apreciación de la posible disminución del peligro de inundación puede abarcar el modelado, el monitoreo, y el sistema cumple con los criterios de mitigación del riesgo en caso de peligro. El ciclo de manejo adaptativo asegura un manejo consistente después de la implementación del proyecto y también sirve como base para sacar conclusiones sobre la implementación futura del proyecto, en este caso, el ciclo debe documentar medidas y pasos de gestión eficaces. La permisividad de los requisitos de los donantes facilita el régimen adaptativo de las soluciones de gestión del riesgo de inundaciones naturales (Mundial, 2017).



Ilustración 18 Proceso de gestión adaptativa



Fuente: (CEDA, 2015).

3.2.6. NORMAS PARA EJECUTAR

En los cinco principios se describen ciertas “reglas” generales de sustentabilidad; esta sección nos guía y resume los pasos necesarios para planificar, evaluar, diseñar, implementar, monitorear, administrar y evaluar estas soluciones. Se monitorea la fase general del proyecto de



manejo de inundaciones; al igual, también se aplica a las medidas "grises", pero igual se proporciona mayor información y detalles de ciertos aspectos necesarios que requieren mayor cuidado para implementar las soluciones naturales, estas pautas se basan y amplían la orientación preparada por organizaciones, como NOAA, USACE y Ecoshape. Donde describen en un informe como se intenta cubrir todo el ciclo del proyecto, desde un inicio hasta el seguimiento y la evaluación de las soluciones. (Mundial, 2017).

Los procesos biofísicos y socioeconómicos a diferentes escalas espaciales y temporales deben tenerse en cuenta en los proyectos destinados a implementar soluciones naturales, se necesita la participación de varios especialistas de diferentes campos, como la hidrología, a la ingeniería, la ecología, entre otras. De igual manera que en otros proyectos de manejo de inundaciones, el prediseño y desarrollo de soluciones naturales requiere la participación de todas las partes que estén interesadas, esto es de suma importancia porque las SBN ofrecen la oportunidad de abordar el riesgo de desbordamientos a través de la confluencia de los objetivos de sostenimiento, crecimiento y reducción de la pobreza, se pueden hacer nuevas contribuciones gubernamentales, locales, regionales, así como con las partes interesadas del sector privado (Mundial, 2017).

PASO 1 DETERMINAR EL PROBLEMA, EL ALCANCE Y LOS RESULTADOS DEL TRABAJO

Tamaño del sistema natural adecuado para la solución de problemas según (Deltares, 2015)





- Necesidades de las partes interesadas
- Mapa del área de interés
- Objetivos del proyecto

Identificar ampliamente los riesgos de inundaciones, las partes necesarias afectadas y los beneficiarios, para determinar los alcances del problema y definirse teniendo en cuenta un contexto más variado, así obtener información para un estudio posterior en los siguientes pasos. Los resultados del proyecto incluyen las normas necesarias de disminución del peligro de inundación y los grandes beneficios complementarios que se identificarán (Mundial, 2017).

1. Determinar el área a estudiar, la problemática, y las partes clave y sus beneficiarios

Determinar el área de preocupación directa, los peligros de inundación clave que el proyecto está tratando de establecer a través del estudio, se deben conocer los posibles involucrados y partes aprovechadas dentro y fuera del área intervenida, se deben realizar reuniones con todas las partes interesadas para comprender cuáles son sus necesidades y los compromisos que han de considerarse (Mundial, 2017).

2. Determinar la importancia que tiene el proyecto para establecer el alcance

Definir el seguimiento del problema en el contexto físico, social y medioambiental más variado. Definir los alcances del área de participación del proyecto físico apropiado para tomar el problema (Tal cual se describe en el principio 1, cuencas, 'montañas y arrecifes', estuarios, etc.). De igual manera deben tenerse en cuenta los alcances y oportunidades legales e institucionales (Mundial, 2017).





3. Establezca los objetivos del proyecto teniendo en cuenta la gama completa de beneficios esperados

Identifique las metas cuantitativas del proyecto y la justificación clave de sus iniciativas, debe identificarse cualquier limitación general de las opciones del proyecto, algunos posibles obstáculos son las delimitaciones reglamentarias, la dificultad de recolección de fondos o la partición desigual de las ganancias. Se pueden llevar a cabo entrevistas con las partes aprovechadas para identificar completamente los beneficios deseados para su consideración; los beneficios potenciales son la disminución del peligro de inundación y los controles ante una erosión, también pueden incluir otros temas, como una mejor calidad del ecosistema, impactos positivos en los medios conservación de la comunidad en oportunidades locales y recreativas (Deltares, 2015).

PASO 2 EXPLICAR LAS ESTRATEGIAS DE INVERSION

Inversiones locales en costos de intervenciones verdes

- Presupuesto estimado
- Resumen de recursos

Evaluar las opciones que se tienen para pagar las acciones planteadas y buscar oportunidades de pago agradables con las soluciones verdes, cuando sea posible.

1. Reconocer fuentes de capital

Identificar los orígenes del capital disponibles para implantar soluciones naturales, y así investigar la capacidad de diferentes fuentes de financiamiento del gobierno local y nacional, y





las opciones de implementación asociadas. Tener en cuenta cómo las fuentes de capital internacionales, junto con las instituciones bancarias internacionales, están vinculadas a los entornos nacionales enlazados con las soluciones medioambientales (Mundial, 2017).

2. Evaluación del progreso, riesgos y viabilidad del proyecto con los fondos disponibles

Evaluar los requisitos de capital para la implementación del proyecto, incluidas las medidas de protección ambiental y social, además toca tener en cuenta que las SBN pueden diferir de las soluciones convencionales en términos de cronograma de desembolso, comportamiento y riesgo, lo que se aplica a las fases de implementación, monitoreo y evaluación. Considerar la viabilidad y adaptabilidad institucional, con las inversiones de capital (significativas) necesarias para que las SBN tengan éxito (Mundial, 2017).

3. Incentivos de control (desventajas)

Tenga en cuenta que las fuentes tradicionales de financiación pueden fomentar el uso de soluciones convencionales en lugar de medidas híbridas o ecológicas, de hecho, la estructura de los proyectos se conoce mejor, la duración puede ser más corta y el monto del desembolso puede ser mayor. También tenga en cuenta que la financiación de la infraestructura tradicional y las SBN se logran proporcionar a través de diferentes programas u organizaciones (Mundial, 2017).



PASO 3 REALIZAR UNA EVALUACIÓN DE ECOSISTEMAS, PELIGROS Y RIESGOS

Presencia, salud y funciones de los ecosistemas

- Mapa de peligros e inseguridades
- Mapas de ecosistemas y usos del suelo adecuados
- Mapa de áreas de desbordamiento hídrico

Llevar a cabo una valoración del tipo y la magnitud de riesgo ante una inundación, incluyendo los impactos sobre las personas, la propiedad y la infraestructura, con especial atención a la función del ecosistema (Mundial, 2017).

1. Implementar una evaluación integrada sistemática del área de intervención

Identificar áreas de interés directo (basados en el 1 paso) y evaluar los sistemas sociales, económicos, medioambientales e institucionales más variados. Este debería incluir una valoración de los sistemas biofísicos, los ecosistemas proporcionados. Proporcionar información con mayor detalle sobre principales categorías del peligro de desbordamiento que afectan el área de estudio y sus fuentes (la tarea comienza en el Paso 1). Los desbordamientos de ríos, costas y tormentas suelen causarse por diferentes motivos, que incluyen precipitaciones localmente excesivas, grandes caudales de ríos o marejadas ciclónicas. Identificar ampliamente los diferentes tipos de ecosistemas en la región y su potencial para la disminución del peligro. Tenga en cuenta que es probable que el área de preocupación desde la perspectiva de la gestión del ecosistema sea mucho más grande que el área en riesgo directo de inundación. (Mundial, 2017).



2. Recopilación de datos

Recopilar información que pueda ser utilizada para la valoración de peligros por inundación. Esto incluye datos de riesgo (ejemplo, precipitaciones, caudales de los ríos, niveles del mar y datos de alturas), niveles de presentación (ejemplo, la densidad y la disposición de la población y la ubicación de la obra) y peligros. Para estimar los aspectos políticos del plan, recopile datos de las organizaciones que administran los bienes en cuestión. Este se emplea en particular al marco estrategia, legal y regulador (legislación, planes de desarrollo de ciudades nacionales o regionales), las instituciones relevantes y las partes interesadas (Mundial, 2017).

3. Evaluar el nivel actual, la condición y el desempeño de los ecosistemas

Discuta si algún ecosistema actualmente tiene un papel que desempeñar en la protección contra las inundaciones. Se debe tener en cuenta cómo los ecosistemas pueden ayudar a una mayor reducción de peligro ante inundaciones, el estado del ecosistema debe contar con riqueza y diversidad de especies y la biomasa, además los cambios históricos y la predisposición en el ecosistema deben estudiarse para obtener una primera conclusión de la estabilidad y la integridad del ecosistema, así como el comprender los servicios iniciales de aprovisionamiento y regulación del ecosistema. Igualmente, el tiempo, se tienen que anticipar las predicciones futuras que puedan afectar estas soluciones (Mundial, 2017).

4. Modelado de riesgo de inundación actual y futuro

Realizar evaluaciones probabilísticas de modelos hidrológicos e hidráulicos y mapear zonas de inundación con magnitudes y ubicaciones potenciales de diferentes tipos de inundación



asociados. El final de las investigaciones nos deja mapas de las potenciales zonas de inundación en diferentes periodos de retorno y perspectivas planificadas adecuadas (Mundial, 2017).

5. Calcular el peligro y el riesgo de inundación actual y futuro

Combinar mapas de peligro de inundación con datos de peligrosidad y vulnerabilidad para generar valoraciones de impacto económico y humano. Los posibles escenarios futuros deben desarrollarse utilizando escenarios de cambio climático que aumentan los riesgos de inundación, escenarios que degradan cualquier infraestructura de gestión de inundaciones y escenarios Los datos socioeconómicos se calculan a partir de los datos proyectados en la zona, el uso del suelo y urbanismo (Mundial, 2017).

6. Determinar las facilidades y barreras para la instalación de soluciones en un contexto social y político

Evaluar los aspectos legales, regulatorios, financieros, socioeconómicos, políticos y su impacto en la viabilidad de crear diferentes soluciones de reducción de riesgos, considerando la posibilidad de poder cumplir los reglamentos o normativas existentes, o la oportunidad de desarrollar otros nuevos. Las políticas regionales o nacionales que puedan influir en la preferencia de un gobierno por intervenciones ecológicas o técnicas. Evaluar la sumisión de la sociedad cerca del ecosistema y qué participaciones pueden cambiar esta situación (Mundial, 2017).



ASPECTOS DEL ECOSISTEMA

PASO 4 DESARROLLAR UN PLAN DE SOLUCIONES BASADOS EN LA NATURALEZA

Potencial del ecosistema, identificar opciones

- Lista de medidas
- Mapa estratégico

Identificar posibles estrategias para reducir el peligro de inundación y evaluar si las SBN son una buena opción o una valiosa adición a las soluciones convencionales. Si es posible, priorice las soluciones según el siguiente orden al evaluar las opciones de respuesta. Se considera la “no intervención” como un inicio y luego se consideran las opciones de manejo, que son medidas informativas de alerta temprana y la planificación del uso del suelo. Luego, determine si trabajar solo con procesos nativos logra el nivel de seguridad deseado.

Esto implica trabajar con los procesos naturales y ecológicos existentes, es decir, gestionar los ecosistemas existentes, por lo que otra opción es intervenir más activamente en su creación. Trabajar con procesos naturales y aplicar soluciones, ecológicas son dos formas de gestionar el riesgo de inundación en función de la naturaleza. Las soluciones gris-verde se refieren a respuestas híbridas que combinan infraestructura tradicional, como zanjias, con restauración de ecosistemas u otras soluciones naturales. Solo cuando no hay forma de implementar SBN se pueden seleccionar las soluciones tradicionales (grises) (Mundial, 2017).



1. Teniendo en cuenta el contexto socio-político y las estrategias existentes

Referencias y basadas en planes, algunas estrategias de desarrollo nacionales y regionales, para seleccionar objetivos y medidas, teniendo en cuenta los derechos comunes al uso de la tierra y la gestión de los recursos en el área de intervención, así mismo se deben identificar oportunidades y barreras para la implementación durante la vida proyectada del proyecto.

Algunos proyectos pueden beneficiarse del liderazgo estatal y la gestión institucional de arriba hacia abajo para garantizar una buena intervención, mientras que otros funcionarán mejor bajo el liderazgo del gobierno, la sociedad civil o coaliciones público-privadas. (Mundial, 2017).

2. Seleccionar un objetivo de reducción de inundaciones

Determinar un nivel aceptable de riesgo basado en las interacciones del paso 1 y las inversiones reales disponibles en medidas de mitigación de riesgos. Definir claramente la duración del enfoque del manejo de riesgos, además las estructuras hechas por el hombre suelen tener una vida útil de 50 años. Se debe establecer un período por lo menos de 50 años, sin embargo, el plazo puede variar según el grado de incertidumbre futura y del presupuesto existente (WWF, Natural & Nature-based Flood Management: A GreenGuide, 2017).

3. Identificar las opciones verdes a las opciones convencionales o de valor agregado

Teniendo en cuenta que pueden ser necesarias medidas no estructurales (como sistemas de detección temprana y previo uso de la tierra), diferentes combinaciones verdes, convencional y no estructural para abordar el tema específico del peligro de desbordamientos, además considere cómo preservar, expandir los ecosistemas existentes o restaurar los ecosistemas dañados pueden ayudar. Revisar proyectos anteriores y posibles soluciones ecológicas para





conocer las lecciones aprendidas y los costos generados. Evaluar qué situaciones pueden afectar tanto la estabilidad como el desempeño de los ecosistemas críticos, de igual manera analizar muy bien para integrar un manejo más amplio del sistema y crear estrategias viables y las acciones correspondientes (Mundial, 2017).

4. Evaluar la combinación de acciones contra las conservaciones y restauraciones de ecosistemas existentes

Analizar si las medidas seleccionadas se pueden realizar a través de la conservación y restauración de ecosistemas existentes ecología. asimismo, identifique la necesidad de crear nuevos ecosistemas o precauciones técnicas y qué métodos se pueden utilizar. Los estudios del ecosistema realizados en el Paso 3, pueden proporcionar la base para seleccionar métodos apropiados para la conservación, restauración y manejo del ecosistema, aquí se pueden desarrollar análisis de factores que impiden o amenazan el estado de los ecosistemas para guiar una correcta adopción de las soluciones necesarias. Utilizar las fuentes existentes sobre ecología, y utilizar los principios anteriores para adoptar métodos apropiados y no impactar de manera negativa en otros ecosistemas en el área, e intente llevar a cabo una evaluación integral de cómo las nuevas medidas podrían afectar los ecosistemas existentes (Conservancy, 2014).

5. Finalización de la estrategia de financiamiento

Con las estimaciones de costos, se plantean estrategias de mitigación de riesgos que cubren diferentes grupos de selección, comience a finalizar la estrategia de financiamiento. Los criterios a considerar incluyen la cantidad de fondos disponibles, el proceso de solicitud de subvenciones y la misión del patrocinador, además tenga en cuenta que algunos de los





procedimientos de registro son bastante largos y es posible que deba cumplir con requisitos adicionales (Mundial, 2017).

6. Discutir los objetivos de reducción de riesgos y las estrategias con las partes interesada

Realizar consultas masivas con todos los involucrados para discutir las áreas de posible intervención, así como también discutir los objetivos de mitigación de riesgos y el papel (potencial) del ecosistema en la mitigación de riesgos, utilizando información de las evaluaciones de riesgos y el ecosistema, de igual forma encontrar una manera de comprender los intereses y preferencias de cada interés sin aumentar las expectativas y reajuste las prioridades de mitigación de riesgos según sea necesario (Mundial, 2017).

7. Disponer de una lista corta de intervenciones socialmente aceptables y técnicamente factibles para un análisis posterior

realizar reuniones con los interesados para discutir estrategias y pasos de viabilidad. Para seguir con el análisis, se seleccionan opciones que sean técnicamente fiables, económicamente viables y deseables desde las diferentes perspectivas de los interesados. Incorporar completamente los beneficios generados por la intervención en el proceso de selección, así como las prioridades de las partes interesadas (PNUMA, 2014).

PASO 5 ESTIMACIÓN DE COSTOS, BENEFICIOS E IMPACTOS

Efectos de las medidas en el ecosistema

- Análisis de costo-beneficio
- Evaluación de impacto





- Evaluación de riesgos con intervenciones

Cuantificar el impacto de las medidas en los objetivos del proyecto, el análisis de costo-beneficio para comparar los costos constructivos y el mantenimiento con el rango de beneficios obtenidos. Este análisis debe centrarse en la implementación de las medidas contra el objetivo de reducción de riesgos identificado en el paso. Los resultados pueden usarse para determinar qué medidas son más rentables. Según los progresos del proyecto y la evolución natural de las interacciones de los interesados se describen a continuación, en el siguiente paso el número 6, donde es posible que sea necesario repetir estos análisis a un nivel cada vez más detallado (Mundial, 2017).

1. Modelar los peligros de inundaciones actuales y futuros con las alternativas tradicionales y basadas en la naturaleza

Integrar estructuras híbridas y viables identificadas en el paso 4, y el modelo del Paso 3 bajo la situación actual, así como en el clima y condiciones socioeconómicas proyectadas. los métodos y modelos matemáticos para evaluar la efectividad de las medidas alternativas para disminuir los posibles peligros están en constante evolución. Revisar críticamente las metodologías y las hipótesis utilizadas para esta evaluación. Utilice los modelos con prudencia, si corresponde, aplicando configuraciones de parámetros conservadoras a los modelos deterministas y teniendo una distribución de parámetros suficientemente amplia en los modelos probabilísticos (Mundial, 2017).



2. Calcular los gastos y beneficios de la disminución de peligros de desbordamientos

Calcular los gastos de la inversión así mismo el mantenimiento para cada posible solución, comparando el daño de los modelos de no intervención con el daño de aplicar posibles soluciones, del principal método de cálculo del beneficio de los modelos de mitigación. En los cálculos, tener en cuenta la duración que se tienen en completar la construcción o volverse operativa, ya que las soluciones, por su naturaleza, pueden tardar años en alcanzar su máximo potencial, para reducir los peligros de desbordamientos (Mundial, 2017).

3. Estimar que impactos sociales y medioambientales

Estimar las consecuencias que trae en la comunidad y medioambientales de las medidas seleccionadas para verificar, si estas requieren correcciones según las normativas nacionales e internacionales, puede requerir de acciones como la reubicación involuntaria de personas o pueden tener un efecto en el ecosistema existente (Mundial, 2017).

4. Identificar beneficios adicionales asociados con las medidas de reducción de riesgos

Identificar completamente los beneficios que traen la instalación de estas soluciones y el valor positivo para la sociedad y el medio ambiente en todos los planes considerados, los beneficios socioeconómicos y ambientales que se obtienen, además determine cómo los diferentes involucrados de interés pueden aumentar o disminuir a través de los días. Cuantificar y monetizar los beneficios, utilizando herramientas que valoren los ecosistemas, como el aumento de las poblaciones de peces y vegetación. (Mundial, 2017).



5. Realizar un análisis integral de costo-beneficio y eficiencia

Llevar a cabo un estudio integral del potencial económico de cada solución posible, incluyendo las reducciones de riesgo esperadas y otros beneficios, para una comparación justa de costos y beneficios el valor monetario debe ser deducido y convertido al valor actual, los gastos se deben pagar en los primeros años del proyecto, pero los grandes resultados se obtienen anualmente durante varias décadas (Mundial, 2017).

PASO 6 SELECCIÓN Y DISEÑO DE INTERVENCIONES

Diseño de opciones verdes e híbridas

- Diseño en base a los datos
- Planes de control
- Planes de conservación

Seleccione la opción más adecuada y eficaz, en función de la identificación del problema, el análisis de costo-beneficio, las necesidades y la capacidad regionales. Preparar un plan detallado de diseño y ejecución (Mundial, 2017).

1. Escoger las normativas eficaces y posibles en cooperación con los involucrados

Examinar los estudios integrales del potencial económico con los involucrados en acciones interactivas. determinar quiénes son los involucrados que deberían participar en la reunión y que garanticen el compromiso con los planes estratégicos (Mundial, 2017).



2. Diseñar un proyecto de sistemas de seguimiento, iniciando con el control de valores de referencias.

Existen gran variedad de sistemas de calificación y aún no está claro cuál es el más apropiado para las SBN, de ser necesario un sistema de calificación diferente, es decir, control, resultados, notificaciones y verificaciones, con asignación de valores y responsabilidades, los marcos lógicos y los enfoques de manejo basados en resultados es más común, estas deben adaptarse a las características del proyecto. Decidir sobre las responsabilidades de las organizaciones que llevarán a cabo una vez finalizado el proyecto (Mundial, 2017).

3. Organizar prediseño de ingeniería antes de implementar soluciones

Preparar un prediseño de ingeniería y un estudio de viabilidad de las medidas seleccionadas, incluyendo las exigencias detalladas de los materiales y mano de obra, para el diseño ingenieril, se debe basar en el objetivo de reducir el peligro de los efectos de las inundaciones, la integración necesaria del ecosistema existente, los métodos de manejo y restauración del ecosistema identificados. (Mundial, 2017).

4. Escribir un plan de mantenimiento

Para reducir de manera efectiva el riesgo de medición largo y extenso, se escribe un plan de mejoramiento como parte de la fase de elección, diseño, y costos del mejoramiento en el proceso de selección y que afectara el diseño óptimo, de igual forma es necesario elegir el encargado del mantenimiento y de qué manera administrara la financiación a largo plazo, considerar también tener en cuenta las normativas según los reglamentos locales (Mundial, 2017).





PASO 7 IMPLEMENTACIÓN Y DESARROLLO

Mantenimiento debido, restauración o creación de partes importantes del ecosistema

- Duración de la intervención
- Marco regulatorio
- Medidas a implementar

Implementar el proyecto en conjunto con los involucrados, asegurando el cumplimiento de las normativas sociales y medioambientales (Mundial, 2017).

1. Revisión de las declaraciones de impacto ambiental y social

Revisión de las declaraciones de impacto ambiental y social, incluidas las normativas y defensorías relacionadas con el proyecto, iniciar planificando cualquier reubicación involuntaria de personas y preparar el sitio de implementación para limitar el impacto ambiental (Mundial, 2017).

2. Examinar la estructura del ecosistema, la biodiversidad de especies y la función en el entorno

Implementar las condiciones técnicas y ecológicas para el proyecto de acuerdo con los principios. Monitorear sigilosamente las actividades y los impactos del ecosistema durante la fase de implementación. Se debe prestar atención a cualquier cambio drástico en la estructura, las especies y el comportamiento del ecosistema, en cuanto a las soluciones híbridas, asegurarse de que los trabajos de ingeniería y las partes del ecosistema se ejecuten en armonía según el plan diseñado (Mundial, 2017).



3. Mantener un compromiso continuo con las partes involucradas y la comunidad en el transcurso de la implementación

comunicar y consultar continuamente a los actores clave seleccionados en etapas anteriores. Asegurar que los involucrados se apropien con el trabajo y participen en las todas las actividades. En la comunicación, considerar los impactos a corto plazo, así como las ventajas para la comunidad y el medio ambiente. vigilar el impacto de los trabajos de construcción y restauraciones locales. Ajuste con flexibilidad el rendimiento del proyecto según sea necesario, en función de las necesidades cambiantes de las partes involucradas y los nuevos datos a medida que estén disponible (Mundial, 2017).

PASO 8 MONITOREAR Y CONTRIBUIR A ACCIONES FUTURAS

Monitorear el trabajo, la resistencia y la estabilidad del ecosistema

- Informes de monitoreo
- Acciones a tomar
- Previo cambio lecciones aprendidas

Las actividades de monitoreo durante y después de la implementación de un enfoque basado en soluciones que se necesitan para conservar su efectividad y construir en base a las evidencias, así mismo son necesarios para agregar las lecciones aprendidas para uso futuro. Supervisar los sistemas físicos, la salud del medio ambiente, la biodiversidad de especies y el rendimiento del hábitat.



Supervisar detalladamente todo el crecimiento que tiene el ecosistema en el área de despliegue, así como en el gran paisaje que genera, este objetivo se basa en evaluar cómo la intervención ha afectado el área, cómo se está evolucionando contra la protección ante desbordamientos de agua está avanzando según lo planeado o no. Realizar un seguimiento de la diversas y cantidades de especies hay a lo largo del tiempo y así determinar si el ecosistema está mejorando en etapas sucesivas. También evalúe si estos pasos se están dando a tiempo (Mundial, 2017).

1. Supervisar la eficacia de la reducción de riesgos

Utilizar un sistema de seguimiento para evaluar el rendimiento de las partes del trabajo, también se debe estudiar las medidas en que la reparación y la regeneración de factores ecosistémicos contribuyen cada vez más a la eficacia de la disminución de peligros. Si los monitoreos revelan resultados de cambios drásticos significativos (indeseables), se vuelve a realizar el modelo de peligro y riesgo con las soluciones implementadas por para evaluar los efectos sobre el daño (Ambiente O. p., 2017).

2. Desarrollo y ajuste de políticas y marco regulatorio

Dado que las soluciones naturales pueden implementarse durante varios años, es importante entender si hay deterioro por el paso del tiempo. Eso ayudara en un futuro para que las normativas futuras se adapten al trabajo antes de que tenga un impacto negativo en la solución (Ambiente O. p., 2017)



3. Participación Comunitaria Continua

Sostenibilidad de la Solución Comunitaria. En caso que la comunidad no participe y no vea el valor de los ecosistemas que se está restaurando o creando, con o sin permiso, la comunidad puede ayudar a la pérdida de ese ecosistema, por tanto, es necesario involucrar a todos los miembros de la comunidad a través de reuniones donde se explicara el proyecto y los beneficios que atrae. Se deben dar consejos prácticos sobre el uso y la protección de ecosistemas importantes (Ambiente O. p., 2017).

4. Revisar, valorar y ejercer

El monitoreo y la valuación deben producir lecciones sobre lo que funciona, lo que no está funcionando y el porqué, el monitoreo además ayuda significativamente al mantenimiento y otras actividades necesarias. Revisar todas las partes del trabajo, con especial atención a los resultados de reducción de riesgos, el impacto en la sociedad y el impacto ambiental, este proceso de monitoreo y revisión debe contener a todos los eventos fuera del área del proyecto que podrían afectar la efectividad de las medidas (Ambiente O. p., 2017).

3.2. SOLUCIONES COSTERAS

Las zonas costeras, es decir, la interfaz o zona de cambios entre la tierra y el mar, habitadas por una gran población atreves del mundo (Agricultura, 2012), con una alta concentración del área metropolitana (M & M. de Andres, 2016) y centros de actividad económica e infraestructural de gran importancia. Se estima que más de 23 millones de personas en el Caribe y las Américas viven a menos de 10 m.s.n.m y a 50 m de arrecifes de coral y manglares (M y otros, 2012).



Ilustración 19 Inundaciones costeras serán terribles en 2050



Fuente: (CARLOS FRESNEDA / EL MUNDO, 2019).

3.2.1. HUMEDALES COSTEROS

Arrecifes de coral, manglares, etc. Forman una barrera natural proporcionada por el ecosistema marino, la presencia de manglares permite la disipación de energía o previene este efecto, asegurando un sistema de playas más robusto y reduciendo la erosión causada por estos eventos (Vargas Montoya & Vera Del Castillo, 2021).

Los humedales costeros son las regiones con mayor dinámica estacional y variabilidad, además de tener un gran valor ecológico, en él, el agua continental y el agua de mar entran en contacto entre sí, creando una variedad de ambientes que son diferentes en composición y



concentración de sal; en los estuarios, siempre hay una mezcla de agua dulce y salada, llamada estuario. Los estuarios típicos están tierra adentro y la marea es dominante. En la mayoría de los estuarios, el agua salada y el agua dulce se mezclan de manera uniforme: el agua dulce se mueve en la superficie hacia el mar, mientras que una corriente oceánica rica en nutrientes se crea hacia el río en las profundidades. Al mismo tiempo, la fuente de aporte de materia orgánica del río fertiliza el estuario (Ruiz Pérez ,sf).

Beneficios de los Humedales Costeros

Las características funcionales de los humedales e importancia ecológica considerables:

- Participación en el ciclo hidrológico
 - Mantenimiento de las redes tróficas
 - Alta tasa de producción primaria
 - Sedimentación por vegetación
 - Estabilización de áreas costeras
 - Participación en a diversidades biológicas y diversidad paisajística
 - Hábitat diversidad necesaria para completar los ciclos biológicos de muchas poblaciones animales salvajes Áreas de invernada y migración de muchas bandadas de aves. Sus cualidades ecológicas contrastan con su extrema fragilidad.
- Los humedales son sistemas particularmente sensibles a los cambios en su régimen hídrico. Muchos humedales se han agotado, algunos más allá de la recuperación, por razones de salud (malaria endémica) y económicas (conversión agrícola) (demográfico., s.f).

3.2.1.1. MANGLARES

Los ecosistemas costeros, como los manglares, se promueven y utilizan cada vez más como herramienta en las estrategias de defensa costera, todavía existe una necesidad urgente de comprender mejor la importancias de los ecosistemas costeros; este informe analiza los manglares y su contribución a la reducción de las ráfagas de viento y las inundaciones, aunque los manglares a menudo se ubican en costas con baja energía de las olas incidentes, pueden ser golpeados por las olas más grandes durante tormentas, huracanes y vientos fuertes. Los fuertes vientos y las olas de inundación pueden causar inundaciones y daños a la infraestructura costera. Si se reducen la altura y la energía de las olas, los manglares pueden reducir el daño asociado (Desarrollo. & Kelsey Schueler, 2017).

Ilustración 20 Ecosistema de Manglares



Fuente: (UNESCO & Azoulay, 2021).

Actualmente muchas entidades de protección ambiental están protegiendo los manglares por su gran aporte al ecosistema.



3.2.1.2. ARRECIFES

Los arrecifes de coral son reconocidos como un sistema geomorfológico complejo y distintivo que se desarrolla en aguas poco profundas cálidas, claras, brillantes (generalmente por debajo de los 50 m) y es causado principalmente por el crecimiento de los arrecifes de coral. órdenes Scleractinia y Milleporina, capaces de formar esqueletos de carbonato de calcio (Garzón-Ferreira, 1997).

Debido a la presencia de grandes ríos y un ambiente predominantemente sedimentario, los arrecifes de coral en la costa son pocos y por lo tanto contienen muchos tesoros. más valioso que en otros países de otra familia con formación extensa. Se estima que menos del 10% de la costa caribeña de Colombia alberga crecimiento coralino (Garzón-Ferreira, 1997). Esto es un gran ecosistema que actualmente se encuentra en peligro, y es de vital importancia su conservación (Héctor M Guzmán, 2016).

Ilustración 21 Ecosistema - Arrecife de coral



Fuente: (SinC, 2018).

Como evita las inundaciones.

Los arrecifes de coral actúan como rompeolas naturales inundados para ayudar a reducir las inundaciones. Pueden contener las olas y drenar que generan, lo que las convierte en la primera línea de defensa. 'Estudios publicados en la revista Nature Communications, en el que ha participado la Universidad de Cantabria, analiza el número de especies y objetos protegidos en estos hábitats (Beck & cols, 2018).

Cuando aumenta el nivel del mar se intensifican las tormentas, las mareas suben y se desplazan tierra adentro, lo que aumenta el riesgo de inundaciones para decenas de personas y amenaza las economías locales. Por lo tanto, cuidar y restaurar los arrecifes de coral es una idea



bastante inteligente y más para construir en las costas que las represas tradicionales (WWF, Descubre WWF, 2020).

3.3. SOLUCIONES RIVERAS

Los bosques son un gran ecosistema que no solo embellecen nuestras tierras, también son grandes aportadores al cuidado y manejo del agua, transportándola, infiltrándola para cumplir con su ciclo de manera correcta.

3.3.1. BOSQUES

“ya se ha demostrado que la protección razonable de los bosques naturales, y la restauración de los ecosistemas forestales alterados pueden actuar como zonas de protección y zonas de amortiguamiento contra los impactos del cambio climático”. (Delgado S. A., 2020).

Los bosques juegan un papel esencial en la regulación de la temperatura y circulación del agua, el proceso de transportar agua del aire en forma de lluvia a la tierra, donde los bosques y su vegetación típicamente reciclan la precipitación y la devuelven a la tierra y regresa a la atmósfera, completando su viaje (Delgado S. A., 2020).

La capacidad natural del bosque para atrapar y evaporar más agua que otra vegetación u otras superficies para capturar más agua a través de un sistema de raíces más profundo que otros tipos de vegetación (Delgado S. A., 2020).

Ilustración 22 Cascadas en la Provincia Rodríguez de Mendoza, Perú.



Fuente: (Leon/TNC, 2019).

COMO LOS BOSQUES EVITAN LAS INUNDACIONES.

La provisión de tierras forestales se considera una defensa eficaz contra los desbordamientos; las raíces de árboles y plantas estabilizan el suelo, lo que ayuda a prevenir los deslizamientos de tierra y la pérdida de suelo, a diferencia de otros ambientes, los ecosistemas forestales también son más resistentes a las inundaciones debido a que la vegetación bloquea parte de la precipitación y la alta capacidad del suelo para absorber y retener agua. La escorrentía superficial durante lluvias extremas también es muy poca en los bosques (Delgado S. A., 2020).



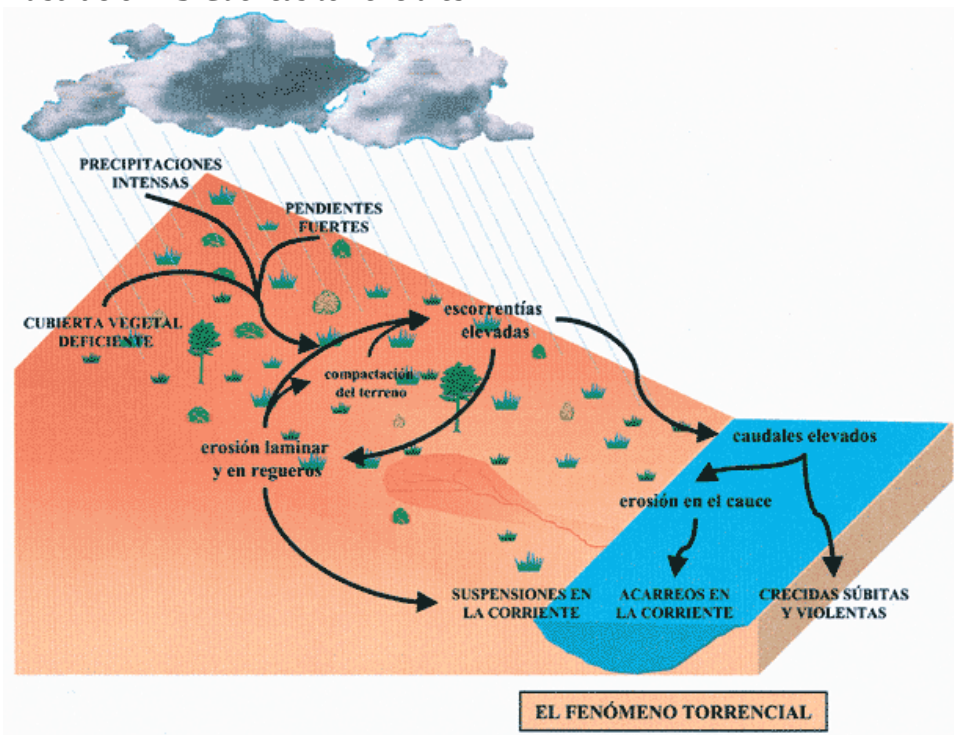
La retención de partículas en el suelo (sedimentos) tienen la posibilidad de crear las regiones boscosas se vuelve todavía más pronunciada en superficies de fuertes pendientes, donde los sistemas forestales trabajan ligados para estabilizan las pendientes, disminuyendo de esta forma la pérdida de suelo debida a la erosión hídrica, esta es un efecto que puede dañar de manera directa la porción y calidad del agua usada para varios objetivos. (Delgado M. I., 2017).

3.3.2. RESTAURACIÓN DE LAS CUENCAS

No es ningún secreto que se necesitan reservorios hidrológicos para garantizar un suministro constante de agua, pero pocas personas saben que restaurar y preservar los sistemas fluviales es más que solo planificar la plantación de árboles y transformar las operaciones fotográficas.

En primer lugar, debe entenderse que la regulación de la cuenca del río tiene como objetivo mantener un caudal de referencia menos variable para que durante la temporada de lluvias el agua no fluya descontroladamente hacia el cauce del río y se acumule en el suelo, y durante los períodos de escasez de agua abastecimiento total tanto en calidad como en cantidad. Cuando las actividades se ven afectadas por factores como la deforestación y la erosión, se necesitan planes de restauración para alentar a las áreas afectadas a restaurar a un estado sostenible o sostenible (Cenicaña, 2016).

Ilustración 23 Cuencas torrenciales



Fuente: (España, N.D).

¿QUÉ BENEFICIOS SE OBTIENEN?

Vale decir que estos esfuerzos se centran en mantener los servicios de los ecosistemas, como el suministro de agua, la prevención y el control de la erosión, la protección de la biodiversidad y los sumideros de carbono.

Debido a que estos esfuerzos sean efectivos, se debe comprender el curso natural de la restauración del ecosistema; Comprender la relación entre la precipitación y la escorrentía en diferentes condiciones, por ejemplo, de los cambios de temperatura, precipitación y rango. La contaminación y el cambio climático son ahora factores decisivos, con base en este conocimiento, se pueden seleccionar especies de plantas resistentes a los cambios fisiológicos en



la cuenca y otras adaptaciones específicas y se pueden determinar métodos agroforestales que promuevan la actividad ecológica (Cenicaña, 2016).

Lo anterior explica por qué un aumento de las poblaciones de árboles en un sistema fluvial saludable puede conducir a un mayor consumo de agua debido a un mayor efecto de evapotranspiración, reduciendo así el suministro de agua de la cuenca en lugar de contribuir a ella (Cenicaña, 2016).

¿QUÉ IMPORTANCIA TIENE PARA EVITAR LAS INUNDACIONES?

La cantidad y la calidad de las aguas superficiales y subterráneas están estrechamente relacionadas. En la parte alta y central de la cuenca se forman aguas de río y acuíferos, ya que son las áreas donde se concentran las precipitaciones (Cenicaña, 2016).

3.4. SOLUCIONES URBANAS

La solución al grave problema de inundaciones de las zonas urbanas de las grandes ciudades es el uso de sistemas de drenaje sostenibles SUDS. Con un buen plan de gestión del agua, evitará muchos problemas de agua que un sistema de alcantarillado convencional no puede resolver.

3.4.1. SUDS (SISTEMAS URBANOS DE DRENAJE SOSTENIBLE)

Los SUDS son un enfoque de planificación urbana y gestión de aguas pluviales que imita los procesos hidrológicos del desarrollo urbano mediante el control de la escorrentía en el paisaje urbano. Estos sistemas tienen como objetivo, reducir la cantidad de agua en el vertido final y



mejorar la calidad de las aguas residuales vertidas al medio natural, introduciendo soluciones integradas en el ámbito de la gestión del ciclo del agua, incluyendo la protección del medio ambiente en el aprovechamiento del agua en cada país (UNINORTE, 2021).

La ingeniería de drenaje sostenible se incluye en el desarrollo urbano sostenible, considera los temas relacionados con el drenaje urbano en la planificación urbana desde el principio. Estas actividades reconocidas siempre varían de un país a otro, SUDS (drenaje urbano sostenible) en el Reino Unido, BMP (mejores prácticas de gestión) en los EE. UU. o Control Practices best control (MPC) en los países de América Latina. (Abellán, 2021).

BENEFICIOS DE SUDS

Las principales ventajas de utilizar el modelo SUDS en los sistemas de aguas residuales municipales son:

- Manejar la escorrentía lo más cerca posible de la fuente natural utilizando las mejores prácticas locales o nacionales para una mejor prevención.
- Reducir la descarga de contaminante en escurrimientos a alcantarillados convencionales o para ser liberados directamente a organismos receptores. Promover diseños ecológicos combinados con el control de flujo tradicional.
- La conservación de los reservorios naturales de agua y las funciones hidrológicas naturales crea un paisaje multifuncional.
- Integrar las estrategias de gestión de aguas pluviales desde las primeras etapas de planificación y diseño



- Reducir los gastos de construcción y mantenimiento de toda la infraestructura tradicional de aguas pluviales.
- Crear condiciones para que la comunidad proteja el medio ambiente por medio de estudios y charlas comunitarias con la ciudadanía (UNINORTE S. , 2021).

TIPOS DE DRENAJES SOSTENIBLES

Dentro de los tipos de SUDS tenemos los siguientes: jardines de bio-almacenamiento o jardines de lluvia, techos verdes, pavimentos permeables, pozos de infiltración y cunetas verdes.

Jardines de lluvia

Un jardín de bio-almacenamiento es un espacio modificado que permite procesos de recolección y almacenamiento de agua de lluvia desde el inicio del evento, gracias a la capacidad de permeabilidad del suelo. (UNINORTE, 2021)

Ilustración 24 Construcción de un jardín de lluvia en la ciudad.



Fuente: (AODpaisajes, 2020).

¿Por qué son importantes los jardines de lluvia?

A medida que se expanden los suburbios y las ciudades, el agua de lluvia se convierte en un problema cada vez mayor. A medida que emergen más y más superficies impermeables en nuestras comunidades, ayudar a drenar el agua de lluvia se vuelve más importante que nunca. Esto protege la calidad del agua y reduce la escorrentía de aguas pluviales dado que la escorrentía de agua de lluvia de las áreas desarrolladas aumenta la probabilidad de inundaciones y transporta contaminantes de las carreteras, estacionamientos y césped, a otras fuentes naturales como arroyos y lagos locales. (USDA y otros, 2011).



Donde se deben ubicar

Se pueden establecer en cualquier lugar donde exista un buen suelo con una adecuada tasa de infiltración. Es mejor ubicar el jardín de lluvia lejos de los cimientos del edificio, el servicio eléctrico y el sistema séptico (USDA y otros, 2011).

Tamaño

Suelen tener entre 7 y 20 m de superficie impermeable, lo que genera escorrentía y termina allí. Mida el área cuadrada de la zona impermeable (largo x ancho), luego multiplíquelo por 0.07 (7%) (USDA y otros, 2011).

Techos verdes

Los techos verdes son espacios verdes que existen desde hace muchos años, por ejemplo, en Europa se utilizan como fuente de acumulación de calor para las casas. Consisten en una gruesa capa de suelo con vegetación, césped y/o árboles y requieren soporte estructural adicional. (UNINORTE, 2021).

Componentes del techo verde

Para que el sistema de techo verde tenga las condiciones óptimas para un buen trabajo, se requieren los siguientes factores:

- Soporte mecánico La instalación soporta todos los componentes.
- La membrana radicular impermeable impide el crecimiento de las raíces.

- La capa de drenaje tiene la función de recibir la lluvia y dirigirla hacia el sistema de drenaje del techo. También se puede utilizar como reserva de agua.
- La capa de filtro evita el movimiento de partículas finas desde el soporte hasta la capa de drenaje.
- El sustrato del suelo soporta físicamente la vegetación proporcionándole al agua el oxígeno necesario.
- La clase de las plantas que se seleccionen deben cumplir con la función del sistema natural seleccionado (Zielinski, 2012).

Ilustración 25 Techos verdes



Fuente: (Caribe U. A., 2019).

Pavimento permeable

El pavimento permeable es una mezcla de hormigón de alta porosidad y subsuelo permeable. Este tipo de pavimento puede realizar las mismas funciones que un pavimento convencional cuando se trata de aplicaciones en estacionamientos, andenes y aceras. En muchos casos, el pavimento permeable puede ser más permeable que algunos suelos, lo que le permite absorber completamente el agua de lluvia (UNINORTE, 2021).

Ilustración 26 Pavimento permeable



Fuente: (EcoHabitar, 2022).

Principal Objetivo

(Cárdenas Gutiérrez y otros, 2017) refieren que el objetivo de estos sistemas es crear zonas de entrada o almacenamiento de agua y amortiguar la precipitación, aumentando su tiempo de concentración. Este sistema debe usarse en áreas con poca pendiente como estacionamientos, poco tráfico o caminos irregulares. y plataformas, entre otros, donde el nivel freático sea



profundo en el fondo del área de almacenaje para que no interfiera y reduzca el volumen de captación (Legret, 1999).

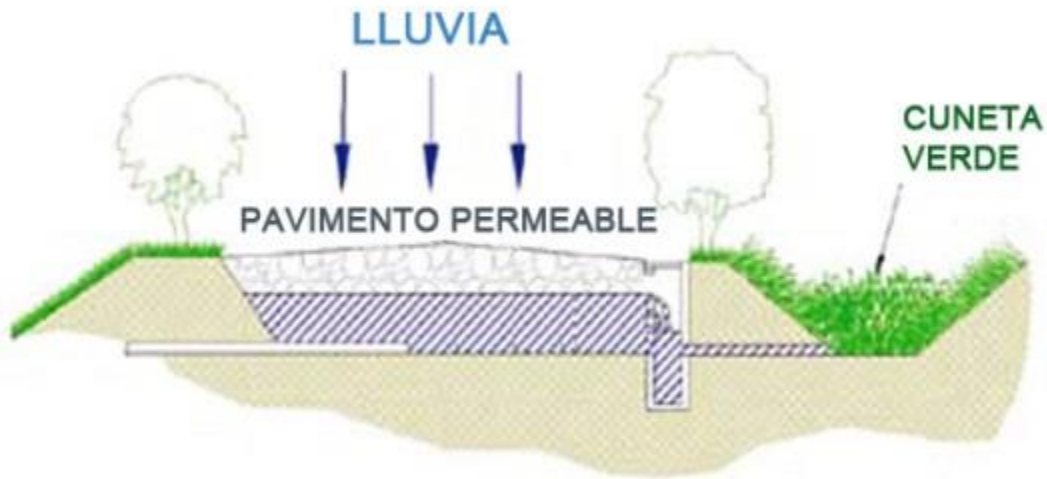
Beneficios

- Gestiona eficazmente la escorrentía de aguas pluviales con la reducción de alcantarillas y bordillos
- Reduce la contaminación de los cuerpos de agua
- Llena los acuíferos
- Mejor uso de la tierra adyacente a las carreteras
- Reduce las islas de calor
- Eliminación de agua estancada
- Crédito de construcción LEED (Cárdenas Gutiérrez y otros, 2017).

Cunetas verdes

Las cunetas verdes o canaletas orgánicas son canales trapezoidales que están destinados a recoger el agua de escorrentía. (UNINORTE S. , 2021).

Ilustración 27 Cuenta verde



Fuente: (Manual, 2006).

Formas y desempeño

Su forma es accidentada con amplias bases y suaves pendientes cubiertas de vegetación. Los desagües inferiores siempre deben ser capaces de drenar agua. Los tanques de permeación pueden recolectar agua de una cuenca de drenaje más grande que los pozos y zanjas, ya que también permiten que el agua se almacene temporalmente sobre el suelo para almacenarla cuando sea necesario. El rendimiento de estos sistemas se puede mejorar como en el caso de las zanjas permeables, es decir, colocando un sistema de pretratamiento para reducir el ingreso de sólidos en suspensión al sistema, reduciendo así el riesgo de obstrucción por filtraciones. (Castro Fresno y otros, 2005).



Tipos de cunetas verdes

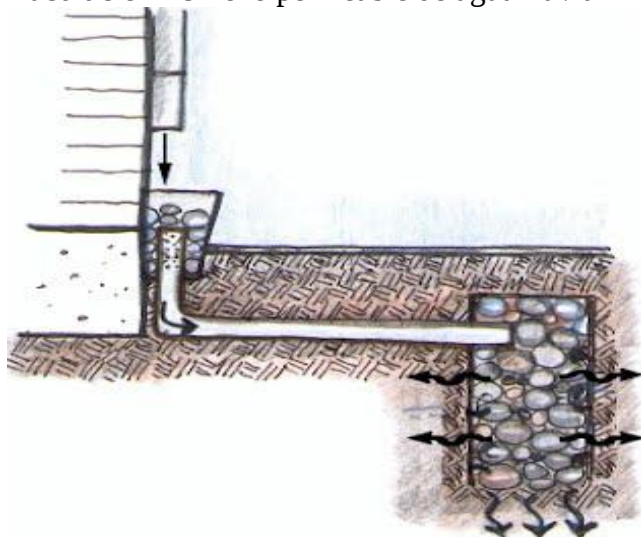
Existen tres tipos de cunetas verdes: Alcantarillas de pasto tradicionales para el tratado de las aguas residuales. El pulso, con un filtro de material altamente permeable, permite que todo el volumen de agua penetre por el fondo del canal. Las plantas húmedas retienen agua constantemente, por lo que se plantan en lugares con altos niveles de agua subterránea o suelos impermeables. (Pita Benavides, 2017).

Pozos Permeables

Los Pozos Permeables son una alternativa para ser instalados donde no se pueden realizar trabajos de superficie. Estos son sistemas sanitarios en rellenos sanitarios y sus dimensiones se pueden cambiar según sea necesario. (UNINORTE, 2021)

A nivel urbanístico, siempre existe la necesidad de introducir nuevas tecnologías de drenaje sostenible. En este sentido, como alternativa a un sistema de drenaje sostenible, se presenta un pozo o zanja de infiltración que, además de reducir los picos de tormenta, contribuye a una reducción significativa del aporte de escorrentía al sistema. El drenaje urbano convencional también se puede considerar como una medida de pretratamiento. alternativas, antes de implementar la gestión de aguas pluviales y transferirlas a un cuerpo de agua. (Cubides & Santos, 2018).

Ilustración 28 Pozo permeable de agua lluvia



Fuente: (CHILE.CUBICA, 2020)

NORMAS DE COMPETENCIA DE SUDS

El Decreto 597 de 2018: Decreto 528 de 2014

Cabe señalar entonces que la gestión del saneamiento, incluidos los sistemas de saneamiento urbano sostenible, es proporcionada por los gobiernos locales y los proveedores de servicios públicos de saneamiento; hacerlos responsables del diseño, construcción, mantenimiento y operación de los mismos conforme a las herramientas creadas por la Ley, en particular con referencia a los respectivos Planes de Ordenamiento Territorial, POMCAS y Planes Sectoriales.



Resolución Conjunta 001 de 2019 entre SDP y SDA: Compensación al endurecimiento

Si en áreas resistentes se prevé la implementación de SUDS, a saber, planicie de inundación, canal verde (o cerco), zona de bio-asentamiento, trinchera permeable, cuenca tipo de sistemas de drenaje, áreas secas, pasarelas permeables y tanques de almacenamiento artificiales o húmedos. lagunas, estas se cuantificarán positivamente según el método descrito en el numeral del anexo de esta resolución de balance espacial de zonas verdes. (Ambiente S. D., 2021).

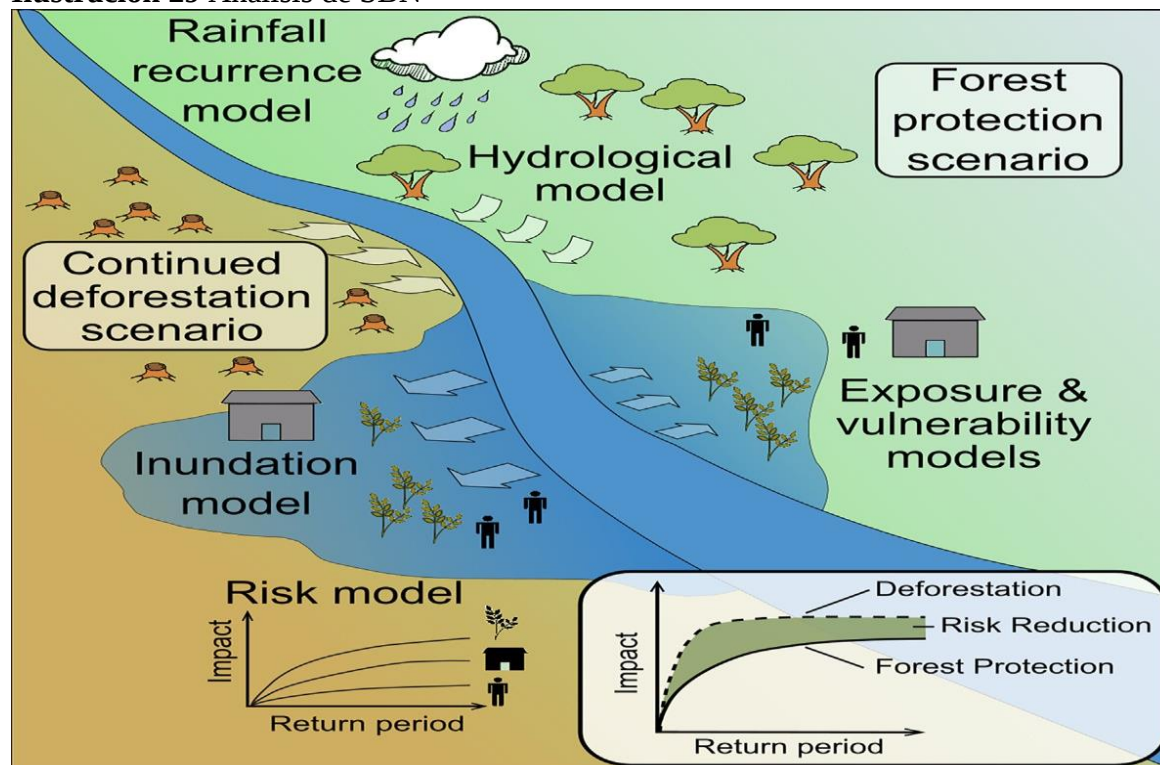
4. EFICACIA DE LAS SBN PARA LOS PELIGROS NATURALES: ENFOQUES DE MODELADO

Para los métodos de evaluación de NBS, nos enfocamos en considerar (i) modelos numéricos o basados en procesos, y CBA y análisis/toma de decisiones de criterios múltiples (MCDA/MCDM). El mapeo de HMR y la evaluación de daños físicos están más allá del alcance. Pueden clasificarse en modelos unidimensionales (1D), bidimensionales (2D) o tridimensionales (3D). La estructura del modelo determina cómo se utilizan los datos de entrada para mapear HMR, evaluar el daño y simular los efectos de remediación de NBS (Kumar y otros, 2021).

One Earth (Lallemant y otros, 2021) desarrollo un marco de análisis de riesgo probabilístico para cuantificar los beneficios económicos y humanos de las SBN. Mostramos que centrarse en las grandes inundaciones actuales puede subestimar los beneficios de las SBN. La medición económica del peligro puede ayudar a integrar a las SBN en la planificación de infraestructuras y la práctica de seguros.



Ilustración 29 Análisis de SBN



Fuente: (Lallemant y otros, 2021)

4.1. ESTUDIO DE CASO: CUENCA DEL RÍO CHINDWIN, MYANMAR (BIRMANIA)

A continuación, mostraremos los resultados de un estudio de las SBN aplicado en el río Chindwin es un importante afluente del río Irrawaddy, ubicado en la parte noroeste de Myanmar. El río tiene un área de captación de aproximadamente 113.800 km.²,35y apoya a aproximadamente 6,6 millones de personas, la cuenca recibe un promedio de 3.800 mm de precipitación anual en la parte norte de la cuenca y 760 mm en la parte sur. Más del 75% de las precipitaciones anuales se producen durante la temporada de los monzones, entre junio y octubre, lo que a menudo provoca inundaciones entre julio y agosto. Los ciclones de la Bahía de



Bengala pueden causar inundaciones importantes antes, durante o después de la temporada del monzón (Lallemant y otros, 2021).

4.1.1. MODELOS HIDROLÓGICOS E HIDRÁULICOS

Para calcular la curva de riesgo de inundación, se realizó análisis de inundación para seis eventos correspondientes a períodos de retorno de 5, 10, 25, 50, 100 y 500 años. Para tener en cuenta la incertidumbre en las estadísticas de valor extremo de la precipitación, se obtuvieron intervalos creíbles bayesianos del 95 % de las intensidades de la precipitación mediante el muestreo de las distribuciones posteriores de los parámetros del modelo mediante un procedimiento estándar de Monte Carlo de cadenas de Markov. Con lo cual se calcularon mapas de inundación para un total de 36 tormentas: dos escenarios de uso de la tierra, seis períodos de retorno y tres puntos de distribución de intensidades de lluvia inciertas (esperada, límite superior de confianza y límite inferior de confianza) mediante el acoplamiento de una hidrología completamente distribuida. modelo (que simula el caudal en el aforador de Monywa), con un modelo hidráulico (que simula la profundidad de la inundación (Lallemant y otros, 2021).

4.1.2. RESULTADOS

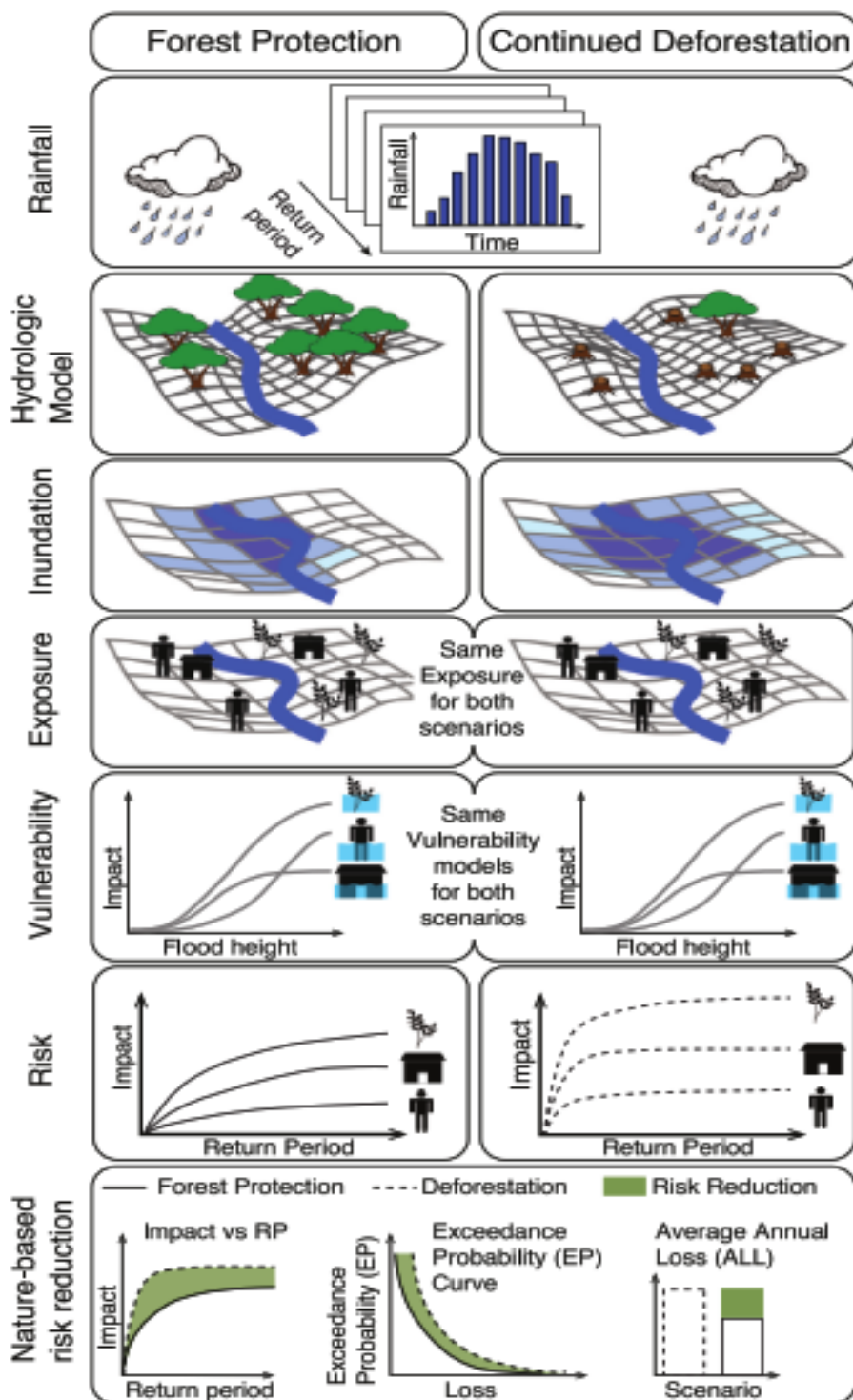
- Las SBN pueden reducir significativamente los impactos de las inundaciones en la sociedad
- El enfoque actual en las grandes inundaciones subestima los beneficios de las SBN
- Análisis probabilístico sólido de la reducción de riesgos basada en la naturaleza en contextos con escasez de datos



- Medir la reducción de riesgos en términos económicos puede ayudar a incorporar SBN

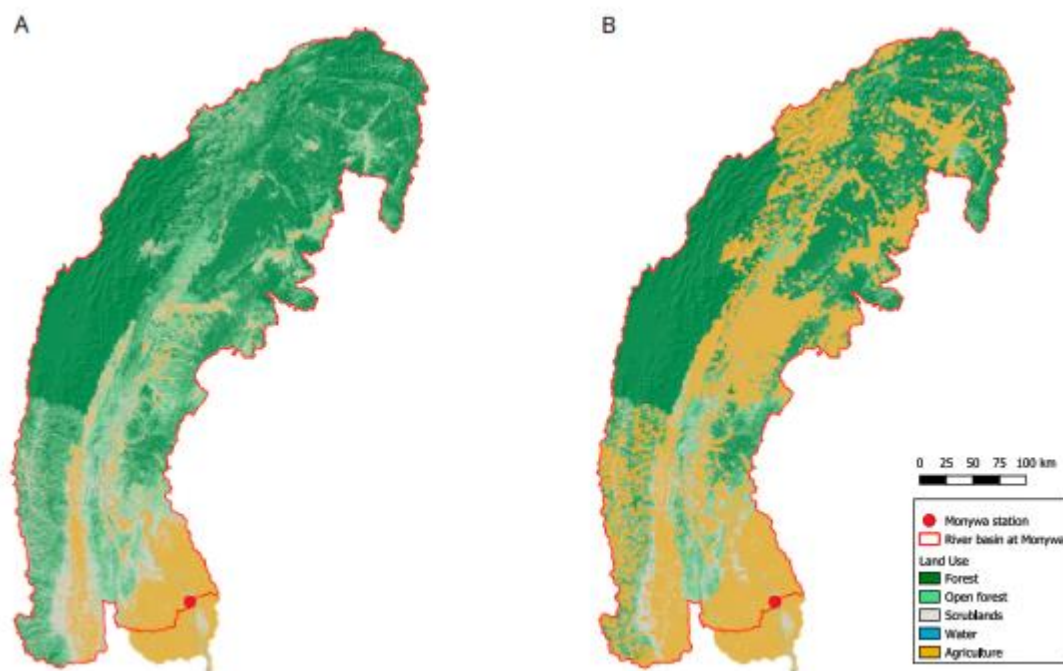
Para cada uso de la tierra, se modelo el flujo máximo para diferentes eventos de precipitación a intervalos repetidos y usamos los resultados hidrológicos como entrada para un modelo hidráulico que simula los niveles del agua, la intensidad y la profundidad de la inundación. A continuación, identificamos los activos expuestos: infraestructura construida, agricultura y personas, y los categorizamos por vulnerabilidad y clasificación de valor. Con base en la curva de daño de profundidad para cada tipo de propiedad expuesta, calculamos el daño esperado y asociado, que se agrega para cada simulación de inundación. El flujo de trabajo proporciona curvas de pérdidas probabilísticas para escenarios de referencia y alternativos, cuya diferencia representa una reducción en el riesgo de inundación debido a la infraestructura natural (color, sombreado en verde) (Lallemant y otros, 2021).

Ilustración 30 Marco de modelado de riesgo para evaluar el valor de las SBN



Fuente: (Lallemant y otros, 2021)

Ilustración 31 Mapa de uso de la tierra de la cuenca de Chindwin



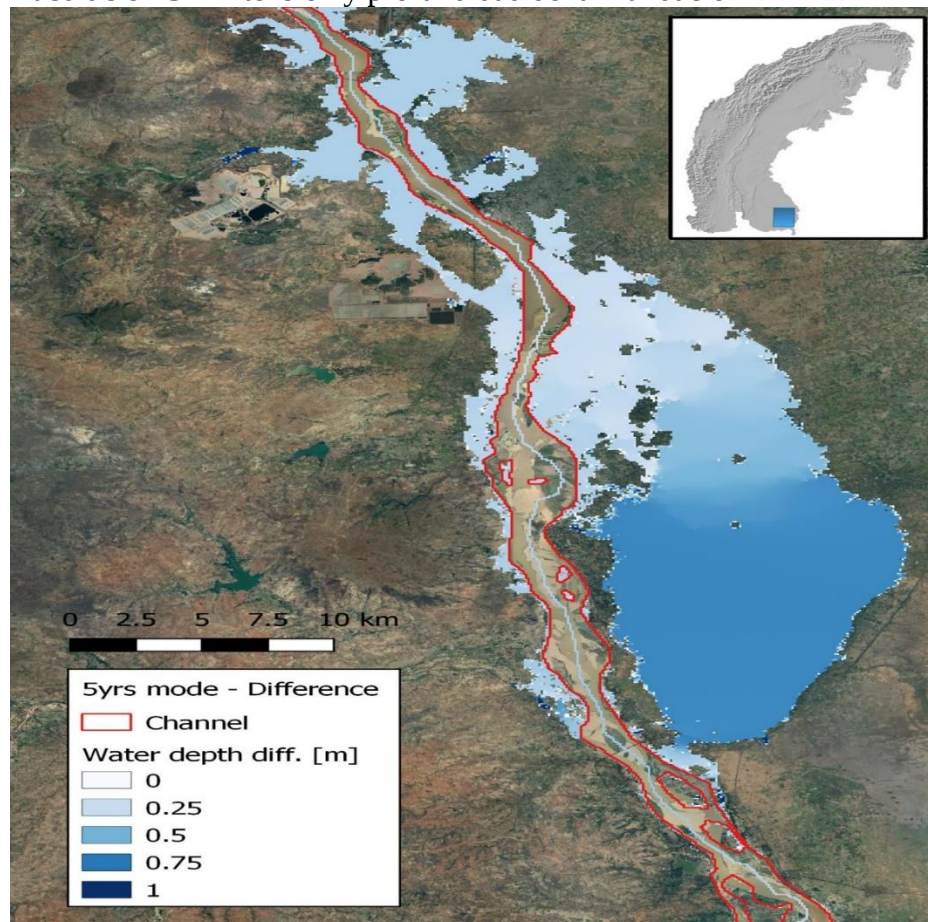
Fuente: (Lallemant y otros, 2021)

(A y B) Uso de la tierra de la cuenca del río Chindwin para (A) un escenario de protección forestal (que coincide con el uso actual de la tierra) y (B) un escenario de deforestación a una tasa continua del 0,95 % desde 2014 (actual) hasta 2040. Las descargas máximas para los períodos de retorno de 5 a 500 años variaron de 22 000metro³=s a 29.000 m³/s para el escenario actual, correspondiente a precipitaciones de 24–34 mm/día en promedios de 10 días. Con base en el análisis de frecuencia, el evento de inundación de 2015 con una descarga máxima de 25,500 m³/s, que se utilizó para producir las tormentas de diseño de diferentes períodos de retorno, corresponde a un evento de período de retorno de 48 años.

2.3.1.1 IMPACTO DE LA DEFORESTACIÓN EN EL PELIGRO DE INUNDACIÓN

La deforestación tuvo el efecto de aumentar la descarga máxima, el volumen de inundación y la extensión de la inundación para todos los períodos de retorno como lo observamos en la ilustración 13. Los impactos fueron mayores para eventos más frecuentes, con un aumento en el volumen de inundación del 18% y 7% respectivamente, para los períodos de retorno de 5 y 500 años y aumento de la extensión de la inundación del 5% y 3,5%, respectivamente, para los mismos periodos de retorno. La diferencia en inundaciones por deforestación varía espacialmente, con un mayor efecto en las partes bajas de las planicies de inundación.

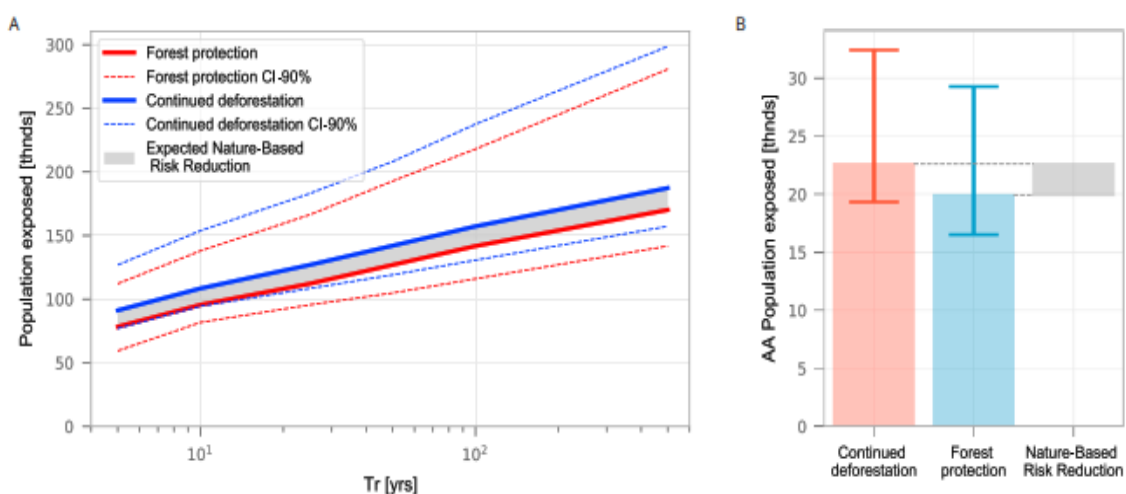
Ilustración 32 Extensión y profundidad de la inundación



Fuente: (Lallemant y otros, 2021)

Diferencia en profundidades de inundación entre los escenarios de protección forestal y deforestación continua en el área de Monywa, para el evento de período de retorno de 5 años. Resaltado en rojo está el contorno estimado del canal de agua permanente. Este análisis del impacto solo es visible cuando los efectos de la deforestación se propagan a lo largo de toda la cadena de modelado del análisis de riesgo de inundación. Los estudios pueden subestimar la importancia de los ecosistemas naturales cuando solo observan sus impactos en los caudales máximos.

Ilustración 33 Población afectada y resultados con el uso de SBN



Fuente: (Lallemant y otros, 2021)

Gráficos que demuestran que el cuidado y la protección a la no forestación si es significativo reduce el peligro por inundaciones. El modelo hidráulico LISFLOOD-FP fue seleccionado en este estudio ya que se ha aplicado a nivel mundial,50y por lo tanto se puede desarrollar para cualquier cuenca, Si bien descubrimos que los efectos aparentemente pequeños de la deforestación en los flujos máximos pueden amplificarse cuando se propagan a través de la cadena de modelos de análisis de riesgos (Lallemant y otros, 2021).



5. CONCLUSIONES

Los cambios climáticos drásticos provocados por el calentamiento global, debido a la contaminación, y la poca conciencia ambiental de la población humana, han generado que se produzcan más desastres naturales de manera inesperada como lo son las inundaciones, por tanto, con esta monografía se busca dar a conocer alternativas de prevención de inundaciones con el uso de las soluciones que se basan en la naturaleza.

Colombia es un país propenso a las inundaciones, por tener gran cantidad de afluentes de agua y gran biodiversidad, con una urbanización en crecimiento, que fomenta los riesgos de desastres, dicho esto es importante tomar conciencia ambiental en el país y fomentar el uso de soluciones naturales como los SUDS (Sistemas Urbanos de Desarrollo Sostenible), que son utilizados en los centros urbanos, para dar un manejo y aprovechamiento a los recursos hídricos.

Los cinco principios demuestran la falta de un enfoque estructurado para planear, evaluar, diseñar e implementar las SBN para la gestión ambiental con el objetivo de ayudar a los investigadores en la gestión del peligro de desastres y la capacidad de adaptarse a los cambios climáticos con el fin de planificar soluciones de correctas del peligro de inundaciones.

En Colombia y el mundo debemos continuar hacia un entorno ecológico verde donde las actividades y prácticas humanas estén vinculadas al desarrollo sostenible. Es gratificante ver el progreso que se ha logrado y las mejoras continuas que se están realizando para lograr un



desarrollo sostenible. Además, es un país rico en biodiversidad y cuenta con un clima favorable para la implementación de diversas alternativas eco amigables.

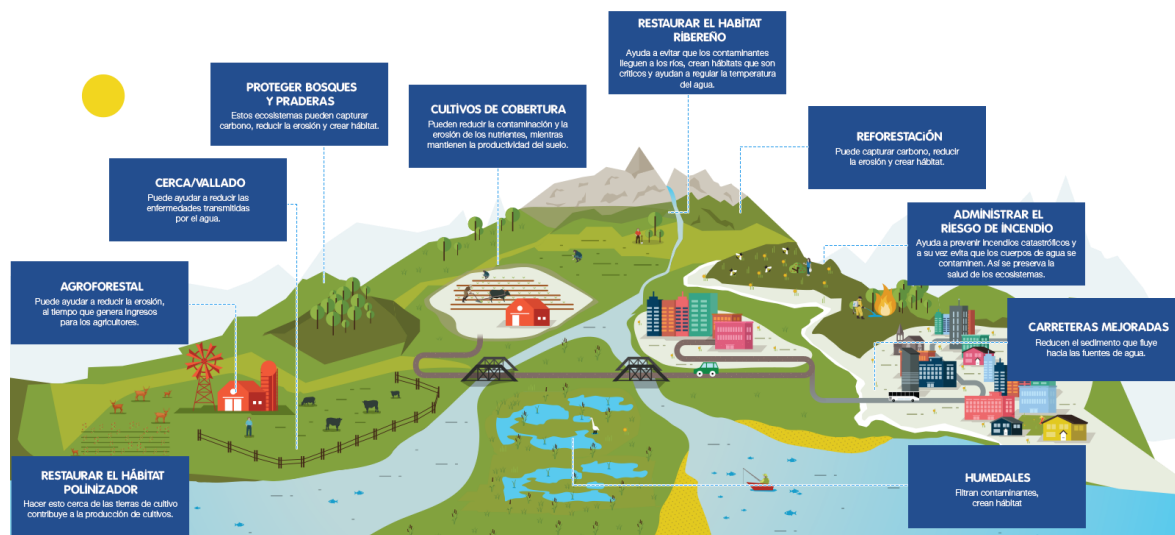
Con la implementación de soluciones naturales se reduce los cambios paisajistas del entorno natural, sin transformarlo en un área gris sin ecosistema. Por tanto, una de las grandes ventajas de implementar estas soluciones es la capacidad de actuar junto con la naturaleza para el beneficio y el cuidado ante las inundaciones.

Una de las maneras más económica y natural de evitar las inundaciones por no decir la más importante es la conciencia y cuidado ambiental que debemos tener cada persona, evitando al máximo la contaminación de los cuerpos hídricos y sus alrededores, que actualmente son el principal problema de que muchas de las soluciones ante inundaciones no funcionen.

6. ANEXOS

ANEXO 1: SBN PARA EL CUIDADO HÍDRICO.

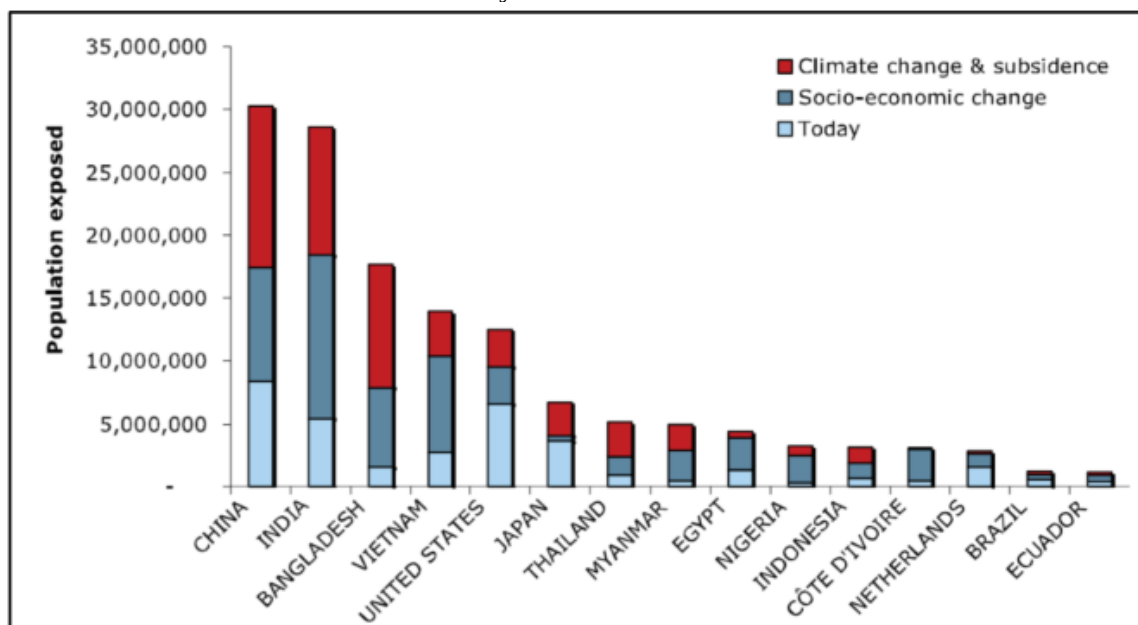
Ilustración 34 Bosquejo de algunas soluciones basadas en la naturaleza



Fuente: (Agua, 2022)

ANEXO 2: QUINCE PAÍSES DEL MUNDO CON MAYOR PELIGRO DE INUNDACIONES.

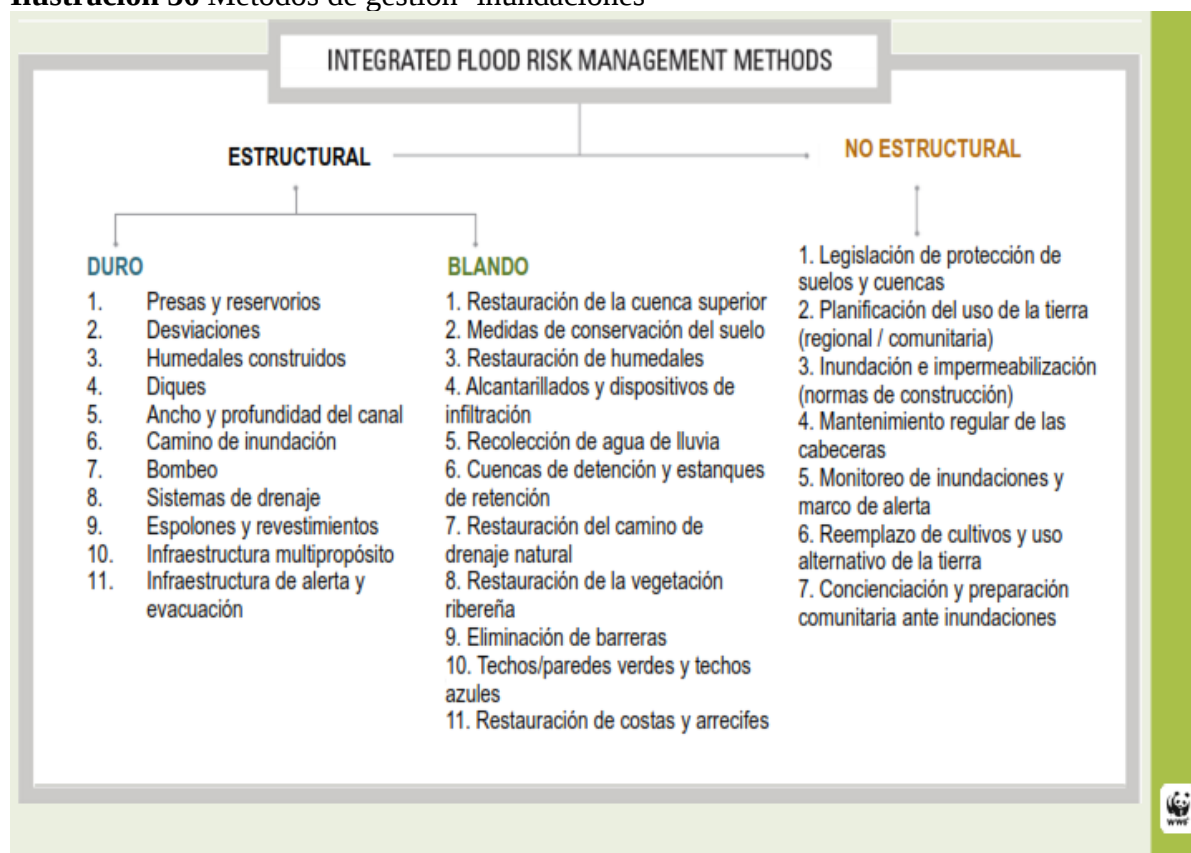
Ilustración 35 Países inundables de hoy a 2070



Fuente: (Rubiera, 2014)

ANEXO 3: MÉTODOS INTEGRADOS DE GESTIÓN DEL RIESGO DE INUNDACIONES

Ilustración 36 Métodos de gestión- inundaciones



Fuente: (Mundial, 2017)



7. REFERENCIAS

- Abellán, A. (2021). *¿Qué son los SUDS?* SuD Sostenible: <http://sudsostenible.com/que-son-los-sistemas-urbanos-de-drenaje-sostenible/>
- Agricultura, O. d. (2012). *Estado de las áreas marinas y costeras protegidas en América Latina- REDPARQUES*. Santiago de Chile, Chile.
- Agua, F. d. (2022). *Alianza Latinoamericana de Fondos de Agua*. Soluciones Basadas en la Naturaleza: <https://www.fondosdeagua.org/es/los-fondos-de-agua/los-fda-como-solucion/>
- Ambiente, O. p. (2017). *Green Infrastructure in Parks: A Guide to Collaboration, Funding, and Community Engagement*. https://www.epa.gov/sites/production/files/2017-05/documents/gi_parksplaybook_2017-05-01_508.pdf.
- Ambiente, S. D. (2021). *Secretaría Distrital de Ambiente*. GOV.CO: <https://www.ambientebogota.gov.co/web/sda/sistemas-urbanos-de-drenaje-sostenible>
- AODpaisajes. (23 de 01 de 2020). *RAIN GARDEN ¿Solución o solo estética? La implementación de los jardines de lluvia en el ámbito urbano*. AODpaisajes: <https://aodpaisajes.com/2020/01/23/rain-garden-solucion-o-solo-estetica-la-implementacion-de-los-jardines-de-lluvia-en-el-ambito-urbano/>
- Barcelona, U. d. (2015). *inundación.ub.edu*. ¿TODAS SON IGUALALES?: <http://www.floodup.ub.edu/clasificacion/>
- Barros Montero, I. (s.f.). *Hidrología-inundaciones*. Academia.edu. Retrieved 18 de 05 de 2022, from Academia.edu: https://www.academia.edu/32254411/Hidrologia_inundaciones



- Beck, M. W., Losada, Í. J., Menéndez, P., Reguero, B. G., Días Simal, P., & Fernández, F. (12 de junio de 2018). *The global flood protection savings provided by coral reefs*. *Nature Communications*,. DOI: 10.1038/s41467-018-04568-z.
- Bolívar Trujillo, R. E. (2019). *Gaviones*. N.d: Departamento de Diseño, Investigación e Innovación (DRIM). Retrieved 01 de 06 de 2022, from <https://gaviones.co/wp-content/uploads/2019/08/4.-GAVIONES.pdf>
- Bustamante, u. P. (29 de 12 de 2017). *El Tiempo*. Inundaciones por fuertes precipitaciones en Cali: <https://www.eltiempo.com/colombia/cali/inundaciones-por-fuertes-precipitaciones-en-cali-165872>
- Caracteristicas.co. (s.f.). *DEFINICIÓN Y CARACTERÍSTICAS. INUNDACIONES*: <https://www.caracteristicas.co/inundaciones/>
- Cárdenas Gutiérrez, E., Albiter Rodríguez, Á., & Jaimes Jaramillo, J. (2017). *Pervious Pavements. A Convergent Approach to Urban Infrastructure Construction and Water Preservation*. *CIENCIA ergo-sum*: ISSN 1405-0269, Vol. 24, N°. 2. Retrieved 11 de 05 de 2022, from <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/6046445.pdf>
- Caribe, R. (19 de 11 de 2020). *RegiónCaribe*. Terraplen de protección: <https://regioncaribe.com.co/gobierno-nacional-entrega-terraplen-de-proteccion-contrainundaciones-en-ponedera-atlantico/>
- Caribe, U. A. (02 de 08 de 2019). *Conozca lo que necesita para poner una terraza verde en su hogar*. *uac.edu.co*: <https://www.c/noticias/itemlist/tag/Techos%20Verdes>
- CARLOS FRESNEDA / EL MUNDO. (31 de 10 de 2019). *Las inundaciones costeras serán terribles en 2050*. *Ambientum*: <https://www.ambientum.com/ambientum/medio-natural/las-inundaciones-costeras-seran-terribles-en-2050.asp>



Castro Fresno, D., Rodríguez Bayón, J., Rodríguez Hernández, J., & Ballester Muñoz, F. (2005).

Sistemas urbanos de drenaje sostenible (SUDS). Interciencia, 30(5), 255-260.

CEDA. (2015). *Integrating Adaptive Environmental Management into Dredging Projects*.

Central Dredging Association [CEDA]: <http://www.dredging.org/media/ceda/org/>

documents/resources/cedaonline/2015-01-

ceda_positionpaperintegrating_adaptive_environmental_management_into_dredging_projects.pdf.

Cenicaña. (20 de 07 de 2016). *cenicana.org*. La ciencia de restaurar cuencas – Cenicaña:

<https://www.cenicana.org/la-ciencia-de-restaurar-cuencas/>

CHILE.CUBICA. (2020). *CHILE.CUBICA*. Pozos de Infiltración:

<https://www.chilecubica.com/vocabularios-definiciones/pozos-de-infiltraci%C3%B3n/>

Cobo, A. L. (19 de 11 de 2017). *Elpais.com.co*. El sombrío panorama detrás de las inundaciones

por basuras en Cali: <https://www.elpais.com.co/cal/el-sombrio-panorama-detras-de-las-inundaciones-por-basuras-en.html>

Conservancy, T. N. (2014). *A Flood of Benefits*. Using Green Infrastructure to Reduce Flood Risks:

<https://www.conservationgateway.org/ConservationPractices/Freshwater/HabitatProtectionandRestoration/Documents/A%20Flood%20of%20Benefits%20-%20J.Opperman%20-%20May%202014.pdf>.

Cubides, E. D., & Santos, G. E. (2018). *ontrol de*. Entre Ciencia e Ingeniería, vol. 12,no. 24.

<https://doi.org/http://dx.doi.org/10.31908/19098367.3813>

D, R., A, C., & C, F. (2018). *Ingeniería costera: procesos, teoría y práctica del diseño*. Prensa

CRC.





Definición, C. . (6 de 02 de 2021). *Concepto – Definición*. Retrieved 01 de 06 de 2022, from Gavión: <https://conceptodefinicion.de/gavion/>.

Delgado, M. I. (2017). *Respuesta a la infiltración en distintos complejos suelo-vegetación en las sierras de Ventania, Argentina*. *Revista de Tecnología*. Universidad El Bosque, Colombia. Volumen 16, Número 1: 157-168.: <https://doi.org/10.18270/rt.v16i1.2322>

Delgado, S. A. (2020). *Manejo de cuencas hidrográficas de la FCAyF-UNLP*. Laboratorios de GEBA, CONICET-UBA; Ecología Forestal y Ecofisiología en el Instituto de Biología Subtropical, Puerto Iguazú (CONICET- Universidad Nacional de Misiones).

Deltares. (2015). *A framework for sandy strategy development*. 55 págs.: <http://www.dezandmotor.nl/uploads/2016/09/sand-motorbusinesscase-def.pdf>.

demográfico., G. d. (Sin Año). *Humedales costeros*. www.miteco.gob.es: <https://www.miteco.gob.es/es/costas/temas/proteccion-costa/conociendo-litoral/zonas-litorales-espanolas/clasificacion-tipologica/humedales-costeros.aspx>

Departamento de Servicios Ambientales, Departamento de Finanzas. (2009). *Recursos Ambiental del Condado de Prince George*. Maryland.

Desarrollo., B. I., & Kelsey Schueler. (2017). *SOLUCIONES BASADAS EN LA NATURALEZA PARA FORTALECER LA RESILIENCIA COSTERA*. Creative Commons IGO 3.0 Reconocimiento-No Comercial-Sin Obras Derivadas (CC-IGO 3.0 BY-NC-ND).

Díaz Romero, M. A. (2008). *Los diques de corrección hidrológica como instrumentos de cuantificación de la erosión*. Cuadernos de investigación geográfica/Geographical Research Letters, (34), 83-99.

EcoHabitar. (2022). *Aguas pluviales: Pavimentación permeable y recolección de agua en las ciudades*. Jornadas “Salud en el Hábitat y Covivienda” en Biocultura Barcelona :





<https://ecohabitar.org/aguas-pluviales-pavimentacion-permeable-y-recoleccion-de-agua-en-las-ciudades/>

EM-DAT. (2018). *Inf. Inundaciones* . Adoptando soluciones basadas en la naturaleza para la reducción del riesgo de inundación en América Latina:

<https://infoinundaciones.com/noticias/adoptando-soluciones-basadas-en-la-naturaleza-para-la-reduccion-del-riesgo-de-inundacion-en-america-latina/>

España, G. d. (N.D). *Principios generales de la restauración hidrológico-forestal. El sistema corrector de cuencas torrenciales*. miteco.gob.es:

https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/temas/desertificacion-restauracion/grafico_01_tcm30-152475.gif

GAMA (Grupo de Análisis de situaciones Meteorológicas Adversas). (2015). *¿QUÉ SON LAS INUNDACIONES? RIESGOS NATURALES*: <http://www.floodup.ub.edu/inundaciones/>

Garzón-Ferreira, J. (1997). *Arrecifes Coralinos: ¿ Un tesoro camino a la extinción?*.

Hall, A. (s.f.). *Alamy.es*. <https://www.alamy.es/el-derretimiento-de-la-nieve-resultados-en-agua-y-creciente-amenaza-de-inundaciones-stowe-vermont-nueva-inglaterra-estados-unidos-de-norteamerica-image4490093.html>

Héctor M Guzmán, J. C. (2016). *Arrecifes coralinos del Pacífico Oriental Tropical: Revisión y perspectivas*. VOL. 41 (3 A) .

Huang, Y. T. (2020). *Nature-based solutions for urban pluvial flood risk management*. Wiley Interdisciplinary Reviews: Water, 7(3), e1421. Retrieved 01 de 06 de 2022, from <https://wires.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/wat2.1421>

IMTA, C. (24 de 06 de 2021). *Coloquio Internacional: Soluciones Basadas en la Naturaleza para la Gestión Hídrica* . <https://www.youtube.com/watch?v=FSf-9Fn0tJU>





Ingenieros Hidraulicos. (4 de 10 de 2020). *Ingeniería Hidráulica*. TIPOS DE PRESAS

HIDRÁULICAS: <https://www.hidraulicautiling.com/2020/04/tipos-de-presas-de-agua.html>

IUCN. (14 de 07 de 2017). *iucn.org/*. ¿Qué son las Soluciones Basadas en la Naturaleza?:
<https://www.iucn.org/node/28778>

J, S., N, S. J., & L, J. S. (2012). *Global Economic Potential for Reducing Carbon Dioxide Emissions from Mangrove Loss*. Proceedings of the National Academy of Sciences 109, no. 36- 14369–74.

Kumar, P., Debele, S. E., Sahani, J., Rawat, N., Cardona, B. M., Alfieri, S. M., . . . Zieher, T. (2021). *Nature-based solutions efficiency evaluation against natural hazards: Modelling methods, advantages and limitations*. Science of The Total Environment. Volume 784.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.147058>

L, L., S, D., J, O., S, V., Z, A., I, P., & E, B. (2021). *Nature-Based Solutions for Hydro-Meteorological Hazards: the OPERANDUM Database*. vEGU21, the 23rd EGU General Assembly, held online 19-30 April, 2021, id.EGU21-1380.
<https://doi.org/oi:10.5194/egusphere-egu21-1380>.

Lallemant, D., Hamel, P., Balbi, M., Lim, T. N., Schmitt, R., & Win, S. (2021). *Nature-based solutions for flood risk reduction: A probabilistic modeling framework*. ISSN 2590-3322. Nd: Volume 4, Issue 9. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.oneear.2021.08.010>.

Legret, M. N. (1999). *Simulation of heavy metal pollution from stormwater infiltration through a porous pavement with reservoir structure*. Water Science Technology, 119-125.

Leon/TNC, M. (2019). *Nature.org - 8 razones por las que debemos proteger y preservar nuestros bosques*. Cascada de agua en la Provincia Rodríguez de Mendoza, en la





- Amazonía del Perú.: <https://www.nature.org/es-us/sobre-tnc/quienes-somos/nuestra-ciencia/8-razones-para-proteger-y-preservar-nuestros-bosques/>
- M, B. J., & M. de Andres. (2016). *Expansión urbana en las áreas litorales de América Latina y Caribe*. Revista de Geografía Norte Grande, no. 64 - 129–49.
- M, B., C, S., J, B., J, R., T, W., M, W., & J, W. (2012). *Alliance Development Works*. Berlín: et al. World Risk Report.
- M., L. (2008). *Coastal and Marine Resources Management in Latin America and the Caribbean*. Washington, D.C: Inter-American Development Bank.
- M., S., M., W., F, D., R, H. B., R, T., E, M., & J, S. (2013). *The international levee handbook*.
- Manual, B. (2006). *Stormwater BMP Manual*. Pennsylvania: BMP Manual.
- Ministerio de Vivienda, Calidad y Territorio. (2016). *Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico - RAS. TÍTULO D Sistemas de Recolección y Evacuación de Aguas Residuales Domésticas y Aguas Lluvias*:
https://www.minvivienda.gov.co/sites/default/files/documentos/titulo_d.pdf
- Moreno, L. (09 de 04 de 2015). *iAgua*. Efectos de la crecida del Ebro en la Ribera Baja, a su paso por El Burgo de Ebro.: <https://www.iagua.es/blogs/ma-luisa-moreno-santaengracia/crecidas-ordinarias-rios>
- Mundial, B. (2017). *Medidas de protección contra inundaciones basadas en la naturaleza: Principios y orientaciones para la implementación*. Washington, DC: Banco Mundial.
- Ollero, A. (2007). *Territorio fluvial. Diagnóstico y propuesta para la gestión ambiental y de riesgos en el Ebro y los cursos bajos de sus afluentes*. Bilbao.: Bakeaz y Fundación Nueva Cultura del Agua, 255 p.



Pita Benavides, H. F. (2017). *Evaluación del desempeño hidráulico de un tren de SUDS" cuneta verde y cuenca seca de drenaje extendido": caso de estudio: Parque San Cristóbal, Bogotá-Colombia.*

PNUMA. (2014). *The Green Infrastructure Guide for Water Management: Ecosystem-based Management Approaches for WaterRelated Infrastructure Projects.*

<http://www.unep.org/ecosystems/resources/publications/green-infrastructure-guide-water-management>.

RCN-Radio. (23 de 06 de 2019). *rcnradio.com*. Desbordamiento del río Putumayo provocó inundaciones en Puerto Asís: <https://www.rcnradio.com/colombia/sur/desbordamiento-del-rio-putumayo-provoco-inundaciones-en-puerto-asis>

Rubiera, P. L. (7 de 2014). *Los sistemas naturales como alternativa para la protección de la costa*. Trabajo de Grado:

<https://repositorio.unican.es/xmlui/bitstream/handle/10902/5294/Gonzalez-Lamu%C3%B1o%20Rubiera%20Patricia.pdf?sequence=1>

Ruiz Pérez , I. (Sin Año). *Los humedales costeros: ecosistemas fluctuantes*. Nuestro Planeta.

Retrieved 07 de 05 de 2022, from

http://www.cienciorama.unam.mx/a/pdf/81_cienciorama.pdf

Salas Salinas, M. A., & Jiménez Espinosa, M. (2021). *Inundaciones Serie Fascículos*.

SECRETARÍA DE SEGURIDAD Y PROTECCIÓN CIUDADANA. México: ISBN: 970-628-870-8. Retrieved 17 de 05 de 2022.

Silva Zuñiga, M. (18 de 02 de 2021). *blogs.iadb.org*. ¿Qué son las soluciones basadas en la naturaleza y por qué son importantes? -Sostenibilidad :





<https://blogs.iadb.org/sostenibilidad/es/que-son-las-soluciones-basadas-en-la-naturaleza-y-por-que-son-importantes/>

SinC. (12 de 06 de 2018). *Noticias SinC*. Los arrecifes de coral reducen a la mitad los daños de las inundaciones: <https://www.agenciasinc.es/Noticias/Los-arrecifes-de-coral-reducen-a-la-mitad-los-danos-de-las-inundaciones>

Swail, V., Grimes, S., Pilon, P., Canterford, R., Barrett, C., & Simonov, Y. (s.f.).

Tiempo, E. (23 de 05 de 2015). *Arauca*. Alerta por desbordamientos de ríos de Arauca y Boyacá: <https://www.eltiempo.com/archivo/documento/CMS-15828117>

Tiempo, E. (26 de 05 de 2015). *eltiempo.com*. Alerta por desbordamientos de ríos de Arauca y Boyacá: <https://www.eltiempo.com/archivo/documento/CMS-15828117>

Tiempo, E. (26 de 04 de 2020). *Revista El Tiempo*. Foto La emergencia se registró en Barbacoas, municipio del litoral de este departamento. : <https://www.eltiempo.com/colombia/cali/emergencia-por-desbordamiento-del-rio-telembi-en-narino-488812>

un.org. (2019). *Naciones Unidas*. Cumbre de la ONU sobre la Acción Climática ONU 2019: <https://www.un.org/es/climatechange/2019-climate-action-summit>

UNESCO, & Azoulay, A. (26 de 07 de 2021). *Día Internacional de Conservación del Ecosistema de Manglares*. UNESCO: <https://es.unesco.org/commemorations/EcosistemaManglares>

UNINORTE. (2021). *Sites.google.com*. TIPOS DE DRENAJE SOSTENIBLE - SUDS

UNINORTE: <https://sites.google.com/site/drenauninorte/tipos-de-drenaje-sostenible>

UNINORTE, S. (2021). *TIPOS DE DRENAJE SOSTENIBLE - SUDS UNINORTE*.

Sites.google.com: <https://sites.google.com/site/drenauninorte/tipos-de-drenaje-sostenible>





USDA, A., United States, & NRCS, D. (2011). *Los Jardines de Lluvia*. Cortesía contenido del Departamento de Agricultura de Iowa y la Custodia del Territorio de la División de Conservación de Suelos (IDALS-DSC).

Valdivielso, A. (2016). *iagua.es*. ¿Qué es un canal de agua?:

<https://www.iagua.es/respuestas/que-es-canal-agua>

Vargas Montoya , K. L., & Vera Del Castillo, R. A. (2021). *Propuesta de una metodología para diseño de soluciones basadas en la naturaleza a fin de minimizar los efectos producidos en un evento extremo como “El Niño” en la Cabecera Parroquial de Manglaralto*.

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL, ECUADOR. GUAYAQUIL:

Facultad de Ingeniería Marítima y Ciencias del Mar . Retrieved 07 de 05 de 2022, from

<https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/51450/1/T-76729.pdf>

Welle, D. (29 de 12 de 2021). *DW*. [https://www.dw.com/es/destrucci%C3%B3n-por-](https://www.dw.com/es/destrucci%C3%B3n-por-inundaciones-en-el-noreste-de-brasil/a-60282582)

[inundaciones-en-el-noreste-de-brasil/a-60282582](https://www.dw.com/es/destrucci%C3%B3n-por-inundaciones-en-el-noreste-de-brasil/a-60282582)

WWF. (2017). *Natural & Nature-based Flood Management: A GreenGuide*.

<http://envirodm.org/flood-management>.

WWF. (2020). *Descubre WWF*. [worldwildlife.org](https://www.worldwildlife.org): <https://www.worldwildlife.org>

<https://www.worldwildlife.org>/descubre-wwf/historias/en-que-consisten-las-soluciones-basadas-en-la-naturaleza-y-como-pueden-ayudarnos-a-enfrentar-la-crisis-climatica

Zamora, H. F. (25 de 02 de 2020). *El Tiempo*. [lluvias-en-el-norte-de-bogota](https://www.eltiempo.com):

<https://www.eltiempo.com/bogota/fotos-lluvias-en-el-norte-de-bogota-este-martes-25-de-febrero-466150>

Zarza, L. F. (s.f.). *iagua.es*. ¿Qué es un dique y cuál es su función?:

<https://www.iagua.es/respuestas/que-es-dique-y-cual-es-funcion>





Zielinski, S. C. (2012). *Techos verdes:¿ Una herramienta viable para la gestión ambiental en el sector hotelero del Rodadero, Santa Marta?*. Santa Marta : Gestión y Ambiente, 15(1), 91-104.