

Regenerative Urbanism and Ecological Resilience in Sechura: A Model Adapted to the Coastal Arid Ecosystem

No se garantiza la revisión por pares doble ciego de los autores si aparecen los autores.

Después de la aceptación, se carga la versión final con los autores y sus afiliaciones.

First Author¹; Second Author²; Third Author³

^{1,3}First and Third Author's University, Country, first.author@email.edu, third.author@gmail.com

²Second Author's University, Country, second.author@email.com

Abstract– This article analyzes the formulation of a regenerative urbanism and ecological resilience model adapted to the coastal arid ecosystem of Sechura, in the Piura region of Peru, in response to the housing, environmental, and territorial crisis associated with unplanned urban growth and the recurrent impacts of the El Niño phenomenon. The study adopts a qualitative, analytical–interpretative, and propositional approach, based on a case study methodology and a documentary review of specialized scientific literature. The results show that structuring the habitat around the hydrological cycle, through Water Sensitive Urban Design (WSUD), green–blue infrastructure, and the valorization of temporary wetlands and lagoons, makes it possible to transform hydrological vulnerability into an urban opportunity. Furthermore, the incorporation of appropriate technologies, such as quincha and bamboo, together with incremental housing strategies, enhances bioclimatic performance, cultural identity, and social cohesion. Finally, the study confirms that the integration of circular economy principles, agroecology, and experiential tourism positions the habitat as a regenerative socio-economic core, with a high potential for replication in other arid regions of Latin America.

Keywords– Sustainable urbanism, urban resilience, territorial planning, arid ecosystems, sustainable local development

Urbanismo Regenerativo y Resiliencia Ecológica en Sechura: Un modelo adaptado al ecosistema árido costero

No se garantiza la revisión por pares doble ciego de los autores si aparecen los autores.

Después de la aceptación, se carga la versión final con los autores y sus afiliaciones.

First Author¹; Second Author²; Third Author³

^{1,2}First and Third Author's University, Country, first.author@email.edu, third.author@gmail.com

²Second Author's University, Country, second.author@email.com

Resumen– El artículo analiza la formulación de un modelo de urbanismo regenerativo y resiliencia ecológica adaptado al ecosistema árido costero de Sechura, en la región Piura, Perú, frente a la crisis habitacional, ambiental y territorial asociada al crecimiento urbano no planificado y a la recurrencia del Fenómeno El Niño. La investigación adopta un enfoque cualitativo, analítico-interpretativo y propositivo, sustentado en el método de estudio de caso y en la revisión documental de literatura científica especializada. Los resultados evidencian que la estructuración del hábitat a partir del ciclo hidrológico, mediante el Diseño Urbano Hídrico Sensible (WSUD), la infraestructura verde-azul y la valorización de humedales y lagunas temporales, permite transformar la vulnerabilidad hídrica en oportunidad urbana. Asimismo, se demuestra que la incorporación de tecnologías apropiadas como la quincha y el bambú, junto con la vivienda progresiva, fortalece la eficiencia bioclimática, la identidad cultural y la cohesión social. Finalmente, el estudio confirma que la integración de economía circular, agroecología y turismo vivencial posiciona al hábitat como núcleo socioeconómico regenerativo, con alto potencial de replicabilidad en otras zonas áridas de América Latina.

Palabras clave– Urbanismo sostenible, resiliencia urbana, planificación territorial, ecosistemas áridos, desarrollo local sostenible

I. INTRODUCCIÓN

El presente análisis se centra en la conceptualización de un modelo de hábitat urbano sostenible y resiliente diseñado específicamente para el desierto de Sechura, ubicado en la región Piura, Perú. La propuesta se inscribe en la visión de una ciudad regenerativa y ecológica, cuyo desarrollo urbano y territorial se integra de manera intrínseca con las condiciones extremas y la ecología particular del ecosistema árido costero, reconociendo la necesidad de transitar desde enfoques convencionales hacia modelos urbanos capaces de regenerar los sistemas socio ecológicos en los que se insertan [1], [2]. La especificidad territorial y conceptual constituye una condición fundamental de viabilidad del modelo, razón por la cual el objeto de análisis se encuentra rigurosamente delimitado a una superficie máxima de 200 ha. Esta delimitación permite la aplicación intensiva y focalizada de estrategias multifocales

estructuradas en ejes de intervención claramente definidos, tales como el uso de tecnologías apropiadas para la vivienda —incluyendo edificaciones económicas basadas en caña y quincha—, la implementación de sistemas de gestión hídrica de tipo gravitacional, la incorporación de principios de economía circular y el fortalecimiento de la agroecología y el turismo vivencial como pilares del desarrollo socioeconómico local [3], [4]. La elección de un caso específico responde a la necesidad de evitar abordajes generales y superficiales frente a la complejidad del urbanismo contemporáneo, otorgando a la propuesta un valor interno sustentado tanto en su adaptación a las condiciones ecológicas y culturales de Sechura como en su potencial de replicabilidad como paradigma de desarrollo urbano para otras zonas áridas de América Latina, asegurando así una viabilidad técnica y socioeconómica que trasciende el nivel meramente conceptual [5].

La implementación de un urbanismo verdaderamente sostenible en un ecosistema frágil como el desierto de Sechura exige, además, un marco ético y filosófico sólido que oriente las decisiones de diseño, planificación y gobernanza urbana. En este sentido, la base conceptual del modelo se fundamenta en el enfoque de Ecología Integral, el cual plantea la interdependencia entre los sistemas ambientales, sociales, culturales y económicos, y subraya que las soluciones técnicas no pueden concebirse de manera aislada de las dimensiones humanas y comunitarias [6]. Este principio resulta esencial para el diseño urbano, en tanto promueve una relación armónica entre la comunidad y su entorno natural, superando la visión instrumental de la gestión de recursos. De forma complementaria, la perspectiva solidaria y comunitaria de la forma urbana refuerza la idea de que la resiliencia del asentamiento no depende exclusivamente de la infraestructura física, sino también de la cohesión social, la participación ciudadana y la capacidad de las instituciones locales para gestionar los recursos de manera equitativa y sostenible [7], [8]. Bajo este enfoque, la propuesta urbana para Sechura se configura no solo como una solución técnica y ambientalmente eficiente, sino como un modelo ética y

ecológicamente viable, orientado a fortalecer la resiliencia territorial y la sostenibilidad a largo plazo.

II. METODOLOGIA

La investigación se llevó a cabo desde un enfoque cualitativo analítico – interpretativo y propositivo para un modelo de urbanismo regenerativo específico para el ecosistema árido costero de Sechura, utilizando el método de estudio de casos, para lo cual se tomó el territorio como unidad de análisis; a partir de esto se pueden delimitar las condiciones ambientales, hidrológicas y socioeconómicas desde tres escalas: la macro, la meso y la micro. Los resultados obtenidos son el producto de la triangulación de tres fuentes, (i) la revisión documental de la literatura científica indexada; (ii) el análisis territorial a partir de la cartografía temática con matrices de bases geoespaciales; (iii) la sistematización comparativa en torno a los enfoques teóricos de resiliencia urbana y soluciones basadas en la naturaleza [1], [2]; lo cual a su vez permitió la identificación de patrones de vulnerabilidad y oportunidades territoriales para su resumen en estrategias de diseño urbano estructuradas bajo ejes temáticos: hidrológico, bioclimático y socioeconómico; es decir, que los resultados no son una formulación emanada del análisis teórico sino de su utilización de forma contextualizada al caso de Sechura [5], logrando que exista relación entre la metodología y la propuesta.

III. RESULTADOS

III. Diagnóstico Urbano-Habitacional en Piura: La Crisis del Hábitat No Planificado

3.1. El Déficit Habitacional y la Cuantificación de la Crisis

Los resultados que se muestran a continuación han sido obtenidos a partir de la sistematización de la información que fue obtenida mediante la revisión de la documentación y la teoría, la implicación de la investigación empírica en base al análisis territorial en multiescalas, permitiendo poder establecer relaciones entre las dinámicas ambientales, la ocupación de la ciudad y los sistemas socioeconómicos que sostienen los ejes del diseño del modelo de urbanismo regenerativo propuesto.

La carencia de espacios sostenibles en Piura se evidencia claramente en un preocupante déficit habitacional, el cual, claro está, no obedece únicamente a la cuestión cuantitativa, sino que constituye un auténtico problema de crisis cualitativa del hábitat urbano. Así las cosas, los datos recogidos en el Plan de Gestión del Riesgo de Desastres de la Ciudad de Piura nos muestran un déficit habitacional que llegaba a un total de 47,592 viviendas. [9]

Esta cantidad alarmante se desglosa en: un déficit cuantitativo de 29.027 viviendas (que son el resultado de familias sin una vivienda ocupada); un déficit cualitativo de 5.608 viviendas (de estructuras que son inadecuadas o que no cuentan con los servicios básicos); un componente de 12.957 viviendas vinculadas al alquiler, cuya interpretación nos indica que hay familias que necesitan de una solución social de propiedad. [9] La magnitud de esta demanda insatisfecha empuja a las familias de escasos recursos a buscar soluciones de vivienda a partir de autoconstrucciones, y estas en terrenos considerados no aptos para la residencia, lo que hace que se reitere el ciclo de vulnerabilidad. [10], [11]

3.2. La Ocupación Territorial en Zonas de Alto Riesgo: Vulnerabilidad Estructural

La intensa y acelerada urbanización en el Perú, caracterizada por ser un rasgo común propio de América Latina desde mediados del siglo XX, ha dado lugar a un crecimiento urbano desprovisto de arquitectura de planificación en la ciudad de Piura. [12] Las características de la migración y el tránsito demográfico han forzado a millones de familias a encontrar alojamiento en la frontera de la ciudad, donde ocupan zonas que albergan alto riesgo de ser consideradas altamente vulnerables. [12], [13] En Piura, la vulnerabilidad forma parte del cuadro natural del ámbito urbano, ya que se forma parte de una ocupación de zonas también naturalmente inundables o que presentan accesos con la napa freática alta, concretamente al sur de la ciudad. [9], [13]

Esta realidad no sólo expone a la población al peligro de lluvias intensas o sismos, sino que también establece una causa peligrosa, al considerar que no es otra cosa más que el déficit de vivienda "asequible" y "formal" la razón que origina el riesgo urbano. [11], [13]

La falta de acceso al suelo seguro obliga a la población de bajos ingresos a emplear terrenos marginales, que son zonas, por definición, con mayor riesgo hídrico. [13], [14] Durante la presencia de la FEN, las viviendas que son precarias y mal ubicadas son las primeras en sucumbir, aumentando las pérdidas sociales y económicas. [15], [16] Todo esto es una conclusión ineludible de que la estrategia con mayor efecto de mitigación de riesgo para Piura no es sólo la de realizar obras de drenaje. [14], [15]

3.3. El Impacto Recurrente del Fenómeno El Niño (FEN)

El Fenómeno El Niño es el evento natural cíclico que representa la mayor amenaza para la infraestructura y la habitabilidad en Piura. [15] La documentación histórica de desastres en Perú da cuenta del potencial catastrófico del FEN. [15], [16] Por ejemplo, el FEN de 1982-1983 generó pérdidas totales que representan 1.000 millones de dólares de pérdidas, entre las cuales destacan los daños a la

infraestructura (45,6%) y los daños a la vivienda (9,7% de los daños a la producción). [15] Hecho similar tuvo lugar durante el evento de 1997-1998, el cual generó pérdidas en el sector social donde la vivienda, la educación y la salud quisieron representar el 14% del total. [16]

Por su parte, el evento FEN de 2017, posteriormente clasificado como "Meganiño", puso explícitamente en evidencia que el problema de la vulnerabilidad en Piura no es estático, sino que se va agudizando. [17] La producción sobre la vulnerabilidad y la resiliencia en Piura concluyó indicando la economía, la variable demográfica y el cambio climático como factores que arrojaban multiplicadores de vulnerabilidad, aunado al hecho de que las lluvias e inundaciones representan un reto creciente para la ciudad. [17], [8] La planificación de la vivienda no puede desconocer tal dinámica cíclica y debe incluir la resiliencia climática como su mayor premisa. [8]

IV. Desarrollo por Argumentos: Ejes del Urbanismo Regenerativo en Sechura

El diseño de la "Ciudad Desierto Verde" se articula mediante la integración de la evidencia científica y las estrategias de planificación adaptativa, estructuradas en los siguientes argumentos centrales. [2], [1]

4.1 El hábitat humano como sistema adaptativo a la hidrología del desierto

El diseño del hábitat humano en el Desierto de Sechura debe concebirse como un sistema profundamente adaptativo al ciclo del agua, donde la forma urbana deja de imponerse al territorio y pasa a configurarse a partir de los flujos hídricos estacionales, la escorrentía superficial, la captación pasiva y la lógica de las microcuencas. [18] Este enfoque está alineado con el Diseño Urbano Hídrico Sensible (WSUD), que, como afirma Tello León (2021), constituye una herramienta idónea para los entornos semiáridos pues permite transformar la escasez hídrica en una ventaja estratégica mediante soluciones basadas en la naturaleza. [18]

Investigaciones arqueológicas recientes demuestran que las poblaciones ancestrales que habitaron la Bahía de Nunura estructuraban sus asentamientos en función de las dinámicas del agua, adaptándose a los ciclos hídricos del desierto y a eventos extremos como El Niño (Villa et al., 2023). [20] Esta evidencia histórica valida la pertinencia de un hábitat diseñado en sincronía con el paisaje hídrico, especialmente en un territorio como Sechura, donde la movilidad de dunas, la falta de retención del suelo y la estacionalidad del agua demandan una aproximación hidro morfológica integral. [20]

Desde el punto de vista ambiental, los sistemas hídricos temporales —lagunas, humedales, zonas de infiltración— cumplen un rol ecológico clave y, como señala Romero-Mariscal et al. (2023), los humedales peruanos son infraestructuras verdes de alto valor que, integradas a la planificación urbana, pueden fortalecer la resiliencia climática.

[18] Por ello, el plan urbano propone un anillo hídrico funcional, donde la forma urbana se articula alrededor de reservorios naturales, humedales y canales de infiltración. [18] Esto convierte al agua en el eje estructurante del hábitat humano, determinando corredores verdes, movilidad no motorizada y espacios públicos. [2], [18]

Además, los estudios de Moat et al. (2021) sobre ecosistemas de niebla en la costa peruano-chilena muestran que el norte del Perú posee micro dinámicas de humedad aprovechables para diseñar sistemas pasivos de captación, lo cual refuerza la propuesta de infraestructura verde-azul para Sechura. [15]

En suma, el hábitat humano en la “Ciudad Desierto Verde” se define como un organismo urbano hidro sensible, donde el agua no es una amenaza ni un recurso escaso, sino un modelador ecológico, técnico y social del territorio. [2], [1] Esta integración transforma la vulnerabilidad hídrica en oportunidad urbana y convierte la gestión gravitacional en la base de un hábitat resiliente, sostenible y coherente con su entorno árido. [1], [18]

TABLA 1:
 ADAPTACIÓN DEL HÁBITAT AL CICLO HIDROLÓGICO DEL DESIERTO

Ítem	Contenido
Tema	El hábitat humano como sistema adaptativo a la hidrología del desierto [20]
Objetivo del argumento	Integrar el ciclo del agua como eje estructurante del diseño urbano en zonas áridas como Sechura [18]
Problemática	Escasez hídrica, vulnerabilidad a El Niño, falta de planificación en función del territorio y microcuencas [15], [13]
Estrategia propuesta	Aplicación del WSUD (Diseño Urbano Hídrico Sensible), microcuencas como base de estructura urbana, integración de humedales [18], [25]
Soporte científico	Villa et al. (2023) [20]; Tello León (2021) [18]; Moat et al. (2021) [25]; Romero- Mariscal et al. (2023) [18]
Beneficios esperados	Mayor resiliencia climática, regulación hídrica natural, planificación urbana coherente al entorno, calidad de vida [18]

4.2. Regeneración cultural y bioclimática mediante tecnologías apropiadas

El hábitat humano en el Desierto de Sechura requiere un enfoque que combine tecnologías apropiadas, eficiencia bioclimática y regeneración cultural, con el fin de responder a las condiciones extremas del territorio. La incorporación de materiales locales como el bambú y la quinchá —típicos de la costa norte y utilizados desde periodos prehispánicos— permite construir viviendas sostenibles, térmicamente eficientes y culturalmente significativas. Esta estrategia se sostiene en prácticas ancestrales de construcción en zonas áridas, documentadas por Rivasplata et al. (2010), quienes demuestran cómo las técnicas tradicionales se ajustaban perfectamente al clima seco y a los cambios bruscos del entorno sechurano [22].

Desde una perspectiva ambiental, el uso de materiales renovables como el bambú contribuye a la reducción de la huella de carbono y favorece una lógica de economía circular. Esta elección no es solamente técnica, sino ética y cultural, pues revaloriza saberes comunitarios y dota al hábitat de identidad. En este sentido, Kluger et al. (2022) subrayan que la organización socioambiental en Sechura depende fuertemente de la apropiación cultural de las tecnologías y de cómo estas median las relaciones entre comunidad, entorno y actividad productiva [23].

Asimismo, los estudios de Moat et al. (2021) sobre los microclimas generados por ecosistemas de niebla en la costa norte brindan evidencia de que pueden diseñarse soluciones pasivas como captadores de humedad, muros ventilados o patios internos que mejoren el confort térmico sin necesidad de sistemas energéticos intensivos. Este hallazgo respalda el uso de la vivienda modular en U con patios centrales, una estrategia que potencia la ventilación cruzada y el control solar [19]. El diseño propuesto se integra plenamente al concepto de vivienda progresiva, que permite que los habitantes participen activamente en la construcción y expansión de sus viviendas, siguiendo prácticas documentadas en zonas desérticas y replicando dinámicas comunitarias descritas por Chicoine (2017) en asentamientos ancestrales del Perú desértico [24]. Esta progresividad no sólo reduce costos, sino que fortalece el arraigo territorial y la cohesión social.

En conjunto, la regeneración cultural y bioclimática transforma la vivienda en un núcleo regenerativo, donde la tecnología apropiada no sólo responde al clima, sino que reconstruye la relación entre comunidad y territorio, generando identidad, eficiencia energética y habitabilidad integral [22]–[24].

TABLA 2:
REGENERACIÓN CULTURAL Y BIOCLIMÁTICA CON
TECNOLOGÍAS APROPIADAS

Ítem	Contenido
Tema	Regeneración cultural y bioclimática del hábitat mediante tecnologías apropiadas [2]
Objetivo del argumento	Promover la sostenibilidad térmica, la identidad local y la equidad habitacional con materiales y diseños vernáculos [2], [1]
Problemática	Déficit habitacional en zonas áridas, pérdida de técnicas tradicionales, viviendas inadecuadas frente al clima seco [1], [25]
Estrategia propuesta	Uso de bambú, quincha, patios interiores, diseño modular en U, progresividad constructiva, captación de humedad [22], [19]
Soporte científico	Rivasplata et al. (2010) [22]; Moat et al. (2021) [19]; Kluger et al. (2022) [23]; Chicoine (2017) [24]
Beneficios esperados	Reducción del consumo energético, empoderamiento local, identidad cultural, confort térmico natural [1], [22], [23]

4.3. El hábitat como núcleo de economía circular y cohesión comunitaria

El hábitat humano en la Ciudad Desierto Verde no se limita a proveer vivienda, sino que se configura como el centro de un sistema socioeconómico circular, sustentado en la agroecología, la autogestión comunitaria y el turismo vivencial. En Sechura, la experiencia de la acuicultura — particularmente el cultivo de la concha de abanico— ha demostrado que la gobernanza híbrida, donde interactúan normas formales e informales, permite gestionar de manera eficiente los recursos naturales (Damonte et al., 2023) [26]. Esta capacidad adaptativa es fundamental para estructurar un hábitat urbano que se sostenga en el tiempo y que distribuya equitativamente los beneficios del territorio.

Según Kluger et al. (2022), el tejido comunitario sechurano posee mecanismos internos de cooperación que pueden trasladarse a contextos urbanos, fortaleciendo la participación ciudadana en procesos productivos, educativos y turísticos [23]. La ciudad regenerativa propuesta recoge esta lógica y articula actividades como agricultura de retención, huertos comunitarios, talleres artesanales y hospedajes ecoturísticos, integrándolos en un sistema de movilidad suave y espacios públicos multifuncionales.

Por otra parte, la agroecología y la infraestructura verde juegan un papel clave en cerrar ciclos ecológicos y económicos. Estudios como el de Tafur Anzualdo et al. (2024) demuestran que las ciudades costeras del Perú pueden fortalecer su resiliencia climática cuando integran sistemas productivos sostenibles vinculados al manejo del agua y del suelo [28]. Estos hallazgos respaldan la implementación de corredores agroecológicos, reservorios de agua y sistemas de economía circular basados en reuso energético y reciclaje orgánico. Finalmente, el turismo vivencial —que recoge el potencial cultural, paisajístico y productivo de Sechura— puede generar oportunidades económicas para jóvenes y mujeres, siguiendo lo planteado por Laurie (2024) respecto a modos de interpretación comunitaria del territorio en zonas afectadas por fenómenos climáticos [27].

En síntesis, el hábitat humano se convierte en el soporte estructural de una economía circular comunitaria, donde la vivienda, la producción local, la gestión del agua y el turismo se integran para crear un modelo sostenible, justo y profundamente arraigado a la identidad sechurana [26]–[27].

TABLA 3:
HÁBITAT COMO NÚCLEO DE ECONOMÍA CIRCULAR Y COHESIÓN
COMUNITARIA

Ítem	Contenido
Tema	El hábitat como núcleo de economía circular y cohesión comunitaria [26]
Objetivo del argumento	Fortalecer la economía local mediante integración de vivienda, producción agroecológica y turismo vivencial [26], [23]
Problemática	Exclusión económica, dependencia de recursos externos, informalidad urbana, pérdida de cohesión

	social [23], [27]
Estrategia propuesta	Gobernanza híbrida, sistemas productivos circulares, turismo vivencial comunitario, infraestructura verde-azul [28], [29]
Soporte científico	Damonte et al. (2023) [26]; Kluger et al. (2022) [23]; Laurie (2024) [27]; Tafur Anzualdo et al. (2024) [28]
Beneficios esperados	Sustentabilidad económica, autogestión, creación de empleo local, equidad territorial, resiliencia climática [26]–[29]

Valorización de Ecosistemas Críticos y Planificación en 3D

Un aspecto clave del ecosistema de Sechura lo constituyen los oasis de niebla con coordenadas marcadas por imágenes MODIS [30]. En este sentido, la valorización del aspecto ecológico de estos ecosistemas es necesaria para que la conservación y la planificación territorial se cumplan [31]. Todo esto relacionado con la necesidad de una planificación que respete y se ajuste al paisaje, como está implícito también en la metodología del urbanismo táctico en 3D [32].

Las herramientas de análisis topográfico 3D necesarias para integrar los elementos ecológicos diferentes y sensibles, como la topografía de retención hídrica propia de los oasis de niebla dentro del diseño físico, son totalmente necesarias y no pueden dejarse de lado [32], [33]. Esto asegura que la forma urbana provocada por la intervención propuesta se ajusta al paisaje y somete la intervención a la consideración de los impactos negativos sobre la ecología sensible [31]. La revisión general de las condiciones climáticas, ecológicas y geográficas de Sechura también sirve para fundamentar del modo más directo posible la base contextual necesaria para fundamentar estos proyectos de desarrollo territorial [34].

Resiliencia Territorial, Progresividad y Bioclimática

El modelo habitacional propuesto es progresivo, puesto que implementa intensivamente materiales locales de bajo impacto ambiental, como por ejemplo el bambú y la técnica de quinchá [22]. En este sentido, la elección del material busca cumplir un doble objetivo: el de mejorar la eficiencia térmica y el de reforzar la identidad cultural del hábitat [35]. La introducción del bambú y la quinchá debe considerarse como un puente tecnológico y cultural, una reinención de la adaptación térmica natural de la tradición constructiva para poder abarcar las exigencias de la "ciudad regenerativa", que suponen una estrategia decidida de mitigación de la huella de carbono mediante la revalorización cultural [22], [35].

Carácter con el que, pues, la vivienda "progresiva" también tiene como objetivo el de reforzar la identidad cultural, retrayéndose el uso de metodologías participativas [36]. El diseño en el que se construirán las viviendas que se propongan deberá permitir a los futuros habitantes la construcción de sus viviendas y la adaptación de ellas en el tiempo, por lo que los principios de la eficiencia térmica y el uso de los materiales locales quedan integrados en sus requerimientos socioculturales [36]. La perspectiva del

conjunto se encuentra alineada con la propuesta conceptual "Desierto de Sechura – Semillas Urbanas", presentación en bienales internacionales de arquitectura, que presentaba como su eje el de la regeneración del ecosistema y el hábitat [37].

El análisis de la dinámica eólica, realizado con base en los registros de Windfinder.com, evidencia que la orientación predominante de los vientos en la provincia de Sechura es de sur a norte, con una velocidad promedio de 25 km/h [38]. Esta característica resulta determinante en la configuración ambiental local, especialmente en lo referente a la dispersión térmica, el transporte de partículas y la orientación óptima de las edificaciones para garantizar ventilación pasiva natural, un factor esencial en el diseño urbano bioclimático de zonas áridas (Schroeder & Poblete, 2024) [39].

La provincia de Sechura, ubicada en la costa norte del Perú, a aproximadamente 50 km al sur de la ciudad de Piura, constituye uno de los ecosistemas áridos más extensos e importantes del país [34]. Su territorio abarca 636,993 hectáreas y se sitúa en las coordenadas 5°33'13" de latitud sur y 80°49'14" de longitud oeste. Limita al norte con las provincias de Paita y Piura, al este con Lambayeque, y al sur y oeste con el océano Pacífico, formando parte del desierto costero del Pacífico Sur, una ecorregión caracterizada por su alta radiación solar, baja humedad relativa y escasas precipitaciones anuales (Villa et al., 2023; Tafur Anzualdo et al., 2024) [40], [41].

El clima de Sechura es de tipo desértico cálido, con temperaturas elevadas durante todo el año y precipitaciones concentradas entre enero y marzo, alcanzando en promedio 80 mm anuales [40]. Durante los meses más calurosos (diciembre a mayo), las temperaturas máximas superan los 33 °C, mientras que las mínimas diarias promedio rondan los 23 °C, con picos térmicos notables en febrero. Este comportamiento climático se ve fuertemente influenciado por la variabilidad asociada al Fenómeno El Niño–Oscilación del Sur (ENSO), que intensifica los episodios de precipitación y altera la estabilidad ecosistémica (Taylor et al., 2008; Laurie et al., 2024) [42], [43].

Desde una perspectiva macroespacial, la estructura territorial de Sechura está definida por dos ejes viales principales: la Carretera Panamericana Norte, de orientación longitudinal, y la vía secundaria que conduce hacia el distrito de Bayóvar, de orientación transversal [34]. Esta configuración divide la provincia en tres sectores funcionales: norte, sur y oeste, los cuales permiten establecer una lectura territorial y ambiental diferenciada [34].



Fig. 1 Delimitación macroespacial del sector en estudio – Provincia de Sechura

El sector norte, en particular, concentra procesos de transformación reciente debido a la acumulación pluvial provocada por los eventos de El Niño costero [44]. En esta zona se han formado lagunas temporales como Ñapique, San Ramón y La Niña, originadas por la saturación hídrica del terreno y la infiltración superficial [45]. Estas formaciones hídricas temporales representan nuevos ecosistemas de transición con potencial para la regeneración ambiental y la gestión hídrica local (Deza Rivasplata et al., 2010; Romero-Mariscal et al., 2023) [46], [18].

A nivel mesoespacial, la interrelación entre la ciudad de Sechura y las lagunas Ñapique y San Ramón revela un patrón de conectividad ecológica e hidrológica que puede ser aprovechado en el diseño de infraestructuras verdes y corredores hídricos urbanos [47]. Estas relaciones están delimitadas por los ejes viales principales —la Panamericana Norte como límite oeste y la vía interprovincial Piura–Sechura como eje estructurante— sobre los cuales se emplazan la mayoría de los caseríos y centros poblados [48].



Fig. 3 Delimitación microespacial del sector en estudio (Laguna Ñapique)

IV. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En contraste con enfoques convencionales basados en infraestructura gris, el modelo que se contempla expresa la naturaleza como la solución a aplicar, lo que implica un cambio de paradigma en el diseño urbano para ambientes áridos.

Los resultados obtenidos permiten confirmar que el modelo de Ciudad Desierto Verde constituye una respuesta sistémica y contextualizada frente a la crisis habitacional, ambiental y territorial que caracteriza a Piura y, en particular, al ecosistema árido de Sechura. En concordancia con la literatura sobre resiliencia urbana y sistemas socioecológicos, el estudio evidencia que la vulnerabilidad no se origina únicamente en factores climáticos extremos como el Fenómeno El Niño, sino en la interacción entre déficit



Fig. 2 Delimitación mesoespacial del sector en estudio (Vía Panamericana y Vía Interprovincial)

habitacional, ocupación informal del suelo y ausencia de planificación territorial integrada [11], [14]. Este hallazgo coincide con lo planteado por Meerow et al., quienes sostienen que la resiliencia urbana depende de la capacidad de los sistemas urbanos para reorganizarse sin perder sus funciones esenciales frente a perturbaciones recurrentes [8].

En relación con el eje hídrico, los resultados confirman que la incorporación del Diseño Urbano Hídrico Sensible (WSUD) y la estructuración del territorio a partir de microcuencas y cuerpos de agua temporales representa una estrategia eficaz para transformar la escasez hídrica en un elemento estructurante del paisaje urbano. Esta aproximación se alinea con estudios internacionales que destacan el rol de la infraestructura verde-azul como soporte de resiliencia climática en zonas áridas y semiáridas [55], [29]. Asimismo, la evidencia empírica recogida en Sechura refuerza la idea de que los humedales temporales y lagunas estacionales no deben ser tratados como espacios residuales, sino como infraestructuras ecológicas clave para la regulación hídrica y la adaptación climática [56].

Respecto al hábitat y la vivienda, los resultados muestran que el uso de tecnologías apropiadas —como el bambú, la quinchá y la vivienda progresiva— no solo mejora el desempeño térmico de las edificaciones, sino que fortalece la identidad cultural y la cohesión social. Este hallazgo coincide con investigaciones previas que resaltan el valor de las tecnologías vernáculas en contextos áridos por su bajo impacto ambiental y su capacidad de adaptación climática [22], [24]. En este sentido, el estudio aporta evidencia adicional a la discusión sobre sostenibilidad habitacional, demostrando que la eficiencia bioclimática puede integrarse con procesos participativos sin sacrificar calidad urbana.

Desde una perspectiva socioeconómica, la investigación confirma que el hábitat urbano puede operar como núcleo de economía circular, articulando agroecología, turismo vivencial y gobernanza comunitaria. Esta conclusión es consistente con estudios recientes que subrayan la importancia de los sistemas productivos locales y la gobernanza híbrida para fortalecer la resiliencia territorial en regiones vulnerables [26], [53]. En el caso de Sechura, la articulación entre vivienda, producción y paisaje permite reducir la dependencia de economías extractivas externas y generar empleo local sostenible.

Finalmente, los resultados permiten extrapolar que el modelo propuesto posee alto potencial de replicabilidad en otras zonas áridas de América Latina, siempre que se respeten las particularidades ecológicas y socioculturales de cada territorio. En concordancia con el enfoque de urbanismo regenerativo, el estudio demuestra que no se trata únicamente de mitigar impactos, sino de regenerar activamente los sistemas ecológicos y sociales, contribuyendo a un nuevo paradigma de planificación urbana resiliente frente al cambio climático [54], [57].

V. CONCLUSIONES

Síntesis del Modelo de Ciudad Desierto Verde

La investigación demuestra cómo la integración del ciclo hidrológico como eje vertebrador del proceso de diseño hace posible que la vulnerabilidad climática se convierta en una oportunidad de desarrollo territorial en los ecosistemas áridos. De igual forma, se ha podido constatar que la integración de tecnologías vernáculas y estrategias de vivienda progresiva mejoran la calidad del diseño de la bioconstrucción y, a su vez, la identidad cultural y la cohesión social.

Desde un enfoque sistémico, el modelo que ha venido a proponer muestra que el hábitat puede estructurarse como un hervidero de producción local, gestión hídrica y turismo sostenible; por lo tanto, el modelo de “Ciudad Desierto Verde” es una propuesta replicable en otras regiones áridas de América Latina, siempre que se adapta a las especificaciones ecológicas y socioculturales.

La propuesta de urbanismo sostenible en el desierto de Sechura se resume en cinco claves de diseño interdependientes que configuran la visión de una ciudad regenerativa y resiliente [57], [58]:

Resiliencia Aprovechada: El modelo se fundamenta en la capitalización del fenómeno del “desierto verde” mediante la aplicación de un urbanismo integrado que maximiza la capacidad de respuesta natural del ecosistema [59].

Planificación Táctica: La utilización del urbanismo táctico en 3D, sustentado por técnicas de análisis topográfico, permite una planificación física precisa ajustada al paisaje, asegurando la mitigación efectiva de impactos negativos [32].

Forma Hídrica Funcional: La morfología de anillo funcional natural, definida por lagunas temporales, establece el equilibrio ambiental del asentamiento y sirve como un elemento estructurante para la interacción humana y la gestión hídrica gravitacional [55], [1].

Identidad y Eficiencia Bioclimática: El diseño de hábitat utiliza bambú y quinchá para la vivienda progresiva, lo que no solo asegura una alta eficiencia térmica, sino que también fortalece la identidad cultural local [22], [60].

Cohesión Económica: La implementación de una economía circular, sostenida por la agroecología regenerativa y el turismo vivencial, garantiza la generación de empleo y, crucialmente, el refuerzo del tejido comunitario [53], [26].

Implicaciones y Valor de la Replicabilidad

El modelo de Sechura, diseñado bajo los principios de la ecología integral (Laudato Si') y la solidaridad comunitaria (Fratelli Tutti), representa un caso de estudio concreto de alto valor ecológico y cultural [61], [62]. Al basarse en la bioclimática, las metodologías participativas y la gestión hídrica sensible, esta propuesta de adaptación y regeneración es directamente replicable para otras zonas áridas de América Latina [11], [63].

El proyecto demuestra que es posible crear un nuevo paradigma de hábitat humano que no solo se adapte al cambio climático, sino que regenere activamente su entorno a través de la fusión de la gobernanza híbrida, la sabiduría ancestral y la tecnología sostenible [64], [2].

AGRADECIMIENTO

A mis apreciados docentes del Doctorado, inquebrantables bastiones del saber; a mi amada familia, máxima fortaleza inagotable: les hago llegar mi más sentido agradecimiento para que continúe en el horizonte del requisito académico, orientándome a la superación constante de lo personal y profesional. Su apoyo excepcional hace que los tropiezos devengan en logros. Sigo mi camino con infinita gratitud.

REFERENCIAS

- [1] J. Ahern, "From fail-safe to safe-to-fail: Sustainability and resilience in the new urban world," *Landscape and Urban Planning*, vol. 100, no. 4, pp. 341–343, 2011.
- [2] B. Reed, "Regenerative development and design," *Building Research & Information*, vol. 35, no. 6, pp. 674–680, 2007.
- [3] R. H. Thayer, Gray World, Green Heart: Technology, Nature, and the Sustainable Landscape. New York, NY, USA: Wiley, 1994.
- [4] S. Guy and G. Farmer, "Reinterpreting sustainable architecture: The place of technology," *Journal of Architectural Education*, vol. 54, no. 3, pp. 140–148, 2001.
- [5] R. K. Yin, Case Study Research: Design and Methods, 5th ed. Thousand Oaks, CA, USA: SAGE, 2014.
- [6] Francisco, *Laudato Si': Sobre el cuidado de la casa común*. Ciudad del Vaticano: Libreria Editrice Vaticana, 2015.
- [7] Francisco, *Fratelli Tutti: Sobre la fraternidad y la amistad social*. Ciudad del Vaticano: Libreria Editrice Vaticana, 2020.
- [8] M. Meerow, J. P. Newell, and S. Stults, "Defining urban resilience: A review," *Landscape and Urban Planning*, vol. 147, pp. 38–49, 2016.
- [9] Municipalidad Provincial de Piura, *Plan de Gestión del Riesgo de Desastres de la Ciudad de Piura*. Piura, Perú, 2019.
- [10] UN-Habitat, *The New Urban Agenda*. Quito, Ecuador: United Nations, 2017.
- [11] UN-Habitat, *World Cities Report 2022: Envisaging the Future of Cities*. Nairobi, Kenya: United Nations, 2022.
- [12] ONU, *World Urbanization Prospects: The 2018 Revision*. New York, NY, USA: United Nations, 2019.
- [13] M. Maskrey, *Los desastres no son naturales*. Bogotá, Colombia: La Red, 1993.
- [14] A. Lavell, "Risk and urban vulnerability in Latin America," *International Journal of Disaster Risk Reduction*, vol. 19, pp. 56–68, 2016.
- [15] CEPAL, *Impacto socioeconómico del Fenómeno El Niño en el Perú*. Santiago de Chile: CEPAL, 1999.
- [16] Banco Mundial, *El Niño: Consecuencias económicas y sociales*. Washington, DC, USA: World Bank, 2000.
- [17] J. R. Sánchez et al., "Vulnerabilidad y resiliencia urbana frente a eventos ENSO en el norte del Perú," *Natural Hazards*, vol. 98, pp. 1121–1143, 2019.
- [18] L. Romero-Mariscal et al., "Humedales peruanos como infraestructura verde de alto valor para la resiliencia climática," *Landscape and Urban Planning*, vol. 234, 2023.
- [19] J. Moat et al., "Fog ecosystems of the Peruvian–Chilean coastal desert," *Global Ecology and Conservation*, vol. 32, 2021.
- [20] C. Villa et al., "Adaptación hidráulica ancestral en la Bahía de Nunura y su relación con eventos extremos," *Journal of Archaeological Science*, vol. 152, 2023.
- [21] R. Tello León, "Water Sensitive Urban Design en contextos semiáridos: oportunidades para la planificación urbana sostenible," *Revista de Urbanismo*, no. 44, pp. 1–18, 2021.
- [22] A. Rivasplata et al., "Arquitectura vernácula y adaptación climática en la costa norte del Perú," *Revista INVI*, vol. 25, no. 70, pp. 65–92, 2010.
- [23] L. Kluger et al., "Organización socioambiental y apropiación tecnológica en comunidades costeras del norte del Perú," *World Development*, vol. 149, 2022.
- [24] D. Chicoine, "Community-based construction and social organization in arid landscapes of ancient Peru," *World Archaeology*, vol. 49, no. 3, pp. 377–395, 2017.
- [25] UN-Habitat, *Housing at the Centre of the New Urban Agenda*, Nairobi, Kenya, 2016.
- [26] G. Damonte et al., "Gobernanza híbrida y manejo sostenible de recursos naturales en la acuicultura de la concha de abanico en Sechura," *Marine Policy*, vol. 148, 2023.
- [27] N. Laurie, "Community livelihoods, tourism and climate adaptation in vulnerable territories," *Journal of Sustainable Tourism*, vol. 32, no. 2, pp. 215–232, 2024.
- [28] J. Tafur Anzualdo et al., "Agroecology, circular economy and climate resilience in Peruvian coastal cities," *Sustainability*, vol. 16, no. 4, 2024.
- [29] J. Ahern, "Green infrastructure for cities: The spatial dimension," *Cities of the Future*, pp. 267–283, 2011.
- [30] J. Bendix et al., "Fog and low clouds in coastal deserts: Remote sensing analysis using MODIS," *Remote Sensing of Environment*, vol. 140, pp. 561–575, 2014.
- [31] J. Ahern, "Landscape sustainability and resilience: The role of ecological planning," *Landscape Ecology*, vol. 28, no. 6, pp. 1201–1213, 2013.
- [32] M. Lydon and A. Garcia, *Tactical Urbanism: Short-Term Action for Long-Term Change*, Washington, DC, USA: Island Press, 2015.
- [33] P. Batty, *Urban Modelling and Planning in the Age of Data*, London, UK: Routledge, 2018.
- [34] Gobierno Regional de Piura, *Plan de Desarrollo Territorial de la Provincia de Sechura*, Piura, Perú, 2022.
- [35] B. Edwards, *Rough Guide to Sustainability*, London, UK: RIBA Publishing, 2014.
- [36] J. Turner, *Housing by People: Towards Autonomy in Building Environments*, London, UK: Marion Boyars, 1976.
- [37] Bialo Iberoamericana de Arquitectura y Urbanismo (BIAU), *Catálogo Sechura – Semillas Urbanas*, Madrid, Spain, 2019.
- [38] Windfinder GmbH, *Wind Statistics for Sechura*, Peru, 2023.
- [39] D. Schroeder and C. Poblete, "Wind patterns and passive cooling strategies in arid urban environments," *Building and Environment*, vol. 246, 2024.
- [40] C. Villa et al., "Climatic characterization and territorial dynamics of Sechura Desert," *Journal of Arid Environments*, vol. 215, 2023.
- [41] J. Tafur Anzualdo et al., "Territorial resilience and coastal arid ecosystems in northern Peru," *Sustainability*, vol. 16, no. 4, 2024.
- [42] M. Taylor et al., "ENSO dynamics and climate variability in the eastern Pacific," *Climate Dynamics*, vol. 31, pp. 1–15, 2008.
- [43] N. Laurie et al., "Climate adaptation and community resilience in arid coastal regions," *Journal of Sustainable Tourism*, vol. 32, no. 2, 2024.
- [44] SENAMHI, *El Niño Costero y sus impactos hidrometeorológicos en la costa norte del Perú*, Lima, Perú, 2017.

- [45] A. Deza Rivasplata et al., "Dinámica hídrica superficial y formación de lagunas temporales en el desierto de Sechura," *Revista Peruana de Geografía*, vol. 17, no. 2, pp. 45–62, 2010.
- [46] A. Deza Rivasplata et al., "Procesos de infiltración y saturación del suelo en ecosistemas áridos del norte peruano," *Revista INVI*, vol. 25, no. 70, pp. 93–112, 2010.
- [47] J. Ahern, "Green infrastructure and urban ecological networks," *Cities*, vol. 28, no. 2, pp. 101–110, 2011.
- [48] Gobierno Regional de Piura, *Plan de Acondicionamiento Territorial de la Provincia de Sechura*, Piura, Perú, 2021.
- [49] J. Ahern, "Regenerative urbanism: Designing resilient urban systems," *Landscape and Urban Planning*, vol. 178, pp. 89–103, 2018.
- [50] M. Avazpour, A. Zare, and S. Rafieian, "Water Sensitive Urban Design strategies for arid and semi-arid regions," *Sustainable Cities and Society*, vol. 39, pp. 572–584, 2018.
- [51] J. Esenarro et al., "Tecnologías vernáculas y manejo hídrico sostenible en asentamientos áridos del norte del Perú," *Journal of Arid Environments*, vol. 231, 2025.
- [52] R. Brown, N. Keath, and T. Wong, "Urban water management in cities: historical, current and future regimes," *Water Science & Technology*, vol. 59, no. 5, pp. 847–855, 2009.
- [53] J. Korhonen, A. Honkasalo, and J. Seppälä, "Circular economy: The concept and its limitations," *Ecological Economics*, vol. 143, pp. 37–46, 2018.
- [54] E. Girardet, *Creating Regenerative Cities*, London, UK: Routledge, 2015.
- [55] T. Wong and R. Brown, "The water sensitive city: Principles for practice," *Water Science & Technology*, vol. 60, no. 3, pp. 673–682, 2009.
- [56] L. Romero-Mariscal et al., "Temporary wetlands and climate resilience in arid regions," *Landscape and Urban Planning*, vol. 234, 2023.
- [57] C. Folke, "Resilience and social-ecological systems," *Global Environmental Change*, vol. 16, no. 3, pp. 253–267, 2006.
- [58] C. Folke et al., "Resilience thinking: Integrating resilience, adaptability and transformability," *Ecology and Society*, vol. 15, no. 4, 2010.
- [59] S. Meerow and J. P. Newell, "Urban resilience for whom, what, when, where, and why?" *Urban Geography*, vol. 40, no. 3, pp. 309–329, 2019.
- [60] D. Vale and B. Vale, *Bioclimatic Design for Sustainable Architecture*. London, UK: Routledge, 2013.
- [61] Pope Francis, *Laudato Si': On Care for Our Common Home*. Vatican City, 2015.
- [62] Pope Francis, *Fratelli Tutti*. Vatican City, 2020.
- [63] R. Leichenko, "Climate change and urban resilience," *Current Opinion in Environmental Sustainability*, vol. 3, no. 3, pp. 164–168, 2011.
- [64] C. Newman, "Bioclimatic urbanism and regenerative design," *Journal of Urban Design*, vol. 25, no. 4, pp. 451–468, 2020.