

SISTEMAS DE RAMIFICACIÓN PARA LA GENERACIÓN DE FORMAS ARQUITECTÓNICAS

BRANCHING SYSTEMS FOR THE GENERATION OF ARCHITECTURAL FORMS



Natalia María Colombano
Universidad Nacional de Córdoba.
Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño
Argentina

natalia.colombano@unc.edu.ar
<https://orcid.org/0000-0002-0144-4063>

Lucas Peries
Universidad Nacional de Córdoba
Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño
Argentina

lucasperies@unc.edu.ar
<https://orcid.org/0000-0001-8689-8744>

Fecha de recepción: 12 de octubre, 2021. Aceptación: 16 de diciembre, 2021.

Resumen

Vincular órdenes naturales con ensayos proyectuales, en el campo de la enseñanza arquitectónica, representa un desafío que conduce a la construcción de conocimiento. Este trabajo presenta el estudio de múltiples sistemas de ramificación que devienen de patrones naturales y su transferencia a la generación de formas. La disciplinariedad cruzada y la investigación proyectual constituyen el marco de acción científico-académico, cuyo desarrollo se ejecuta a través de la enseñanza universitaria en la Cátedra de Morfología II B de la Universidad Nacional de Córdoba, con estudiantes del segundo año de la carrera de Arquitectura. El traslado de saberes de distintas disciplinas adquiere un papel protagónico como iniciador de los procesos de morfogénesis. La metodología se aborda con el método fenomenológico y su aplicación a la experimentación proyectual, desde la observación directa y el registro de fenómenos y procesos que acontecen en la hidrografía, botánica, ceramología y neurología. Los ensayos permiten reconocer patrones y establecer lógicas secuenciadas de construcción geométrica. Se desarrollan procesos de diseño que transitan por instancias abstractas y materiales, en construcciones bi- y tridimensionales, con énfasis en lógicas geometrías provenientes de ámbitos no convencionales para la arquitectura.

Palabras clave

Geometría, patrones, trazados, morfología, arquitectura.

Abstract

Linking natural orders with design tests, in the field of architectural teaching, represents a challenge that leads to the construction of knowledge. This work presents the study of multiple branching systems that come from natural patterns and their transfer to the generation of the form. The cross disciplinary and project research constitute the framework of scientific-academic action, the development of which is carried out through university teaching in the Morphology II B course of the National University of Córdoba, with students in the second year of the Architecture career. The transfer of knowledge from different disciplines acquires a leading role as the initiator of the processes of morphogenesis. The methodology is approached with the phenomenological method and its application to project experimentation, from the direct observation and recording of phenomena and processes that occur in hydrography, botany, ceramology and neurology. The essays allow recognizing patterns and establishing sequenced logics of geometric construction. Design processes are developed that go through abstract and material instances, in two- and three-dimensional constructions, with an emphasis on logical geometries from non-conventional areas for architecture.

Keywords

Geometry, patterns, paths, morphology, architecture.

Introducción

La experiencia académica de la cual deriva este artículo se encuentra vinculada a la enseñanza de la morfología arquitectónica en el ámbito de la cátedra Morfología II B, Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño de la Universidad Nacional de Córdoba (FAUD-UNC), Argentina. La misma también se realiza en el marco de un proyecto de investigación científica¹ promovido por la misma cátedra, con la intención de aunar enseñanza e investigación, en un sistema simultáneo y recíproco de producción y retroalimentación.

Se trabaja con distintas líneas temáticas, cada una a cargo de un docente responsable. Se exploran principios de orden alternativo a aquellos clásicos que se emplean habitualmente en la arquitectura. Resultan de interés las estructuras conceptuales y técnicas que se alojan en campos del conocimiento externos. La atención se centra en los campos de la biología, física, meteorología, hidrología, matemática y medicina. El sentido de explorar en estas disciplinas se orienta a identificar patrones botánicos, neurológicos, hidrográficos, ceraunológicos, matemáticos, acuáticos y mecánicos, con potencial para su ensayo y sistematización como prácticas de configuración arquitectónica. Esta búsqueda de antecedentes no se limita únicamente a conocimientos actuales, ya que se considera oportuno revisar casos del pasado, aquellos con potencial de aplicación. Respecto de esto último, resultan de sumo interés, y en términos ilustrativos globales, los volúmenes editados por Martineau (2014/2016): *Quadrivium*, *Designa*, *Scienca*, *Trivium* y *Geomancia*.

En referencia a lo planteado, el objetivo de esta experiencia es explorar y sistematizar, mediante el enfoque de la disciplinariedad cruzada (*crossdisciplinarity*), órdenes geométricos provenientes de diversos contextos del conocimiento, así como también estructurarlos como técnicas procedimentales específicas, para la generación de la forma arquitectónica contemporánea.

En este artículo se exponen los principios que devienen de los sistemas de ramificación –como línea temática específica, dentro de la propuesta general reseñada–, los cuales se trabajan desde múltiples disciplinas para estudiar las formas y estructuras ramificadas presentes en la naturaleza. El verbo ramificar hace referencia al fenómeno de división en dos o más unidades de algo, o la propagación hacia diferentes lugares, como sucede con los rayos eléctricos o los vasos sanguíneos. Se estudian cuatro ordenamientos que derivan de distintas disciplinas: hidrográficos, ceraunológicos, neurológicos y botánicos. Se han dejado de lado otros fenómenos naturales como, por ejemplo, los fluidos acuosos, volcánicos o cristalográficos.

En el primer capítulo se exponen los aspectos conceptuales de los sistemas de ramificación. En el segundo capítulo se reseñan las experiencias proyectuales; se trata de ensayos académicos que permiten responder a los supuestos de la investigación, si bien el aspecto científico se excluye en la exposición de este artículo. Por último, se comparten las conclusiones obtenidas.

¹ Investigación en curso asociada a la experiencia de enseñanza y aprendizaje: "Órdenes geométricos y disciplinariedad cruzada en la generación de la forma arquitectónica contemporánea". Director: Peries, L. Codirectora: Barraud, S. Investigadores: Berzovsky, J.; Colombano, N.; Coria, A.; Cuevas, L.; Mattio, N.; Merlo, C. Investigación científica con subsidio SeCyT-UNC, período 2018-2022.

Principios generales de los sistemas de ramificación

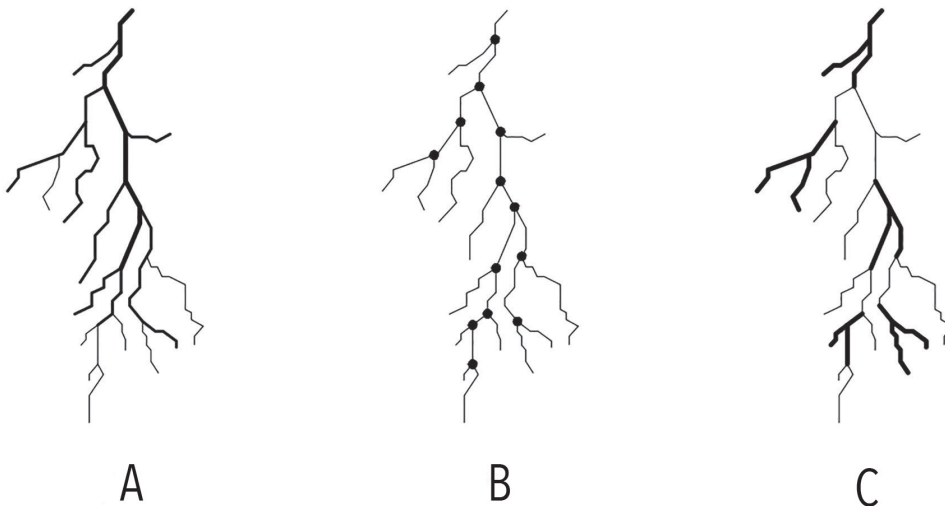
Una ramificación es una derivación secundaria de algo, que en general tiende a disminuir algunos de sus atributos a medida que esta se produce, manteniendo la condición de la estructura original. El concepto se aborda desde la teoría de Bifurcaciones, la cual "...asume que los parámetros varían lentamente y predice cómo y cuándo un sistema se torna inestable" (Perez-Londoño, Olivar-Tost y Angulo-García, 2011, p. 109). Además, se establece que, cuando a un sistema se lo somete a diversas condiciones, se puede observar cómo en el accionar propio aparecen las bifurcaciones. El concepto de ramificación, por ejemplo, se puede relacionar de modo directo con los sistemas de crecimiento vegetal, en los cuales una rama es cada una de las partes que nace de un tronco o tallo principal y, así, se produce el aumento progresivo de elementos. Costa (2019), al referirse a la figura del árbol como ideograma, en el campo de la esquemática de comunicación visual, expone:

Dependiendo de la densidad arborescente, los entrecruzamientos de ramificaciones pueden llegar a predominar generando una textura (conforme con la estructura del fenómeno representado) y entonces se configura una red. El aumento progresivo de la complejidad del ramaje deviene en una estructura más densa. Así se transita de un prototipo simétrico con su eje vertical a una estructura compleja entretejida. Esto indica que las formas de base no son estáticas sino que se transmutan para adaptarse a las necesidades expresivas (p. 187).

Es importante destacar las tres características del principio general de los sistemas de ramificación, las cuales se ilustran en la Figura 1:

- A. Relación de las partes con la totalidad del sistema.
- B. Reiteraciones o combinaciones en los comportamientos de las unidades estructurales.
- C. Actividades rítmicas que contienen combinación de partes con ejes principales y secundarios.

Figura 1. Principios generales de los sistemas de ramificación



En estas características se destaca la relación de las partes con la totalidad y las reiteraciones o combinaciones en las unidades estructurales de los sistemas, en correspondencia con el carácter de recurrencia con que se presentan sus formas al interior de estos. Ello produce actividades rítmicas, que son propias de cada sistema, estableciendo así diversos patrones de configuración para cada ordenamiento.

A continuación, se desarrollan los diferentes ordenamientos de los sistemas de ramificación que determinan patrones específicos. Un patrón es una disposición de elementos que se repiten bajo cierto ordenamiento, desde un conjunto de variables constantes que se pueden identificar dentro de un universo mayor de datos.

1. Ordenamiento hidrográfico

En los ordenamientos hidrográficos se estudia el conjunto de ríos que desembocan en un mismo lugar y conforman un sistema ramificado. Para poder realizar una lectura de este fenómeno se detecta que existen numerosos principios como, por ejemplo, los que caracterizan Garay y Agüero (2018) al referirse a las cuencas, relieves, perfiles y drenajes. De este tipo de ordenamiento se destaca la Ley de Horton y Strahler (1945), un instrumento que permite sintetizar la complejidad de las ramificaciones hidrográficas. Con respecto al ordenamiento, Mantilla, Mesa y Poveda (2018) describen:

El estudio cuantitativo de redes de drenaje fue iniciado hace cinco décadas por R. E. Horton (1945), quien propuso un esquema de ordenamiento para la red de drenaje. Este esquema fue revisado posteriormente por Strahler (1952, 1957), quien lo perfeccionó resolviendo algunas ambigüedades (p. 11).

El planteo de Horton-Strahler resulta utilizado de modo general para definir jerarquías de ramificaciones en las lecturas hidrográficas, lo cual permite establecer patrones particulares. De esta

manera, la ley asigna un número de acuerdo con la cantidad de corrientes que convergen en cada cauce hídrico. A los iniciadores les corresponde el número uno; a estos se unen los número dos, y así, sucesivamente. Cuando se juntan dos números diferentes prevalece siempre el mayor. También se asocia este patrón a la Ley matemática de Semejanza, dado que se observan relaciones de similitud en la "...longitud, la pendiente, el área y otras variables..." (Mesa, 2018, p. 381). Es importante destacar que tales simplificaciones suelen ser de carácter estadístico; es decir, siempre existen márgenes de variabilidad, principalmente cuando se trata de fenómenos naturales.

2. Ordenamiento neurológico

El ordenamiento neurológico explora los aspectos generales que presenta el tejido nervioso y se constituye como un sistema de relaciones celulares. Al respecto, se conocen dos doctrinas, que surgen de hipótesis vinculadas, con relación a cómo está formado el sistema nervioso. En la Teoría de Golgi (1873) –conocida como doctrina reticular– se considera como una red continua. En la Teoría de Ramón y Cajal (1905) –doctrina de la neurona– se postula que existen células independientes que se contactan, pero no se unen entre sí.

A las ramificaciones de las células nerviosas se las conoce como dendritas y a la rama más larga se le denomina axón. La neurona típica presenta un cuerpo neuronal y prolongaciones, las cuales corresponden al axón –por lo general, es la prolongación con más longitud, más delgada y que transmite el impulso eléctrico hacia otras–. Las neuronas se estudian y clasifican desde el análisis de sus prolongaciones, de la longitud del axón y de la forma de su cuerpo. Se las divide en Piramidal, Purkinje, Talámica, en Cesto, Estrellada y Granular. Estos son los tipos de ordenamientos de interés para este estudio.

Las neuronas Piramidales son neuronas multipolares, principalmente situadas en diversas partes del cerebro que se caracterizan por presentar una forma cónica en el cuerpo de la misma y de allí deviene su nombre. Otro aspecto importante suele

ser una ramificación abundante de las dendritas y un axón largo y ramificado. Una de las características formales de las neuronas Purkinje es que se presentan de manera ramificada, construyendo un árbol denso y dendrítico en el cerebro. Las neuronas en Cesto contienen un único gran árbol dendrítico apical. Las neuronas Estrelladas, que suelen ser las más abundantes del tejido nervioso, presentan un núcleo en general esférico y prolongaciones que emergen del cuerpo celular. Las neuronas Granulares se encuentran en el cerebro en la capa de células granulosas; las dendritas de estas células se extienden perpendicularmente a la capa de estas.

3. Ordenamiento ceraunológico

La ceraunología estudia lo relacionado a las características de los rayos como fenómenos atmosféricos y detecta los tipos específicos. Según las descripciones físicas, los rayos son descargas energéticas transitorias de elevada intensidad. La mitad de los rayos ocurre en el interior de las nubes, y la otra mitad en el espacio comprendido entre las nubes y la tierra. Se trata de polaridades eléctricas que establecen tensiones para producir descargas ramificadas. Existen antecedentes mencionados en el libro *Designa* (Martineau, 2016) como "Patrones de distribución", donde se expone que estos sistemas pueden distribuirse hacia un área en común como en la hidrografía de las cuencas o expandirse como en el caso de los rayos. Según como sea la descarga, se presentan tipos de rayos diferenciados. Para este estudio, son de interés los denominados Nube-tierra, Bifurcado y Perla.

El rayo Nube-tierra es aquel que es visible como una trayectoria que desciende entre la nube y el suelo. Si en el espacio comprendido entre la nube y la tierra, la descarga es negativa, por lo general ocurren tres o cuatro ramificaciones en el mismo rayo. Si la descarga es positiva de nube a tierra, su canal presenta cierta uniformidad, y por lo general se produce una única descarga de retorno. El rayo Bifurcado es, a su vez, un tipo de rayo nube a tierra que presenta múltiples ramificaciones en su recorrido y el rayo Perla se desarrolla en cadena, por lo que la luminosidad del canal se divide en segmentos.

4. Ordenamiento botánico

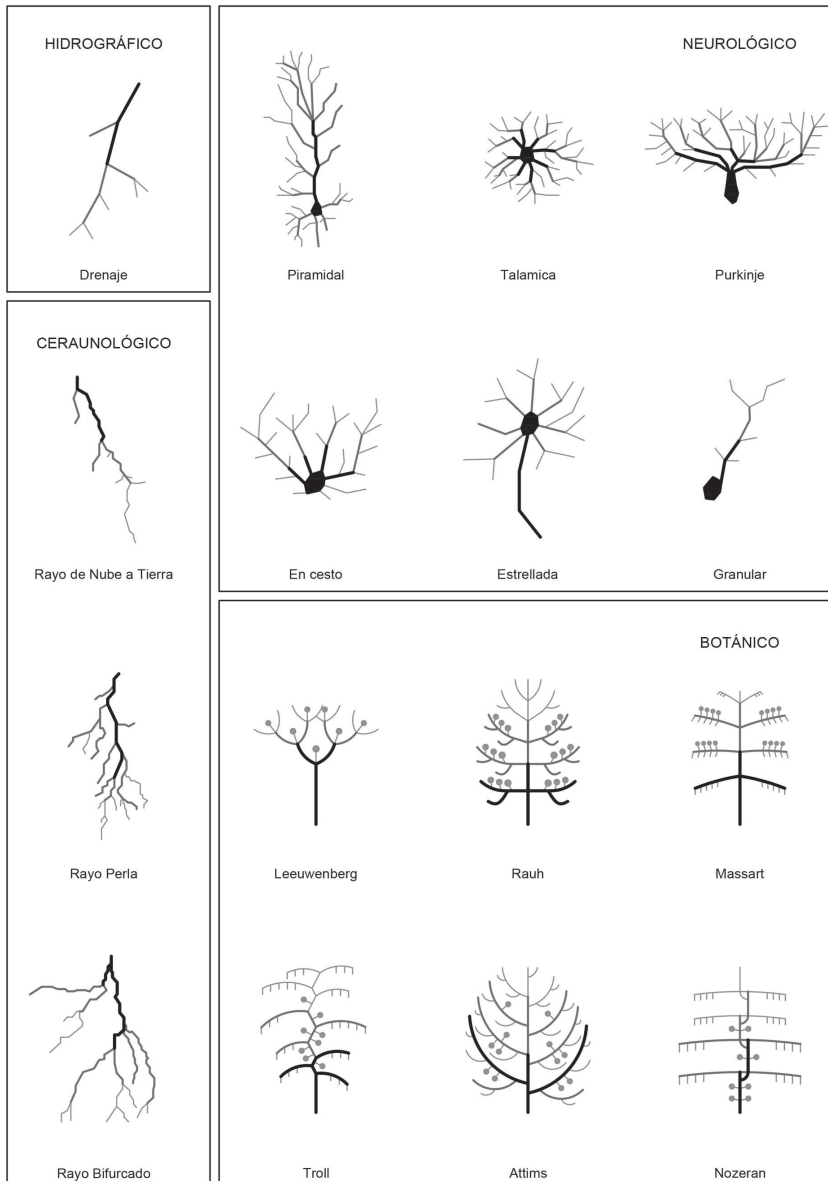
En el ordenamiento botánico, la histología –rama de la biología– realiza el análisis de la anatomía microscópica e identifica y visibiliza las estructuras vegetales. Según Halle (2010) la estructura de las ramificaciones depende de los distintos aspectos que determinan el sistema; por ejemplo, la dirección del crecimiento de las ramas, la posición de las estructuras reproductivas y si estas son continuas o rítmicas. "La combinación de estos rasgos permite definir muchas arquitecturas diferentes o, mejor dicho, muchos modelos de arquitectura" (Halle, 2010, p. 406) –en referencia al concepto de botánica–. Es importante destacar que en los sistemas de ramificación aparecen lógicas de repetición y periodicidad que generan ritmos variables propios a cada sistema; sin embargo, se puede identificar un elemento común como, por ejemplo, el hecho de estar conformados por dos partes: una parte que genera tensión y otra que vincula a las mismas. Estas tensiones se sintetizan, de modo visual, con puntos y los vínculos se definen por líneas. Los puntos (tensiones) son los elementos que, en general, definen las bifurcaciones y según cómo se combinan o repiten generan distintas lógicas de recorrido.

Halle tipifica veintidós modelos relativos a las posibles combinaciones. Se propone operar con seis de ellos: Leeuwemberg, Rauh, Massart, Troll, Attims y Nozeram. Algunas de las características que presentan estos modelos, para Tourn, Barthelemy y Grosfeld (1999), se pueden sintetizar de la siguiente manera: El modelo Leeuwemberg posee un tipo de crecimiento ortótropo, lo cual implica que su eje y dirección de desarrollo es perpendicular al suelo; además presenta sucesión simpodial –crecimiento en que la yema axilar reemplaza a la yema terminal que muere cada año– con módulos equivalentes en simetría. El modelo Rauh también presenta el tipo de crecimiento ortótropo y posee tronco y ramas morfológicamente idénticas con ramificaciones rítmicas. El modelo Massart es plagiótropo, ya que su dirección de crecimiento es de forma paralela al suelo en eje horizontal y presenta ramificación rítmica.

ca. El modelo Nozeram presenta un tronco ortótropo simpodial, el crecimiento de los dos tipos de ejes puede o no ser rítmico. El modelo Troll está constituido por una superposición de ejes –se considera un modelo con eje mixto, porque se superpone el tronco con las ramas– y también es plagiótropo al igual que el modelo Nozeram.

Con el propósito de ejemplificar los distintos patrones de ramificación seleccionados, desde la hidrografía, ceraunología, neurología y botánica, se presenta una síntesis gráfica en la Figura 2.

Figura 2. Patrones de sistemas de ramificación



Experiencias proyectuales

Los contenidos expuestos en el apartado anterior constituyen la base teórica de transferencia a la experimentación académica, la cual se ejecuta en talleres-laboratorios. Se trata de ámbitos áulicos que articulan enseñanza e investigación, en los cuales se trabaja con estudiantes del segundo nivel de la carrera de Arquitectura, FAUD-UNC. El equipo docente, para esta línea temática, desarrolla ejercicios proyectuales junto a un promedio anual de noventa estudiantes, divididos en dos comisiones (ciclos 2019, 2020 y 2021). Se trata de "...ensayos que apuntan a indagaciones en los múltiples campos disciplinares. Los principios generativos que se estudian y los patrones geométricos que se experimentan se consideran posibilitantes alternativos de indagación y generación morfológica..." (Peries y Barraud, 2020, p. 14).

Las prácticas, en su inicio, son abordadas desde la indagación intuitiva sustentada en la experimentación con el método fenomenológico.

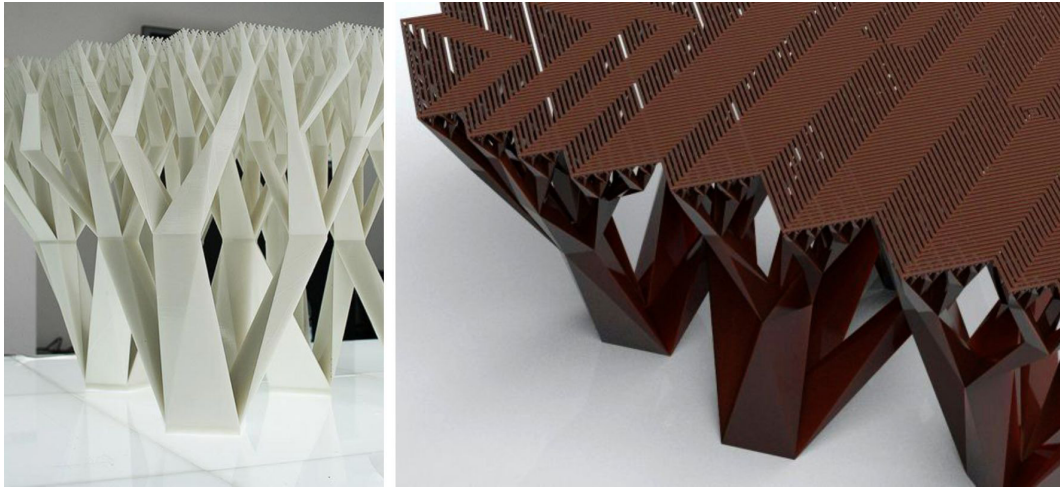
Como plantea Schaeffer (2018): "La experiencia es la totalidad o la estructura global de nuestras representaciones, ya sean estas de naturaleza perceptual, lingüística o imaginística" (p. 29), en referencia a las imágenes mentales. Esto permite distintas aproximaciones o abordajes proyectuales que propician indagaciones creativas y el posterior conocimiento teórico que fundamenta los mismos.

Los distintos abordajes a las prácticas se hacen posibles por medio de los antecedentes presentados en los apartados anteriores, desde las múltiples disciplinas de estudio. También se incorporan referencias provenientes del arte y el diseño industrial, con fundamentos en los mismos principios. De esta manera, se identifica la producción de artistas y profesionales del diseño que ponen de manifiesto los conceptos de flujos, expansión o bifurcación de la naturaleza y, a través de ellos, permiten visualizar sus ideas. Son ejemplos representativos las expresiones artísticas de Diana Scherer y, desde el diseño industrial, los objetos de Wertel Oberfell, los que se reseñan en las Figuras 3 y 4.

Figura 3. *Interwoven*



Nota. Fuente: Scherer, 2017.

Figura 4. *Mesa Fractal*

Nota. Fuente: Oberfell, 2008.

Estas expresiones creativas permiten una aproximación ilustrativa a ciertas prácticas equivalentes a las que se desarrollan en el taller-laboratorio de arquitectura, en el cual los iniciadores de los ensayos contemplan dos posibilidades de abordaje: desde la observación directa, para el caso de la botánica y la observación indirecta, por medio de representaciones sustitutas (fotografías) correspondientes a la ceraunología, hidrografía y neurología.

En una primera fase, como se ilustra en la Figura 5, junto al equipo de estudiantes se realizan las observaciones de los sucesos naturales desde la aproximación fenomenológica. Por un lado, y en actividades de gabinete, se opera mediante series de fotografías que representan registros documentales de los fenómenos; esto para aquellos casos donde no es posible contemplar los sucesos en cualquier momento (como en el caso de la meteorología), o que su magnitud escalar dificulta el acceso (en los casos de la hidrografía y la neurología). Estas imágenes permiten realizar lecturas interpretativas y deducir los diversos tipos de ordenamientos que

imperan. Las imágenes son seleccionadas en función de los intereses propios de cada estudiante; estas aficiones pueden ser culturales, emocionales o basadas en acercamientos previos. En simultáneo, se aborda la experiencia en actividad de campo, desde la observación directa de elementos arbóreos con registros gráficos y toma de muestras materiales (porciones de vegetales), las cuales se transfieren al plano bidimensional por medio de técnicas serigráficas; esto permite el análisis y la deducción de ordenamientos. En una segunda instancia se suministra la instrumentación teórica para permitir que se vinculen las deducciones intuitivas con la información del conocimiento teórico multidisciplinar. De este modo, se logra reconocer y denominar los patrones detectados, según la clasificación presentada en la Figura 2.

Cada ensayo reconoce, desde las dimensiones geométricas y perceptivas, las variables morfológicas: dimensionales, proporcionales, estructurales y de enlace, como así también de asociación y escala², ya que se busca que la geometría aporte un rol protagónico en el diseño arquitectónico. A partir de ello, se entiende que “la geometría es una interpretación humana de la naturaleza, un modo artificial de simplificar y comprender la realidad.” (Peries, 2016, p. 204). De este modo, las prácticas abordan la observación de los fenómenos y producen deducciones que se sintetizan en esquemas interpretativos e iniciales.

En la segunda fase, luego de un proceso de síntesis y construcción geométrica del resultado que se obtiene en la instancia anterior, se realizan trazados reguladores bidimensionales –huella, rastro o señal geométrica que ordena y rige la forma–. Es importante destacar que, si bien los trazados son estáticos, derivan de la interpretación de fenómenos naturales y organismos vivos, que tienen en sí mismos comportamientos estructurales, procesos de crecimiento, cambio y dinamismo. Así lo plantea Moisset (2003) al referirse a la mirada humana sobre la naturaleza, para capturar parte de su esencia con relación al diseño arquitectónico.

Figura 5. Experiencias de observación y reinterpretación (Archivo de cátedra Morfología II B, FAUD-UNC, 2019)



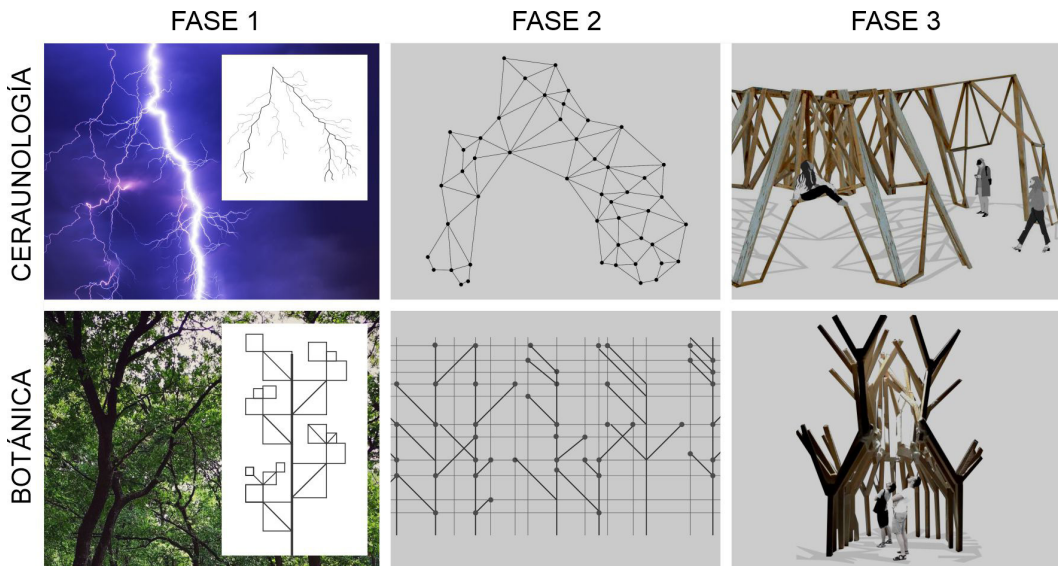
² Para tomar conocimiento de estos conceptos, véase el “Esquema de variables morfológicas configurativas y significativas” publicado en el libro *Cuaderno de Morfología 2B* (Peries, 2020).

Por último, en la tercera fase, los trazados se tridimensionalizan por medio de operaciones como la repetición, extensión o escalamiento de los componentes geométricos (puntos, líneas, planos). De este modo, se supera la bidimensión con la construcción de modelos tridimensionales, donde se articulan organizaciones y configuraciones espaciales, con sustento en reglas y relaciones proporcionales. En esta instancia no solo se responde a los principios ordenadores de cada patrón, sino que también se establecen vínculos con las ideas de diseño, referencias contextuales e interespaciales. Entran en juego los intereses e intenciones de la personalidad creadora

(Naselli, 2013) por sobre la rigidez de la estructura geométrica. Los resultados devienen en búsquedas propias del colectivo estudiantil, en donde cada exploración se pone en valor junto a las otras y se logra descubrir, sistematizar y categorizar las experiencias.

En la Figura 6 se ejemplifica, mediante dos trabajos de estudiantes, la síntesis de tres fases de experimentación. La primera columna muestra el fenómeno natural de estudio junto al reconocimiento del patrón. Las columnas restantes corresponden a cada una de las fases experimentales consecutivas: la construcción de trazados reguladores y su espacialización.

Figura 6. Ejemplificación de las fases del proceso de experimentación proyectual (caso Ceraunología de estudiante Scheffer Edwin Ricardo y caso Botánica de estudiante Rodriguez Leandro, 2021)



El promedio general de los trabajos muestra coherencia en el lenguaje morfológico, desde el comienzo hasta el final de los procesos, como secuencia didáctica de abordaje al problema formal en el diseño. De la valoración del total de los ensayos realizados en los ciclos 2019 a 2021, resulta importante destacar que un 80,42% de los trabajos logra realizar con mayor precisión la transferencia de los

patrones a los trazados. Sin embargo, un 54,09% traduce los trazados bidimensionales a modelos espaciales, manteniendo las características iniciales con máxima relación directa, lo cual implica que un 26,33% produce una traducción indirecta en esa instancia. El déficit detectado es un aspecto para considerar en próximas implementaciones.

Con lo expuesto, se pone en evidencia que las experiencias desarrolladas permiten la generación de formas protoarquitectónicas desde los órdenes geométricos provenientes de formas o fenómenos naturales. Se valida así la conjetura plan-

teada respecto a que el enfoque de disciplinariedad cruzada posibilita un desarrollo interactivo –en cuanto a integración de conocimientos– y potencia las capacidades creativas.

Conclusiones

El interés de este artículo se enfoca en producir una contribución a la generación de la forma desde aproximaciones geométricas alternativas y con potencial para la aplicación en otros campos del diseño, por fuera de la arquitectura; todo ello en consecuencia del desarrollo de prácticas educativas. En lo expuesto, se demuestra la aplicación de los sistemas de ramificación en la generación de formas arquitectónicas, con sustento en la disciplinariedad cruzada. El estudio pone en evidencia que, al trabajar con principios provenientes de otras disciplinas, se produce una fuente de capital conceptual y técnico para el propio contexto de producción. Se utilizan los patrones naturales y sus leyes de crecimiento como iniciadores de la morfogénesis, desde la producción de trazados ordenadores con arbitraje y precisión geométrica. Los trazados que se obtienen de estos ensayos experimentales responden a las categorías geométricas de: redes, teselados y trayectorias (Peries, 2018), a partir de la interacción de unidades geométricas elementales (puntos y planos) que configuran a estos desde los patrones de estudio. Los patrones son recursos generativos y potenciales que plantean técnicas flexibles de diseño, dado que resultan versátiles para la práctica proyectual.

Un aspecto relevante que se identifica en los patrones de los ordenamientos naturales, se corresponde con las recurrencias morfológicas, en cuanto a: proporciones, ritmos, simetrías y ejes de crecimiento o rotación. Estas características formales hacen comunes a órdenes diversos, en cuanto al contexto y la escala de desarrollo en el medio físico y el área de conocimiento desde la que se estudian.

Un segundo aspecto para destacar es que se reconoce que la naturaleza propia de los patrones y el repertorio estético del que provienen, conduce a la producción de configuraciones tectónicas. Las figuras geométricas lineales y la lógica de los principios de crecimiento, de alguna manera, predisponen a la realización de construcciones filares –aquellas compuestas por multiplicidad de segmentos, varas o barras esbeltas– que se articulan como armazones tectónicos. La generalidad de los ensayos proyectuales coincide en esta modalidad configurativa y se distancia de los modelos estereotómicos. En características materiales (técnico-constructivos), se desarrollan prefiguraciones de tecnologías livianas o en seco, estructuras metálicas o de madera con envolventes laminares de la misma materia, aunque en estos ejercicios académicos solo se alcanza la prefiguración de la materialidad, sin desarrollo tecnológico pormenorizado.

Por último, se destaca el salto evolutivo que se desarrolla en los procesos proyectuales, con toma de distancia de los propios fenómenos naturales. Lo antedicho se relaciona con la ausencia de intención en la producción de copias literales del fenómeno natural –por tanto, criterio de diseño–, como emulación del accionar de la naturaleza; por ejemplo en el esquema figurado con que discurre un río o crece un árbol. La figuración, como mera apariencia, no resulta apropiada para el proyecto y el foco de atención se coloca en la abstracción de los esquemas geométrico-matemáticos como herramienta de diseño.

La experiencia expuesta, por sobre la práctica educativa, realiza una contribución directa al ejercicio de investigación científica que desarrolla el equipo docente. De este modo, enseñanza y producción de conocimiento científico se vinculan y retroalimentan como hecho concreto.

Agradecimiento

A Vatenin Brügger por la colaboración en la edición de las Figuras 1 y 2.

Referencias

- Costa, J. (2019). *Esquematismo, la eficacia de la simplicidad: teoría informacional del esquema*. Experimenta.
- Garay, G. y Agüero, J. (2018). *Sistemas de información y ordenamiento territorial delimitación hidrográfica y caracterización morfométrica de la Cuenca del Río Anzu*. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.
- Golgi, C. (1989). On the structure of nerve cells. *Journal of Microscopy*, 155, 3-7.
- Halle, F. (2010). Arquitectura de los árboles. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica*, 45(3-4), 405-418.
- Horton, R. E. (1945). Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology. *Geological Society of America Bulletin*, 56, 275-370.
- Mantilla, R.; Mesa, O. y Poveda, G. (2018). *Geometría, topología y morfometría de las cuencas Magdalena, Cauca ytratoa, a partir de modelos digitales de terreno*. Universidad Nacional de Colombia.
- Martineau, J. (Ed.) (2014). *Quadrivium: Las cuatro artes liberales clásicas*. – (2014) *Sciencia: Matemáticas, Física, Química, Biología y Astronomía*. – (2016) *Designa: Los secretos técnicos de las artes visuales tradicionales*. – (2016) *Geomancia: Dragones, feng shui, líneas ley, radiestesia y misterios de la tierra*. – (2016) *Trivium: Las artes liberales clásicas de gramática, lógica, retórica*. – (2019) *Megalitos: Estudios en piedra*. Libro.
- Mesa, O. (2018). Cuatro modelos de redes de drenaje. *Academia Colombiana Ciencia Ex. Fis. Nat.* 42(165), 379-391. <http://dx.doi.org/10.18257/raccefyn.641>
- Moisset, I. (2003). *Fractales y formas arquitectónicas*. I+P.
- Naselli, C.A. (2013). *El rol de la innovación creadora: en la lógica interna del diseño arquitectónico*. I+P; EDUCC.
- Pérez-Londoño, S., Olivar-Tost, G. y Angulo-García, F. (2011). Análisis de bifurcaciones: Estudio comparativo sobre un sistema generador aislado. *Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia*, 59, 108-121.
- Peries, L. (2016). *Estereotomía y topología en Arquitectura*. EDUCC.
- Peries, L. (Comp.) (2020). *Cuaderno de morfología 2B*. Editorial de la Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño de la Universidad Nacional de Córdoba.
- Peries, L. y Barraud, S. (2020). Tradisciplinaridade no ensino e pesquisa da geração de formas arquitetônicas. *Projetar: Projeto e Percepção do Ambiente*, 5(3), 8-18.
- Peries, L. (2018). Órdenes geométricos complejos en la construcción de trazados reguladores. En A. Pollet (Comp.), *VII Jornadas de Investigación "Encuentro y Reflexión"* (pp. 35-42). Editorial de la Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño de la Universidad Nacional de Córdoba.
- Ramón y Cajal, S. (1933). *¿Neuronismo o reticularismo? Las pruebas objetivas de la unidad anatómica de las células nerviosas*. Arch Neurobiol.
- Schaeffer, J. (2018). *La experiencia estética*. La Marca.
- Tourn, M.; Barthelemy, D. y Grosfeld, J. (1999). Una aproximación a la arquitectura vegetal: conceptos objetivos y metodología. *Bol. Soc. Argent. Bot.* 34(1-2), 85-99.