

Complejidad y depuración morfológica en experiencias docentes desde la modelación prearquitectural: eterno retorno de las formas puras

Complexity and Morphological Refinement in Teaching Experiences through Pre-Architectural Modeling: eternal Return of Pure Forms

Recibido: mayo 24 / 2023 • Evaluado: junio 1 / 2023 • Aceptado: febrero 19 / 2024

CÓMO CITAR

Cañete-Islas, Ó. (2024). Complejidad y depuración morfológica en experiencias docentes desde la modelación prearquitectural: eterno retorno de las formas puras. *Revista de Arquitectura (Bogotá)*, 26(2), 91-108. <https://doi.org/10.14718/RevArq.2024.26.5266>

Ómar Cañete-Islas*
Universidad de Valparaíso, Chile.
Escuela de Arquitectura

RESUMEN

Desde finales del siglo XX se ha ido autonomizando un campo de exploración morfológica en diversas disciplinas y ámbitos de estudio. En el caso de la arquitectura, esta autonomización se ha ido dando sobre la base de una depuración procedimental, incluso algorítmica, que opera sobre una forma depurándola y abstrayendo ciertas cualidades, extendiendo, no sin sucesivas crisis, el paradigma de las formas puras derivado de principios y elaboraciones estéticas propias de la modernidad. Esto ha generado no solo una ampliación de este principio general, sino también otras maneras de aproximarse a él. En cada nueva oleada pareciera que nuevos actos o configuraciones formales son exploradas y agotadas en sus expresiones arquitecturales. Nociones como patrones, pliegues, cubiertas y envolventes morfológicas, crecimientos y fragmentaciones modulares, descomposición o deconstrucción de paneles o piezas, superposiciones, deformaciones, entre tantas otras, solo refuerzan esta tendencia general, entendida como un despliegue depurador del mismo paradigma moderno inicial. En el presente artículo se revisa parte de este desarrollo paradigmático y se exponen parte de las experiencias del autor.

Palabras clave:

diseño paramétrico; docencia arquitectura; modelación digital; morfogénesis

ABSTRACT

Since the late 20th century, a field of morphological exploration has been autonomously developing in various disciplines and fields of study. In the case of architecture, this autonomization has been based on a procedural, even algorithmic refinement of form, by expunging it and abstracting certain qualities, thereby extending, not without successive crises, the paradigm of pure forms derived from principles and aesthetic elaborations inherent to modernity. This has not only expanded this general principle, but also opened new ways of approaching it. With each new wave, it seems that new formal acts or configurations are explored and exhausted in their architectural expressions. Concepts such as patterns, folds, roofs and morphological envelopes, modular growths and fragmentations, panel or piece decomposition or deconstruction, overlaps, deformations, among many others, only reinforce this general trend, understood as a refining deployment of the initial modern paradigm. This article reviews part of this paradigmatic development and presents some of the author's experiences.

Keywords:

parametric design; architecture education; digital modeling; morphogenesis

✦ Psicólogo, Universidad de Valparaíso (Chile).
Magíster en Psicología social, Universidad de Valparaíso (Chile).
Docente Escuela de Arquitectura, Universidad de Valparaíso (Chile). Cátedra de Geometría Fractal; profesor
Módulo de Forma en el Taller de Ciudad, carrera de Arquitectura.
◆ <https://scholar.google.com/citations?user=4AU9M18AAAAJ&hl=es>
📄 <https://orcid.org/0000-0003-4762-3718>
✉ ocanzei00@yahoo.es

INTRODUCCIÓN

Desde los inicios de la arquitectura moderna, la relación entre forma y arquitectura ha quedado marcada —y condicionada, incluso— por un concepto clave, cual es el de la noción de formas puras, o purismo de las formas, según se explicita ya en la Carta de Atenas. Este principio se vincula, además, no solo a los principios de liberación funcional y estética del espacio, sino también a la noción de ausencia de ornamento y ciertas concepciones dinámicas y distintivas entre los espacios públicos y privados, de circulación y *promenade* (paseo), entre otros.

Progresivamente, este principio de las formas puras ha sido tensionado desde distintas corrientes, declaradas modernas, o que en su momento han planteado al margen de ella, sea desde una búsqueda de quiebre o superación, pero que con el avance del tiempo ha significado más bien una evolución del mismo concepto general. En este sentido, ha pasado a ser más bien un verbo, destacando un rol metarregulador de depuración de formas, más que una idealización reduccionista, en el sentido geométrico platónico con el que se la asimiló en un comienzo.

En este marco, el problema de las formas se vuelve relevante a partir de las influencias del paradigma de la complejidad, que postulan una nueva geometría de lo amorfo e irregular, desde una sólida base morfológica que se extiende al desarrollo de la computación y modelación digital, y que exige constantemente replantearse el problema de las formas, desde un campo que reconozca su autonomía, por un lado, y, en segundo término, que se vincula a las exigencias programáticas, proyectuales, constructivas y de relaciones con el entorno (sea de emplazamiento, vinculación al contexto, circulaciones, distintividad, funcionalidad, habitabilidad, etc.). A continuación, se revisará parte de esta evolución a la luz de diversas experiencias de modelación morfológica resultado del trabajo en los últimos años en la carrera de Arquitectura, de la Universidad de Valparaíso, Chile.

Marco teórico

El Pensamiento Complejo

La variedad de modelos y teorías vinculadas a las Teorías de la Complejidad o a los modelos morfogenéticos que comparten dichos principios (Morin, 2008; Vanoli, 2017) da cuenta de la eclosión que este paradigma logró en los años noventa y que se extiende a través de diversos autores dentro y fuera de la ciencia, que exploran en los principios operativos que de ella surgen. Conceptos como transformación, crecimiento, azar, reproducción y variación de patrones a escala, formas diagramáticas, continuidad y discontinuidad de un proceso o dinámica, autoorganización, cibernética, retroalimentación, procesos estocásticos, etc., destacan entre los

conceptos operativos que se desarrollan bajo su concepción. En este sentido, estos conceptos agrupados en un Paradigma de la Complejidad ha propiciado una evolución paradigmática unitaria (Khum, 1999) siguiendo un marco propio de una Teoría del Conocimiento, que es aplicable al problema de las formas puras en el arte y en la arquitectura moderna, si se considera la importancia que dentro del arte han tenido la asimilación de conceptos operativos y procedimentales, que guían el propio proceso creativo, vinculando este plano funcional al plano de la estética, dentro del desarrollo morfológico de la arquitectura.

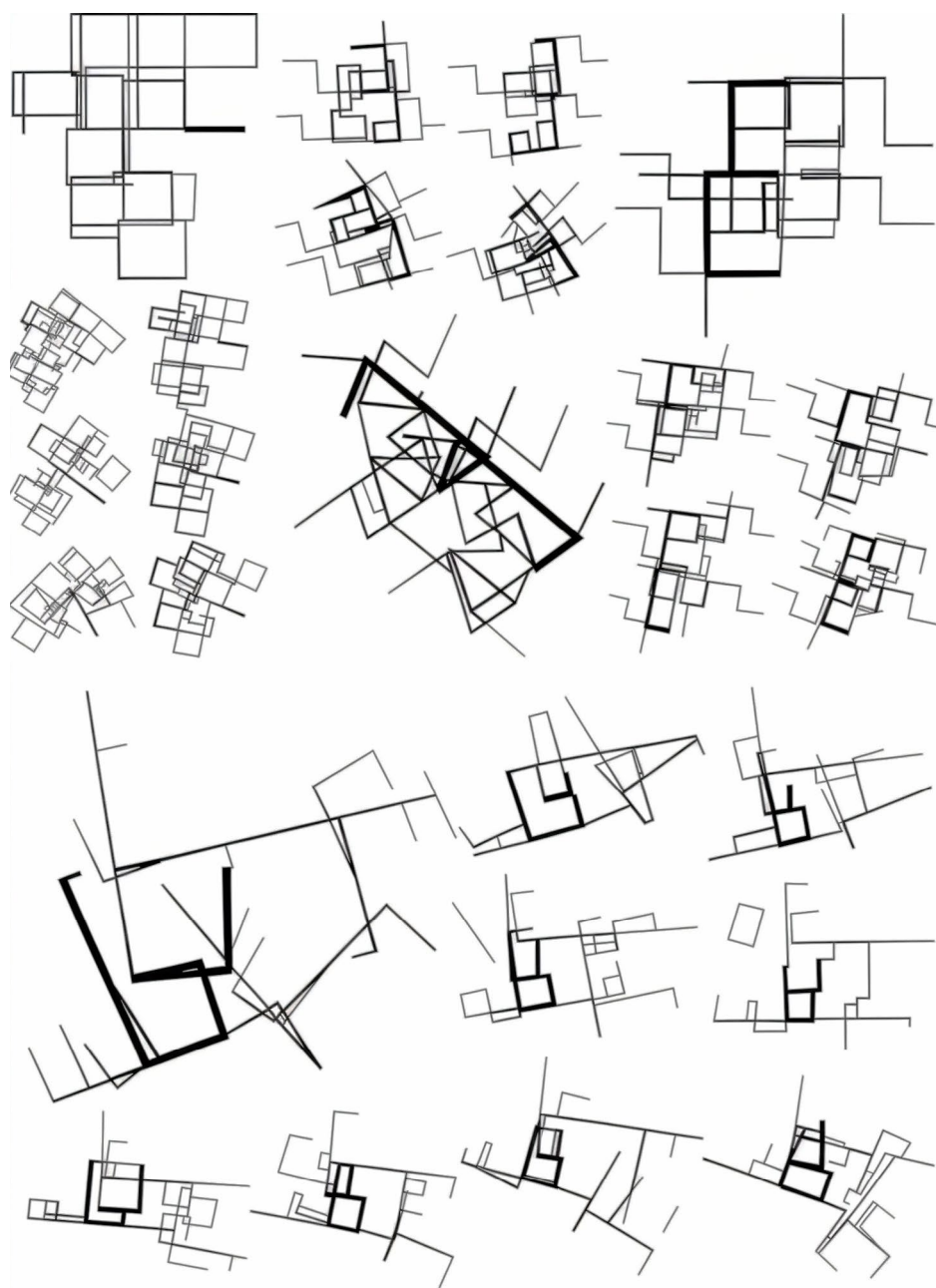
Se puede entender así, que se pueda renovar y extender la noción de formas puras en el arte y la arquitectura, en torno a la importancia del acto (algoritmo) en ambas perspectivas. Esta confluencia entre principio y operatividad permite hablar de un minimalismo generativo (Cañete, 2018a, 2018b; 2020).

Debemos recordar que los inicios del Pensamiento Complejo (Morin, 2008) quedaron vinculados a problemas como el azar morfológico—sea azar ontológico o solo epistémico— (Wagensberg, 2005; 2006), pero que progresivamente se expresaron en intentos por identificar, alterar e incluso amplificar señales o patrones, donde operan mecanismos generadores de nuevas formas, tales como incertidumbre, retroalimentación, interacción, trayectorias que convergen o divergen según principio de tensión y equilibrio dinámico (Letelier & Brugnoli, 1992), sincronía (Varela, 1995) o los procesos de autoorganización, transformaciones e interacción multiescalar (Burton et al., 2011).

A su vez, esto abrió nuevos campos que genéricamente se han denominado morfogénesis, develando la importancia de relaciones y configuraciones de estructuras transicionales, híbridas o procesos de fragmentación y formación de *landscapes* (paisajes) que den cuenta de estas nuevas relaciones morfológicas cada vez más dinámicas (Deleuze, 2000; Zaera, 2002; De Sola Morales, 2003). La constante sistematización procedimental de este tipo de formas e interacciones complejas a través de morfologías y *softwares* altamente operativos pone énfasis en la generación y construcción contemporánea de la sensibilidad arquitectónica y como una herramienta para amplificar un pensamiento orientado con base en la constante observación de lo inmaterial.

De este modo, progresivamente se unen los campos de *experimentación* y de *experiencia* en torno al problema de la forma, tanto en arte como en arquitectura, donde se vincula al estudio y modelación del habitar, sus modos de vida en la ciudad, los diversos entornos en los que se da y los valores arquitectónicos propios de la contemporaneidad (figura 1).

Figura 1. Iteración de funciones en *software* LSVG



Fuente: elaboración propia (2023).

Morfologías naturales como inicio de las formas complejas

Sin duda, una de las primeras aproximaciones a las teorías de la complejidad, a través de sus distintos modelos, estuvo ligada a una suerte de replanteamiento naturalista de viejos problemas. Preguntas aparentemente simples como *¿qué forma tiene una nube, una turbulencia, el humo de un cigarrillo?* o un cristal o metal visto en su intimidad atómica y/o molecular, que parece diferir según varias escalas, o la diversidad de formas vivas, etc. Más aún, *¿por qué la naturaleza adquiere esas formas?, ¿cómo es que la diversidad llega a ser parte relevante de los acontecimientos naturales o es un mero accidente o capricho?, y ¿por qué difieren tanto de las formas ideales o puras?*

Uno de los primeros aspectos con los cuales ha de contrastarse el problema de la forma es

su estrecha relación que surge entre el plano procedimental y algoritmo, en tanto, la forma surge de un procedimiento o encadenamiento riguroso de acciones y actos medidos. En su conjunto, pueden ser vistos como un verdadero lenguaje generativo de la forma. Una morfogénesis, empezando por una suerte de uso constructivo y aún deconstrucción de la geometría euclidiana y aun otras como la descriptiva cartesiana y proyectiva, o la topología, parecen no ser suficientes para describir fenómenos aparentemente tan cotidianos, lo que supone una verdadera rebelión de las formas, como propone Wagensberg (2005).

Después de todo, siguiendo a Mandelbrot (2000), en el marco del estudio y modelación fractal parece difícil aceptar que una nube sea una mera suma de círculos, cuadrados y sólidos platónicos. Y si así lo fuera (al menos como estrategia metodológica de represen-

tación), *¿cuál sería el rol de estas formas más complejas que emergen, desde el punto de vista de las totalidades que generan?, ¿por qué?, ¿para qué?* Una primera afirmación, intuitiva, pareciera indicar que las formas naturales —usualmente irregulares— tienen relación con las transformaciones de los objetos, sometidos a constantes presiones y fuerzas externas e internas, siempre a medio camino de algo, siempre en gestación, aún en su plenitud, como señala Wagensberg (2005), para quien: “La forma de un objeto es una propiedad de frontera que separa interior de exterior” (p. 22), pero también da pistas respecto de cualidades funcionales y de organización interna, por lo que además “aporta inteligibilidad para comprender el objeto” (p. 22).

En este marco, puede decirse que el estudio de las formas ha ido asimilando progresivamente los problemas del azar, la incertidumbre, las transformaciones y, en última instancia, lo irregular y amorfo, desde esta mirada procedimental.

En consecuencia, el camino que han seguido las teorías de la complejidad hacia la morfología ha derivado en que disciplinas crucen y transiten la frontera entre ciencia y arte. Por ejemplo, el estudio de las formas y configuraciones que posibilitó la Gestalt abrió el camino al estudio de patrones, el cual, potenciado con los avances del estructuralismo y la teoría de sistema, derivó en enfoques de retroalimentación cibernética que permitían integrar el problema de la sincronía y la diacronía para comprender los procesos de transformación e interacción.

La noción de lenguaje generativo posibilitó una buena síntesis y marco para integrar estos avances, en la noción de niveles de complejidad de un lenguaje formal, como el caso de las propiedades escalares de las formas orgánicas o naturales. Con esta noción cambiante de escala, el problema del observador derivó operativamente en la búsqueda de operaciones metalingüísticas como la iteración, amplificación, depuración y deformación formal de una señal o patrón, tomando una progresiva conciencia operática de cómo afectan las perturbaciones o cambios, en tanto actos, en los diversos rangos (mínimos o máximos) propios de la evolución de un sistema dinámico, así como su impacto a diversas escalas de tiempo y/o espacio, en las trayectorias o configuraciones morfológicas resultantes. En este marco, estudios de transformación e interacción escalar se orientaron ya a los estudios de los mecanismos de crecimiento, fragmentación, formación de pliegues, texturas y paisajes (*landscape*) en transformación morfológica.

No deja de ser interesante que, hasta buena parte del siglo XX, la forma no era considerada una variable, sino un accidente, invisibilizando cosas obvias como el estudio de las formas naturales y su importancia en la conformación y orden del mundo. Sin

embargo, el estudio de estas formas mediante patrones complejos se enfoca desde mecanismos como la reversibilidad y equivalencia que se hace entre forma y fórmula (desde Descartes en adelante) miradas a partir de un punto estático y rígido, el cual se vuelve variable y ajustable según factores de escala e iteración de funciones. En la práctica opera esta confluencia modal en la que el cálculo se depura en un cómputo (más abstracto), y este deviene nuevamente en diagramas o incluso *landscape* digital, que le permiten regular esta interacción eidético-procedimental.

Holismo, observación y factor de escala

Ya en los años cincuenta, Gregory Bateson planteaba la necesidad de parte de la comunidad intelectual de generar sistemáticamente formas no reduccionistas de concebir la realidad, que permitieran integrar y no solo dividir, y menos, acriticamente. En otras palabras, generar alternativas o al menos complementos del pensamiento reduccionista como programa científico único. A esto, Bateson (1991) lo denominó “Pasos hacia una ecología de la mente”. El planteamiento de Bateson fue simple, pero de gran impacto: ampliar la, o las miradas, extender la mente y revincularla al mundo, pensando a partir no solo de las causas, sino de los efectos, en tanto matriz de interrelaciones que configuran un campo propio. No es solo un mero cambio cuantitativo, sino fundamentalmente cualitativo, que va de un reduccionismo a un holismo en las ciencias. Así, se puede tomar conciencia de cómo se piensa cuando se mira y se describe la realidad.

Sin embargo, ampliar la mirada permite una apertura a diversos temas. La primera cuestión es cómo concebir la diferencia que al dejar de ser considerada como contradicción debe cumplir algún rol dentro de un marco dinámico. La diferencia pasa a ser integrada en algún concepto relacional. Es esto posible. La diferencia no es contradicción, a menos que los elementos sean puestos en una relación tal que tengan que entrar en contradicción o competencia. Si la relación no es reduccionista, dos objetos diferentes pueden desarrollar numerosas formas de relacionarse (de las cuales un tipo puede ser la contradicción, entendida esta como una contradicción *ad absurdum*; $A = A$). Sin duda, aquí la biología empieza a hacer gala del descubrimiento de un sinnúmero de relaciones posibles entre organismos.

El caso paradigmático es el estudio de ecosistemas, donde se pueden observar relaciones de complementariedad, competencia, depredación, crecimiento, compensación, incremento, diferenciación, simbiosis, repetición, variación, destrucción, coexistencia, fusión, reproducción, síntesis metabólica, generación, etc., las que pueden variar, incluso, en diversos momentos.

Con esto, se puede hablar de una maximización del acto, o lo que se puede llamar *Minimalismo Generativo*. De esta forma, ampliar la mirada permite considerar diversas fuentes de novedad, tales como:

- el surgimiento de lo inesperado (entendido como azar, caos, procesos estocásticos, etc.);
- la constatación, o existencia de influencias recíprocas que pueden hallarse entre lo micro y lo macro (al considerar diversas escalas de observación de un mismo fenómeno), y
- los efectos a largo plazo de procesos o fenómenos similares. Finalmente, también permite asombrarse con observar la propia observación y su vinculación dentro de la trama del conocimiento.

Dinamismo y proceso

En este punto, se debe preguntar *¿cuál es el aporte que brindan geometrías como los fractales a esta cuestión, en tanto alternativa holista al reduccionismo ad absurdum?* Y la respuesta está inicialmente en ampliar la mirada, y atender, reconocer y establecer nuevas relaciones (no reduccionistas) del fenómeno en estudio, donde la unidad de análisis es una unidad en interacción. Desde allí, se puede seguir ampliando la mirada en la medida en que se consideren nuevos sistemas y niveles de complejidad. Ahora bien, desde el punto de vista de los fractales, esta ampliación de la mirada se expresa, según Mandelbrot (2000), en la idea de *scaling properties* de una forma o patrón bajo diferentes escalas desde diversos tipos de miradas. En otras palabras, los fractales permiten ver la unidad o particularidad de un objeto o fenómeno a través de algunas configuraciones características —generalmente morfológicas o de patrones—, expresadas en la repetición de ciertos patrones que abarcan diversas escalas de observación. La existencia de un objeto se deduce de su presencia y detección en, al menos, algún rango escalar de observación y/o medición. Por tanto, su visibilidad, si no existencia —en tanto regularidad en los objetos o entes de estudio— está dada por esta escala o diversidad de escalas de interacción a través de las cuales el observador se relaciona, intuye, deduce o, simplemente, se topa o halla con ese algo que entonces adquiere cierta presencia y corporeidad. Incluso, dicha existencia se da como configuración interactiva y depende del ajuste correlativo y dinámico de esta relación. Esa mirada, entonces, es en sí misma un proceso dinámico y constructivo del conocimiento que necesita continuamente organizarse mediante diversas operaciones mentales y conceptuales para constituirse autorreguladamente y de forma consciente en relación con los propios ajustes, cambios, giros, interacciones y devenir de lo observado. Esto, más que postulado metafísico, exige nuevas formas de estudiar y conocer, que se traducen en el problema de

cómo observar la continuidad y discontinuidad en sus imbricadas formas de interacción (continuidad en la discontinuidad o la discontinuidad continua), presente en una dinámica, proceso, cambio, alteración, organización, surgimiento de la novedad, de todo proceso morfogenético, creativo, por lo que este tipo de avances influye recíprocamente en toda una cultura visual propia de los siglos XX y XXI.

Sin duda, esto llevó a numerosas situaciones en las que al observar el paso o cambio brusco de estados de un sistema generaba la impresión de estar ante verdaderas paradojas, si no contradicciones, de la observación y el razonamiento. Así, cuando se considera una ampliación del marco de referencia o, en otras palabras, de la escala de observación espaciotemporal, diversas situaciones empiezan a ser de suyo interesantes; por ejemplo, al detectar numerosos fenómenos similares que en un momento eran o se comportaban de una determinada manera, y al momento o en situaciones casi idénticas se comportaban de otra manera, debido a pequeñas fluctuaciones internas o externas al sistema. O bien, a veces, algunos cambios en lo local o de escala inferior generaban grandes cambios a nivel de lo macro. Otras veces, lo que pasa a una escala solo se ve en ciertas escalas de observación y no en todas.

Así, fenómenos, sobre todo en termodinámica, como el estudio de fluidos o en otro plano, los ecosistemas vivientes vinculan muchos componentes o individuos en interacción, los cuales, en diferentes situaciones, se alteran con pequeñas variaciones. Estos diversos antecedentes hacen pensar que es necesario disponer de una observación continua y dinámica que, además, sea sensible al efecto de los pequeños cambios, como, asimismo, a diversas escalas para observar tanto los pequeños como los grandes movimientos, interacciones, transformaciones o variaciones. De esta forma, la escala de observación se asocia a una observación no reduccionista de lo interdependiente y en continuo cambio.

Una segunda fuente de asombro e interés, generada por el pensamiento complejo, parte del hecho de que una vez se conocen los rangos en los que algo cambia, permanece o se relaciona, permite concebir dichas relaciones como parte de mecanismos generadores o mantenedores de tal relación. Así, un segundo concepto relevante dentro del pensamiento complejo es el de estudiar las transformaciones en cuanto tales, no como meramente inferidas a partir de la observación de la recurrencia o divergencia dentro de una serie, sino como mecanismo generador de tal o cual relación (Lindenmayer & Przemyslaw; 2000; Cañete, 2014; 2016, 2017, 2018a, 2018b). Como se ha dicho, el problema de estudiar la transformación lleva a plantearse cómo estudiar algo que cambia, ya sea por sucesos internos o por

perturbaciones o interacciones —previstas o imprevistas— del entorno, en conjunto con las continuas relaciones e intercambios que se están desarrollando a diversas escalas.

Es interesante recordar los planteamientos de Jorge Wagensberg (2006) quien señala que la forma de los objetos corresponde a propiedades “de frontera” entre objetos y fenómenos, muy similar a lo que el semiólogo Charles S. Peirce denominaba *Correlatos mentales*. Estudiar así un patrón de crecimiento necesariamente lleva a situaciones en las que la escala se debe ajustar e integrar en la propia observación lo nuevo y emergente, y analizar cómo esto influye en lo ya dado. El ajuste de la escala de observación se da en función del objeto y su crecimiento. A este procedimiento se lo suele llamar *ajuste escalar* o renormalización. Por ende, la autosimilitud es el grado en el que una morfología o patrón irregular (no lineal) se repite en diversas escalas (de tiempo, espacio o masa) durante una transformación. En consecuencia, esta constancia morfológica de la irregularidad es una medida de la regularidad y unidad de un fenómeno, y si el patrón de crecimiento, por muy irregular que sea (no lineal), es regular al ser observado en diversas escalas, entonces dicho patrón de crecimiento es también (fractalmente) estable y la unidad del sistema debe estudiarse desde allí.

Por cierto, un sistema puede articular durante su transformación o interacción (un tropismo) diversos patrones operando a diversos ritmos, magnitudes, escalas, involucrando varios o pocos sistemas y/o subsistemas, etc., lo cual, sin duda, aumenta la complejidad del estudio. En consecuencia, su observación ha de requerir una constante vinculación con exploraciones conjeturales y toma de decisiones en la formulación de hipótesis. He aquí entonces un nuevo elemento para reflexionar: *¿cómo integrar en un solo proceso y espectro de observación continuo la diversidad de componentes, relaciones, rasgos, atributos y acontecimientos actuando diferencialmente o a la vez y a diversas escalas de observación?* Como se ha dicho, en muchos casos no era solo una cuestión de ajustar la escala de observación, sino de observar de manera distinta, a veces como estado, a veces como continuo, a veces lento, a veces rápido, a veces como fluido, a veces como materia, otras como energía, otras como estructura o forma, como algo inerte, otras como vida, etc., para luego intentar articular modelos complejos de entendimiento.

Puesto en este contexto, ampliar la mirada permite observar distintos tipos de interacciones que actúan a diversas escalas. Para muchos, esto introduce la noción de intencionalidad en ciencias o, incluso, de teleología en la naturaleza (Bateson, 1991). Sin embargo, según autores como Prigogine (1999), el principal impacto es que introduce el tiempo en

las ciencias. Si el estado, por así decirlo, natural de todo sistema es la interacción, más aún, es de allí de donde proviene su vigor que lo aleja de la inercia (no interacción) como posibilidad de final. Entonces, el desarrollo de un sistema dependerá de las interacciones que tenga, y de cómo ciertas reglas de transformación u organización interactúen, plasmando una historia particular en el propio devenir de dicho sistema (Cañete, 2014, 2017).

Los sistemas, al entrar en momentos de interacción y dinamismo, se vuelven históricos, pues muchas interacciones favorecerán algunos desarrollos y no otros, lo cual, a su vez, tendrá ciertos impactos y efectos, y no otros a corto, mediano y largo plazo, de los cuales no puede haber certeza. En otras palabras, los sistemas construyen recorridos, trayectorias, y cada nuevo evento tiene efectos sobre el propio devenir. Incluso más, como reconocen y examinan autores como Zubiri (1990) el dinamismo es un modo estructural de ser y estar en el mundo, donde: “El dinamismo es ciertamente un momento estructural de las cosas, aquel momento estructural, o uno de los momentos estructurales. Quizás el más radical, por el que las cosas están en el mundo. Es la manera de estar en el mundo” (p. 179). Más aún, este modo dinámico de estar en el mundo, lleva a preguntarse *¿cuál es la forma de ese dinamismo?*, por lo cual, para Zubiri: “la realidad es siempre emergente. Todas las cosas, en una o en otra forma lo son. Emergentes en virtud del dinamismo. Y este es justamente el dinamismo de lo real” (pp. 280), por lo que: “la forma general del dinamismo es por lo visto el tiempo. Las cosas emergen ahora, en un ahora, un antes y un después” (p. 280-281).

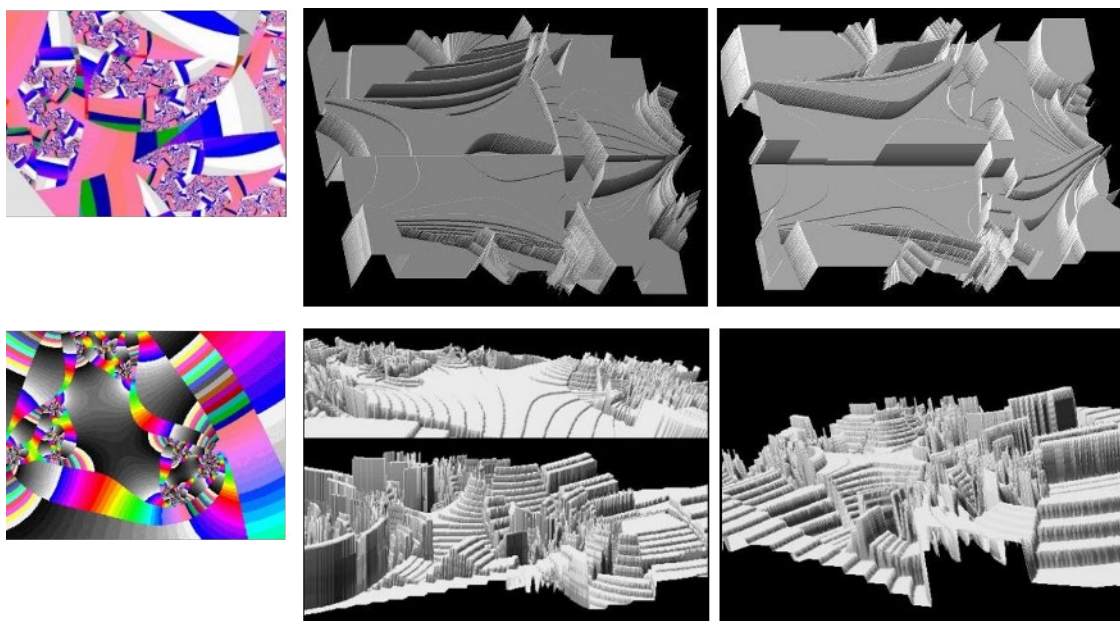
Otro aspecto relevante que permite la ampliación de la mirada es que, al observar diversos modos de darse y actuar de un sistema, si bien es posible apreciar un metaorden entendido, este no corresponde solo a un juego de inercia y entropía, y que, cual juego combinatorio, resulta más apropiado describirlo en términos de los estudios morfológicos, teoría de juegos, y más aún, desde el estudio de patrones y configuraciones, y también de los estados posibles de un sistema o estructura dinámica o en transformación. Esto sin duda, ha permitido y potenciado una constante ejercitación y asimilación del problema de la forma como un campo autónomo de exploración, del cual dan cuenta las aproximaciones orgánicas, modulares, escultóricas y deconstructivas que han surgido como oleadas estéticas en la arquitectura.

Esta verdadera revitalización (casi escolástica) de los “modos de darse” permite generar un estudio de las reglas de composición y transformación de un sistema. De leyes universales se pasa a la idea de leyes de composición y transformación, donde el énfasis se articula en la idea de

las leyes como códigos lingüísticos que actúan generativamente en la composición del estado de cosas, tal como se presenta y observa en un momento o estado. Así, de la idea de modo de darse de las leyes se pasa a la idea de lenguaje de patrones. Como se ha dicho, el foco de la atención deja de estar en el descubrimiento de Leyes Universales, y pasa a estar en cómo estas se constituyen en principios operativos o generativos de formas. Más aún, el descubrimiento de los llamados sistemas no-lineales o sistemas

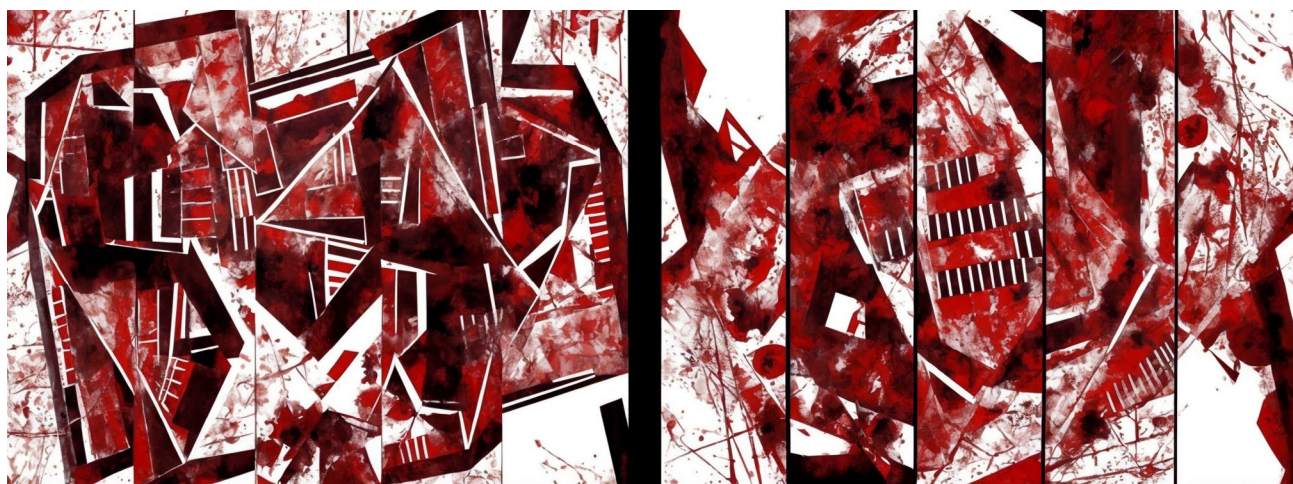
alejados del equilibrio permite articular la idea de que incluso el orden, entendido este como estabilidad e inercia de las relaciones (sin roce), emerge a partir de estados donde lo natural es la interacción, y que la estabilidad se sustenta según formas de compensar y/o amplificar relaciones y diferencias entre sistemas. El estudio de modos indaga en las propiedades morfológicas de patrones de composición estableciendo un área de exploración morfológica independiente y autónoma (figura 2 y figura 3).

Figura 2. Levantamientos 3D desde geometrías fractales. Proyecto de Artes Visuales, financiado por FONDART



Fuente: Cañete y Bahamondes (2011); Cañete (2014, 2016).

Figura 3. Arte digital. Procesos creativos con base en operaciones de descomposición, fragmentación y depuración morfológica



Fuente: elaboración propia (2023).

Morfologías y arte digital

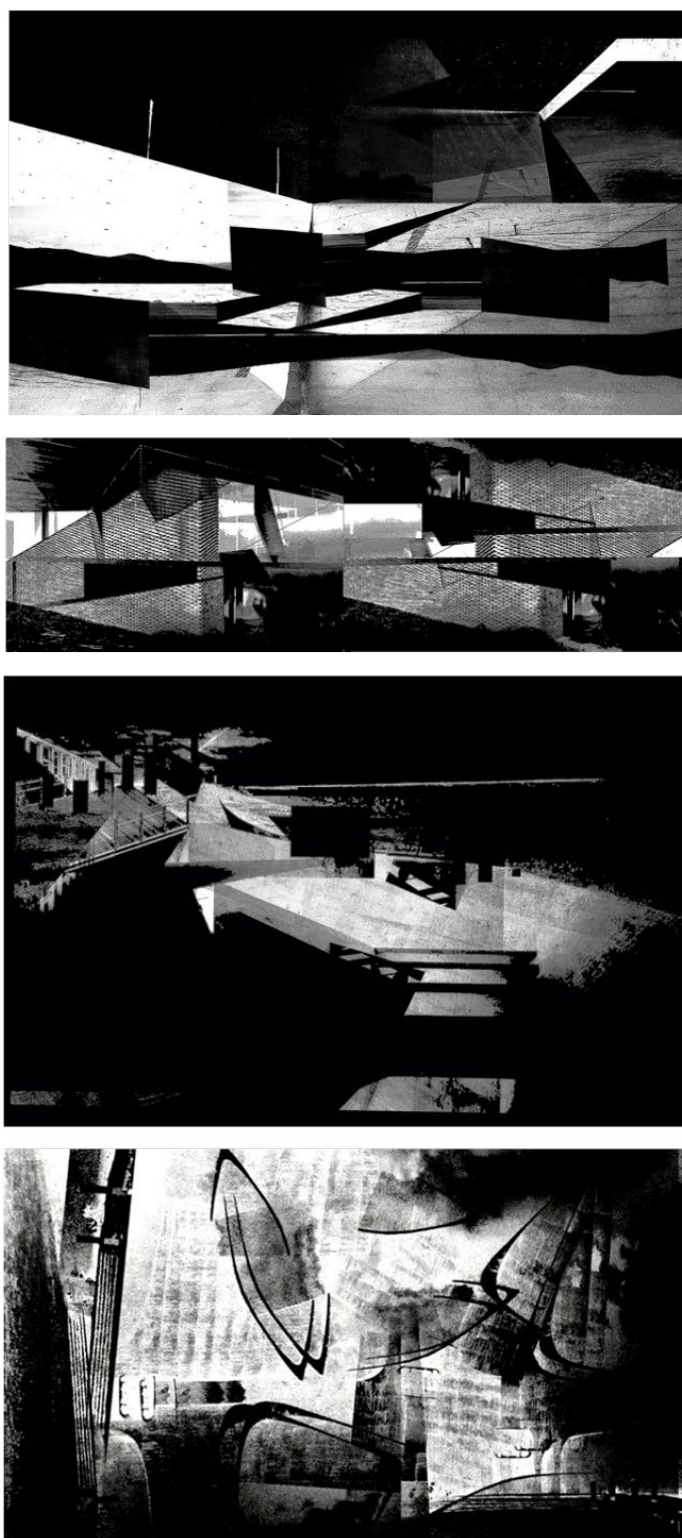
En los años sesenta, nuevas camadas de artistas empezaron a explorar con herramientas gráfico-computacionales, que produjeron las primeras exposiciones de autores como Michel Noll. Estos primeros trabajos muestran una influencia y afinidad con los trabajos de pintores precedentes, tales como como Piet Mondrian o Paul Klee (Copper & Lynn, 1990),

incluso trayendo reminiscencias con los estudios de cubismo dinámico o de paradojas visuales, o dispositivos ópticos de los trabajos de Duchamp, Albers (2010), o el Op Art, entre otros, los cuales conjugan formas compositivas generativas y minimalistas a la vez, derivando en un campo de exploración donde se destacan los patrones minimalistas y esenciales, pero que a la vez, en su desarrollo y posibilidades

combinatorias o sujetas a procesos de transformación formal, plantean la necesidad de un lenguaje formal autónomo. Será este *modus operandi* que impulsa la computación e incita una confluencia hacia otras disciplinas como la lingüística, la lógica, la cibernética, o los principios de retroalimentación y metalenguajes (Dietrich, 1985). Se completará un escenario nuevo, con la vinculación a la naciente animación digital y los efectos especiales del cine (Withney, 1961, 1971; Youngblood, 1970), produciéndose una suerte de neovanguardia plástica conocida como *Arte Digital*. En muchos casos, serán los propios artistas, o incluso, programadores compu-

tacionales, los que desarrollarán lenguajes computacionales gráficos —por ejemplo, Dol-Systems (Prusinkiewicz et al., 2013) ASCII, ALGOL o LOGO— y nuevas aplicaciones, como el uso de los plóteres de impresión, o la modelación 3D como los medios de este nuevo tipo de arte (Dietrich, 1985; Lambert, 2003; Jonhson, 1982; Stentiford, 1982) extendiéndose al arte cinético, la modelación de paisajes digitales, el ruido y azar informático, la modelación de la deformación (Rozin, 2010; Weeghel, 2022), o la interface virtual de experiencias cada vez más realistas o inmersivas (Ursprung & Eliasson, 2008) (figura 4).

Figura 4. Arte digital. Procesos creativos con base en operaciones de uso de capas, transparencia, descomposición, saturación, fragmentación y depuración morfológica



Fuente: elaboración propia (2023).

METODOLOGÍA

Asimilación *arquitectural*. Experiencias de modelación docente

Como se aprecia, el tratamiento de la forma y el espacio ha sufrido profundas y continuas transformaciones, en las cuales la forma y el espacio se ven como polos de un mismo proceso de modelación y, por ende, como elementos indisociables, pero, a la vez, se entienden algorítmicamente, como operaciones de forma y espacio. Además, estas operaciones, siguiendo aún las nociones de la arquitectura moderna, deben buscar cierta pureza de formas o, más bien, depuración de las mismas, según su principio generador y uso o asimilación arquitectónica heredadas de la modernidad. Más aún, podemos afirmar que el problema de las formas, desde inicios del siglo XX, ha quedado marcado por diversas maneras de entender este mismo y único principio, cual metalenguaje de las formas, como los juegos del modulator, el brutalismo, las combinatorias y crecimientos modulares, las series dinámicas, la arquitectura orgánica, la llamada arquitectura deconstructivista y posmoderna, las intervenciones acupuntu-

rales, el uso de envolventes y cubiertas morfológicas, el pliegue, el quiebre, juegos de encaje y desencaje morfológico, entre otras apuestas y ámbitos exploratorios.

En todos estos casos, y progresivamente: “El arquitecto, sigue de cerca este proceso, asimila los problemas planteados y se moviliza por emprender un espacio de reflexión que trascienda la práctica instrumental” (Guerra, 2017, p. 44) poniendo en juego, una noción de arquitectura:

[...] como lenguaje en su búsqueda de caminos alternativos con el objetivo de profundizar en la especificidad de la crítica en el propio campo [...] entendiendo el proyecto como un espacio-problema, en un momento creativo, dentro de una producción material, racionalista y determinada. (Guerra, 2017, p. 44)

Lo anterior puede estructurarse históricamente como un continuo (no sin desfases) que abarcan diversas operaciones predominantes exploradas sucesivamente desde la modernidad hasta una, aún difusa, “poscontemporaneidad” (tabla 1).

Tabla 1. Corrientes formales desde la modernidad hasta la fecha

EVOLUCIÓN PROCEDIMENTAL DEL PARADIGMA MINIMALISTA						
MODERNIDAD	POSMODERNIDAD		HIPERMODERNIDAD	CONTEMPORANEIDAD		
Funcionalismo Estructuralismo	Lenguaje de patrones	Lenguajes transformacionales	Deconstructivismo	Interacciones y Cambios de escala "scaling properties"	<i>Landscape</i>	Computación cuántica
Constructivismos	Modularidad		Diagramas/layers (capas)		Sistema de funciones iteradas	
	Deformaciones (Expresionismos)		Metalenguajes	Amplificación de señales	Lenguaje de fracturas, fractales fragmentación	
	Azar				Hibridaciones	
		Cibernética/autorregulación sistémica		Interacción y redes		
	Formas puras				Depuraciones de lo amorfo	
MINIMALISMO GENERATIVO						

Fuente: elaboración propia (2023).

Se puede decir que estos nuevos campos de exploración de la forma aumentan, expanden, propagan, depuran y amplifican los sentidos; confluyen experimentación operativa y aprehensión holista, por un lado (usualmente expre-

sada en metaoperaciones deformantes), y un minimalismo generativo o transformacional, por el otro, que permiten plantear un campo de exploración plástica preproyectual para la arquitectura.

RESULTADOS

Algunas de estas exploraciones morfológicas se destacan como áreas de trabajo para la arquitectura; se describen a continuación.

El espacio en movimiento y constante transformación

Las morfologías complejas brindan la posibilidad de organizar el espacio como un orden

cambiante que no se reduce a las posibilidades de la geometría en el juego de proporciones o fachadas o, incluso, juegos de formas visuales. A principios del siglo XX, corrientes como el futurismo, el cubismo dinámico o los trabajos de Duchamp aparecen como un tema explorado artísticamente. El trabajo del escultor vasco, Oteiza, por ejemplo, postula el vacío escultórico, entendido desde la intervención constructiva de la forma que lo contiene, y, literalmente, le da forma al vacío o espacio. Desde la arquitectura, por cierto, se toma progresiva conciencia, una vez eliminado el ornamento como foco del diseño y proceso creativo, de que el sujeto no habita en los muros o fachadas, sino en sus intersticios y espacios como una continuidad experiencial. Más aún, arquitectos como Le Corbusier le dan una profunda importancia a las nociones de *promenade* o recorrido, como parte del diseño espacial. En otras palabras, la arquitectura, algo estático, debe hacerse cargo del movimiento de las personas en una ciudad moderna, donde predomina el intercambio de personas y mercancías.

Multiplicación y variedad de simetrías y centros (centroides) locales en volúmenes y formas fragmentadas

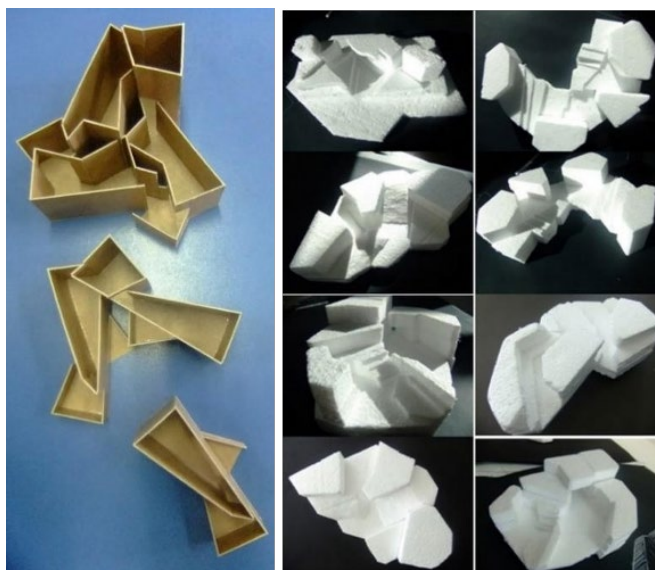
Estas nuevas morfologías complejas, usualmente irregulares, resultan ricas en intersticios y relaciones entre las partes y el todo, que constantemente involucran y transitan entre simetrías y asimetrías locales, en la medida en que articulan una unidad y coherencia globales. Esto admite diversas formas cambiantes o en interacción. En particular, se destacan las simetrías locales que se generan en morfologías orgánicas e irregulares, donde los centros, pese a su diversidad y magnitud, tienden a formar

y fortalecer la unidad del conjunto. Así, las formas irregulares y los espacios que generan crean una variedad de centros y órdenes que se superponen e interactúan con estos en estrecha relación, coexistencia, alternancia e influencia (Alexander, 2005a y 2005b).

Transformaciones, como crecimientos modulares

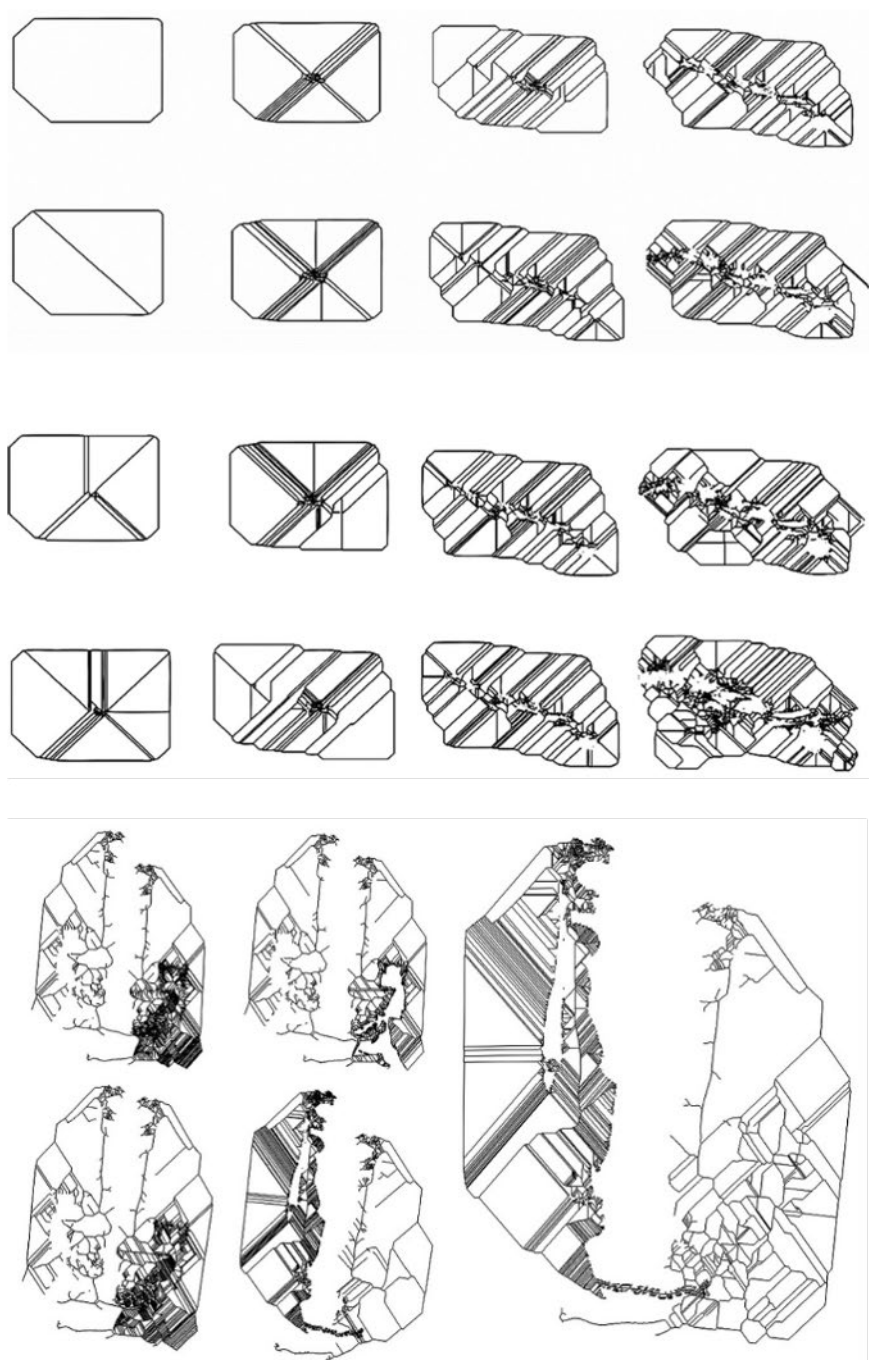
Las geometrías de las formas irregulares, al amparo del estructuralismo modernista y desarrollista, sufren un decisivo empuje desde los años sesenta del siglo pasado en destacados autores como Christopher Alexander o Nikos Salingaros, o en los trabajos de arquitectos del *Team X* (León Krier, Aldo Van Eyk, Piet Blom), quienes ven en el diseño arquitectural algo que opera a escala y en continua transformación y crecimiento, que debe adaptarse a tramas y tejidos urbanos existentes, pero desde una mirada moderna y no de mimesis. Para esto, se retoman las nociones de módulo y panel desarrolladas por la Bauhaus para generar procesos constructivos basados en crecimientos modulares o serialidades cambiantes. Esto se impulsó, además, si consideramos los problemas constructivos derivados de las formas industrializadas sometidas a normas de composición y estandarización del módulo, que dejaba libertad, justamente en el crecimiento y adaptación al tejido o trama, permitiendo un campo de asimilación de matemáticas como el estudio de sistemas iterados asociadas al crecimiento modular, como los intersticios (*in-betweens*) en viviendas multifamiliares o colectivas del *Team X*, que les permitió encauzar una exploración formal-constructiva hacia nuevas aproximaciones al estudio del habitar humano (figura 5 y figura 6).

Figura 5. Modelos volumétrico-espaciales de alumnos de la carrera de arquitectura



Fuente: Universidad de Valparaíso.

Figura 6. Trama generada en software LSVG (sistemas iterados)



Fuente: elaboración propia (2023).

a) Morfologías cambiantes e interconectadas. El estudio de patrones. La existencia de las dinámicas transformacionales, que cambian según la escala de observación, en conjunto con la modelación basada en deformación y/o amplificación de rasgos a escala, orientan y dirigen al observador a percibir configuraciones particulares que operan en las interfaces o transiciones entre lo micro y lo macro, entre lo externo y lo interno, según diversos momentos procesuales de una transformación (diacrónico y sincrónico). Lo anterior, gatilla un campo de estudio de los modos y patrones de interacción, por fugaces que sean, que presentan un marco potencial morfológico autónomo de lo interactivo e hibri-

dacional. Las llamadas estructuraciones híbridas permiten un enfoque marco para este problema al que lleva el estudio de patrones. Esto permite y ofrece una posibilidad de comprender y operar la estrecha relación entre el todo y la parte que se vierte en lo continuo-discontinuo, pero también de su porosidad, mutabilidad y transitoriedad, a pesar de su permanencia y continuidad en el plano metalingüístico y su evolución dinámica-procesual.

b) Deformaciones deconstructivistas. En el escenario anterior, una arquitectura pensada desde la forma tiende a quedar supeditada al uso creativo de los módulos en función del tejido urbano preexistente.

Esto deja un campo de exploraciones invisibilizadas, al margen o restringidas a ser meras formas escultóricas radicales, o como expresiones propias de la asimilación cercana a la experiencia creativa formal.

A fines de los años setenta se produce una verdadera explosión del estudio de nuevas formas, pensadas en el contexto del creciente y casi imparable proceso de descomposición de la trama urbana en las ciudades posmodernas. Ante esto, aparecen dos escenarios. Primero, el desarrollo de grandes obras, de interés escultórico, como polos simbólico-estéticos de atracción de un lugar. Segundo, se desarrolla la concepción de intervenciones acupunturales, que se asimilen de un modo mimético-dialógico desde una mirada moderna (y, por ende, propia de las formas puras) hacia las ciudades y tramas vernaculares preexistentes. En ambos casos, las formas puras derivan en formas deformadas, a fin de ser asimiladas a la ciudad. Predominan edificios quebrados, o cuboides, con diversas caras o fachadas, y otras transformaciones formales para adaptarse a un lugar y entorno. Desde el punto de vista estético, el desarrollo de nuevas morfologías se ha retroalimentado mutuamente entre arte, arquitectura y conocimiento creativo y entorno cultural.

c) Envoltentes en interacción. Lo anterior, basado en operaciones deformantes, deriva en que deban pensarse envoltentes desde una concepción dinámica del movimiento e interacción, como parte de un espacio envolvente variable, de gran riqueza y versatilidad. En este punto se destaca una comprensión y experimentación de cómo se conjugan lo interior y lo exterior en interacción y alternancia. En este punto se proponen nuevas formas de comprender y explorar las paradojas visoespaciales o parte del arte cinético.

d) Pliegues morfológicos y estructuras n-dimensionales. Destaca las posibilidades de articular lugares e intersticios en los diversos juegos y probabilidades que esta operación morfológica ofrece para articular continuidad y discontinuidad morfológica. Esto permite pensar creativamente en función de la proyección en planos de representación de espacios n-dimensionales. Particularmente, interesan el estudio del tránsito y la huella morfológica dejada en las transformaciones a escala y las interacciones humanas en la forma, como la íntima relación entre lo micro y lo macro, según la escala de observación y proyec-

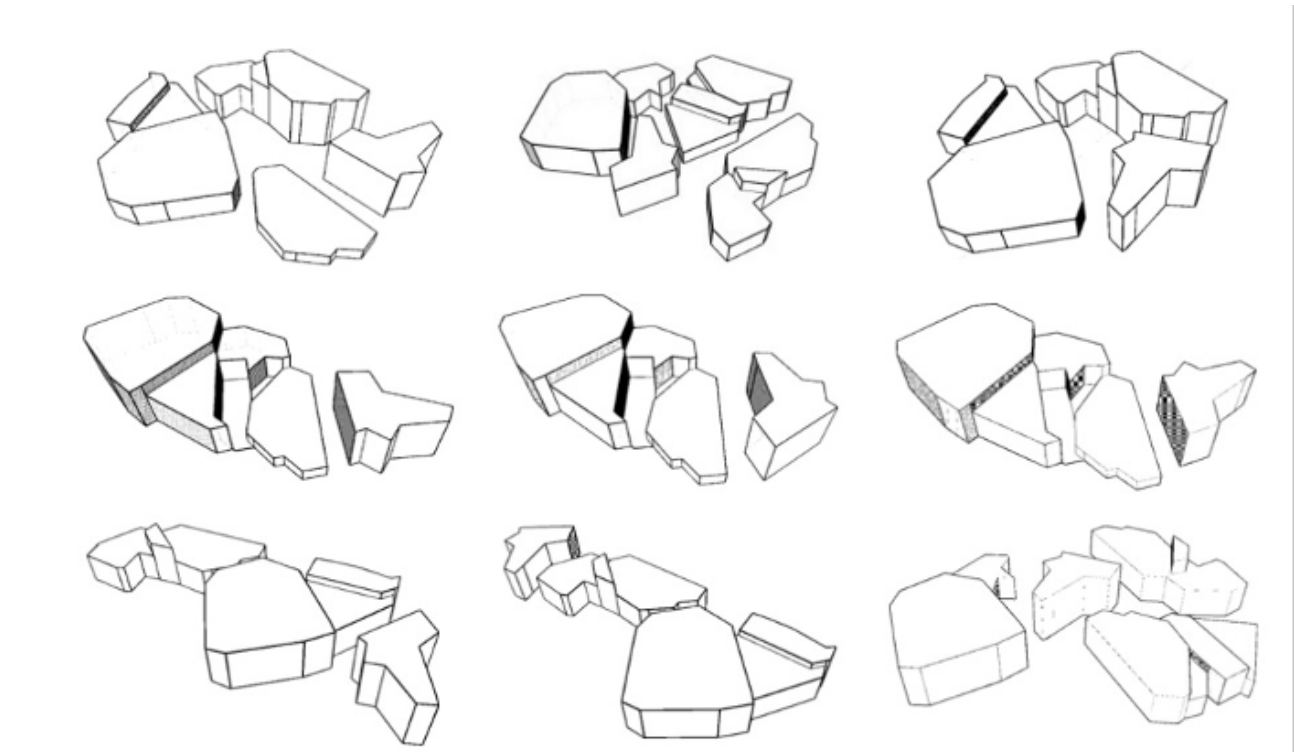
ción, por lo que similares interacciones pueden generar morfologías similares, pero también configuraciones morfológicas pueden tener interacciones que la sustentan y generan, o por el contrario, diversas morfologías pueden albergar a la base, similares interacciones generativas a la base. Los trabajos de Whitney, Rene Thom y Zeeman aparecen como claros referentes teóricos en el plano de las matemáticas de estos desarrollos.

e) Modelación de fracturas y formación de texturas, transiciones, gradientes y porosidad de límites en la generación de un continuo entre la parte y el paisaje como un todo. El desarrollo de los fractales y los sistemas iterados abrió un campo de exploración relativo a la generación de formas con base en mecanismos de repetición y/o variación de patrones.

No obstante, en un primer momento, predominó el estudio de los patrones de crecimiento, que suponía una agregación sucesiva de unidades modulares, logrando una repetición a escala de la forma inicial. Sin embargo, desde fines del siglo XX predomina el interés no por la similitud de escala, sino por la diferencia escalar que, a pesar de eso, mantiene una unidad y metaestabilidad generativa.

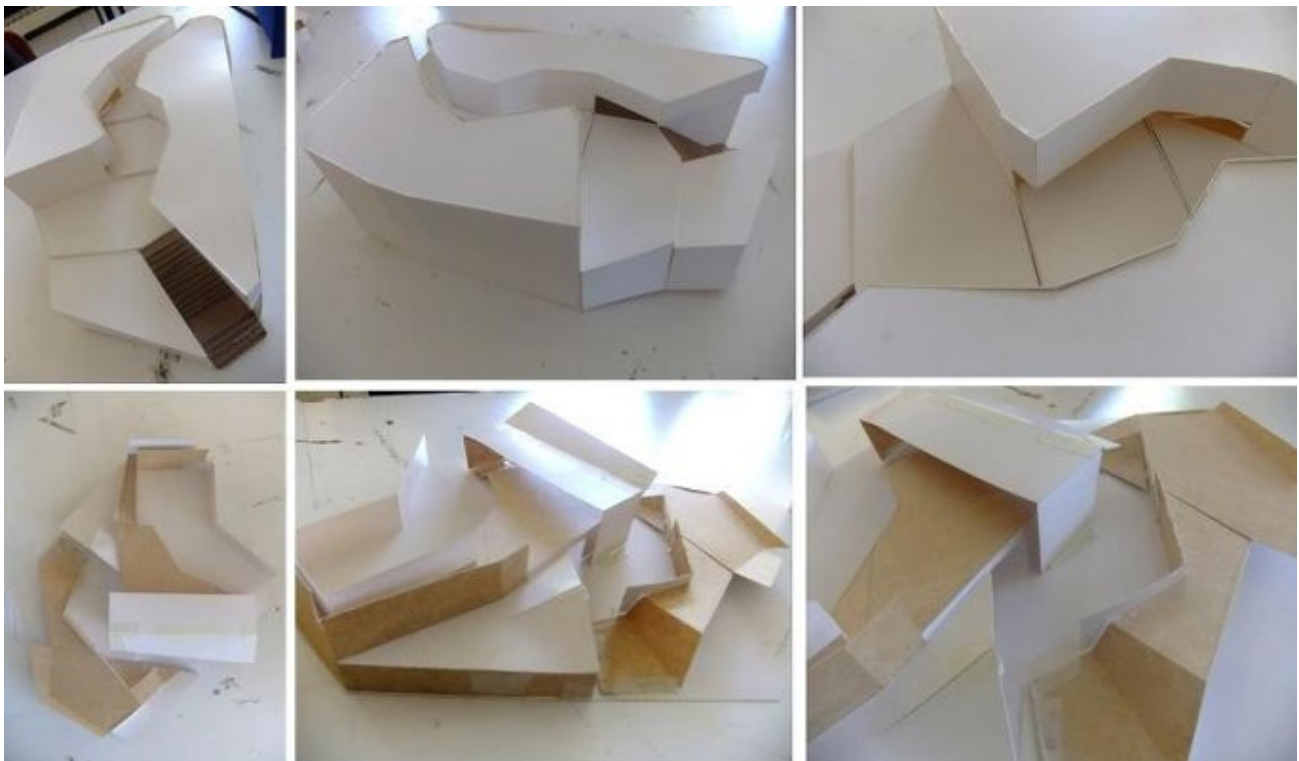
f) Cartografías complejas. Estas nuevas exploraciones le permiten al modelador abrirse a una suerte de pensamiento cartográfico, dinámico, que se organiza en una red de relaciones que deben ser representadas respetando esa interrelación dinámica entre campos y variadas escalas involucradas. La capacidad de representar estas interacciones dinámicas en un mapa permite comprender, en palabras de Bateson (1991), que “el mapa no es el territorio” y explorar y dimensionar operativamente las posibilidades que abre. Esto, en el ámbito de las ciencias coincide con el desarrollo de los nuevos modelos tecnológicos de representación, que, desde una noción de diseño digital, superan y se complementan con la noción de toma de decisiones con base en un árbol de decisiones, con el diseño diagramático, que permite trabajar por capas y etapas la complejidad informacional desde el diseño creativo. Esto, sumado a la noción de variación y transformación a escala, deriva pronto en la noción de sistemas SIG y georreferenciación, base de las modernas cartografías. El arte, por cierto, también explora estas nuevas conexiones y posibilidades creativas (figura 7, figura 8, figura 9 y figura 10)

Figura 7. Variabilidad de agrupaciones modulares.



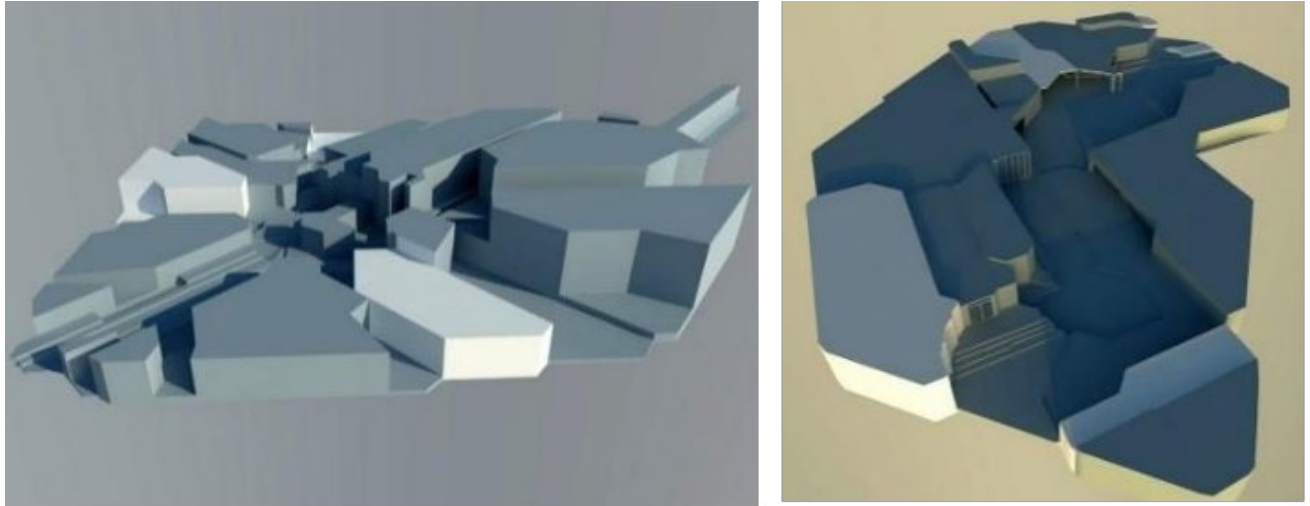
Fuente: elaboración propia (2023).

Figura 8. Modelaciones volumétrico-espaciales prearquitecturales de alumnos de la carrera de arquitectura



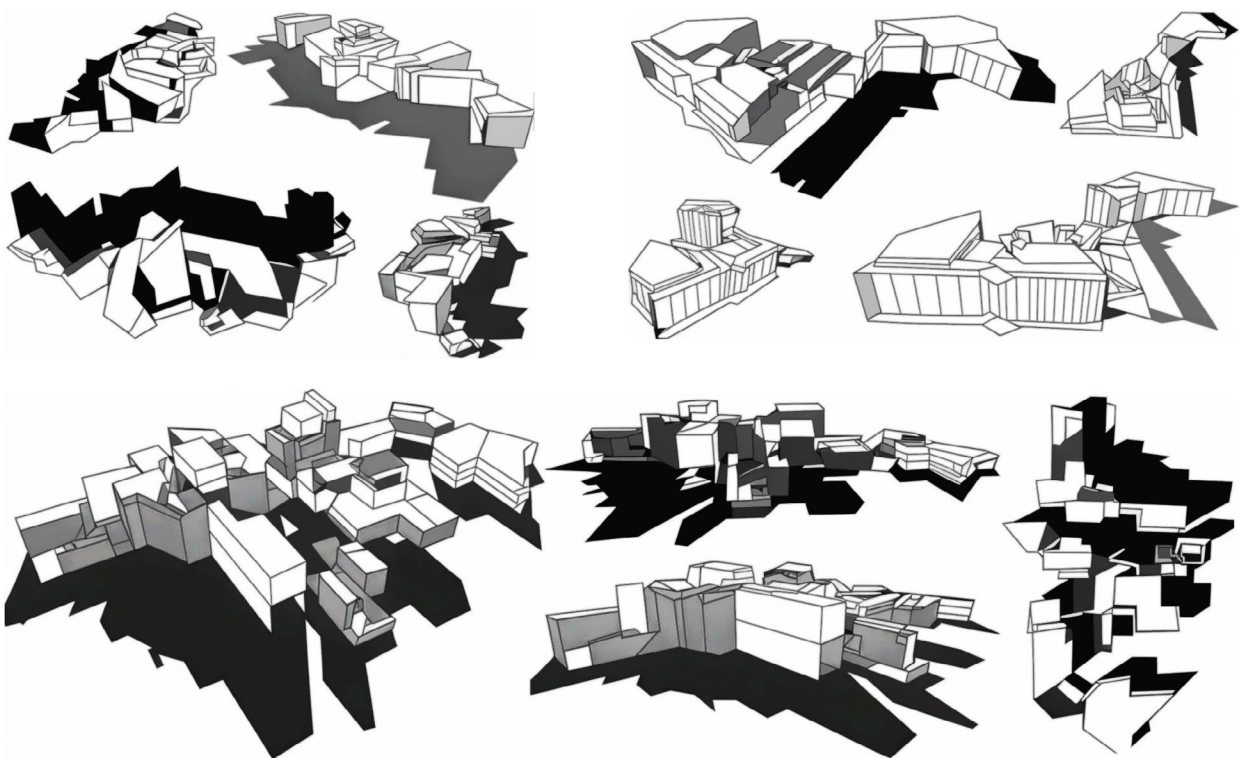
Fuente: elaboración propia (2020).

Figura 9. Modelaciones volumétrico-espaciales prearquitecturales de alumnos de la carrera de arquitectura



Fuente: elaboración propia (2023).

Figura 10. Modelaciones volumétrico-espaciales prearquitecturales



Fuente: elaboración propia (2023).

DISCUSIÓN

El principio de las formas minimalistas o puras, ajustado a los cánones de la arquitectura moderna, lejos de haber sido superado, ha planteado un desarrollo, no sin crisis, mostrando un vigor y vigencia que no siempre han sido destacados desde la teoría. No obstante, podemos afirmar que ha sufrido grandes cambios e influencias en su desarrollo.

Actualmente, opera más bien como un principio depurador regulatorio de diversas exploraciones morfológicas, determinadas por la creciente autonomía procedimental en la que se desenvuelven las disciplinas, en zonas limítrofes e interdisciplinarias. Esto ha permitido diálogos con el arte, la teoría, la revisión y exploración morfológica y geométrica, etc.

En el caso de la arquitectura, esto ha tenido un impacto avasallador y constante, que no ha dejado, incluso, mucho tiempo para decantar el conocimiento generado o explorado, que abarca desde los ensambles y luego, crecimientos modulares, los movimientos organicistas, deconstructivistas, que han apelado al uso de patrones, diagramas, pliegues o envolventes (Sola-Morales, 2003) hasta las intervenciones acupunturales de variada índole y contexto.

Hoy en día, podemos afirmar que estas verdaderas oleadas morfológicas han sido asimiladas

desde este principio metarregulador de las formas puras, aún vigente desde la modernidad, y que constituyen un verdadero paradigma en desarrollo. En este marco ha sido asimilado y trabajado en la Escuela de Arquitectura de la Universidad de Valparaíso, por el autor (Cañete, 2016, 2017, 2018a, 2018b), en el campo que se ha denominado genéricamente de *modelación prearquitectural*, buscando sistematizar experiencias que con diversos alcances y medida logran integrar diversos niveles de complejidad proyectual, mediante el uso creativo de las exploraciones morfológicas que fomenta.

CONCLUSIONES

El presente artículo ha mostrado parte del trabajo del autor vinculado al desarrollo de modelos de trabajo prearquitectural, en su experiencia docente universitaria, con alumnos de arquitectura en la Universidad de Valparaíso, Chile, derivados de los principios de complejidad morfológica, en relación con el problema de las formas puras o purismo, definido en la tradición moderna en arquitectura.

Esto ha llevado el plantearse cómo entender y asimilar el problema de las transformaciones a escalas y otros núcleos de complejidad morfológica y estética, desde el ámbito formativo disciplinar. Destacan en este ámbito las posibilidades que ofrece el trabajo de los crecimientos y fragmentaciones modulares y sus posibilidades para abordar el problema de las vinculaciones de la forma arquitectónica al entorno.

REFERENCIAS

- Albers, J. (2010). *Selected works*. Ed. Taschen.
- Alexander, C. (2005a). *Nature of order*. Vol. 2. Ed. Center for Environmental Structure.
- Alexander, C. (2005b). *Nature of order*. Vol. 3. Ed. Center for Environmental Structure.
- Bateson, G. (1991). *Pasos hacia la ecología de la mente*. Ed. Lohlé-Lumen.
- Burton, J. I., Mladenoff, D. J., Clayton, M. K., & Forrester, J. A. (2011). The roles of environmental filtering and colonization in the fine-scale spatial patterning of ground-layer plant communities in north temperate deciduous forests. *Journal of Ecology*, 99, 764-776. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2745.2011.01807.x>
- Cañete Islas, O. (2017). De tramas, fragmentos y paisajes digitales: morfogénesis y prototipos prearquitecturales. Revisión de una propuesta en progreso. *Academia XXII*, 8(15), 37-69. <https://doi.org/10.22201/fa.2007252Xp.2017.15.60415>
- Cañete Islas, O. (2018a). El trazo sutil amplificado: dibujos de observación en Taller de Arquitectura. *Academia XXII*, 9(17), 130-151. <https://doi.org/10.22201/fa.2007252Xp.2018.17.64883>
- Cañete Islas, O. E. (2018b). Ensamble organum: Experiencia docente en Arquitectura basada en modelaciones morfológicas según criterios algorítmico-procedimentales. *Revista Científica*, 3(9), 174-189. <https://doi.org/10.29394/Scientific.issn.2542-2987.2018.3.9.174-189> http://www.indteca.com/ojs/index.php/Revista_Scientific/article/view/234/202
- Cañete-Islas, O. (2016). Exploraciones morfológicas en texturas modulares: aproximaciones desde el objet trouvé al diseño paramétrico. *Revista de Arquitectura (Bogotá)*, 18(1), 76-97. <https://doi.org/10.14718/RevArq.2016.18.1.8>
- Cañete, O. (2014). *Arquitectura, complejidad y morfogénesis*. Ed. Universidad de Valparaíso.
- Cañete, O. (2020). *Fractales. Hermenéutica de las formas puras*. Ed. Universidad de Valparaíso.
- Cañete, O. (editor) & Baamondes, C. (2011). *Computación y arte visual gráfico. Proyecto FONDART de artes visuales*. Ed. Garin.
- Copper G., & Pocock-Williams, L. (1990). A selected chronology of computer art: exhibitions, publications, and technology. *Art Journal*, 49(3), 283-297. <https://doi.org/10.1080/00043249.1990.10792704>
- De Sola-Morales, I. (2003). *Inscripciones*. Ed. GG.

- Deleuze, G. (2000). *El Pliegue*. Ed. Gedisa.
- Dietrich, F. (1985). Visual Intelligence: The first decade of computer art (1965-1975). *IEEE Computer Graphics and Applications*, 5, 33-45. http://www.megmitchell.com/course_docs/comp_design-Fall09Docs/readings/dietrich-leonardo.pdf
- Guerra, S. (2017). Arquitectura conceptual. Conexiones entre el giro analítico del arte reciente y la investigación proyectual. *Revista Pensum*, 3, 40-52. <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/pensu/article/download/19017/18934/53200>
- Jonhson, N. (1982). Recent Works. *PAGE*, 49, 3-11. <http://www.bbk.ac.uk/hosted/cache/archive/PAGE/PAGE49%20Autumn%201981.pdf>
- Kuhn, T. (1999). *La estructura de las revoluciones científicas*. Ed. FCE
- Lambert, N. (2003). *A critical examination of computer art: its history and application*. University of Oxford.
- Letelier, S., & Brugnolli, F. (1992). *Visualidad y neguentropia: un enfoque al equilibrio visual*. Ed. Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Universidad de Chile.
- Lindenmayer, A., & Przemyslaw, P. (2000). *The algorithmic beauty of plants*. Ed. Springer-Verlag.
- Mandelbrot, B. (2000). *Los objetos fractales: forma, azar y dimensión*. Ed. Tusquets.
- Morin, E. (2008). *Introducción al pensamiento complejo*. Ed. Gedisa.
- Prigogine, I. (1999). *Entre el tiempo y la eternidad*. Ed. Siglo XXI.
- Prusinkiewicz, P., Lindenmayer, A., Fracchia, F., Hanan, J., & Krithivasan, K. (2013). *Lindenmayer systems, fractals, and plants*. Springer New York.
- Rozin, D. (2010). *An overview of artworks of Daniel Rozin*. Ed. Bitforms Gallery.
- Sola-Morales, I. (2003). *Diferencias: topografía de la arquitectura contemporánea*. Ed. GG.
- Stentiford, F. M. (1982). Creative Computers. *PAGE*, 49, 12-14. <http://www.bbk.ac.uk/hosted/cache/archive/PAGE/PAGE49%20Autumn%201981.pdf>
- Ursprung, P., & Eliasson, O. (2008). Studio Olafur Eliasson. *An Encyclopedia*. Ed. Taschen.
- Vanoli, F. (2017). El pensamiento complejo y lo transdisciplinar en el abordaje del hábitat. Reflexiones en torno a la experiencia del seminario de gestión territorial y hábitat. *Revista Pensum*, 3, 141-146. <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/pensu/article/view/19033/18949>
- Varela, F. (1995). Conocer: Las ciencias cognitivas: tendencias y perspectivas. *Cartografía de las ideas actuales*. Ed. Gedisa.
- Wagensberg, J. (2005). *Procesos al azar*. Ed. Tusquets.
- Wagensberg, J. (2006). *La revolución de las formas*. Ed. Tusquets.
- Weeghel, W. van (2022). *Works. Willem van Weeghel kinetic objects* [exposición]. <http://www.willemvanweeghel.nl/en/>
- Withney, J. [crystalsculpture2] (1961). *John Whitney "Catalog"*. [Video]. YouTube. http://www.youtube.com/watch?v=TbV7loKp69s&feature=player_embedded
- Withney, J. [jordotech] (1971). *John Whitney-Matrix (1971)*. [Video]. YouTube. <http://www.youtube.com/watch?v=-fgxNQe-RV0&feature=related>
- Youngblood, G. (1970). *Expanded Cinema*. Ed. P. Dutton & Co. http://www.vasulka.org/Kitchen/PDF_ExpandedCinema/ExpandedCinema.html
- Zaera P. (2002). Notas de un levantamiento topográfico. *El Croquis*, 79, 32-51.
- Zubiri, X. (1990). *Inteligencia sentiente*. Ed. Alianza.

REVISTA DE

VOL. 26 No. 2

ARQUITECTURA

(Bogotá)

JULIO-DICIEMBRE 2024 • ISSN: 1657-0308 • E-ISSN: 2357-626X • PP. 1-272



UNIVERSIDAD CATÓLICA
de Colombia

Vigilada Mineducación



UNIVERSIDAD CATÓLICA
de Colombia
Vigilada Mineducación

Facultad de Diseño
Centro de Investigaciones - CIFAR

Universidad Católica de Colombia
(2024, julio-diciembre). *Revista de Arquitectura (Bogotá)*, 26(2), 1-272. DOI: 10.14718

ISSN: 1657-0308

E-ISSN: 2357-626X

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA

Presidente

Édgar Gómez Betancourt

Vicepresidente - Rector

Francisco José Gómez Ortiz

Vicerrector Administrativo

Édgar Gómez Ortiz

Vicerrectora Académica

Idaly Barreto

Vicerrector de Talento Humano

Ricardo López Blum

Director de investigaciones

Edwin Daniel Durán Gaviria

Director Editorial

Carlos Arturo Arias Sanabria

FACULTAD DE DISEÑO

Decano

Werner Gómez Benítez 

Director de docencia

Jorge Gutiérrez Martínez

Directora de extensión

Luz Dary Abril Jiménez

Director de investigación

César Eligio-Triana

Director de gestión de calidad

Augusto Forero La Rotta

Comité asesor externo Facultad de Diseño

Édgar Camacho Camacho

Martha Luz Salcedo Barrera

Samuel Ricardo Vélez

Giovanni Ferroni del Valle

REVISTA DE
ARQUITECTURA
(Bogotá)

Portada:

Título de la imagen:

MEMORIA DE APÓSTOLES

Autor:

LUIS ALBERTO MARTÍNEZ CAMACHO 

Director

Werner Gómez Benítez 

Decano Facultad de Diseño

Universidad Católica de Colombia

Colombia Arquitecto

Editor

Doc.Arq. Rolando Cubillos-González

<https://orcid.org/0000-0002-9019-961X>

Scopus ID: 57298294100

Editora Ejecutiva

Anna Maria Cereghino-Fedrigo

<https://orcid.org/0000-0002-0082-1955>

Editores Académicos

Carolina Rodríguez-Ahumada

<https://orcid.org/0000-0002-3360-1465>

Pilar Suescún Monroy

<https://orcid.org/0000-0002-4420-5775>

Flor Adriana Pedraza Pacheco

<https://orcid.org/0000-0002-8073-0278>

Mariana Ospina Ortiz

<https://orcid.org/0000-0002-4736-6662>

Director Editorial

Carlos Arturo Arias Sanabria

Universidad Católica de Colombia

Apoyo editorial

María Paula Méndez P.

Universidad Católica de Colombia

Coordinador editorial

John Fredy Guzmán

Universidad Católica de Colombia

Diseño, montaje y diagramación

Daniela Martínez Díaz

Divulgación y distribución

Claudia Álvarez Duquino

REVISTA DE
ARQUITECTURA
(Bogotá)

**Revista de acceso abierto,
arbitrada e indexada**

Publindex: Categoría B. Índice Bibliográfico Nacional IBN

ESCI: Emerging Source Citation Index

DOAJ: Directory of Open Access Journals

Redalyc: Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal

SciELO: Scientific Electronic Library Online - Colombia

Redib: Red Iberoamericana de Innovación y Conocimiento Científico

Ebsco: EBSCOhost Research Databases

Clase: Base de datos bibliográfica de revistas de ciencias sociales y humanidades

Latindex: Sistema Regional de Información en Línea para Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal (Directorio y catálogo)

Dialnet: Fundación Dialnet - Biblioteca de la Universidad de La Rioja

LatinRev: Red Latinoamericana de Revistas Académicas en Ciencias Sociales y Humanidades

Proquest: ProQuest Research Library.

Miar: Matrix for the Analysis of Journals

Sapiens Research: Ranking de las mejores revistas colombianas según visibilidad internacional

Actualidad Iberoamericana: (Índice de Revistas) Centro de Información Tecnológica (CIT)

Google Scholar

Arla: Asociación de Revistas latinoamericanas de Arquitectura

COMITÉ EDITORIAL Y CIENTÍFICO

Ph.D. Erica Norma Correa-Cantaloube

Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas CONICET. Buenos Aires, Argentina

Ph.D. Teresa Cuervo-Vilches

Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja. Madrid, España

Ph.D. Margarita Greene

Pontificia Universidad Católica de Chile
CEDEUS - Centro de Desarrollo Urbano Sustentable.
Santiago, Chile

Ph.D. Carmen Egea Jiménez

Universidad de Granada. Granada, España

Ph.D. Clara Irazábal-Zurita

University of Missouri. Kansas City, Estados Unidos

Ph.D. Beatriz García Moreno

Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia

M.Sc. Juan Carlos Pérpolis Valsecchi

Universidad Piloto de Colombia. Bogotá, Colombia

Ph.D. Khirfan Luna

University of Waterloo. Waterloo, Canada

Ph.D. Dania González Coure

Universidad Tecnológica de La Habana. La Habana, Cuba

Ph.D. Fernando Vela-Cossío

Universidad Politécnica de Madrid. Madrid, España

Ph.D. Débora Domingo-Calabuig

Universitat Politècnica de València. Valencia, España

Ph.D. - HDR Jean Philippe Garric

Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne. Paris, France

Ph.D. Maureen Trebilcock-Kelly

Universidad del Bío Bío. Concepción, Chile

Ph.D. Mariano Vázquez-Espí

Universidad Politécnica de Madrid. Madrid, España

Ph.D. Denise Helena Silva-Duarte

Universidade de São Paulo. São Paulo, Brasil

Ph.D. Luis Gabriel Gómez Azpeitia

Universidad de Colima. Colima, México

Editorial

Av. Caracas N° 46-72, piso 5

Teléfono: (60 1)3277300 Ext. 5145

editorial@ucatolica.edu.co

www.ucatolica.edu.co

http://publicaciones.ucatolica.edu.co/



CONTENIDO

- 5 P. **ES** **Las conexiones interdisciplinarias en la investigación arquitectónica y urbana: un análisis de la *Revista de Arquitectura (Bogotá)***
Interdisciplinary Connections in Architectural and Urban Research: an Analysis of the *Revista de Arquitectura (Bogotá)*
Anna María Cereghino-Fedrigo
- 29 P. **ES** **Bosques y desarrollo urbano sostenible en Guayaquil Metropolitano: un análisis multiescalar y comparativo**
Forests and Sustainable Urban Development in Metropolitan Guayaquil: a Multi-scalar and Comparative Analysis
Alina Delgado-Bohórquez • Carmen Ávila-Beneras • Katya Lorena Vasco-Palacios
- 53 P. **ES** **La importancia de los aplicativos móviles para aprender sobre arquitectura bioclimática en la academia**
The Importance of Mobile Applications for Learning About Bioclimatic Architecture in Academia
Hernando Gutiérrez-Rodríguez
- 75 P. **ES** **Evaluación de estrategias de enverdecimiento vertical en clima árido: el caso de las fachadas verdes**
Evaluation of Vertical Greening Strategies in Arid Climates: the Case of Green Facades
Pablo Abel Suárez-Gómez • María Alicia Cantón-Ivanissevich • Érica Norma Correa-Cantaloube
- 91 P. **ES** **Complejidad y depuración morfológica en experiencias docentes desde la modelación prearquitectural: eterno retorno de las formas puras**
Complexity and Morphological Refinement in Teaching Experiences through Pre-Architectural Modeling: eternal Return of Pure Forms
Ómar Cañete-Islas
- 109 P. **PR** **Análise entre percepção de risco de desastres naturais com a satisfação do usuário no contexto residencial**
Analysis of Natural Disaster Risk Perception and User Satisfaction in Residential Context
Iolanda Geronimo Del-Roio • Beatrice Lorenz-Fontolan • Aline Ramos-Esperidião • Alfredo Iarozinski-Neto
- 123 P. **ES** **Resiliencia urbana y modelos cartográficos de prevención ante riesgo de deslizamientos de tierra, Ciudad de México**
Urban Resilience and Cartographic Models for Landslide Risk Prevention, Mexico City
Óscar Daniel Rivera-González

- 135 P.** **ES** **Método constructivo para una arquitectura vernácula en La Yerbabuena, Jalisco, México**
Construction Method for a Vernacular Architecture in La Yerbabuena, Jalisco, Mexico
Alma-Alicia Robles-Ponce • Francisco José Martín del Campo-Saray • José Francisco Armendáriz-López
- 151 P.** **ES** **Estimación del confort térmico en espacios exteriores: evaluación del periodo frío en Ensenada, Baja California**
Calculation of Thermal Comfort in Outdoor Spaces: evaluation of the Cold Season in Ensenada, Baja California
Elizabeth Martínez-Bermúdez • Julio César Rincón-Martínez
- 167 P.** **EN** **Bibliometric Analysis of the Relationship between Stress and the Built Environment (1993-2023)**
Análisis bibliométrico de la relación entre el estrés y el entorno construido (1993-2023)
Ayşe Şahiner-Tufan • Reyhan Midilli-Sarı
- 189 P.** **ES** **Propuesta metodológica para la identificación de potenciales corredores verdes urbanos. Estudio de caso: Temuco, Chile**
Methodological Proposal for the Identification of Potential Urban Green Corridors. Case study: Temuco, Chile
Roberto Moreno • Ángel Lora-González • Carmen Galán • Ricardo Zamora-Díaz
- 205 P.** **ES** **Tras la recuperación de la quebrada Machángara en Quito**
After the Recovery of the Machángara Stream in Quito
Matheo Vallejo • M. Lenin Lara-Calderón
- 219 P.** **ES** **Metodología para valoración del patrimonio construido: una mirada desde la relación sol-edificio. Caso de estudio: Universidad del Valle**
Methodology for the Assessment of Built Heritage: a View from the Sun-Building Relationship. Case Study: Universidad del Valle
Walter Giraldo-Castañeda • Alejandro Guerrero-Torrenegra • Andrés Felipe De Los Ríos-Arce
- 235 P.** **ES** **(Re)construcción arquitectónica del conjunto religioso de La Cruz de Zacate de Tepic: encrucijada de influencias**
Architectural (Re)construction of the Religious Complex of La Cruz de Zacate in Tepic: a Crossroads of Influences
Raymundo Ramos-Delgado • Carlos E. Flores-Rodríguez
- 255 P.** **ES** **Metodologías participativas en arquitectura: las propuestas pioneras de Turner, Habraken y Alexander**
Participatory Methodologies in Architecture: pioneering Proposals by Turner, Habraken and Alexander
Juan Santiago Palero