



**Universidad
Indoamérica**

Instituto de Investigación, Desarrollo e Innovación

Facultad de Arquitectura u Construcción

Arquitectura

Título:

**Evaluación y análisis del impacto hídrico y ambiental de
muros y techos verdes en edificios a través de prototipos
experimentales en Quito.**

RESPONSABLE <CENTRO O ACADÉMICO>

Arq. Marcelo Villacís Ormaza, M.Arch.

Sede Quito

2024

 Universidad Indoamérica	PROYECTO DE INVESTIGACIÓN		
Código Formato: FOR-PYI-2.0- 0496	Versión: 2.0	Fecha de vigencia: 23.02.2023	Pág. 1 / 29

A. DATOS GENERALES DEL PROYECTO

A.1. Título del Proyecto: “Evaluación y análisis del impacto hídrico y ambiental de muros y techos verdes en edificios a través de prototipos experimentales en Quito”.

Centro o Grupo de investigación / Facultad: Facultad de Arquitectura y Construcción

Duración del proyecto: **1 año**

Presupuesto financiado por Universidad Indoamérica: **\$3000**

Presupuesto financiado con fondos externos: **\$0.00**

Presupuesto total del proyecto: **\$10950.00**

Investigador acreditado SENESCYT: **No**

A.6. Equipo de trabajo:

Nº	Nombre del participante	Documento de identidad	Rol en el proyecto	Afiliación institucional
1	Marcelo Villacis Ormaza	1312200106	Coordinador del proyecto	FARCO
2	Susana Moya Vicuña	1719626952	Docente de apoyo	FARCO
3	Manzano Rodriguez Mateo		Estudiante	FARCO
4	Maldonado Guillen Nicolay		Estudiante	FARCO

A.2. Áreas de conocimiento UNESCO (campo amplio)

Educación

Artes y humanidades

 Universidad Indoamérica	PROYECTO DE INVESTIGACIÓN		
Código Formato: FOR-PYI-2.0- 0496	Versión: 2.0	Fecha de vigencia: 23.02.2023	Pág. 2 / 29

Ciencias sociales, periodismo, información y derecho
 Administración
 Ciencias naturales, matemáticas y estadísticas
 Tecnologías de la información y la comunicación (TIC)
 Ingeniería, industria y construcción
 Agricultura, silvicultura, pesca y veterinaria
 Salud y bienestar
 Servicios

A.3. Líneas de investigación

Línea 2 Arquitectura y sostenibilidad. Sub-línea: Tecnología de Materiales

B. DESARROLLO DE LA PROPUESTA

B.1. RESUMEN

Las infraestructuras verdes como las cubiertas y fachadas vegetadas forman parte de una red cuyo propósito es brindar un amplio abanico de “Ecosystem Services” tales como aprovechamiento de aguas pluviales, aires limpios, mejorar la eficiencia energética, mejorar la biodiversidad, mejor calidad de vida y bienestar humano. Se conoce que ambas infraestructuras verdes permiten controlar la escorrentía urbana y disminuir las pérdidas de biodiversidad urbana fomentando la interconexión de insectos y animales pequeños como aves. Sin embargo, hay pocos estudios que evalúen el comportamiento de estos envolventes en el contexto geográfico, tecnológico y climático de la ciudad de Quito. La literatura actual sugiere que, los muros y techo verdes pueden sustentar y mejorar la biodiversidad del entorno urbano a la vez que mitigan catástrofes urbanas al controlar la escorrentía. El presente estudio evaluará el comportamiento de estos sistemas a través de métodos inductivos y experimentales como; La delimitación geográfica, el muestreo sistemático sobre la cantidad y composición de precipitaciones, la observación y registro de datos de la presencia y comportamiento de animales pequeños, como insectos y aves, mediante el uso de trampas de luz, cámaras trampa y análisis de ADN ambiental para detectar la presencia de especies a partir de muestras de agua, suelo o heces recolectadas in situ. Finalmente se generarán datos comparativos y estadísticos de la capacidad de los muros y cubiertas vegetadas, para mejorar la movilidad de insectos y animales pequeños con la finalidad de reducir la

 Universidad Indoamérica	PROYECTO DE INVESTIGACIÓN		
Código Formato: FOR-PYI-2.0- 0496	Versión: 2.0	Fecha de vigencia: 23.02.2023	Pág. 3 / 29

pérdida de biodiversidad urbana y aumentar la resiliencia urbana producto de las precipitaciones locales.

B.2. PALABRAS CLAVES

arquitectura sostenible, techos verdes, retención de agua, biodiversidad urbana

B.3. ESTADO DEL ARTE

El ecosistema creado por cubiertas y fachadas vegetadas imita a los ecosistemas naturales, En particular, el techo verde extensivo tiene gran potencial para imitar hábitats de suelo poco profundos, atrayendo la biodiversidad típica de estos espacios, (Villalobos, 2010)

Estos mismos procesos de urbanización aumentan la cantidad de área impermeable en las ciudades, evitando que el agua de escorrentía de los procesos naturales no se filtre a las capas locales del suelo, sino que se acumule en zonas superficiales trayendo consigo problemas de manejo de agua al sistema de drenaje de las ciudades causando inundaciones o saturando la capacidad de las plantas de tratamiento de aguas residuales. (Oviedo & Torres, 2014). Lo que finalmente afecta a la sociedad en conjunto y ahonda los problemas sociales, ambientales y económicos de la ciudad.

Una de las investigación pioneras en este tema es la realizada por (S. BRAAKER, 2015) sobre el valor ecológico y funcional de los techos verdes en las ciudades, según la variación de la biodiversidad de cuatro grupos de artrópodos con movilidad contrastante en 40 cubiertas verdes y 40 extensos sitios verdes en el suelo en la ciudad de Zúrich, Suiza, el estudio reveló que la conectividad del hábitat entre cubiertas verdes circundantes promueve el intercambio de insectos entre las cubiertas, sobre todo en lo que se refiere a los de alta movilidad, mientras que los grupos con movilidad más reducida están más influenciados por las condiciones ambientales locales, sin embargo, una mayor conectividad entre los espacios verdes, podría eventualmente incluso promover el intercambio de insectos de baja movilidad.

Sin embargo, la vida silvestre no siempre es deseable, sobre todo si la cubierta verde no está diseñada para soportar la biodiversidad sobre todo de animales como aves o roedores, que podrían causar daños en los elementos que componen la cubierta, o en su mantenimiento. Además, se debe considerar que, si estos espacios están relativamente aislados, es decir que no generan un corredor verde que de alguna manera se conecte con espacios verdes naturales, su aporte se reducirá considerablemente mientras que si los estos están planificados y desarrollados con la finalidad de generar un corredor para la biodiversidad, este será de mayor utilidad, ya que en la mitigación de la falta de espacios verdes naturales, pese a que no puede

 Universidad Indoamérica	PROYECTO DE INVESTIGACIÓN		
Código Formato: FOR-PYI-2.0- 0496	Versión: 2.0	Fecha de vigencia: 23.02.2023	Pág. 4 / 29

reemplazarlos, ni dar cabida a toda la biodiversidad como plantas y animales de gran tamaño que podemos encontrar en espacios naturales, si puede mejorar la calidad de vida y mantener a especies de insectos, aves y mamíferos de pequeñas dimensiones, por esta razón aunque es un coadyuvante, no es un remplazo, y siempre debemos favorecer a mantener los espacios naturales (Miller, 2016).

En los últimos años se han desarrollado varios estudios en los que se busca establecer la utilidad de cubiertas y fachadas para sostener la biodiversidad urbana. La provisión de servicios eco sistémicos proveída por infraestructuras verdes naturales y semi naturales, pueden fungir como hábitats para una diversidad de especies animales y vegetales que en el caso de las infraestructuras verdes como cubiertas y fachadas existirán diferencias tanto entre ellas como si son intensivas o extensivas, así como según el tipo vegetación.

En áreas urbanas densamente pobladas, la biodiversidad tiene que sobrevivir en espacios verdes más pequeños que suelen estar aislados, lo que va en detrimento de las mejoras de la biodiversidad, ya que existe evidencia que ha demostrado que la conectividad entre espacios verdes mejora la biodiversidad en estos entornos urbanos como lo estableció (Shanahan, Miller, Possingham, & Fuller, 2011)

Pese a que siempre se ha pensado que son las cubiertas vegetadas las que colaboran en mayor proporción a la proliferación de la biodiversidad, varios estudios han demostrado que las paredes verdes son un hábitat capaz de sustentar la biodiversidad incluso cuando no se ha diseñado para ello, por ejemplo, en muros de piedra y mampostería exteriores se ha visto el crecimiento de flora espontánea, (Li, Yin, & Wang, Urban For. Urban Green) en un estudio realizado en Europa los investigadores encontraron 159 especies pertenecientes a 77 familias vegetales que habitaban en las superficies verticales de muros de contención realizados en piedra que se encontraban en áreas rurales por lo que existía una conexión con otros espacios verdes naturales, Los muros externos y de contención mostraron valores similares, los investigadores han inventariado 207 especies de plantas y 60 musgos en paredes verticales y sus cimas lo que ayudo al establecimiento de una lista de las plantas y líquenes más comunes que habitan estas infraestructuras, que en sus inicios no fueron diseñadas con esa finalidad (Mayrand & Clergeau, 2018).

Por otro lado, en cuanto a los techos verdes varios estudios han encontrado que la biodiversidad espontanea también es capaz de servir como hábitat para plantas y animales. Por ejemplo, estudio realizado en seis ciudades suizas mostró que 91 especies vegetales de la zona, se encuentran habitando techos verdes. Mientras que son hábitat de vertebrados, como insectos, aves y mamíferos pequeños (Rumble & Gange, 2013)

 Universidad Indoamérica	PROYECTO DE INVESTIGACIÓN		
Código Formato: FOR-PYI-2.0- 0496	Versión: 2.0	Fecha de vigencia: 23.02.2023	Pág. 5 / 29

Debido a estos beneficios que proveen los muros y cubiertas verdes varios gobiernos han realizado planes de acción y políticas para incentivar el desarrollo e implementación de cubiertas y fachadas verdes, para poner en funcionamiento estrategias para mejorar la habitabilidad y la sostenibilidad de entornos urbanos.

Entre estos encontramos a Toronto y Copenhague en la cuales las políticas se encuentran desarrolladas, e implementadas con éxito desde hace ya algunos años y se han convertido en un ejemplo en cuanto a desarrollo de políticas de infraestructuras verdes, en nuestro entorno ciudades como Bogotá aunque no posee políticas, ha desarrollado el primer paso para informar a los ciudadanos de las ventajas de las cubiertas y fachadas verdes, mediante la Campaña “Una piel natural para Bogotá” complementada con una guía informativa sobre las mismas, Lo que demuestra la importancia y viabilidad de estas infraestructuras.

B.4. PROBLEMÁTICA

La pérdida de biodiversidad urbana representa un gran problema, es una consecuencia del cambio climático, y se refiere a la disminución de la variedad y abundancia de especies de plantas, animales y otros organismos en entornos urbanos, Una de las causas es la expansión de las ciudades es detrimento del hábitat de plantas y animales las zonas urbanas en ciudades latinoamericanas se expanden rápidamente debido a su crecimiento y falta de planificación, lo que se profundiza con el paso del tiempo ya que se espera que alrededor del 80% de la población de la región habite en ciudades para 2050.

La introducción masiva de edificaciones de gran altura y áreas urbanas densificadas ha llevado a una marcada disminución en la cantidad de suelo permeable disponible para absorber y filtrar el agua pluvial. Este fenómeno ha dado lugar a un aumento en la escorrentía superficial, con efectos perniciosos que incluyen inundaciones urbanas, erosión del suelo, contaminación de cuerpos de agua y una creciente vulnerabilidad a eventos climáticos extremos. La infraestructura de drenaje existente se encuentra sobrecargada y es insuficiente para manejar la cantidad creciente de agua pluvial no absorbida por el suelo.

Las consecuencias negativas impactan directamente a los ecosistemas urbanos y las personas que viven en ellos, por ejemplo, una consecuencia de la urbanización poco planificada de las ciudades latinoamericanas es la fragmentación y destrucción de los hábitats naturales, lo que puede dificultar el movimiento de las especies y limitar su capacidad para encontrar refugio, alimentación o espacios de anidación lo que puede llevar a la pérdida de poblaciones locales e incluso a la extinción local de especies, situación que ya podemos palpar en la ciudad de Quito con varias aves endémicas en extinción, esto causa una problemática que así como los servicios eco sistémicos

 Universidad Indoamérica	PROYECTO DE INVESTIGACIÓN		
Código Formato: FOR-PYI-2.0- 0496	Versión: 2.0	Fecha de vigencia: 23.02.2023	Pág. 6 / 29

cuando estos existen mejoran la calidad de vida de los seres humanos, su ausencia causa una disminución en nuestra calidad de vida, al decaer la calidad del aire debido a la ausencia de vegetación consecuencia no solo de la tala de bosques y espacios verdes, sino a la falta de polinizadores en el entorno urbano (Mayrand & Clergeau, 2018).

B.5. JUSTIFICACIÓN

Las infraestructuras verdes pueden desempeñar un papel fundamental en la mitigación de la disminución de la biodiversidad urbana. Estas infraestructuras se refieren a la planificación, diseño e implementación de espacios verdes en entornos urbanos con el objetivo de proporcionar hábitats naturales para la flora y fauna local.

Los techos verdes actúan como una capa absorbente que retiene y retarda la liberación de agua de lluvia. Esto reduce significativamente la cantidad de agua que ingresa al sistema de drenaje urbano de manera repentina, minimizando el riesgo de inundaciones y aliviando la presión sobre la infraestructura de drenaje.

Las áreas verdes en entornos urbanos pueden proporcionar refugio, alimento y lugares de reproducción para una variedad de especies de plantas y animales pequeños, la interacción de parques, jardines con techos y fachadas verdes pueden servir para crear corredores ecológicos que sirvan de hábitats para aves, insectos, mariposas, mamíferos pequeños y otros organismos.

Al establecer conexiones entre los fragmentos de hábitats naturales que quedan en entornos urbanos, estos corredores ecológicos ayudan a facilitar la movilidad de las especies, permitiéndoles dispersarse, encontrar nuevas fuentes de alimento y establecer poblaciones más saludables. A su vez esto trae beneficios para la salud humana, ya que las áreas verdes en entornos urbanos no solo benefician a la biodiversidad, sino también mejora la calidad de vida y la salud mental de las personas proveyendo no solo de espacios para la recreación y el ejercicio físico, sino que mejora de la calidad del aire y el agua, ya que pueden contribuir a la mejora de la calidad del aire al absorber dióxido de carbono y liberar oxígeno. También pueden ayudar a reducir el impacto de la escorrentía de agua de lluvia al actuar como espacios de absorción y filtración, evitando así la contaminación de los cuerpos de agua cercanos. Además, su existencia reduce del efecto de isla de calor debido a que las infraestructuras verdes, como techos y paredes verdes, pueden ayudar a reducir la temperatura del entorno urbano al proporcionar sombra, aumentar la evaporación y reducir la radiación solar directa (Lourdes et al., 2022b)

Al conocer el potencial de cubiertas y muros verdes, así como la distancia optima entre infraestructuras verdes urbanas se podrá establecer la utilidad y necesidad de

 Universidad Indoamérica	PROYECTO DE INVESTIGACIÓN		
Código Formato: FOR-PYI-2.0- 0496	Versión: 2.0	Fecha de vigencia: 23.02.2023	Pág. 7 / 29

colocación de estrás infraestructuras para maximizar la movilidad de animales pequeños como insectos y aves, con la finalidad de mantener la biodiversidad, esto puede darnos una referencia de cuán efectivos son para el desarrollo de la biodiversidad ya que existen muy pocos estudios sobre este tema en nuestro contexto.

B.6. MARCO CONCEPTUAL

El ser humano ha modificado su entorno desde el momento en que la revolución agrícola le permitió modificar la naturaleza a su conveniencia, debido a esto la urbanización siempre ha estado ligada a los procesos de cambio en los ecosistemas, siendo la industrialización, y la gran explosión demográfica que trajo consigo, lo que provocó un crecimiento. Actualmente estamos por encima de los 7000 millones de habitantes en el planeta, y el nivel de consumo sobrepasa la capacidad de la tierra, según proyecciones de las Naciones unidas alcanzaremos los 9.700 millones en 2050, tomando en cuenta que según ONU-Hábitat (2018) para 2030, se espera que el 89% de la población de las zonas en desarrollo habite en ciudades, acelerando la pérdida de biodiversidad, debido a la necesidad de mayor cantidad de tierras de cultivo, si el nivel de consumo actual no se reduce, la destrucción del medio natural para satisfacer los “requerimientos” de esta población creciente, ponen en peligro la biodiversidad y la seguridad alimentaria. (Oliveira et al., 2023) (Lourdes et al., 2022a)

Otros datos que diversas organizaciones y conferencias como la cumbre climática “COP26” en 2021, o el reporte global de riesgos, publicado por el foro económico mundial en 2020, son igual de alarmantes y van en directa relación a los procesos de urbanización que conllevan una pérdida de espacios verdes causando la pérdida de biodiversidad, ya que se espera que más de 3 millones de personas estén expuestas al estrés hídrico, la olas de calor y alrededor de 40.000 a la disminución del rendimiento de los cultivos, lo que aumentará exponencialmente a medida que aumenten las temperatura. (Redondo Bermúdez et al., 2022)

Las infraestructuras verdes como cubiertas y fachadas tienen múltiples funciones en la prestación de servicios ecosistémicos, que no son más que las propias funciones de la naturaleza, de las que los seres humanos sacamos provecho de forma directa o indirecta (Lourdes et al., 2022a)

Estas cubiertas y fachadas verdes tienen la capacidad de modificar los patrones de escorrentía urbana a través de la retención de agua, evaporación y la reducción del caudal durante eventos climáticos fuertes e inesperados (Czemiel Berndtsson, 2010). Algunas variables ampliamente estudiadas para conocer los efectos sobre la retención de escorrentía hacen referencia al tipo de sustrato, el tipo de vegetación, la climatología del lugar, la composición del drenaje entre otros. Una de las variables potenciales a las

 Universidad Indoamérica	PROYECTO DE INVESTIGACIÓN		
Código Formato: FOR-PYI-2.0- 0496	Versión: 2.0	Fecha de vigencia: 23.02.2023	Pág. 8 / 29

que aún no se llega a un consenso en los varios estudios publicados está relacionada a la calidad del agua de escorrentía (Vijayaraghavan, 2016; Zhang et al., 2015).

Por lo tanto, cubiertas y fachadas pueden ser un gran aporte al desarrollo de los ecosistemas y la biodiversidad urbana, fomentando la biodiversidad mejorando la capacidad de la naturaleza urbana de proporcionar bienes y servicios ecosistémicos. (Nastran et al., 2022)

Con las predicciones de crecimiento urbano para América del sur, la infraestructura verde existente es insuficiente para prevenir la disminución prevista de la biodiversidad en las áreas urbanas, y promover un metabolismo circular, si bien lo mejor es la conservación de espacios naturales como bosques, y bordes de quebrada, los techos y fachadas vegetales tienen la capacidad de imitar ecosistemas naturales, atrayendo biodiversidad. La integración de la vegetación en la arquitectura no es algo nuevo, esta sinergia se ha dado a lo largo de la historia en diferentes culturas alrededor del mundo, la vegetación ha estado presente a través de plantas trepadoras en diversos edificios, conocida como extensiva o “tradicional” por su larga trayectoria, es un sistema fácil de implantar debido al poco mantenimiento que requiere, y a la fácil instalación, que además suele ser económica, por lo que la hace ideal para viviendas (Thorpert et al., 2022) (Mayrand & Clergeau, 2018) (Pille & Säumel, 2021) (Lourdes et al., 2022b).

B.7. OBJETIVOS

Objetivo General	Resultado
Evaluar la capacidad de las infraestructuras verdes como cubiertas y fachadas, para sustentar la biodiversidad de animales pequeños.	El estudio podría proporcionar información valiosa sobre los factores que contribuyen al éxito de las infraestructuras verdes como hábitats para animales pequeños, así como los desafíos que podrían limitar su eficacia. Estos hallazgos podrían guiar el diseño y la gestión de futuras infraestructuras verdes. Productos: Base de datos, Publicación científica

N°	Objetivo Específico	Resultado	Porcentaje
	Evaluar la reducción de escorrentía por retención del agua de lluvia de muros y techos verdes	Se espera cuantificar el volumen total de agua de lluvia retenido por los muros y techos verdes en	50%

	PROYECTO DE INVESTIGACIÓN		
Código Formato: FOR-PYI-2.0- 0496	Versión: 2.0	Fecha de vigencia: 23.02.2023	Pág. 9 / 29

	en el contexto climatológico de Quito.	<i>diferentes condiciones climáticas y estacionales. Esto permitirá comprender la cantidad de agua que se podría desviar del sistema de drenaje y cómo esta retención podría variar en función de los factores climáticos. Productos: Base de datos, Publicación científica</i>	
	Analizar la variación de distancias existentes entre las infraestructuras verdes objeto del estudio y los espacios verdes aledaños.	<i>Se espera que el estudio evalúe cómo la distancia entre las infraestructuras verdes y los espacios verdes influye en la biodiversidad local. Se podrían identificar patrones en la presencia y diversidad de especies en función de la cercanía y accesibilidad a hábitats naturales. Producto: Publicación científica</i>	25%
	Construir tres prototipos de terrazas vegetadas como herramientas de investigación para la toma de datos y observación directa de fenómenos.	<i>La recopilación de datos y observaciones en los prototipos permitirá la validación de hipótesis y la generación de resultados más confiables y sólidos para respaldar las conclusiones del estudio. Producto: Herramienta de investigación.</i>	25%

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN			
Código Formato: FOR-PYI-2.0- 0496	Versión: 2.0	Fecha de vigencia: 23.02.2023	Pág. 10 /

B.8. METODOLOGÍA

La metodología a usarse se llevará a cabo en una serie de pasos que se describen a continuación, en los que se iniciara por una revisión bibliográfica del tema, con lo que se llevara de manera eficiente basada en otros estudios la etapa de selección, observación y análisis se sitio y datos aportados en la etapa de observación establecidos mediante los equipos y técnicas establecidos al final del texto, con la finalidad de obtener resultados cuali-cuantitativos.

1. Revisión bibliográfica:

La investigación bibliográfica se refiere a la Investigación de los resultados y metodología usada en estudios previos relacionados con infraestructuras verdes como muros y cubiertas verdes, y como estos han colaborado en la proliferación de la biodiversidad y su interacción y la reducción de escorrentía urbana. (Lourdes et al, 2022)

2. Recolección y medición de agua lluvia a través del sistema de techos verdes.

Los sistemas de techos verdes a escala piloto se diseñarán a medida (según los resultados del estado del arte de la etapa previa), con el mismo principio que los techos y muros con vegetación a escala real. Los ensamblajes se colocarán en una pendiente de 30 % para simular un diseño de techo común. En la parte inferior cada uno tendrá un desfogue para recolección de agua, la cual se recogerá en contenedores de plástico los que permitirán controlar volumen y frecuencia. Cada conjunto estará compuesto por tres componentes, siendo el superior una capa de sustrato. La segunda, una capa de filtro en forma de geotextil, que evita que las partículas pequeñas sean arrastradas desde la capa de sustrato hacia la capa de drenaje o fuera del sistema. La tercera capa, un sistema de drenaje de marcas comerciales que se pueda encontrar en el mercado local. (Aladenola, 2010)

3. Análisis de datos:

Tabulación y análisis estadístico de los datos recolectados en relación con la biodiversidad y las características de las infraestructuras verdes.

Evaluación de la correlación entre la biodiversidad registrada y las distancias entre las infraestructuras verdes y los espacios verdes aledaños.

Análisis de la composición resultado del agua filtrada a través del sistema. Las muestras se recogerán de cada módulo utilizando un vaso de precipitados estéril de 2 L y se analizara inmediatamente para pH, conductividad y sólidos disueltos totales. Para el análisis de metales (Na, K, Ca, Mg, Al, Fe, Cr, Cu, Cd, Ni, Pb y Zn), las muestras primero

 Universidad Indoamérica	PROYECTO DE INVESTIGACIÓN		
Código Formato: FOR-PYI-2.0- 0496	Versión: 2.0	Fecha de vigencia: 23.02.2023	Pág. 11 /

se filtrarán a través de un filtro de membrana de 0,45 mm y luego se analizarán usando filtros en laboratorios especializados. (Castro, 2020)

4. Evaluación de la movilidad de insectos y aves pequeñas:

Empleo de métodos de observación directa y/o técnicas de captura y recaptura para determinar la movilidad de los animales entre las infraestructuras verdes y los espacios verdes cercanos.

Análisis de los datos recopilados para comprender la conectividad y la interacción entre los distintos entornos. (Mayrand & Clergeau, 2018)

5. Análisis de los resultados y conclusiones:

Interpretación de los hallazgos obtenidos y su relación con los objetivos específicos del estudio.

Conclusiones sobre la capacidad de las infraestructuras verdes como cubiertas y fachadas para sustentar.

En lugar de establecer una población muestra de estudio y realiza una selección de la muestra de estudio se hará en el norte de la ciudad de Quito, esto debido a las características del estudio.

Delimitación geográfica: Se definirá el área que se encuentra alrededor de la universidad Indoamérica en el norte de Quito, ya que esta es la ubicación de los prototipos de estudio.

Muestreo sistemático: Se utiliza un enfoque de muestreo sistemático para seleccionar las infraestructuras verdes y los espacios verdes aledaños. Para lo que se dividirá el área de estudio en sectores y seleccionar aleatoriamente una muestra representativa de infraestructuras verdes y espacios verdes dentro de cada sector.

Tamaño de la muestra: se determinará el tamaño de la muestra en función del tamaño de muestra óptimo que te permita obtener resultados representativos y significativos.

6. Técnicas y herramientas viables:

Binoculares: Observaciones directas para registrar la presencia y comportamiento de animales pequeños, como insectos y aves.

Trampas de luz para insectos: Trampas de luz para capturar y recolectar insectos voladores.

 Universidad Indoamérica	PROYECTO DE INVESTIGACIÓN		
Código Formato: FOR-PYI-2.0- 0496	Versión: 2.0	Fecha de vigencia: 23.02.2023	Pág. 12 /

Cámaras trampa: Para registrar la presencia de animales pequeños, como aves. Las cámaras trampa pueden capturar imágenes y videos que ayuden a identificar especies y analizar su comportamiento.

Pruebas físico-química: Pruebas de laboratorio de muestras de agua recolectadas in-situ para conocer y comparar su composición.

Termómetros e higrómetros: Registrar los cambios de temperatura y humedad de los prototipos en sus diferentes etapas y periodos climáticos.

Herramientas de análisis espacial: como sistemas de información geográfica (SIG), para medir y evaluar las distancias entre las infraestructuras verdes y los espacios verdes aledaños. Esto te permitirá comprender la conectividad y la posible movilidad de los animales entre estos entornos. (Thorpert, 2022)

C. RESULTADOS ESPERADOS E IMPACTO

C.1. ALCANCE

Ámbito geográfico o institucional en el cual se desarrollará y aplicará el proyecto.

Internacional	☐
Nacional	☐
Provincial	☐
Cantonal	☒
Parroquial	☐
Institucional	☐

C.2. IMPACTO SOCIAL

El estudio y la implementación de cubiertas y fachadas vegetadas como corredores ecológicos para mantener la biodiversidad urbana puede tener un impacto social positivo significativo. Estas iniciativas promueven la creación de espacios verdes en áreas urbanas, lo que mejora la calidad de vida de los ciudadanos al proporcionar lugares de recreación, conexiones con la naturaleza y oportunidades para actividades al aire libre. Además, al fomentar la presencia de flora y fauna local, se crea conciencia sobre la importancia de la conservación de la biodiversidad y se promueve la participación ciudadana en la protección del entorno natural. Estas acciones contribuyen

 Universidad Indoamérica	PROYECTO DE INVESTIGACIÓN		
Código Formato: FOR-PYI-2.0- 0496	Versión: 2.0	Fecha de vigencia: 23.02.2023	Pág. 13 /

a fortalecer el sentido de pertenencia y cuidado de la comunidad hacia su entorno urbano, generando un mayor bienestar social y promoviendo una mayor sostenibilidad urbana.

C.3. IMPACTO CIENTÍFICO

El estudio de las cubiertas y fachadas vegetadas como corredores ecológicos para mantener la biodiversidad urbana tiene un impacto científico significativo. Estas investigaciones contribuyen al avance del conocimiento sobre la interacción entre la vegetación, la fauna y los ecosistemas urbanos, brindando información sobre cómo diseñar y gestionar de manera efectiva estos corredores para maximizar su función ecológica. Además, el estudio proporcionaría datos cuantitativos sobre cómo los techos verdes pueden integrarse en estrategias de gestión de aguas pluviales en entornos urbanos. Esto sería de gran utilidad para ingenieros y urbanistas que buscan soluciones sostenibles para mitigar inundaciones y mejorar la gestión del agua en áreas urbanas. Estos estudios científicos permiten obtener datos y evidencia que respaldan la implementación de estrategias de conservación y planificación urbana basadas en la biodiversidad, con el objetivo de crear entornos urbanos más sostenibles y resilientes desde el punto de vista ambiental.

 Universidad Indoamérica	PROYECTO DE INVESTIGACIÓN		
Código Formato: FOR-PYI-2.0- 0496	Versión: 2.0	Fecha de vigencia: 23.02.2023	Pág. 14 /

C.4. IMPACTO ECONÓMICO

El estudio de las cubiertas y fachadas vegetadas para mantener la biodiversidad urbana mediante corredores ecológicos puede tener un impacto económico positivo. Estas investigaciones proporcionan información valiosa sobre los beneficios económicos asociados, como el ahorro de energía debido a la reducción del calor urbano, la mejora de la calidad del aire y la reducción de la contaminación, y el aumento del valor de las propiedades debido a la presencia de espacios verdes. Además, el diseño y la implementación de corredores ecológicos pueden generar oportunidades de empleo en sectores relacionados, como la jardinería y la gestión de espacios verdes. Estas acciones también pueden atraer turismo y promover el desarrollo de actividades económicas sostenibles y respetuosas con el medio ambiente en las áreas urbanas.

Uno de los impactos más directos es el potencial ahorro en costos de infraestructura y mantenimiento. Al reducir la escorrentía y la carga en los sistemas de drenaje urbano, los gobiernos locales y las autoridades de gestión de agua podrían evitar la necesidad de invertir en proyectos de infraestructura costosos para aumentar la capacidad de manejo de agua.

C.5. IMPACTO POLÍTICO

El estudio de las cubiertas y fachadas vegetadas para mantener la biodiversidad urbana mediante corredores ecológicos puede tener un impacto político significativo. Estas investigaciones brindan evidencia científica y fundamentos sólidos para respaldar la implementación de políticas y regulaciones relacionadas con la conservación y el desarrollo sostenible en entornos urbanos. Estas acciones pueden influir en la formulación de políticas urbanas que promuevan la integración de espacios verdes en la planificación urbana, la creación de áreas protegidas y la implementación de medidas de mitigación y adaptación al cambio climático. Los gobiernos locales pueden utilizar los resultados del proyecto como base para la creación de programas de incentivos fiscales u otras recompensas para propietarios de edificios y desarrolladores que implementen soluciones de techos verdes. Esto podría fomentar una adopción más rápida y generalizada de estas prácticas.

C.6. DESCRIPCIÓN ACTIVIDAD I+D

El resultado de esta actividad I+D será la construcción de prototipos de techos verdes que servirán como herramientas esenciales para llevar a cabo investigaciones y obtener datos concretos sobre la reducción de la escorrentía en función de diferentes variables.

 Universidad Indoamérica	PROYECTO DE INVESTIGACIÓN		
Código Formato: FOR-PYI-2.0- 0496	Versión: 2.0	Fecha de vigencia: 23.02.2023	Pág. 15 /

Estos prototipos proporcionarán una base para la toma de decisiones informada y la generación de resultados significativos en el proyecto de investigación global.

C.7. VINCULACIÓN CON LA COMUNIDAD

Los resultados del proyecto permitirán mejorar los vínculos entre el sector de la construcción y planificación local con la academia al conocer si existen beneficios más allá del ornato que hoy en día representa un muro y techo verde en la ciudad de Quito. Este impacto se llevará a cabo al divulgar y socializar los resultados de este estudio con los sectores de la construcción, diseño arquitectónico e inmobiliario. Una vez que la investigación culmine las principales herramientas de investigación (muro y techo verde) se deberían mantener en alguna parte visible del campus de la universidad con el objetivo de difundir y acercar a la comunidad universitaria, sobre todo a alumnos de arquitectura, a este tipo de elementos sostenibles y regenerativos.

Para vincular el estudio de las cubiertas y fachadas vegetadas para mantener la biodiversidad urbana mediante corredores ecológicos con la comunidad, es importante fomentar la participación activa y el diálogo con los ciudadanos. Aquí hay algunas formas de lograrlo:

Sensibilización y educación: Organizar eventos, talleres o charlas educativas para informar a la comunidad sobre los beneficios de las cubiertas y fachadas vegetadas, así como los corredores ecológicos. Esto ayudará a crear conciencia sobre la importancia de la biodiversidad urbana y cómo las personas pueden contribuir a su conservación.

Involucramiento en proyectos: Invitar a la comunidad a participar en proyectos prácticos, como la creación y mantenimiento de cubiertas o jardines verticales en edificios comunitarios. Esto no solo fomentará el sentido de pertenencia y empoderamiento, sino que también proporcionará oportunidades para aprender y aplicar técnicas de jardinería y cuidado de la vegetación.

Monitoreo comunitario: Establecer programas de monitoreo comunitario en los corredores ecológicos, donde los residentes locales puedan participar en la observación y recopilación de datos sobre la diversidad de especies y el estado de los espacios verdes. Esto promoverá la participación activa de la comunidad en la conservación de la biodiversidad y ayudará a recopilar información científica adicional.

Colaboración y cooperación: Establecer alianzas con organizaciones comunitarias, grupos de vecinos, instituciones educativas y otras entidades locales. Trabajar juntos en la planificación y ejecución de proyectos relacionados con la biodiversidad urbana, compartiendo conocimientos y recursos para lograr un impacto más significativo.

 Universidad Indoamérica	PROYECTO DE INVESTIGACIÓN		
Código Formato: FOR-PYI-2.0- 0496	Versión: 2.0	Fecha de vigencia: 23.02.2023	Pág. 16 /

Al vincular el estudio de las cubiertas y fachadas vegetadas con la comunidad, se fomenta la participación ciudadana y se construye una base sólida para la conservación y mejora de la biodiversidad urbana a largo plazo.

C.8. CONSIDERACIONES ETICAS

En el estudio de las cubiertas y fachadas vegetadas para mantener la biodiversidad urbana mediante corredores ecológicos, es importante tener en cuenta varias consideraciones éticas:

Bienestar animal: Asegurarse de que las medidas tomadas para promover la biodiversidad urbana no causen daño o sufrimiento innecesario a los animales. Esto implica considerar el impacto de las intervenciones en el hábitat de las especies, evitar la alteración de sus ciclos de reproducción y migración, y garantizar su acceso a recursos necesarios, como alimento y agua.

Equidad y justicia social: Asegurar que las medidas implementadas no afecten negativamente a comunidades vulnerables o desfavorecidas. Esto implica considerar los posibles impactos en términos de desplazamiento de personas, acceso a recursos y servicios, y distribución equitativa de los beneficios derivados de la biodiversidad urbana.

Participación y consentimiento informado: Involucrar a la comunidad en la toma de decisiones y garantizar que se obtenga su consentimiento informado antes de implementar medidas que afecten su entorno. Esto implica informar de manera clara y accesible sobre los objetivos, beneficios, posibles impactos y alternativas disponibles, y permitir que la comunidad participe en la planificación, diseño y evaluación de proyectos relacionados con la biodiversidad urbana.

Sostenibilidad y precaución: Considerar los impactos a largo plazo de las intervenciones en la biodiversidad urbana, así como los posibles efectos secundarios no deseados. Es importante aplicar el principio de precaución al tomar decisiones, evitando acciones que puedan tener consecuencias negativas significativas o irreversibles para el entorno natural.

Transparencia y divulgación de resultados: Comunicar de manera transparente los resultados de los estudios y proyectos relacionados con la biodiversidad urbana, permitiendo que la información esté disponible y accesible para la comunidad y otros interesados. Esto promueve la rendición de cuentas y la retroalimentación, así como la posibilidad de aprender de experiencias anteriores para mejorar futuras intervenciones.

 Universidad Indoamérica	PROYECTO DE INVESTIGACIÓN		
Código Formato: FOR-PYI-2.0- 0496	Versión: 2.0	Fecha de vigencia: 23.02.2023	Pág. 17 /

Al considerar estas cuestiones éticas, se garantiza una aproximación responsable y equitativa al estudio y la conservación de la biodiversidad urbana, promoviendo un enfoque holístico que valore tanto los aspectos científicos como los sociales y éticos.

C.9. PRODUCTOS DE INVESTIGACIÓN

En esta sección se incluyen los productos directos e indirectos de la investigación. Ejemplos de productos directos incluyen: bases de datos, prototipos, software, modelos, publicaciones, etc. Ejemplos de resultados indirectos incluyen: la formación de estudiantes o nuevos investigadores, creación y consolidación de redes o grupos de investigación, cooperación interinstitucional, ya sea nacional y/o internacional, etc.

C.10. PLAN DE PUBLICACIONES

Nombre de la publicación	Revista / Congreso	Tipo de publicación	Base de datos	Cuartil / Decil
<i>Uso de cubiertas y fachadas como para la prevención de la pérdida de biodiversidad.</i>	<i>Lecture Notes in Civil Engineering</i>	Proceedings	Scopus	Q4
Evaluación experimental de la capacidad de retención de agua lluvia de techos vegetados	Metu Journal of the Faculty of Architecture	Proceedings	Scopus	Q3

C.11. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

Actividad	Fecha Inicio	Fecha Fin	Descripción del gasto
Revisión de literatura	Marzo 2024	Abril 2024	
Construcción de la herramienta de investigación	Marzo 2024	Junio 2024	Materiales, insumos y reactivos
Toma de datos de la investigación – Periodo Seco/Verano	Agosto 2024	Septiembre 2024	Servicio de laboratorio e insumos

 Universidad Indoamérica	PROYECTO DE INVESTIGACIÓN		
Código Formato: FOR-PYI-2.0- 0496	Versión: 2.0	Fecha de vigencia: 23.02.2023	Pág. 18 /

Toma de datos de la investigación – Periodo Lluvioso/Invierno	Noviembre 2024	Diciembre 2024	Servicio de laboratorio e insumos
Análisis y tabulación de datos	Agosto 2024	Diciembre 2024	Servicio de laboratorio e insumos
Redacción de artículos	Octubre 2024	Diciembre 2024	
Difusión y eventos de vinculación con la comunidad	Octubre 2024	Diciembre 2024	
Envío a revistas y congresos	Noviembre 2024	Febrero 2025	Traducción y costos de publicación

C.12. MATRIZ DE MARCO LÓGICO

Objetivo específico	Actividad	Resultado de la actividad	Resultado del objetivo específico
Observación y recolección de datos de las capacidades de cubiertas y fachadas en cuanto a la biodiversidad.	Revisión bibliométrica	Gráfico de revisión bibliométrica	Matriz de tablas de control basadas en parámetros metodológicos establecidos en estudios previos a aplicarse en el desarrollo del proyecto
	Establecimiento de tablas de datos basados en los parámetros metodológicos de la revisión bibliométrica	Tablas de control basadas en parámetros metodológicos establecidos en estudios previos	
Construcción de la herramienta de investigación	Delimitación geográfica de la zona de estudio	Identificación de espacios verdes ubicados en el entorno próximo a	Determinación del tamaño de la muestra

 Universidad Indoamérica	PROYECTO DE INVESTIGACIÓN		
Código Formato: FOR-PYI-2.0- 0496	Versión: 2.0	Fecha de vigencia: 23.02.2023	Pág. 19 /

		los módulos de investigación	
	Análisis y medición de las distancias existentes entre las infraestructuras verdes objeto del estudio y los espacios verdes aledaños.	Establecimiento de las distancias existentes entre infraestructuras verdes próximas a los módulos de investigación	
Construcción de implementos para el desarrollo de la investigación	Capacitación y puesta en práctica de armado de equipos y adquisición de materiales	Construcción e implementación de equipos	Instalación de equipos de observación y recolección de datos
Evaluación de la factibilidad del uso de muros y techos verdes para la regeneración de la biodiversidad urbana.	Análisis precio de las características de la biodiversidad existente	Tabla de datos	Elaboración de un artículo científico basado en el estudio objeto del proyecto
	Análisis de variedades de fauna con movilidad en infraestructuras verdes urbanas en el entorno del proyecto	Tabla de datos	
	Análisis de la factibilidad del uso de infraestructuras verdes incorporadas a infraestructuras urbanas y su distancia optima	Tabla de datos	

 Universidad Indoamérica	PROYECTO DE INVESTIGACIÓN		
Código Formato: FOR-PYI-2.0- 0496	Versión: 2.0	Fecha de vigencia: 23.02.2023	Pág. 20 /

C.13. LITERATURA CITADA

Aladenola, O. O., and Adeboye, O. B. (2010). "Assessing the potential for rainwater harvesting." *Water Resour. Manage.*, 24(10), 2129–2137.

Castro, A.S., Goldenfum, J.A., da Silveira, A.L. et al. *The analysis of green roof's runoff volumes and its water quality in an experimental study in Porto Alegre, Southern Brazil. Environ Sci Pollut Res* 27, 9520–9534 (2020). <https://doi.org/10.1007/s11356-019-06777-5>

Lourdes, K. T., Hamel, P., Gibbins, C. N., Sanusi, R., Azhar, B., & Lechner, A. M. (2022a). Planning for green infrastructure using multiple urban ecosystem service models and multicriteria analysis. *Landscape and Urban Planning*, 226(September 2021), 104500. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2022.104500>

Mayrand, F., & Clergeau, P. (2018). Green Roofs and Green Walls for Biodiversity Conservation: A Contribution to Urban Connectivity? <https://doi.org/10.3390/su10040985>

Nastran, M., Pintar, M., Železnikar, Š., & Cvejić, R. (2022). Stakeholders' Perceptions on the Role of Urban Green Infrastructure in Providing Ecosystem Services for Human Well-Being. *Land*, 11(2). <https://doi.org/10.3390/land11020299>

Oliveira, C., Matos, C., Ferreira, R., & Lopes, R. (2023). Socio-Economic Planning Sciences Bridging CBA and MCA for evaluating green infrastructure: Proposal of a new evaluation model (MAGICA) In *es Teot o*. 85(September 2022). <https://doi.org/10.1016/j.seps.2022.101446>

Pille, L., & Säumel, I. (2021). The water-sensitive city meets biodiversity: Habitat services of rain water management measures in highly urbanized landscapes. *Ecology and Society*, 26(2). <https://doi.org/10.5751/ES-12386-260223>

Redondo Bermúdez, M. D. C., Kanai, J. M., Astbury, J., Fabio, V., & Jorgensen, A. (2022). Green Fences for Buenos Aires: Implementing Green Infrastructure for (More than) Air Quality. *Sustainability (Switzerland)*, 14(7), 1–23. <https://doi.org/10.3390/su14074129>

Thorpert, P., Rayner, J., Haaland, C., Englund, J. E., & Fransson, A. M. (2022). Exploring the Integration Between Colour Theory and Biodiversity Values in the Design of Living Walls. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 10(April), 1–13. <https://doi.org/10.3389/fevo.2022.804118>

 Universidad Indoamérica	PROYECTO DE INVESTIGACIÓN		
Código Formato: FOR-PYI-2.0- 0496	Versión: 2.0	Fecha de vigencia: 23.02.2023	Pág. 21 /

City Of Toronto, C. P. (2017). <http://www1.toronto.ca/wps/portal/contentonly?vgnextoid=3a7a036318061410VgnVCM10000071d60f89RCRD#findings>. Obtenido de <http://www1.toronto.ca>.

Li, X., Yin, X., & Wang, Y. (Urban For. Urban Green). Diversity and Ecology of Vascular Plants Established on the Extant World-Longest. Nanjing China: Urban For. Urban Green.

Mayrand, F., & Clergeau, P. (2018). Green Roofs and Green Walls for Biodiversity Conservation: A Contribution to Urban Connectivity? <https://doi.org/10.3390/su10040985>

Miller, C. (28 de 10 de 2016). Whole Building Design Guide- National Institute of Building Sciences. (A. C. Richard Keleher, Ed.) Obtenido de [wbdg.org](http://www.wbdg.org): <http://www.wbdg.org/resources/extensive-vegetative-roofs>

Rumble, H., & Gange, A. (2013). Soil Microarthropod Community Dynamics in Extensive Green Roofs. *Ecol. Eng.* 57, 197-204.

S. BRAAKER, J. G. (2015). Habitat connectivity shapes urban arthropod communities: the key role of green roofs. Swiss Federal Research Institute WSL, Biodiversity and Conservation Biology, Birmensdorf, Switzerland . Switzerland: Swiss Federal Research Institute WSL, Biodiversity and Conservation Biology, Birmensdorf, Switzerland.

Shanahan, D., Miller, C., Possingham, H., & Fuller, R. (2011). The Influence of Patch Area and Connectivity on. Queensland Australia: science direct.

Thorpert P, Rayner J, Haaland C, Englund J-E and Fransson A-M (2022) Exploring the Integration Between Colour Theory and Biodiversity Values in the Design of Living Walls. *Front. Ecol. Evol.* 10:804118. doi: 10.3389/fevo.2022.804118

Villalobos, I. G. (2010). http://www.paginaspersonales.unam.mx/files/251/BENEFICIOS_SISTEMAS_NATURACION_ILSE.pdf. Obtenido de <http://www.unam.mx/>.

D. PRESUPUESTO

D.1. PRESUPUESTO VALORADO

 Universidad Indoamérica	PROYECTO DE INVESTIGACIÓN		
Código Formato: FOR-PYI-2.0- 0496	Versión: 2.0	Fecha de vigencia: 23.02.2023	Pág. 22 /

Descripción	Nombre del Docente	Nº horas	Valor Hora	Monto Total
Coordinador del proyecto	Marcelo Villacis Ormaza	10 horas semanales * 4 semanas * 12 meses (480)	\$10,94	\$5250.00
Docente de apoyo	Susana Moya Vicuña	6 horas semanales * 4 semanas * 12 meses (288)	\$9,37	\$2698.56
Total				\$7948.56

D.2. PRESUPUESTO SOLICITADO

(ver Anexo 1)

Cuenta de gasto	Descripción del gasto	Mes de ejecución	Monto Institución	Monto Externo	Monto Total
INSUMOS Y MATERIALES DE INVESTIGACIÓN	Construcción de la herramienta de investigación	Febrero-Abril	\$750	-	\$750
OTROS SERVICIOS DE INVESTIGACIÓN	Análisis de laboratorio de muestras - Análisis Físicoquímico, Análisis Microbiológico	Agosto-Noviembre	\$750	-	\$750
INSUMOS Y MATERIALES DE INVESTIGACIÓN	Insumos y equipos de campo para registro y medición de fauna, temperatura y agua.	Agosto-Noviembre	\$750	-	\$750
CONGRESOS Y PONENCIAS	Registro en eventos científicos con publicación	Noviembre	\$350	-	\$350

 Universidad Indoamérica	PROYECTO DE INVESTIGACIÓN		
Código Formato: FOR-PYI-2.0- 0496	Versión: 2.0	Fecha de vigencia: 23.02.2023	Pág. 23 /

	<i>indexada a Scopus / WoS.</i>				
PUBLICACIONES EN INVESTIGACIÓN	Edición de artículos, traducciones, rubros de publicación en revistas.	<i>Octubre- Noviembre</i>	\$400	-	\$400
	Total				\$3000.00

D.3. PRESUPUESTO DEL PROYECTO

Descripción	Monto Total
Presupuesto Valorado	\$7948.56
Presupuesto Solicitado	\$3000.00
Fondos Externos	-
Presupuesto Total	\$10948.56

 Universidad Indoamérica	PROYECTO DE INVESTIGACIÓN		
Código Formato: FOR-PYI-2.0- 0496	Versión: 2.0	Fecha de vigencia: 23.02.2023	Pág. 24 /

D. FIRMAS DE RESPONSABILIDAD Y AVAL

VALIDACIÓN DEL DOCUMENTO				
	NOMBRE	CARGO	FIRMA	FECHA
ELABORADO POR	Marcelo Villacís	Docente Investigador	 Firmado electrónicamente por: RAUL MARCELO VILLACIS ORMAZA	22/01/2024
REVISADO POR	Susana Moya	Coordinadora de Investigación de Investigación de Facultad	 Firmado electrónicamente por: SUSANA ADRIANA MOYA VICUNA	22/01/2024
VALIDADO POR	Luis Soria	Decano de Facultad	 Firmado electrónicamente por: LUIS ENRIQUE SORIA PAZMINO	22/01/2024
APROBADO POR	Ignacio Ayala	Director Institucional de Investigación		22/01/2024