



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA  
SAN JUAN PUERTO RICO

**NEURO PAISAJE POST-DESASTRE EN PUERTO RICO: ESTRATEGIAS BASADAS EN  
NEUROCIENCIA PARA EL DISEÑO DE ESPACIOS PÚBLICOS RESILIENTES**

Autora: Angélica Dávila Vázquez

Tutor: Olga Angueira

Número de estudiante: 73596

## Tabla de contenido

<b>I. Introducción</b> .....	1
<b>II. Hipótesis</b> .....	3
1. Impacto de los Huracanes en la Salud Mental .....	4
2. Diseño de Espacios Públicos para la Reducción del Estrés y la Ansiedad .....	5
<b>III. Marco teórico</b> .....	7
1. Definición y Fundamentos del Neuro Paisaje .....	7
2. Fundamentos Neurocientíficos del Neuro Paisaje .....	8
3. Relación entre los estímulos sensoriales y la respuesta cognitiva .....	9
4. Impacto de los estímulos sensoriales en la cognición y el bienestar .....	9
5. El diseño neuro-paisajístico y la estimulación multisensorial .....	11
6. Aplicación en Puerto Rico: Espacios Restaurativos Post-Desastre .....	11
7. Resiliencia Comunitaria y Diseño Paisajístico .....	12
8. Impacto Post-Desastre en la Salud Mental y la Importancia del Neuro-Paisajismo en Puerto Rico .....	14
9. Casos de estudio .....	22
10. Precedentes.....	26
A. The Green Road Project.....	26
B. Jardines Botánicos de Christchurch .....	28
C. Crown Sky Garden .....	30
<b>IV. Resultados y Discusión</b> .....	33
1. Resiliencia Comunitaria y Alta Vulnerabilidad Social.....	36
2. Aplicación del Diseño Neuro-Paisajístico en la Recuperación Emocional .....	37
3. Comparación con Modelos Internacionales .....	38
<b>V. Conclusión y recomendaciones</b> .....	38
<b>VI. Bibliografía</b> .....	40
<b>VII. Anejos:</b> .....	43

## **I. Introducción**

Los desastres naturales imponen un cambio drástico en la relación del ser humano con su entorno, generando no solo daños físicos y estructurales, sino también impactos profundos en la percepción, la cognición y la respuesta emocional de los individuos afectados. La reconstrucción del paisaje post-desastre ha sido tradicionalmente abordada desde la resiliencia estructural y la recuperación ecológica. Sin embargo, recientes estudios en neurociencia aplicada a la arquitectura del paisaje han demostrado que el entorno construido y natural puede diseñarse estratégicamente para modular la respuesta neurofisiológica del ser humano. Este enfoque, al que denominamos “neuro-paisaje post-desastre”, se fundamenta en el diseño de espacios que no solo restauren la funcionalidad del territorio, sino que además integren estímulos específicos que favorezcan la estabilidad emocional, la percepción de seguridad y la recuperación cognitiva de las comunidades afectadas.

Por lo que el objetivo de este estudio es proponer principios de diseño basados en la neurociencia para transformar los espacios públicos de Puerto Rico en áreas que promuevan la reducción del estrés y la ansiedad causados por desastres naturales, lo que se logrará mediante la identificación de estímulos sensoriales que favorecen la recuperación emocional en espacios públicos, el análisis de casos de éxito de integración de principios neurocientíficos en contextos post-desastre y el diseño de estrategias para implementar estos principios en lugares estratégicos en Puerto Rico.

El neuro-paisaje es una disciplina emergente que aplica los principios de la neurociencia al diseño de espacios públicos con el objetivo de mejorar la salud mental, emocional y física de las personas. Este enfoque innovador establece una relación entre los estímulos sensoriales (visuales, auditivos, olfativos y táctiles) y las respuestas neurológicas que generan en el cerebro humano, promoviendo ambientes naturales que favorezcan la reducción del estrés, la ansiedad y la fatiga mental. Un proyecto diseñado utilizando las bases del neuro-paisaje se diferencia de

un diseño paisajista convencional en su enfoque integral hacia el bienestar mental y emocional de los usuarios. Mientras que el diseño paisajista tradicional se centra en la estética y la funcionalidad del espacio, el neuro-paisaje incorpora principios de la neurociencia para optimizar las respuestas sensoriales y cognitivas. Por ejemplo, los diseños neuro-paisajísticos utilizan vegetación específica para reducir el estrés, crean recorridos que estimulan la atención plena y emplean elementos naturales que activan áreas cerebrales asociadas con emociones positivas. Esto permite generar espacios que no solo embellecen el entorno, sino que también promueven la salud integral y la recuperación emocional de las personas.

En Puerto Rico, los frecuentes desastres naturales y crisis sanitarias, como los huracanes y la pandemia de COVID-19, han generado un impacto significativo en la salud mental de la población, particularmente en el aumento del estrés postraumático y la ansiedad. Ante estos retos, existe una necesidad urgente de repensar los diseños de espacios públicos para que no solo sean funcionales y estéticos, sino que también ofrezcan espacios de recuperación emocional y resiliencia frente a futuras crisis. Para abordar este problema, la investigación adopta un enfoque mixto (cualitativo y cuantitativo) que permitirá analizar la relación entre los estímulos sensoriales en espacios públicos y su impacto en la recuperación emocional post-desastre en Puerto Rico. A través de la combinación de datos neurocientíficos, estudios de caso y observaciones de campo con análisis estadísticos sobre el bienestar psicológico y la resiliencia comunitaria, se busca desarrollar estrategias basadas en la neurociencia aplicadas al diseño de espacios públicos.

Para lograr este propósito, se utilizarán diversas fuentes de información que permitirán triangular datos y validar los hallazgos, incluyendo la revisión bibliográfica de literatura académica sobre neuro-paisajismo y recuperación post-desastre, el análisis de estudios de caso de proyectos internacionales que han implementado principios neurocientíficos en espacios públicos, y la recolección de datos mediante entrevistas y encuestas dirigidas a residentes de

Puerto Rico afectados por desastres naturales. Además, se analizarán datos existentes para identificar la zona en Puerto Rico que presenta mayor necesidad de intervención mediante estrategias de neuro-paisajismo. Esta selección se basará en factores como el impacto de desastres previos, la densidad poblacional y la accesibilidad, permitiendo determinar el área más adecuada para su implementación.

Para el procedimiento de análisis, se emplearán metodologías específicas como el análisis de percepción y bienestar a través de encuestas para medir el impacto de estos espacios en la recuperación emocional, y la comparación con estudios de caso internacionales como *The Green Road Project*, *Crown Sky Garden* y *los Jardines Botánicos de Christchurch* con el fin de extraer principios aplicables al contexto puertorriqueño. Asimismo, se realizará una validación mediante neurociencia aplicada, revisando estudios sobre la respuesta cerebral a estímulos ambientales para fundamentar el impacto del diseño en la recuperación emocional.

Este estudio propone una aproximación interdisciplinaria que vincula la neurociencia con el diseño del paisaje, ofreciendo soluciones innovadoras para la recuperación emocional en comunidades afectadas por desastres naturales. Para determinar las áreas más adecuadas para la implementación de estrategias de neuro-paisajismo post-desastre en Puerto Rico, se utilizaron criterios de selección basados en evidencia cartográfica, demográfica y social. Se aplicó un enfoque de triangulación de datos que permitió identificar municipios con mayor necesidad de intervención considerando factores ambientales, socioeconómicos y de resiliencia comunitaria.

## **II. Hipótesis**

La hipótesis de esta investigación plantea que, si se integran los principios de la neurociencia aplicada al diseño de espacios públicos estratégicos en Puerto Rico, entonces se logrará una mejora significativa en la reducción del estrés y la ansiedad en la población. Esto se debe a que dichos espacios proporcionarán entornos de calma y recuperación emocional que

contribuirán a la resiliencia psicológica de las personas, especialmente en un contexto marcado por desastres naturales y las consecuencias socioeconómicas que afectan la salud mental.

En Puerto Rico, el estrés y la ansiedad son dos de los principales problemas de salud mental. De acuerdo con Barreto y Cruz (s.f.), el 15% de la población puertorriqueña que recibe servicios de salud mental experimenta estrés y dificultades en el control de impulsos, mientras que el 10% padece trastornos de ansiedad. El psiquiatra Alberto Varela en el 2011 también señala que en la isla existen 500,000 personas adultas con síntomas emocionales como ansiedad y depresión, exacerbados por eventos traumáticos y situaciones de incertidumbre.

El entorno, la cultura y la sociedad tienen una gran influencia en el desarrollo individual, y los aspectos culturales, sociales, económicos y políticos de Puerto Rico han jugado un rol fundamental en la crisis de salud mental. Según Rivera Mass (s.f.), factores como el aumento del desempleo, los despidos en el sector gubernamental, el incremento de la criminalidad y el impacto de los desastres naturales han agravado las condiciones emocionales de la población.

### **1. Impacto de los Huracanes en la Salud Mental**

El huracán María, que azotó Puerto Rico en septiembre de 2017, tuvo efectos devastadores en la salud mental de la población. Según la Oficina del Procurador de las Personas de Edad Avanzada de Puerto Rico en su Perfil Sociodemográfico de la Población de Adultos Mayores (2024), los efectos de eventos traumáticos como el huracán María, han causado un incremento en los casos de depresión entre esta población de 60 años. Según un estudio publicado en *JAMA Network Open*, el 7.2% de los estudiantes encuestados (aproximadamente uno de cada 14) presentó síntomas clínicamente significativos de trastorno de estrés posttraumático (TEPT), siendo las niñas más propensas a manifestar estos síntomas en comparación con los varones (Heredia Rodríguez, 2019). Las causas principales del estrés posttraumático incluyen la pérdida de seres queridos, el daño a las viviendas, la escasez de alimentos y la sensación de peligro constante.

Además, una encuesta de *The Washington Post/Kaiser Family Foundation* reveló que el 22% de los residentes de Puerto Rico necesitó o recibió servicios de salud mental tras los huracanes, y el 13% comenzó a tomar medicamentos recetados o aumentó sus dosis debido a problemas emocionales. Las tasas de suicidio también aumentaron en un 18% en los nueve meses posteriores a los huracanes (Heredia Rodríguez, 2019).

El trauma causado por los huracanes puede persistir durante años, afectando el bienestar psicológico de la población y generando un estado de alerta constante ante futuras temporadas ciclónicas.

## **2. Diseño de Espacios Públicos para la Reducción del Estrés y la Ansiedad**

Dado el impacto de los huracanes en la salud mental de la población puertorriqueña, es fundamental diseñar estrategias que ayuden a mitigar el estrés y la ansiedad, particularmente a través del entorno físico. La neuro-arquitectura y el neuro paisaje ofrecen herramientas basadas en la neurociencia para la creación de entornos restaurativos que promuevan el bienestar psicológico.

Los espacios públicos diseñados con base en principios de restauración emocional pueden proporcionar alivio a las personas que sufren estrés y ansiedad crónica. Según Olszewska-Guizzo (2023), los paisajes contemplativos —espacios verdes diseñados con elementos naturales que favorecen la relajación neurológica— tienen el potencial de reducir la actividad en las áreas del cerebro asociadas al estrés, promoviendo estados de calma y recuperación emocional.

Estudios como los de Kaplan y Kaplan (1989) han demostrado que la exposición a la naturaleza tiene un impacto positivo en la reducción de la fatiga mental y el estrés. En particular, el *Alnarp Rehabilitation Garden* en Suecia ha sido diseñado para ayudar a pacientes con estrés severo a recuperarse a través de la interacción con la naturaleza (Grahn y Stigsdotter, 2010).

Modelos similares podrían aplicarse en Puerto Rico para atender a las poblaciones afectadas por desastres naturales.

Entre los elementos específicos que pueden contribuir a la reducción del estrés y la ansiedad en el espacio público se incluyen:

- a. **Áreas de vegetación densa y variada**, que proporcionen sombra, frescura y refugio sensorial.
- b. **Recorridos sensoriales**, que incorporen estímulos visuales, auditivos y táctiles relajantes.
- c. **Zonas de descanso y contemplación**, con bancos estratégicamente ubicados en entornos naturales tranquilos.
- d. **Fuentes de agua y elementos acústicos naturales**, que generen sonidos suaves y constantes para enmascarar ruidos urbanos disruptivos.
- e. **Materiales naturales y orgánicos**, como madera y piedra, que evocan seguridad y estabilidad.
- f. **Conectividad con la comunidad**, permitiendo espacios diseñados para la interacción social, lo que refuerza el sentido de pertenencia y apoyo colectivo.

La aplicación de estos principios en espacios públicos estratégicos podría contribuir significativamente a la resiliencia psicológica de la población puertorriqueña, proporcionando entornos diseñados no solo para la recreación, sino también para la restauración emocional y la prevención de trastornos de ansiedad relacionados con el estrés postraumático.

Los efectos de los huracanes en la salud mental de los puertorriqueños resaltan la necesidad de implementar estrategias de mitigación del estrés y la ansiedad. La integración de principios de neuro paisaje en el diseño de espacios públicos puede ofrecer una solución efectiva y accesible para enfrentar esta crisis, promoviendo entornos que no solo embellezcan las ciudades, sino que también sirvan como herramientas terapéuticas para la comunidad.

Ante este panorama, los principios del neuro paisajismo presentan una oportunidad innovadora para abordar el estrés y la ansiedad mediante el diseño de espacios públicos restaurativos. Los entornos diseñados con vegetación adecuada, recorridos sensoriales y elementos naturales que estimulen respuestas neurológicas positivas pueden ofrecer alivio emocional y promover la recuperación. Estos espacios, accesibles para todos, pueden actuar como herramientas preventivas y de mitigación, ayudando a reducir los efectos del estrés postraumático y la ansiedad, al tiempo que fomentan la resiliencia comunitaria frente a futuras crisis.

### **III. Marco teórico**

#### **1. Definición y Fundamentos del Neuro Paisaje**

El neuro paisajismo es una disciplina emergente que aplica los principios de la neurociencia al diseño de paisajes y espacios exteriores con el objetivo de mejorar la salud mental, emocional y física de las personas. Este enfoque innovador establece una relación entre los estímulos sensoriales (visuales, auditivos, olfativos y táctiles) y las respuestas neurológicas que generan en el cerebro humano, promoviendo ambientes naturales que favorezcan la reducción del estrés, la ansiedad y la fatiga mental. La idea central del neuro paisaje es que los entornos diseñados estratégicamente pueden influir en la actividad cerebral y modular estados emocionales, contribuyendo así al bienestar general de los individuos que interactúan con ellos.

El concepto de neuro paisajismo surge en la intersección entre la neurociencia, la arquitectura y el paisajismo, generando una revolución en el diseño de entornos construidos. A lo largo de la historia, el paisajismo ha priorizado la estética y la funcionalidad del espacio, sin embargo, el neuro paisaje introduce una dimensión adicional: la capacidad del entorno para influir en los procesos cognitivos y emocionales de quienes lo habitan. De manera similar a la neuroarquitectura—disciplina que estudia cómo el diseño de los espacios interiores impacta el comportamiento humano—el neuro paisajismo busca comprender cómo los espacios exteriores

pueden optimizarse para potenciar la salud mental y emocional. Este enfoque es particularmente relevante en contextos de estrés, ansiedad y trauma post-desastre, donde el diseño del entorno puede ser un factor clave en la recuperación psicológica.

## **2. Fundamentos Neurocientíficos del Neuro Paisaje**

La neurociencia, base de esta disciplina, es el estudio del sistema nervioso, incluyendo el cerebro, la médula espinal y los nervios periféricos. Como ciencia interdisciplinaria, explora cómo funcionan las neuronas, los circuitos cerebrales y las conexiones que afectan el comportamiento, las emociones y los procesos cognitivos (Kandel et al., 2013). Aplicada al diseño paisajístico, la neurociencia permite comprender y potenciar los efectos positivos del entorno en la salud mental, identificando los mecanismos biológicos que subyacen a la experiencia humana del espacio.

Los estímulos naturales tienen un impacto directo en el funcionamiento del cerebro. Estudios han demostrado que la exposición a paisajes restaurativos puede reducir los niveles de cortisol (hormona del estrés), mejorar la concentración y favorecer la regulación emocional (Kaplan & Kaplan, 1989). Este efecto se debe, en parte, a la activación de la red de modo predeterminado (DMN, por sus siglas en inglés), un conjunto de regiones cerebrales que se asocian con estados de relajación, introspección y creatividad. La presencia de vegetación, agua, sonidos naturales y patrones fractales en el diseño del paisaje activa esta red, promoviendo sensaciones de calma y bienestar (Tost et al., 2015).

Uno de los principios clave en el diseño neuro paisajístico es la estimulación multisensorial controlada. La percepción del entorno no depende únicamente de la visión, sino de una combinación de estímulos que afectan diferentes áreas del cerebro. Los jardines sensoriales, por ejemplo, han sido diseñados para involucrar los sentidos de manera estratégica, incorporando texturas táctiles, sonidos relajantes, aromas naturales y variaciones de luz que generan respuestas emocionales positivas (Grahn & Stigsdotter, 2010). Estos espacios han

demostrado ser particularmente efectivos en la reducción del estrés y en la mejora del bienestar en pacientes con trastornos neurológicos y psiquiátricos.

### **3. Relación entre los estímulos sensoriales y la respuesta cognitiva**

El entorno construido y natural influye directamente en la percepción sensorial y, por ende, en las respuestas cognitivas y emocionales de los individuos. La neurociencia ha demostrado que los estímulos sensoriales activan diferentes áreas del cerebro, generando respuestas fisiológicas y psicológicas que pueden afectar el estado de ánimo, la concentración, el estrés y la sensación de bienestar (Kaplan & Kaplan, 1989; Tost et al., 2015). En el contexto del neuro-paisajismo, estos hallazgos permiten diseñar espacios que optimicen la interacción entre el ambiente y los procesos neurológicos, promoviendo la salud mental y la recuperación emocional.

### **4. Impacto de los estímulos sensoriales en la cognición y el bienestar**

Los estímulos sensoriales se refieren a la información captada por los sentidos (visión, audición, olfato, tacto y gusto) y procesada por el sistema nervioso central. En entornos diseñados estratégicamente, estos estímulos pueden modular la actividad cerebral para inducir estados de relajación, atención plena y restauración cognitiva. Según estudios sobre la relación entre el paisaje y la neurociencia, algunos de los efectos más relevantes incluyen:

- a. **Estímulos visuales:** La exposición a patrones naturales como la vegetación, el agua y las formas orgánicas ha demostrado activar regiones cerebrales asociadas con la calma y la reducción del estrés. La teoría de la restauración de la atención (ART, por sus siglas en inglés) de Kaplan y Kaplan (1989) sugiere que los paisajes naturales restaurativos reducen la fatiga cognitiva y mejoran la capacidad de concentración. Además, investigaciones con electroencefalografía (EEG) han demostrado que la observación de paisajes contemplativos induce una mayor actividad en la corteza

prefrontal izquierda, asociada con estados emocionales positivos (Olszewska-Guizzo et al., 2020).

- b. **Estímulos auditivos:** El sonido tiene un impacto directo en la percepción del entorno y en la activación del sistema límbico. Los paisajes acústicos naturales, como el murmullo del agua o el canto de los pájaros, han demostrado generar efectos relajantes, reduciendo la activación del eje hipotalámico-hipofisario-adrenal (HPA), el cual está implicado en la respuesta al estrés (Pykett et al., 2020). En contraste, los entornos urbanos con contaminación acústica pueden aumentar la ansiedad y la sobrecarga sensorial, lo que refuerza la necesidad de integrar barreras naturales y sonidos restaurativos en los espacios urbanos.
- c. **Estímulos olfativos:** El olfato está estrechamente vinculado con la memoria y la emoción, dado que las señales olfativas son procesadas directamente en la amígdala y el hipocampo, estructuras clave en la regulación del estado de ánimo y la respuesta al estrés (Tost et al., 2015). La presencia de vegetación con fragancias relajantes, como lavanda, pinos y jazmines, puede contribuir a la sensación de bienestar en los espacios urbanos. Algunos estudios han demostrado que la exposición a ciertos compuestos volátiles de las plantas (fitoncidas) puede reducir los niveles de cortisol en el cuerpo y mejorar el sistema inmunológico (Grahm & Stigsdotter, 2010).
- d. **Estímulos táctiles:** La interacción con materiales y texturas también juega un papel importante en la experiencia cognitiva de los entornos. La madera, el agua, la piedra y otros elementos naturales pueden generar sensaciones de confort y conexión con la naturaleza. En estudios de neuro-arquitectura, se ha encontrado que las texturas orgánicas y suaves inducen respuestas de relajación, mientras que las superficies frías y artificiales pueden generar mayor estrés y desapego del entorno (Kim, 2023).

## **5. El diseño neuro-paisajístico y la estimulación multisensorial**

El neuro-paisajismo propone la integración estratégica de estímulos sensoriales para inducir respuestas cognitivas beneficiosas. Modelos como el *Contemplative Landscape Model* (CLM) han demostrado que ciertos atributos del paisaje, como la reorientación visual, la combinación de luz natural y sombra, y la diversidad de texturas, pueden generar un estado contemplativo que favorezca la restauración emocional (Olszewska-Guizzo, 2023).

Casos de estudio como *The Green Road Project* en el *Walter Reed National Military Medical Center* en Maryland han evidenciado que los espacios diseñados con base en principios neurocientíficos pueden reducir significativamente los niveles de estrés en veteranos de guerra con trastorno de estrés postraumático (TEPT). Este proyecto incorporó senderos arbolados, fuentes de agua y vegetación autóctona para crear un entorno que promoviera la relajación a través de la estimulación multisensorial (Olszewska-Guizzo, 2020).

Otro ejemplo destacado es el *Crown Sky Garden* en el Hospital Infantil de Chicago, diseñado por Mikyoung Kim, donde se incorporaron luces interactivas, materiales naturales y una disposición espacial que permite la exploración sensorial, mejorando la experiencia de los pacientes y reduciendo la ansiedad hospitalaria (Kim, 2023). Este modelo demuestra cómo la combinación de luz, sonido y texturas puede transformar un espacio en un entorno de sanación.

## **6. Aplicación en Puerto Rico: Espacios Restaurativos Post-Desastre**

En el contexto post-desastre en Puerto Rico, la falta de entornos restaurativos tras el huracán María y la pandemia de COVID-19 evidenció la necesidad de diseñar espacios públicos que integren estímulos sensoriales de manera estratégica. La destrucción del paisaje y la falta de acceso a estos limitaron la posibilidad de regulación emocional en la población afectada, lo que contribuyó al aumento de casos de estrés postraumático y ansiedad (Rivera-Mass, 2020).

La implementación de parques restaurativos y jardines sensoriales en zonas urbanas y comunidades vulnerables podría mejorar significativamente la calidad de vida de los residentes

al ofrecer entornos diseñados para activar respuestas neurocognitivas favorables. La planificación de estos espacios debe considerar:

- a. La integración de vegetación con propiedades terapéuticas para estimular el olfato y la vista.
- b. El uso de fuentes de agua y materiales naturales para promover la relajación y la conexión táctil con el entorno.
- c. El diseño de recorridos contemplativos que favorezcan la atención plena y la orientación espacial.
- d. La incorporación de paisajes acústicos restaurativos, reduciendo la contaminación sonora urbana con barreras naturales y elementos sonoros relajantes.

El impacto de estos espacios en la salud mental y la resiliencia comunitaria ya ha sido validado en múltiples estudios internacionales (Grahn & Stigsdotter, 2010; Pykett et al., 2020), por lo que su implementación en el contexto de Puerto Rico representa una oportunidad clave para mejorar la recuperación post-desastre y mitigar los efectos del estrés crónico en la población.

## **7. Resiliencia Comunitaria y Diseño Paisajístico**

La resiliencia comunitaria se define como la capacidad de una comunidad para resistir, adaptarse y recuperarse ante eventos adversos. Esta no solo depende de la infraestructura física y los recursos disponibles, sino también de factores sociales, psicológicos y ambientales que permitan una recuperación sostenible. De acuerdo con la Oficina del Censo de EE. UU. (2023), el 46.1% de la población de Puerto Rico presenta tres o más factores de vulnerabilidad social, incluyendo pobreza, desempleo, acceso limitado a servicios de salud y aislamiento social. Esta alta vulnerabilidad dificulta la recuperación ante desastres y resalta la importancia de estrategias de planificación que integren elementos de resiliencia comunitaria en la reconstrucción del paisaje.

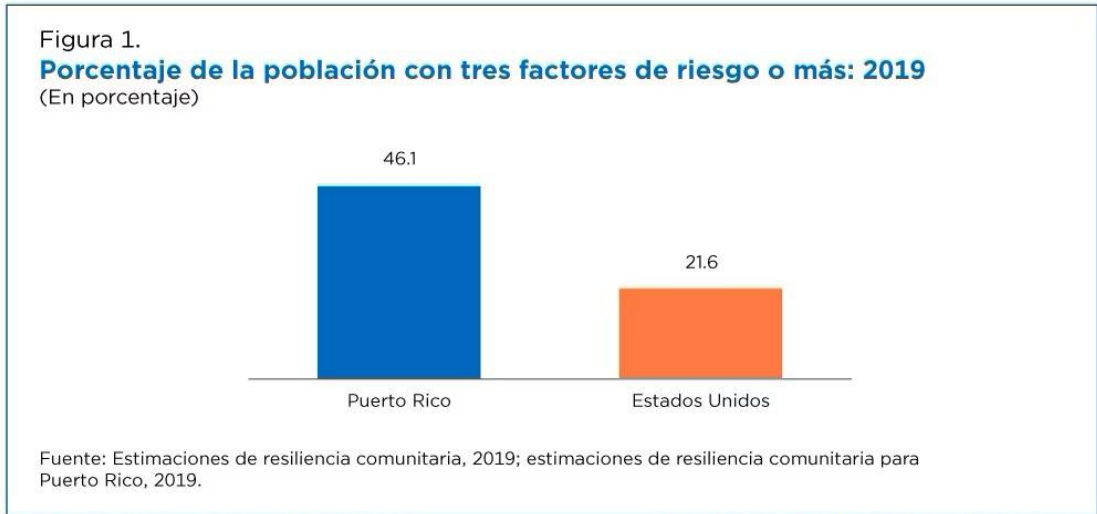


Figura 1

Los datos reflejados en la Figura 1 muestran que todos los municipios de Puerto Rico presentan altos niveles de vulnerabilidad social en comparación con el promedio de Estados Unidos. Sin embargo, municipios como Maricao (65.0%), Lajas (63.3%), Guánica (62.3%), Sabana Grande (57.0%) y Ciales (56.4%) se destacan con las tasas más elevadas de población con tres o más factores de riesgo. Estos datos sugieren que las estrategias de reconstrucción post-desastre deben priorizar estos sectores altamente vulnerables, asegurando el acceso a espacios públicos que fomenten la resiliencia emocional y social.

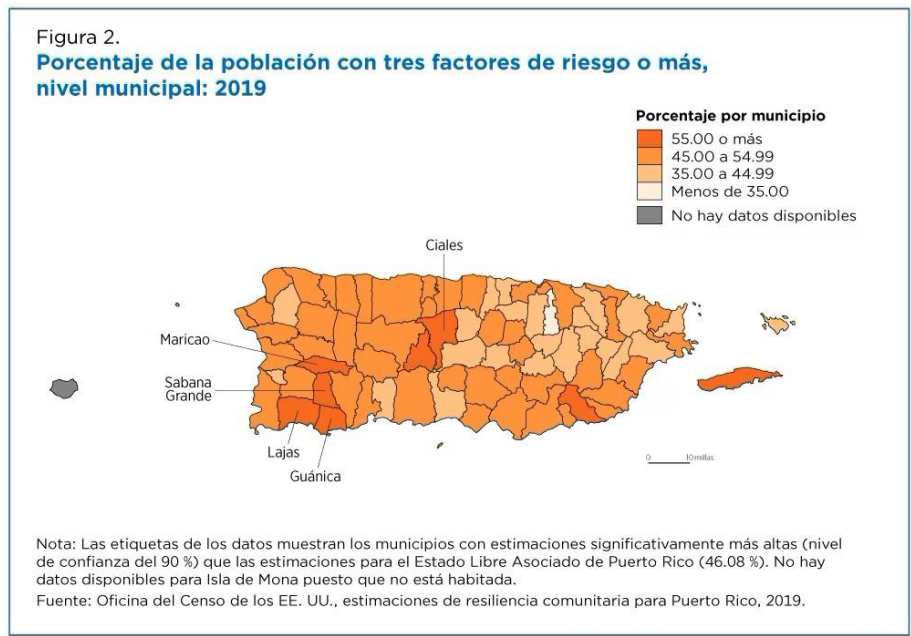


Figura 2

El paisajismo post-desastre desempeña un papel clave en este proceso, ya que puede contribuir a la restauración de la identidad comunitaria y generar espacios de encuentro que fomenten el sentido de pertenencia y seguridad. Estrategias como la implementación de corredores ecológicos, la creación de jardines terapéuticos y el diseño de espacios públicos restaurativos pueden potenciar la resiliencia de las comunidades al proporcionar entornos que estimulen respuestas cognitivas y emocionales positivas. En este sentido, la Figura 2 ilustra la distribución de la población con múltiples factores de riesgo a nivel municipal, lo que enfatiza la necesidad de adaptar el diseño paisajístico según las características específicas de cada región.

## **8. Impacto Post-Desastre en la Salud Mental y la Importancia del Neuro-Paisajismo en Puerto Rico**

Los desastres naturales tienen un impacto profundo no solo en la infraestructura y el medio ambiente, sino también en la salud mental de las poblaciones afectadas. En Puerto Rico, el impacto del huracán María en 2017 representó un punto de inflexión en la relación de la población con su entorno, generando un trauma colectivo que perduró por años. La falta de respuesta inmediata, la incertidumbre ante la recuperación, el desplazamiento forzado y la pérdida de vidas humanas contribuyeron a un incremento significativo en los casos de estrés postraumático (TEPT), depresión y ansiedad. Según datos del Departamento de Salud de Puerto Rico (2018), los informes de suicidio aumentaron en un 29% en comparación con el año anterior, reflejando el nivel de crisis emocional que vivía la población.

Uno de los factores que exacerbó este impacto fue la desconexión con la naturaleza causada por la destrucción del paisaje. Después del huracán María en 2017, Puerto Rico enfrentó una crisis humanitaria sin precedentes. Más allá de la devastación física causada por los vientos de hasta 155 mph y las inundaciones masivas, la isla experimentó un colapso total de su infraestructura, incluyendo la electricidad, el agua potable, las telecomunicaciones y las carreteras. Además, la pérdida masiva de árboles, la erosión del suelo y la contaminación de cuerpos de agua no solo afectaron la biodiversidad, sino que alteraron la percepción sensorial

del entorno, generando una sensación de desolación y angustia entre los residentes (Rivera-Mass, 2020).

Sin embargo, el impacto post-desastre no solo fue material, sino que también dejó secuelas profundas en la salud mental de la población. El trauma colectivo generado por la pérdida de hogares, la incertidumbre económica y la interrupción de la vida cotidiana aumentó los niveles de estrés y ansiedad en la población, especialmente en comunidades aisladas durante semanas o meses. La imagen de un Puerto Rico “gris y seco” fue mencionada repetidamente por los afectados, indicando cómo la ausencia de estímulos naturales restaurativos impactó negativamente su bienestar emocional.

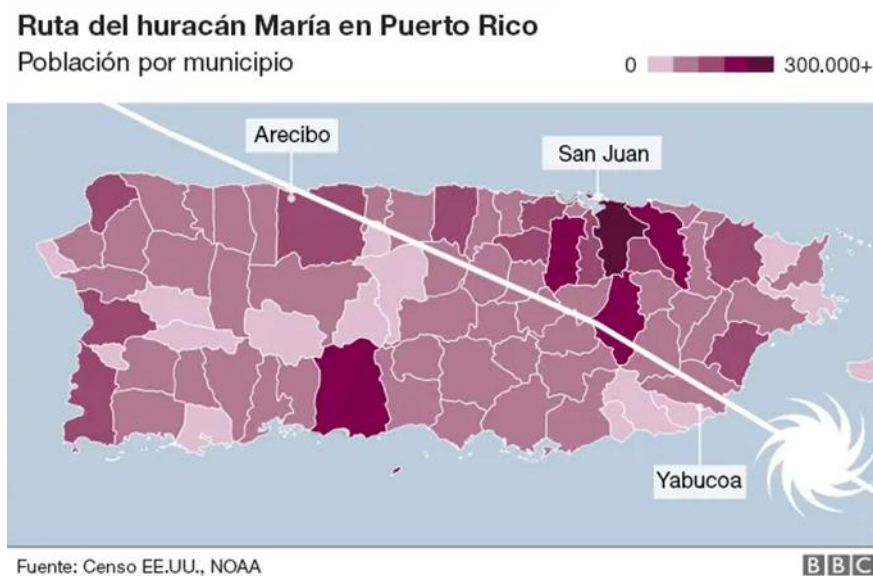


Figura 3

El mapa de la ruta del huracán María (figura 3) muestra que el temporal cruzó Puerto Rico de sureste a noroeste, afectando severamente municipios como Yabucoa, Caguas, Arecibo y San Juan. Sin embargo, el impacto del huracán no solo se tradujo en vientos destructivos y lluvias torrenciales, sino también en deslizamientos de tierra masivos, como lo evidencia el mapa del Servicio Geológico de EE. UU. sobre la densidad de deslizamientos causados por María.

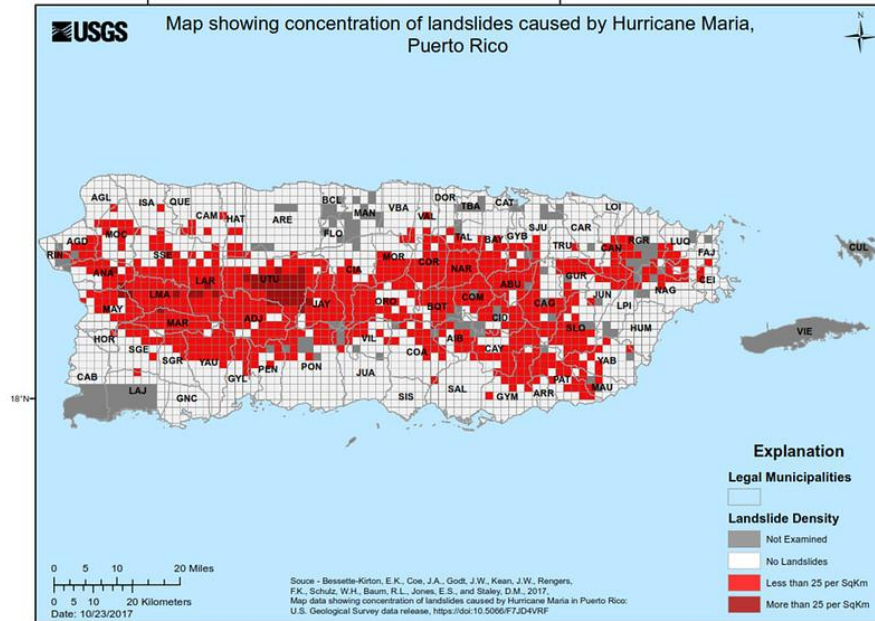


Figura 4

Las zonas montañosas del centro y este de la isla (Utuado, Jayuya, Orocovis, Naranjito, Aguas Buenas, Cayey, entre otros) sufrieron una alta densidad de deslizamientos. Municipios con densidad mayor a 25 deslizamientos por  $\text{km}^2$  están en alto riesgo geológico, lo que dificulta su recuperación y los hace prioritarios para estrategias de mitigación de desastres.

Las inundaciones son uno de los desastres naturales más frecuentes en Puerto Rico y representan un peligro significativo para la infraestructura, la seguridad y la salud mental de la población. El mapa titulado “Zonas Inundables en Puerto Rico en el 2018” (figura 5), basado en datos de FEMA (2018) y elaborado por Ferdinand Quiñones, muestra las áreas de mayor vulnerabilidad a inundaciones en la isla. En él se identifican zonas de inundación con un período de recurrencia de 100 años (en rojo), que tienen una probabilidad del 1% de inundarse en un año dado; cauces principales de los ríos (en azul), que corresponden a las áreas donde se concentra el flujo de agua durante crecidas; y zonas de inundación con un período de recurrencia de 500 años (en amarillo), con una probabilidad menor (0.2% anual) de experimentar inundaciones severas.

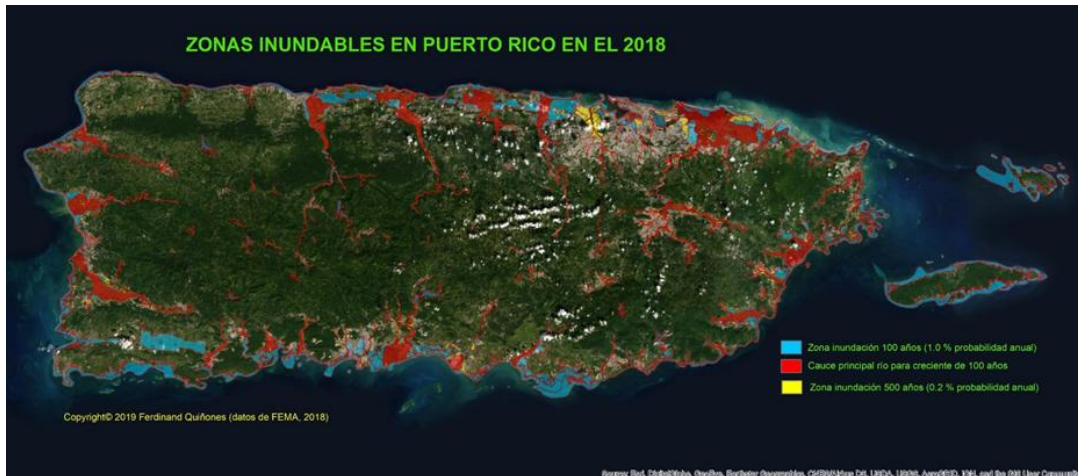


Figura 5

La información contenida en este mapa es clave para comprender cómo el riesgo de desastres naturales contribuye al estrés y la ansiedad en la población puertorriqueña. Estudios recientes han señalado que la exposición recurrente a eventos catastróficos, como inundaciones y huracanes, genera un estado de hipervigilancia y estrés crónico, afectando la salud mental de los habitantes de estas zonas vulnerables (Rivera-Mass, 2020).

Los efectos de las inundaciones en la salud mental pueden observarse a través de varios factores. En primer lugar, el desplazamiento y la pérdida de hogares representan una de las principales fuentes de estrés en las comunidades afectadas. Las personas que viven en las zonas más propensas a inundaciones enfrentan un riesgo constante de perder sus viviendas, lo que contribuye al desarrollo de síntomas de ansiedad y estrés postraumático. Estudios realizados tras el huracán María revelaron que muchas familias en estas áreas experimentaron desarraigo, lo que generó sentimientos de desesperanza y angustia (Heredia Rodríguez, 2019). Además, la interrupción de servicios básicos como electricidad, agua potable y atención médica después de una inundación puede aumentar los niveles de ansiedad, ya que en muchas comunidades esta falta de acceso prolonga la sensación de crisis y dificulta la recuperación emocional. Dentro de las poblaciones más vulnerables, los adultos mayores enfrentan mayores dificultades de adaptación emocional debido a la pérdida de recursos y el aislamiento social. De acuerdo con el

Perfil Sociodemográfico de la Población de Adultos Mayores (2024), las personas de la tercera edad que residen en zonas propensas a inundaciones son particularmente susceptibles a sufrir episodios de ansiedad y depresión como consecuencia de la inseguridad prolongada y la inestabilidad ambiental.

Por otro lado, el mapa titulado “Cambio porcentual en la población total por Municipios, PR: Censo 2010-2020”, elaborado por el Instituto de Estadísticas de Puerto Rico, muestra la reducción de población en los diferentes municipios de la isla durante la última década. Los municipios que experimentaron las mayores reducciones en población fueron Guánica (-29.0%), Maricao (-24.2%), Loíza (-21.2%), Yabucoa (-19.8%), y Guayama (-19.3%), entre otros. Este fenómeno puede estar vinculado a diversos factores socioeconómicos, desastres naturales y condiciones de vida.

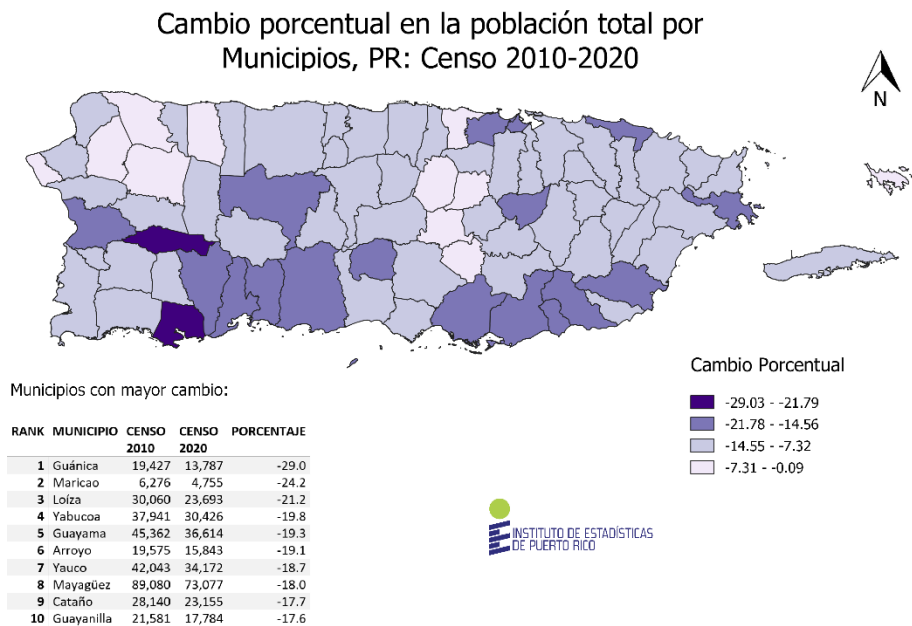


Figura 6

Desde una perspectiva de resiliencia comunitaria y neuro paisaje, la disminución de la población en estos municipios puede asociarse a un aumento en la ansiedad y el estrés en las comunidades afectadas. La migración forzada debido a huracanes como María (2017), la crisis económica y la falta de oportunidades han dejado comunidades fragmentadas, con un alto nivel

de incertidumbre sobre el futuro. En este contexto, los espacios públicos y el diseño urbano juegan un papel fundamental en la mitigación del impacto psicológico de estos cambios demográficos. El cambio demográfico reflejado en este mapa resalta la necesidad de aplicar estrategias de diseño resiliente que atiendan los efectos emocionales de la migración, el aislamiento y la reducción de la población.

La reconstrucción posterior a María se enfocó principalmente en restaurar la infraestructura crítica, como la electricidad, el agua potable y las telecomunicaciones, dejando en segundo plano la recuperación de espacios públicos y áreas recreativas (FEMA, 2020). Sin embargo, la importancia de estos entornos en la resiliencia comunitaria y la salud mental no puede subestimarse. En marzo de 2020, la Agencia Federal para el Manejo de Emergencias (FEMA) asignó más de \$67 millones para reparar y reconstruir parques e instalaciones deportivas en la isla, con el objetivo de restaurar el sentido de comunidad y proporcionar espacios de esparcimiento. Entre los proyectos financiados se destacaron el Parque Osvaldo Rivera en Coamo, con una asignación de más de \$1.8 millones, y la cancha de baloncesto de Hato Arriba en San Sebastián, que recibió más de \$411,000 (FEMA, 2020).

No obstante, la reconstrucción de estos espacios se realizó bajo un modelo convencional que priorizó la funcionalidad y la estética sin una consideración explícita de los principios de neuro-paisajismo. A diferencia de modelos internacionales como *The Green Road Project* en Estados Unidos, donde el diseño de espacios verdes ha sido estratégicamente implementado para facilitar la recuperación emocional de personas con traumas severos (Olszewska-Guizzo, 2023), en Puerto Rico no se integraron metodologías basadas en la neurociencia. Esto representa una oportunidad perdida para potenciar la resiliencia comunitaria a través del diseño de entornos que promuevan respuestas neurológicas favorables a la relajación, la reducción del estrés y la restauración atencional.

El concepto de neuro-paisajismo post-desastre cobra especial relevancia en este contexto, ya que estudios han demostrado que ciertos estímulos sensoriales en el entorno

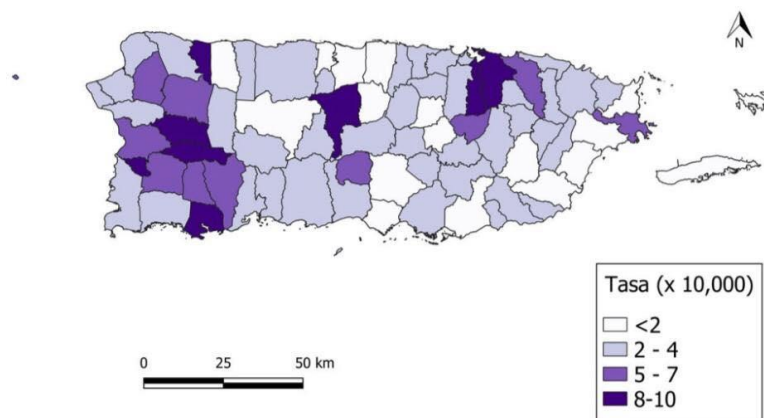
construido pueden modular la respuesta emocional y cognitiva de los usuarios. Investigaciones en neurociencia han evidenciado que la exposición a espacios verdes diseñados con principios restaurativos puede disminuir los niveles de cortisol (hormona del estrés), mejorar la concentración y generar una mayor sensación de seguridad y estabilidad emocional (Kaplan & Kaplan, 1989; Tost et al., 2015). En Puerto Rico, la falta de estos entornos en la recuperación post-María no solo limitó la reconstrucción del paisaje físico, sino que también dificultó la restauración del bienestar psicológico de la población afectada.

Esta situación se agravó con la crisis sanitaria provocada por el COVID-19, que afectó de manera desproporcionada a los municipios con mayor densidad poblacional. Según el mapa de casos positivos de COVID-19 (figura 7), se observa que San Juan, Bayamón, Ponce y algunos municipios de la zona oeste registraron las tasas más altas de infección por cada 10,000 habitantes. Estas áreas, además de enfrentar la crisis sanitaria, ya habían experimentado un deterioro significativo en su infraestructura tras el paso de María. La combinación de estos dos eventos catastróficos puso en evidencia la fragilidad del acceso a espacios restaurativos en la isla y el impacto directo que esta falta de acceso tuvo en la salud mental de la población.

Gráfico 5. Mapa de casos únicos por cada 10,000 habitantes en municipios, basado en pruebas moleculares (n=1,368)

### Casos positivos a COVID-19 por cada 10 mil habitantes en municipios

(casos al 10 de junio de 2020)



Fuentes:  
Datos COVID-19 -Departamento de Salud con fecha de referencia al 10 de junio de 2020. La muestra consiste en 1,368 casos únicos positivos los cuales contienen la información del municipio.  
Estimados poblacionales 2019 - Annual Estimates of the Resident Population for Puerto Rico Municipalities: (Vintage 2019), U.S. Census Bureau, Population Division, Release Date: March 2020  
Por: Instituto de Estadísticas de Puerto Rico

Figura 7

El confinamiento obligatorio y las restricciones de movilidad limitaron el acceso a espacios públicos, reduciendo aún más las oportunidades de contacto con la naturaleza. Numerosos estudios han demostrado que la falta de acceso a áreas verdes durante la pandemia incrementó los niveles de ansiedad y depresión a nivel mundial (Ugolini et al., 2020). En Puerto Rico, donde la reconstrucción de espacios públicos ha sido lenta y en muchos casos no ha considerado principios de neuro-paisajismo, las consecuencias psicológicas fueron aún más pronunciadas.

De acuerdo con la Oficina del Censo de los Estados Unidos (2023), el 46.1% de la población de Puerto Rico presentaba tres o más factores de riesgo asociados con la resiliencia comunitaria, incluyendo pobreza, desempleo, acceso limitado a servicios de salud y aislamiento social. Este porcentaje es más del doble del estimado para la población del resto de los EE. UU., lo que indica una mayor dificultad para recuperarse ante desastres y crisis prolongadas. La relación entre estas condiciones de vulnerabilidad y la falta de espacios públicos restaurativos resalta la necesidad de adoptar enfoques innovadores en la planificación urbana.

El alto nivel de vulnerabilidad social en la isla resalta la necesidad de adoptar enfoques innovadores en la planificación urbana, integrando principios de neurociencia en el diseño de espacios públicos. La implementación de estrategias de neuro-paisajismo en espacios públicos podría contribuir significativamente a la reducción del estrés y la ansiedad, ofreciendo entornos diseñados específicamente para estimular respuestas cerebrales asociadas con la calma y la recuperación emocional (Grahm & Stigsdotter, 2010). Modelos como el *Crown Sky Garden* en Chicago, diseñado por Mikyoung Kim, han demostrado que la integración de luz, sonido, texturas naturales y elementos interactivos puede generar espacios restaurativos efectivos dentro de entornos urbanos densos (Kim, 2023).

La falta de planificación enfocada en el neuro-paisajismo tras el huracán María y la pandemia de COVID-19 limitó el potencial de los espacios públicos en Puerto Rico como herramientas de recuperación emocional y resiliencia comunitaria. A diferencia de modelos exitosos a nivel internacional, la reconstrucción en la isla no contempló la influencia del entorno

en la neurofisiología del estrés y la ansiedad. Esta investigación busca evidenciar la necesidad de una nueva perspectiva en el diseño de paisajes post-desastre, proponiendo estrategias basadas en evidencia neurocientífica para la creación de entornos que no solo restauren el espacio físico, sino que también contribuyan activamente a la recuperación cognitiva y emocional de sus habitantes.

## 9. Casos de estudio

El libro *Neuroscience for Designing Green Spaces: Contemplative Landscapes*, de Agnieszka Olszewska-Guizzo, publicado por Routledge en 2023, explora la relación entre la neurociencia y la arquitectura del paisaje para diseñar espacios verdes urbanos que promuevan la salud mental y el bienestar. La autora introduce el Modelo de Paisaje Contemplativo (CLM, por sus siglas en inglés), una metodología basada en evidencia científica que permite evaluar y diseñar espacios verdes urbanos con beneficios comprobados para la salud mental. En el contexto de una creciente crisis de salud mental y una progresiva desconexión con la naturaleza debido a la urbanización, el libro propone estrategias de diseño para la creación de entornos urbanos más saludables, apoyándose en estudios neurocientíficos y psicológicos para identificar qué características de los paisajes urbanos tienen el mayor impacto positivo en el bienestar humano. Entre las preguntas clave que la autora plantea en su investigación están:

- a. ¿Todos los espacios verdes urbanos ofrecen los mismos beneficios para la salud mental?
- b. ¿Cuáles son los atributos específicos que diferencian los espacios más efectivos?
- c. ¿Cómo se pueden medir objetivamente los efectos de los espacios verdes en el bienestar?
- d. ¿Cómo se puede aplicar esta evidencia al diseño de ciudades mentalmente saludables?

El Modelo de Paisaje Contemplativo (CLM) también se basa en la neurociencia para identificar características paisajísticas que inducen un estado contemplativo y restaurador, evaluar la calidad de los espacios verdes urbanos y proporcionar directrices para su diseño y mantenimiento. La obra igualmente examina la crisis de salud mental en el contexto de la urbanización, señalando que la expansión de las ciudades ha incrementado la carga de enfermedades mentales, en gran parte debido a la falta de acceso a la naturaleza. Como dice la autora: “La calidad de un espacio verde urbano no se mide solo por su existencia, sino por su capacidad de inducir un estado contemplativo y restaurador en sus visitantes.” Como solución, la autora argumenta que es crucial integrar la neurociencia con el diseño urbano para contrarrestar estos efectos negativos. Además, el libro explica los mecanismos terapéuticos de los espacios verdes urbanos, detallando cómo ciertos paisajes pueden reducir el estrés, mejorar el estado de ánimo y aumentar la capacidad de atención. La autora destaca la importancia de elementos como la biodiversidad, la luz natural, las formas del terreno y la compatibilidad del diseño con la psicología humana.

El libro presenta estudios sobre la respuesta del cerebro a los paisajes contemplativos, analizando cómo la exposición a determinados entornos naturales activa regiones del cerebro asociadas con la relajación y la reducción del estrés. Se discuten métodos de medición como la electroencefalografía (EEG) y la espectroscopia funcional de infrarrojo cercano (fNIRS), utilizados en experimentos con voluntarios expuestos a distintos tipos de paisajes. Asimismo, se identifican los elementos esenciales del paisaje contemplativo, tales como el silencio, la reorientación visual, la compatibilidad del espacio con la percepción humana y la presencia de arquetipos naturales como el agua, las montañas y los árboles antiguos. A partir de estos principios, la autora propone estrategias para maximizar el impacto positivo del diseño en la mente humana.

Este escrito también incluye aplicaciones prácticas y estudios de caso que ilustran el éxito del diseño de espacios contemplativos en distintas ciudades alrededor del mundo. Algunos de

los ejemplos más destacados incluyen el jardín Saihō-ji en Kioto, Japón, diseñado específicamente para la meditación y la contemplación; el *High Line Park* en Nueva York, EE. UU., un parque elevado que enfatiza la reorientación visual y la conexión con la ciudad; el Parque da Cidade en Oporto, Portugal, caracterizado por sus amplias vistas panorámicas y atributos de paisaje contemplativo; y el Jardín Terapéutico en Hort Park, Singapur, un oasis urbano creado con el propósito de facilitar la relajación y la recuperación del estrés.

El libro está dirigido a un público amplio, incluyendo arquitectos paisajistas y urbanistas que deseen aplicar estrategias basadas en la neurociencia al diseño urbano, así como estudiantes de arquitectura, planificación urbana y diseño ambiental interesados en enfoques innovadores para la creación de espacios verdes. También es relevante para gestores de tierras y tomadores de decisiones urbanas que desean integrar el bienestar mental en la planificación de ciudades, así como para científicos e investigadores en psicología, salud pública, ecología y neurociencia que buscan nuevas formas de conectar sus disciplinas con el diseño de entornos saludables.

En cuanto a la validación científica del CLM, el modelo ha sido sometido a pruebas con datos de neurociencia y psicofisiología, incluyendo mediciones mediante EEG y autoevaluaciones del estado de ánimo. Los resultados han mostrado correlaciones significativas entre la exposición a espacios verdes y respuestas cerebrales asociadas con la relajación y la reducción del estrés. La autora ha colaborado con científicos de diversas disciplinas para probar y perfeccionar el modelo, consolidando así su validez en el ámbito del diseño urbano basado en la neurociencia. “El diseño de nuestras ciudades debe priorizar la salud mental de sus habitantes, y la evidencia científica puede guiarnos en este proceso,” comenta la autora.

Finalmente, el libro destaca la importancia de considerar la calidad de los espacios verdes urbanos no solo en términos de su existencia, sino en función de su capacidad para inducir un estado contemplativo y restaurador en sus visitantes. Olszewska-Guizzo enfatiza que el diseño de las ciudades debe priorizar la salud mental de sus habitantes y que la evidencia científica

puede servir como guía en este proceso. A través de su análisis riguroso y su enfoque interdisciplinario, *Neuroscience for Designing Green Spaces* ofrece una contribución valiosa para transformar los entornos urbanos en espacios que promuevan la salud mental y el bienestar general. La autora añade que, “un parque urbano puede ser solo un espacio con árboles, o puede convertirse en un refugio para la mente. La diferencia radica en su diseño.”

Por otra parte, otro caso de estudio que fue la base de la autora para el libro antes mencionado es la tesis por Agnieszka Anna Olszewska, titulada “*Contemplative Values of Urban Parks and Gardens: Applying Neuroscience to Landscape Architecture*”, investiga cómo los valores contemplativos de los entornos paisajísticos en ciudades contemporáneas pueden influir en la actividad cerebral humana, contribuyendo así a la mejora de la salud mental y el bienestar en áreas urbanizadas. La investigación se compone de dos estudios complementarios que emplean diferentes métodos y enfoques.

El primer estudio se centra en la identificación de las características contemplativas del paisaje, es decir, los factores que hacen que un paisaje sea contemplativo. Para ello, se utilizó una clasificación experta de los paisajes mediante el “*Contemplative Landscape Questionnaire*” (CLQ). Este estudio resultó en un conjunto de fotografías de paisajes clasificadas según su nivel de contemplatividad. Además, se evaluaron las medidas de fiabilidad y validez del CLQ, obteniendo resultados satisfactorios.

El segundo estudio consistió en un experimento de laboratorio neurocientífico que intentó demostrar que el patrón de actividad cerebral al observar los paisajes clasificados como más contemplativos es similar a los patrones asociados con el estado de *mindfulness* (asociado con actividad alfa y theta frontal izquierda). El estudio se llevó a cabo mediante un experimento de electroencefalografía (EEG), en el cual se presentaron, en forma de imágenes 3D, seis paisajes altamente contemplativos y seis no contemplativos a 32 sujetos, mientras se registraba simultáneamente la señal EEG.

El experimento mostró que el patrón de ondas cerebrales que ocurrió al visualizar los paisajes más contemplativos no puede asociarse con los patrones de *mindfulness* actualmente establecidos, lo que refuta la hipótesis inicial. Sin embargo, análisis complementarios revelaron que las imágenes de paisajes más contemplativos indujeron una activación significativamente mayor en las regiones temporales derechas del cerebro, en comparación con las no contemplativas. Esto sugiere alteraciones en los mecanismos de atención que los paisajes contemplativos pueden haber inducido. Además, se observó una mayor activación en el lóbulo frontal izquierdo al observar ambos tipos de paisajes (lo cual está asociado con estados emocionales positivos), siendo más pronunciada esta tendencia en los paisajes contemplativos.

La investigación presentada confirma que los diseños de paisajes contemplativos pueden influir en los patrones de actividad cerebral de las personas que los observan. Aplicar métodos de neurociencia a la arquitectura del paisaje es un enfoque innovador que podría ayudar a crear principios de diseño basados en evidencia, contribuyendo al esfuerzo continuo de mejorar la calidad de vida en áreas urbanizadas.

## **10. Precedentes**

### **A. The Green Road Project**

*The Green Road Project*, desarrollado en el Walter Reed National Military Medical Center en los Estados Unidos, es un proyecto pionero en la intersección entre la neurociencia, el diseño paisajístico y la salud mental de veteranos de guerra. Su objetivo principal es demostrar cómo un entorno natural diseñado estratégicamente puede facilitar la recuperación emocional y física de militares que han sufrido traumas severos, incluidos el trastorno de estrés postraumático (TEPT) y lesiones cerebrales traumáticas. A través de un espacio verde cuidadosamente estructurado, el proyecto crea un ambiente restaurador basado en la activación de respuestas neurofisiológicas positivas mediante estímulos sensoriales específicos.



El diseño de *The Green Road Project* integra principios del *Contemplative Landscape Model* (CLM), utilizando senderos de tránsito suave, cuerpos de agua, vegetación autóctona y espacios de descanso estratégicamente ubicados para maximizar los efectos terapéuticos del paisaje. Investigaciones con electroencefalografía (EEG) y espectroscopía funcional de infrarrojo cercano (fNIRS) han demostrado que la exposición a este tipo de entornos activa regiones cerebrales vinculadas con la relajación, la regulación emocional y la disminución de la hiperactividad del eje hipotalámico-hipofisario-adrenal, un sistema clave en la respuesta al estrés.



Uno de los principales hallazgos de este proyecto es que la interacción con estos paisajes diseñados no solo reduce los niveles de cortisol (hormona del estrés) en los usuarios, sino que también potencia el sentido de conexión con el entorno, promoviendo estados de recuperación más acelerados en comparación con entornos hospitalarios convencionales. Además, el estudio ha identificado que la reorientación visual, la presencia de patrones fractales en la naturaleza, la combinación de texturas naturales y el uso de vegetación densa pero accesible generan respuestas neurocognitivas similares a las observadas en la meditación guiada, lo que refuerza su impacto en la reducción del estrés y la ansiedad.

Desde una perspectiva de diseño urbano y reconstrucción post-desastre, *The Green Road Project* representa un modelo aplicable a contextos de crisis, donde la recuperación mental es tan prioritaria como la restauración estructural. Sus hallazgos pueden extrapolarse a escenarios en los que se busca mitigar los efectos de traumas colectivos provocados por catástrofes naturales, demostrando que los paisajes diseñados con base en neurociencia pueden convertirse en espacios activos de sanación y resiliencia comunitaria.

## **B. Jardines Botánicos de Christchurch**

Al igual que *The Green Road Project*, la reconstrucción de los *Jardines Botánicos de Christchurch* en Nueva Zelanda tras el devastador terremoto de 2011 representa un caso exitoso de cómo los espacios públicos pueden convertirse en elementos clave para la recuperación emocional de una comunidad. Estos jardines, establecidos en 1863 y ubicados en el corazón de la ciudad junto al río Avon, abarcan aproximadamente 21 hectáreas y son reconocidos por su extensa colección de plantas exóticas y nativas de Nueva Zelanda.



Como parte de los esfuerzos de recuperación tras el terremoto, se construyó un nuevo Centro de Visitantes en los jardines. Diseñado por Patterson Associates, este centro sirve como un espacio educativo y de bienvenida para los visitantes, proporcionando información sobre la flora local y la historia del área. El edificio, impregnado de luz natural, está concebido para comunicar y educar al visitante sobre la belleza, variedad y complejidad del mundo vegetal.



La reconstrucción y mejora de los Jardines Botánicos de Christchurch después del terremoto subrayan la importancia de diseñar espacios resilientes que promuevan el bienestar comunitario. Estos esfuerzos reflejan una comprensión profunda de cómo los entornos naturales pueden servir como herramientas terapéuticas, ayudando a las comunidades a recuperarse emocional y psicológicamente tras eventos traumáticos. Este precedente es particularmente relevante para el estudio del neuro-paisajismo post-desastre en Puerto Rico, ya que demuestra cómo la integración de principios neurocientíficos en el diseño de espacios públicos puede facilitar la recuperación y fortalecer la resiliencia comunitaria.

### **C. Crown Sky Garden**

Otro ejemplo significativo de la aplicación del neuro-paisajismo en entornos de sanación es el jardín suspendido *Crown Sky Garden* ubicado en el Ann & Robert H. Lurie Children's Hospital en Chicago diseñado por Mikyoung Kim, una reconocida arquitecta paisajista y directora fundadora de Mikyoung Kim Design, un estudio interdisciplinario que combina arte, ciencia y tecnología para diseñar espacios que promuevan el bienestar humano. Su trabajo se enfoca en la creación de paisajes restaurativos que responden a las necesidades emocionales y físicas de las personas, integrando principios de neurociencia y diseño urbano. A lo largo de su carrera, Kim ha recibido múltiples reconocimientos, incluyendo el Premio Nacional de Diseño Cooper Hewitt, la Medalla de Excelencia de la Sociedad Estadounidense de Arquitectos Paisajistas (ASLA) y el Premio de Firma de la ASLA 2022. Su impacto en la disciplina ha sido reconocido por el Smithsonian en su colección "Voces Americanas", consolidándola como una líder en la arquitectura del paisaje inclusivo y sensible. Este jardín suspendido, de aproximadamente 5,000 pies cuadrados, fue diseñado como un espacio restaurativo para pacientes pediátricos, sus familias y el personal médico, integrando elementos multisensoriales que favorecen la relajación y la reducción del estrés.

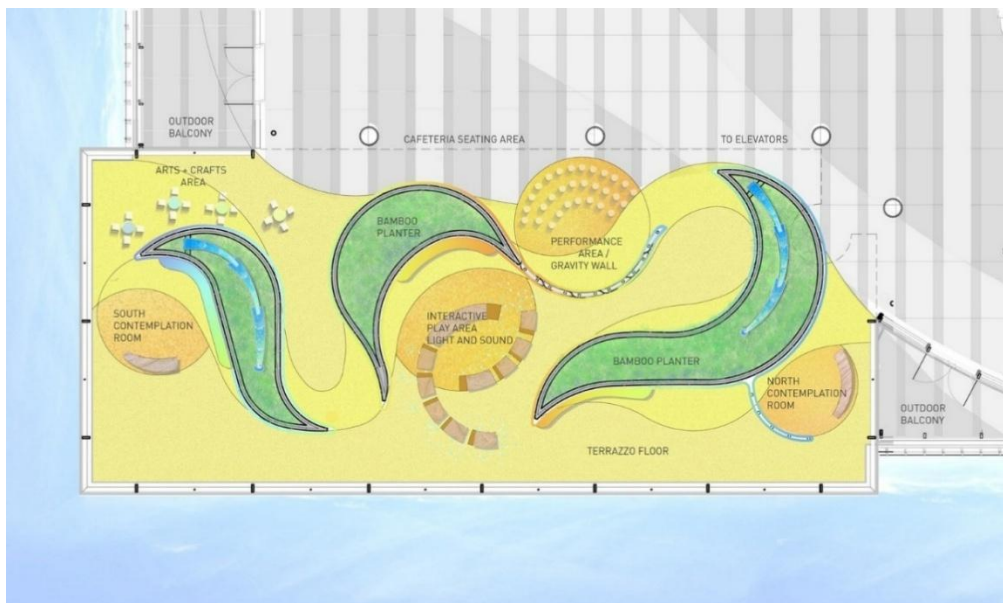


El diseño del *Crown Sky Garden* se basa en investigaciones sobre el impacto del entorno natural en la salud mental y física de los pacientes hospitalarios. Diversos estudios han demostrado que la exposición a espacios verdes puede acelerar la recuperación, reducir los niveles de cortisol (hormona del estrés) y mejorar el estado de ánimo. Este jardín incorpora vegetación, luz natural, texturas de madera, fuentes de agua y sonidos relajantes, con el propósito de generar una sensación de bienestar y tranquilidad dentro del hospital.



Entre sus elementos más innovadores se encuentran:

- a. **Pared de luz interactiva:** Una estructura translúcida que cambia de color y brillo en respuesta a la proximidad de las personas. Esta característica crea una experiencia envolvente y adaptable a los movimientos del usuario, fomentando la exploración y el juego terapéutico.
- b. **Bancos de madera tallada:** Construidos a partir de árboles históricos de Chicago, estos bancos ofrecen un espacio de descanso con una conexión simbólica con la historia del lugar.
- c. **Plantación de bambú:** Una selección de bambú como elemento clave del diseño paisajístico, proporcionando una barrera visual y acústica natural, que contribuye a la serenidad del ambiente.
- d. **Fuentes y elementos de agua:** El sonido del agua en movimiento actúa como un estímulo auditivo relajante, que reduce la activación del sistema nervioso simpático, asociado con el estrés.
- e. **Senderos y zonas de contemplación:** Diseñados para fomentar el contacto con la naturaleza y el descanso, ayudando a la regulación emocional de pacientes y familiares.



El *Crown Sky Garden* es un modelo clave en el ámbito del neuro-paisajismo, ya que valida la importancia del diseño basado en la neurociencia en la recuperación emocional y física de las personas en entornos hospitalarios. Su impacto ha sido ampliamente reconocido por críticos de arquitectura y estudios científicos, evidenciando cómo la integración de estímulos multisensoriales en espacios públicos puede mejorar significativamente la experiencia de los usuarios.

Este precedente es particularmente relevante para el estudio del neuro-paisajismo post-desastre en Puerto Rico, ya que proporciona un marco de referencia sobre cómo la combinación de vegetación, luz, sonido y texturas puede generar entornos que reduzcan la ansiedad y el estrés. Aplicar estos principios en el diseño de espacios públicos resilientes en zonas afectadas por desastres naturales en Puerto Rico, como Yabucoa y Humacao, permitiría desarrollar proyectos que no solo reconstruyan físicamente el entorno, sino que también promuevan la recuperación emocional y la resiliencia comunitaria.

#### **IV. Resultados y Discusión**

Los resultados de esta investigación surgen del análisis detallado de variables clave que influyen en la recuperación post-desastre en Puerto Rico, con el propósito de identificar estrategias de neuro-paisajismo aplicables a espacios públicos. A través de un enfoque mixto, se integraron datos cuantitativos y cualitativos, combinando información de mapas geoespaciales, estudios de caso internacionales, encuesta y revisión de literatura sobre neurociencia aplicada al diseño.



Figura 8

La evaluación de los espacios públicos post-desastre en Puerto Rico evidencia que la reconstrucción de estos entornos ha sido abordada desde una perspectiva funcional, sin considerar el impacto en la salud mental de la población. A través del análisis de datos sobre deslizamientos de tierra, impacto de huracanes, vulnerabilidad social, riesgo de inundaciones y cambio poblacional, se determinó que la región sureste de Puerto Rico, específicamente Yabucoa y Humacao, es la más adecuada para la implementación de estrategias de neuro-paisajismo post-desastre.

La selección de estos municipios se fundamenta en un análisis comparativo basado en evidencia cartográfica y demográfica. El mapa de concentración de deslizamientos tras el huracán María, publicado por el U.S. Geological Survey (USGS, 2017), indica que los municipios de la zona central de la isla, como Utuado, Jayuya y Adjuntas, presentan la mayor densidad de deslizamientos. Sin embargo, estas zonas, debido a su difícil acceso y menor densidad poblacional, no representan el área óptima para una intervención de impacto masivo. En contraste, el mapa de la trayectoria del huracán María (BBC, 2017) muestra que la tormenta tocó

tierra en Yabucoa, atravesando la isla hacia el noroeste y afectando severamente municipios con alta densidad poblacional como Humacao, Las Piedras y Caguas.

Además, el mapa de porcentaje de población con tres o más factores de vulnerabilidad (Censo de EE. UU., 2019) evidencia que municipios del sureste, incluyendo Yabucoa y Humacao, presentan una población altamente vulnerable, lo que aumenta la urgencia de una intervención efectiva. Esta vulnerabilidad social se ve agravada por el alto riesgo de inundaciones en la región, como se muestra en el mapa de zonas inundables de FEMA (2018), donde se destaca que la costa sureste enfrenta una exposición significativa a marejadas ciclónicas y crecidas de ríos. Otro factor clave en la selección de esta zona es la densidad poblacional. Según los datos del Instituto de Estadísticas de Puerto Rico (2020), aunque Yabucoa y Humacao han experimentado una reducción en su población tras el huracán, aún cuentan con una cantidad considerable de habitantes en comparación con municipios rurales en la zona central. Esto sugiere que una intervención en esta área tendría un mayor impacto en términos de beneficiarios directos y facilitaría la sostenibilidad de proyectos de infraestructura verde y restaurativa.

Para reforzar estos hallazgos, se llevó a cabo una encuesta en *Google Forms* dirigida a la población de Puerto Rico sobre el impacto de los desastres en su bienestar emocional y la percepción de los espacios públicos como herramientas de recuperación. Los resultados, como se pueden apreciar en la figura 8, indican que más del 90% de los encuestados consideraron que los espacios al aire libre ayudan a reducir el estrés, y el 100% de los participantes valoraron como “muy importante” o “importante” la creación de espacios diseñados específicamente para aliviar el estrés postraumático en Puerto Rico. La encuesta también reveló que la mayoría de los participantes experimentaron niveles altos de estrés durante el evento traumático y continúan sintiendo ansiedad al recordar la experiencia. En particular, los municipios de Humacao y Yabucoa se destacaron en la cantidad de respuestas, validando la selección de esta zona como prioritaria para la intervención.

En una escala del 1 al 5, ¿qué tan importante consideras que sería crear espacios diseñados específicamente para aliviar el estrés postraumático en Puerto Rico? (1 = No importante, 5 = Muy importante)

25 responses

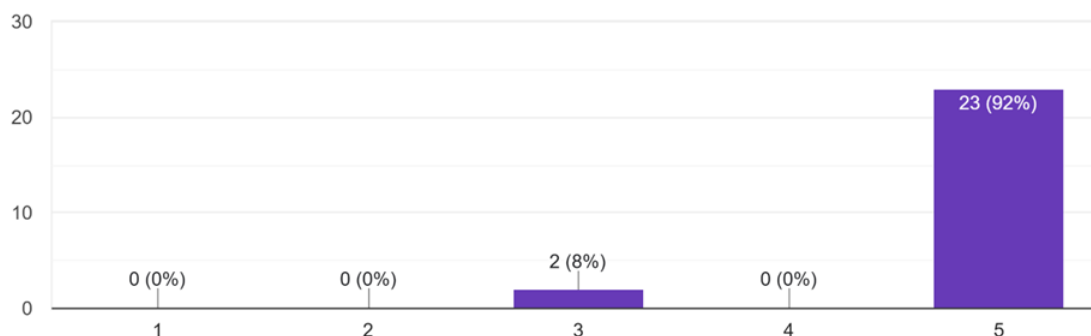


Figura 9

## 1. Resiliencia Comunitaria y Alta Vulnerabilidad Social

La baja resiliencia comunitaria en Yabucoa y Humacao valida la necesidad urgente de intervención en estas áreas. El mapa de resiliencia comunitaria, basado en datos del Censo de EE. UU. (2020), destaca que Puerto Rico en su totalidad presenta niveles alarmantemente bajos de resiliencia en comparación con otras jurisdicciones de los Estados Unidos. Sin embargo, dentro de la isla, las comunidades más afectadas incluyen aquellas en el sureste, donde los factores de vulnerabilidad social y económica afectan significativamente la capacidad de recuperación de la población.

En particular, la gráfica de vulnerabilidad social muestra que municipios como Humacao y Yabucoa presentan una concentración elevada de población con múltiples factores de riesgo, incluyendo pobreza, desempleo y acceso limitado a servicios de salud. Estos factores no solo aumentan la dificultad de recuperación post-desastre, sino que también incrementan la necesidad de intervenciones que prioricen la salud mental y la resiliencia comunitaria a través del diseño del espacio público.

La evidencia respalda la hipótesis de que la integración de estrategias de neuro-paisajismo en esta región permitiría transformar los espacios públicos en entornos diseñados

para reducir el estrés y la ansiedad, promover la interacción social y mejorar la calidad de vida de los residentes. A través de la integración de vegetación restaurativa, senderos sensoriales, materiales naturales y estímulos acústicos relajantes, se pueden generar entornos que estimulen la recuperación neurocognitiva y emocional de las comunidades afectadas por desastres naturales.

## **2. Aplicación del Diseño Neuro-Paisajístico en la Recuperación Emocional**

El impacto del diseño neuro-paisajístico en la recuperación emocional es evidente en la manera en que ciertos estímulos pueden modular la respuesta neurofisiológica del ser humano. La percepción de espacios abiertos con líneas de visión amplias reduce la actividad en la amígdala, minimizando la sensación de ansiedad y aumentando la percepción de seguridad. La exposición a luz natural es clave para la regulación del ritmo circadiano, mientras que el uso de sombras estratégicamente ubicadas contribuye a mejorar la comodidad ambiental. Asimismo, la integración de materiales naturales como madera, piedra y agua genera una respuesta de confort y conexión con el entorno, reforzando la activación de la corteza somatosensorial, lo que mejora la sensación de bienestar táctil.

Otro elemento fundamental es la integración de sonidos naturales en el espacio público. El uso de agua en movimiento o el canto de los pájaros ha demostrado reducir la activación del eje del estrés y promover un estado de relajación, contrastando con los entornos con contaminación acústica que pueden generar respuestas de alerta crónica y afectar la concentración y el bienestar mental. Además, los senderos y caminos deben diseñarse de manera que favorezcan una exploración fluida y no generen sensación de encierro o desorientación. Caminos curvos y con variedad de vegetación han demostrado inducir un ritmo de caminata más pausado y una mayor percepción de confort en comparación con senderos lineales y sin vegetación.

### **3. Comparación con Modelos Internacionales**

La comparación con otros modelos internacionales refuerza la efectividad de estos principios en el proceso de recuperación emocional post-desastre. Proyectos como *The Green Road Project Crown Sky Garden* en EE. UU. han aplicado estrategias de neuro-paisajismo con éxito, integrando vegetación restaurativa, senderos terapéuticos y entornos multisensoriales que han demostrado reducir el estrés y mejorar la salud mental de la población afectada. De igual manera, en Christchurch, Nueva Zelanda, se han desarrollado espacios públicos con enfoques restaurativos tras el terremoto de 2011, validando la importancia de diseñar entornos resilientes con base en principios neurocientíficos.

### **V. Conclusión y recomendaciones**

Los desastres naturales han transformado la relación entre el ser humano y su entorno, generando impactos no solo físicos y estructurales, sino también profundos en la percepción, la cognición y la respuesta emocional de las comunidades afectadas. En el contexto de Puerto Rico, eventos como el huracán María y la pandemia de COVID-19 han evidenciado la vulnerabilidad de la población ante crisis prolongadas, acentuando el estrés, la ansiedad y la necesidad de estrategias innovadoras para la recuperación emocional y social. En este sentido, el neuro-paisajismo post-desastre emerge como una disciplina innovadora que permite diseñar espacios públicos estratégicos que no solo restauran la funcionalidad del territorio, sino que también promueven la estabilidad emocional y la resiliencia comunitaria aplicando con entornos que regulen los estímulos sensoriales y promuevan la calma, con el objetivo de mitigar la ansiedad y fortalecer el bienestar emocional en poblaciones vulnerables.

A lo largo de esta investigación, se identificaron factores clave en la recuperación emocional post-desastre, destacando la importancia de la integración de estímulos sensoriales específicos en el diseño del paisaje. Los estudios neurocientíficos han demostrado que la exposición a la naturaleza, el uso de materiales orgánicos, la reorientación visual y la integración

de sonidos relajantes pueden reducir la activación del eje del estrés, promover estados de relajación y fortalecer el bienestar psicológico. Estos principios han sido validados en modelos internacionales como *The Green Road Project* en Maryland, *Crown Sky Garden* en Chicago y los Jardines Botánicos de Christchurch en Nueva Zelanda, donde el diseño restaurativo ha sido clave para la reducción del estrés postraumático en poblaciones vulnerables.

El análisis territorial de Puerto Rico consideró múltiples variables, incluyendo el impacto de huracanes, la densidad de deslizamientos, la vulnerabilidad social, el riesgo de inundaciones y la densidad poblacional, con el fin de determinar la zona óptima para la implementación de estrategias de neuro-paisajismo. Además, el mapa de resiliencia comunitaria validó la necesidad urgente de intervención en áreas donde la población presenta múltiples factores de vulnerabilidad mental y social. Con base en la triangulación de datos geoespaciales y demográficos, se concluyó que la región sureste, específicamente Yabucoa y Humacao, representa el área con mayor necesidad de intervención. Estos municipios presentan altos niveles de vulnerabilidad social, una densidad poblacional significativa y una exposición constante a eventos climáticos extremos, lo que los convierte en candidatos ideales para la implementación de estrategias restaurativas. La baja resiliencia comunitaria en estas áreas resalta la necesidad de un enfoque que atienda no solo la reconstrucción física, sino también el bienestar emocional de sus habitantes.

El impacto del neuro-paisajismo en estas zonas permitiría transformar los espacios públicos en entornos diseñados para reducir el estrés y la ansiedad, promover la interacción social y mejorar la calidad de vida de los residentes. A través de la integración de vegetación restaurativa, senderos sensoriales, materiales naturales y estímulos acústicos relajantes, se pueden generar entornos que estimulen la recuperación neurocognitiva y emocional de las comunidades afectadas por desastres naturales.

Por lo tanto, esta investigación confirma que la reconstrucción post-desastre en Puerto Rico no debe limitarse a la rehabilitación de la infraestructura física, sino que debe incorporar enfoques multidisciplinarios que integren la neurociencia, la arquitectura del paisaje y la planificación territorial para desarrollar soluciones sostenibles y resilientes. La validación de estos principios a nivel internacional refuerza la viabilidad del neuro-paisajismo como una estrategia efectiva para mitigar el impacto emocional de los desastres, facilitando la adaptación de las comunidades a futuros eventos climáticos y fortaleciendo la resiliencia social.

La implementación del neuro-paisajismo post-desastre en Puerto Rico representa una oportunidad innovadora para transformar los espacios públicos en herramientas activas de recuperación emocional y bienestar colectivo. Al adoptar este enfoque, el país puede avanzar hacia un modelo de planificación más inclusivo y sostenible, asegurando que los entornos urbanos y naturales no solo sean resistentes a desastres, sino que también funcionen como catalizadores para la salud mental, la resiliencia comunitaria y la reconstrucción social a largo plazo.

## **VI. Bibliografía**

Behance. *Crown Sky Garden – Children’s Hospital in Chicago*.

<https://www.behance.net/gallery/27073875/Crown-Sky-Garden-Childrens-Hospital-in-Chicago>.

Bürgi, Paolo. *Jardines Sensoriales de Jane Goodall Institute*. Bélgica.

Departamento de Salud de Puerto Rico. *Informe de estadísticas de salud mental en Puerto Rico*. 2018.

Departamento de Salud de Puerto Rico. *Perfil Sociodemográfico de la Población de Adultos Mayores*. 8 mayo 2024.

Dirtworks Landscape Architecture. *Healing Gardens at Rusk Rehabilitation Center*. Nueva York.

EcoExploratorio. "Inundaciones en Puerto Rico." *EcoExploratorio*,  
<https://ecoexploratorio.org/amenazas-naturales/inundaciones/inundaciones-en-puerto-rico/>.

"Entrevista con Julia Gamolina." *Madame Architect*, 22 nov. 2023,  
<https://www.madamearchitect.org/interviews/2023/11/22/mikyoung-kim>.

Federal Emergency Management Agency (FEMA). *Recovery Projects in Puerto Rico*. 2020.

Gamolina, Julia. "Entrevista con Mikyoung Kim." *ArchDaily*, 5 Dec. 2023,  
<https://www.archdaily.com/123456/entrevista-con-mikyoung-kim>.

Grahn, Patrik, and Ulrika Stigsdotter. *Alnarp Rehabilitation Garden*. Suecia.

Grahn, Patrik, and Ulrika Stigsdotter. "The Relation between Perceived Sensory Dimensions of Urban Green Space and Stress Restoration." *Landscape and Urban Planning*, vol. 94, no. 3-4, 2010, pp. 264-275.

Kaplan, Rachel, and Stephen Kaplan. *The Experience of Nature: A Psychological Perspective*. Cambridge University Press, 1989.

Kim, Mikyoung. *Crown Sky Garden*. Mikyoung Kim Design,  
<https://myk-d.com/projects/crown-sky-garden/>.

Maggie's Centres. Designed by Dan Pearson and Sarah Price, Reino Unido.

Michael Van Valkenburgh Associates. *Brooklyn Botanic Garden, Discovery Garden*. EE. UU.

NBBJ and Site Workshop. *The Spheres, Amazon Headquarters*. Seattle, EE. UU.

Olszewska-Guizzo, Agnieszka. *Contemplative Values of Urban Parks and Gardens: Applying Neuroscience to Landscape Architecture*. University of Porto, 2016.

Olszewska-Guizzo, Agnieszka, et al. "Neuropsychophysiological Effects of Contemplative Landscape Exposure on Urban Residents." *International Journal of Environmental Research and Public Health*, vol. 17, no. 394, 2020, pp. 1-20.

Olszewska-Guizzo, Agnieszka. *Neuroscience for Designing Green Spaces: Contemplative Landscapes*. Routledge, 2023.

Pykett, Jessica, Tess Osborne, and Bernd Resch. "From Urban Stress to Neurourbanism: How Should We Research City Well-Being?" *Annals of the American Association of Geographers*, vol. 110, no. 6, 2020, pp. 1936–1951.

Rivera-Mass, Jorge. "Impacto del Huracán María en la Salud Mental de Puerto Rico." *Revista de Salud Pública de Puerto Rico*, vol. 42, no. 1, 2020, pp. 15-22.

Tost, Heike, et al. "Urban Living and Mental Health: Stress and Mental Health in the City." *Nature Reviews Neuroscience*, vol. 16, no. 12, 2015, pp. 772-785.

Tost, Heike, Frances A. Champagne, and Andreas Meyer-Lindenberg. "Urban Living and Mental Health." *Nature Reviews Neuroscience*, vol. 16, no. 12, 2015, pp. 772-785.

Ugolini, Francesca, et al. "Effects of the COVID-19 Pandemic on Urban Nature in European Cities." *Urban Forestry & Urban Greening*, vol. 56, 2020, p. 126888.

United States Census Bureau. *Community Resilience Estimates for Puerto Rico*. 2023, <https://www.census.gov/library/stories/2023/06/how-socially-vulnerable-is-puerto-rico-to-disasters-spanish.html>.

## VII. Anejos:

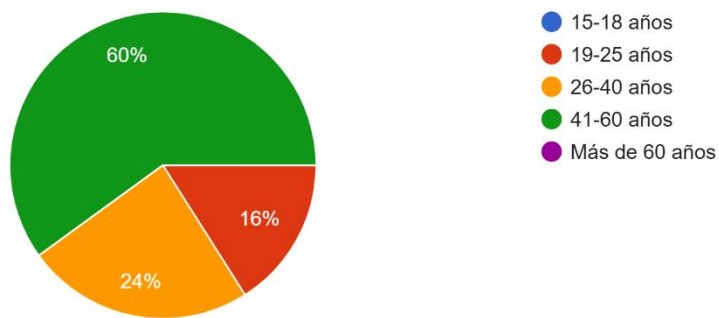
Encuesta sobre estrés y ansiedad postraumática por eventos naturales y pandémicos en Puerto Rico.

Propósito: Esta encuesta busca comprender los niveles de estrés y ansiedad experimentados por los residentes de Puerto Rico después de eventos naturales como huracanes, terremotos, y otros desastres. Además, busca recopilar opiniones sobre la implementación de espacios diseñados bajo los principios del neuro paisajismo para aliviar estos síntomas.

### Encuesta:

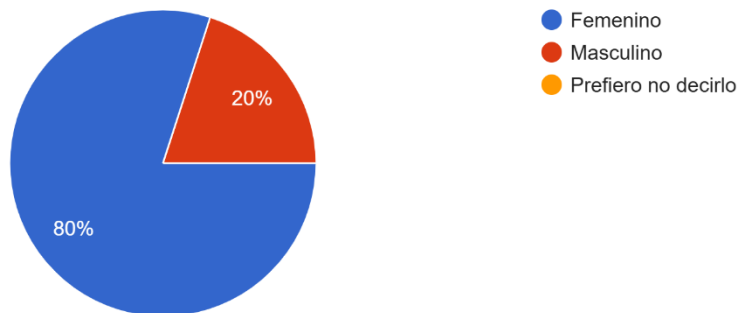
#### Edad

25 responses



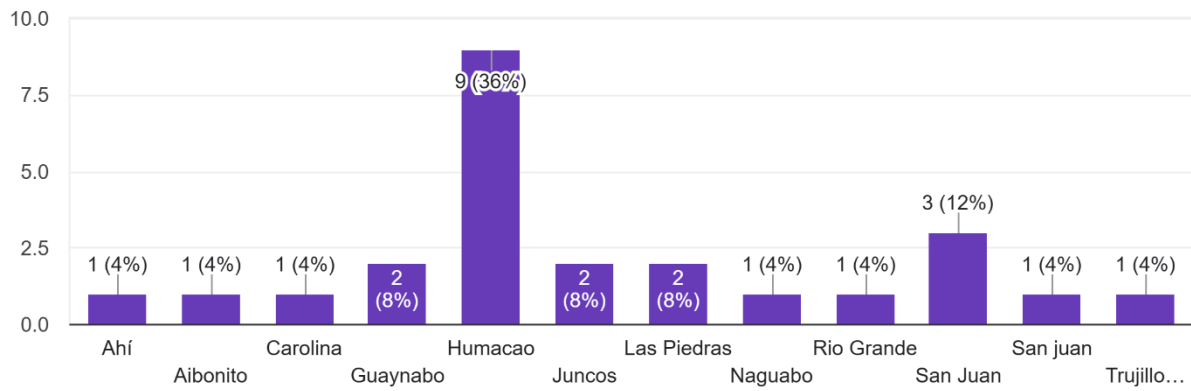
#### Género

25 responses



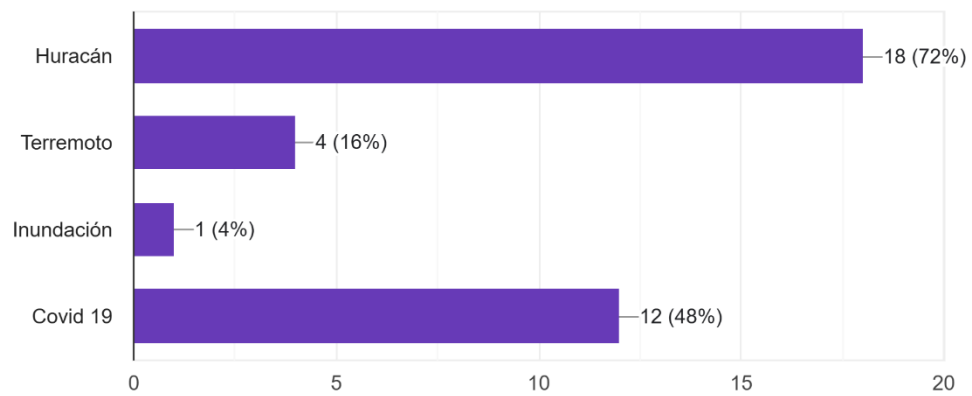
### Municipio de residencia

25 respuestas



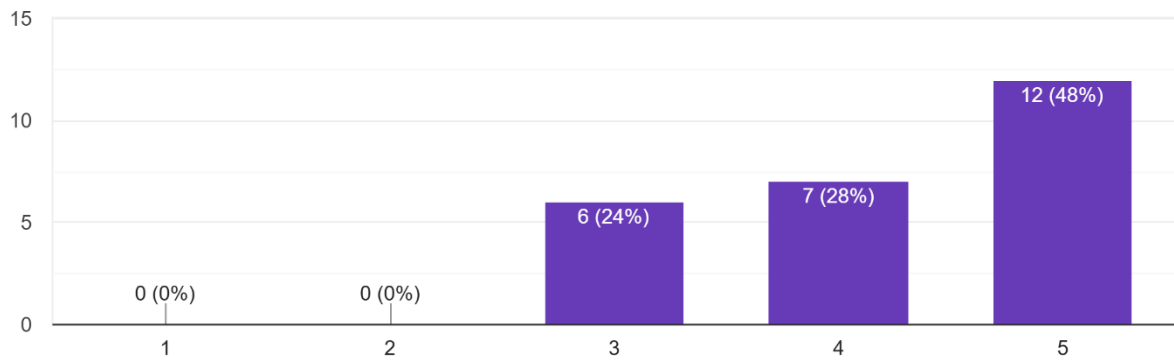
### ¿Cuál ha sido el evento más reciente que afectó tu vida directamente?

25 respuestas



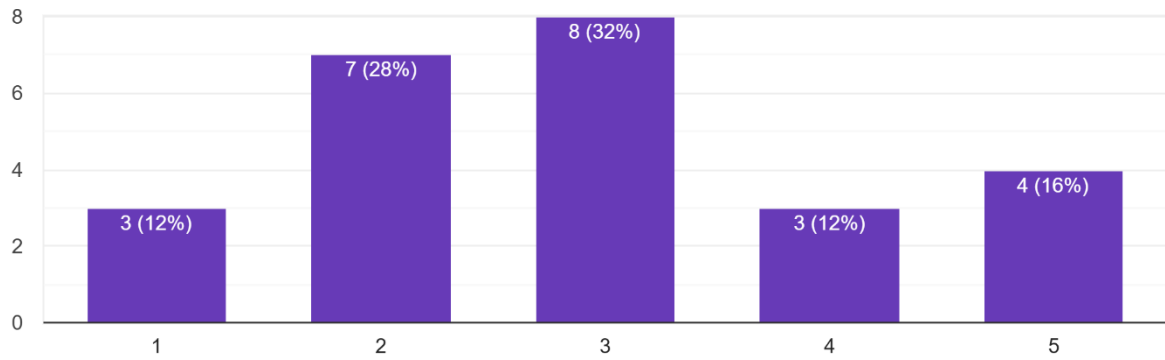
En una escala del 1 al 5, ¿Cuanto estrés sentiste durante este evento natural?

25 respuestas



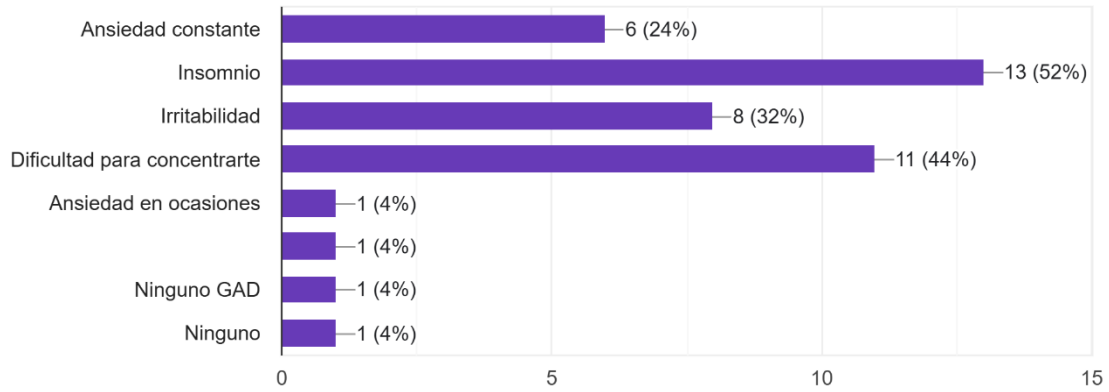
En una escala el 1 al 5, ¿Cuánto estrés sientes actualmente al recordar ese evento?

25 respuestas



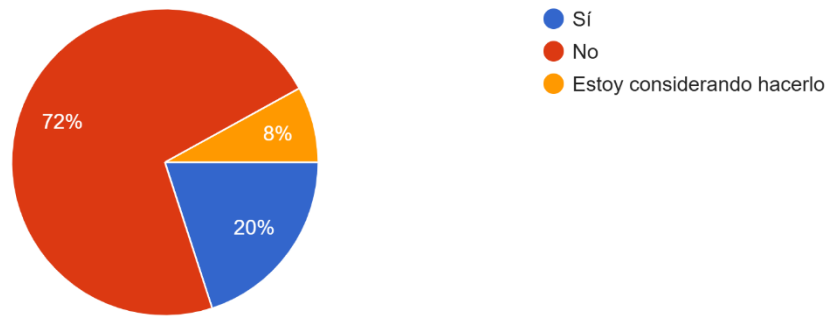
¿Has experimentado alguno de los siguientes síntomas en los últimos meses?  
(Selecciona todos los que apliquen)

25 responses



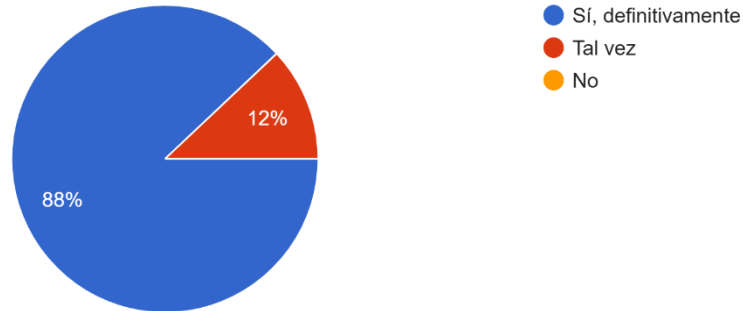
¿Has buscado ayuda profesional para manejar el estrés o la ansiedad?

25 responses



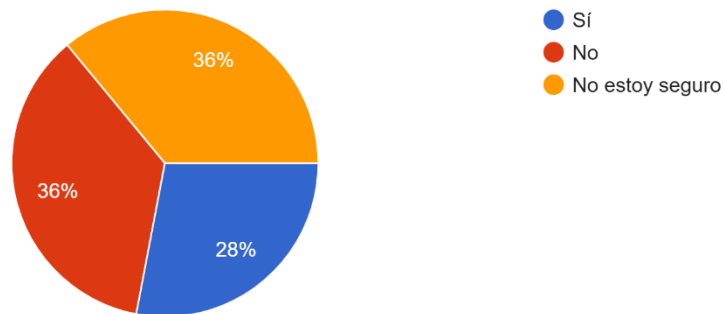
¿Crees que pasar tiempo en espacios al aire libre (como parques, jardines o playas) ayuda a reducir el estrés?

25 responses



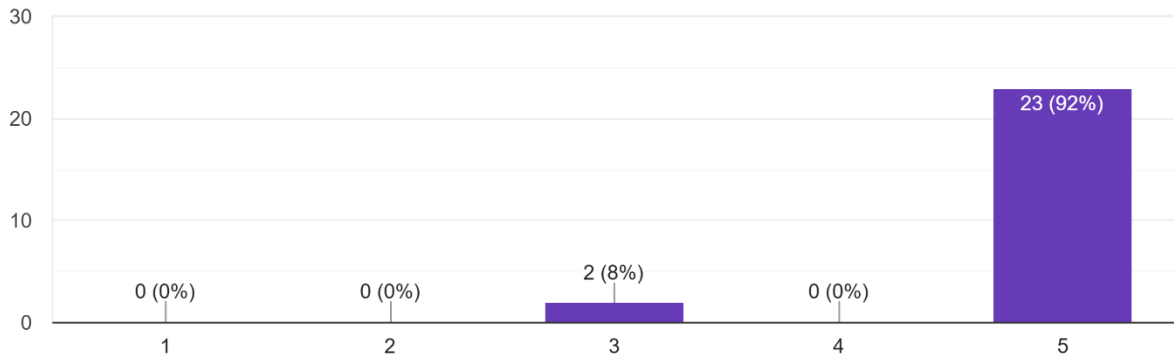
En tu municipio, ¿existen espacios verdes diseñados para la relajación y el bienestar?

25 responses



En una escala del 1 al 5, ¿qué tan importante consideras que sería crear espacios diseñados específicamente para aliviar el estrés postraumático en Puerto Rico? (1 = No importante, 5 = Muy importante)

25 respuestas



Si se diseñaran estos espacios, ¿cuáles elementos considerarías más efectivos para reducir el estrés y la ansiedad? (Selecciona los que apliquen)

25 respuestas

