

INTRODUCCIÓN DE LA BIOMIMÉTICA COMO ESTRATEGIA DE INVESTIGACIÓN- ACCIÓN PROYECTUAL EN LA CÁTEDRA ARQUITECTURA II – U.P. “B”.

BOUTET, Ma. LAURA¹
lauraboutet@yahoo.com.ar

¹ Dra. Arq., Docente Investigadora Categoría 3 - SPU, Jefe de Trabajos Prácticos con dedicación Exclusiva, Cátedra Arquitectura II Unidad Pedagógica “B”, Área del Diseño, Facultad de Arquitectura y Urbanismo – UNNE.

DIMENSIÓN: Docencia

RESUMEN

Se presenta una experiencia de innovación pedagógica implementada en la Cátedra Arquitectura II – U.P. “B”, referida a la introducción del enfoque Biomimético, como camino alternativo para el desarrollo del proceso proyectual, enlazando criterios de “*Diseño Estructural Intuitivo y Ambientalmente Consciente*”. Se analizan los resultados obtenidos en el período 2014 – 2017 y sus implicancias en diferentes dimensiones de interés, a partir de la reflexión sobre la propia práctica, contrastada con encuestas realizadas a los alumnos de la asignatura. La experiencia, posibilita que los alumnos se familiaricen con la investigación, mediante un abordaje interdisciplinario, evidenciando una postura más crítica y comprometida en su proceso de aprendizaje.

PALABRAS CLAVE: proceso proyectual – creatividad – estrategia didáctica

OBJETIVOS

- Exponer aportes didácticos de la experiencia de innovación pedagógica implementada en la asignatura Arquitectura II – U.P. “B”, referida a la introducción de la *Biomimética* como camino alternativo para el “*Diseño Estructural Intuitivo y Ambientalmente Consciente*”.
- Analizar los resultados obtenidos durante el **período 2014 - 2017**, desde las siguientes dimensiones:
 - a. Desarrollo de la **creatividad** y **motivación** para emprender el proceso proyectual.
 - b. **Metodología de diseño** con mayor sustento científico a partir de la familiarización con la **investigación**.
 - c. Acercamiento a la **práctica profesional** mediante la respuesta a demandas concretas del contexto regional que se plantean como tema-problema en los ejercicios prácticos.
 - d. Aplicación de instancias de **articulación inter-cátedras e inter-áreas**.
- Identificar los puntos críticos de la experiencia desarrollada y enunciar nuevas líneas de acción.

INTRODUCCIÓN

Se considera que el proceso proyectual no puede concebirse como un mero oficio o un conjunto de conocimientos, prácticas y experticias ligadas a situaciones problemáticas más o menos conocidas. El proyecto arquitectónico es un proceso más complejo de construcción de conocimientos y de transformación simbólica de la realidad, lo que implica modificar las líneas de investigación asociadas a él y las modalidades de formación tanto en el grado como el posgrado. (Burgos, 2013)

Desde que inicié mi actividad en el año 2006 como Jefe de Trabajos Prácticos de la asignatura **ARQUITECTURA II – Unidad Pedagógica “B”**, a cargo del Mgter. Arq. Juan Carlos Virili, perteneciente al “**Ciclo de Formación Disciplinar**”, nivel de segundo año de la carrera de Arquitectura y Urbanismo de la UNNE, he puesto en acción diversos recursos didácticos, orientados a mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje, con fundamentos técnicos y científicos, transfiriendo a la docencia mi formación específica de posgrado. Los mismos, se han sistematizado en una **propuesta de innovación pedagógica integral**, en torno a la relación **Clima – Hecho Arquitectónico – Tecnología**, como enfoque estructurador de contenidos y actividades, enlazando los ejes temáticos “**Diseño Estructural Intuitivo (DEI)**”, “**La Relación Espacio y Estructura en el Proyecto Arquitectónico**” y “**Diseño Ambientalmente Consciente (DAC)**”, **Hacia una Arquitectura Sustentable para el hombre y la sociedad**”. Dichos ejes se consideran instrumentos fundamentales para la materialización del hecho arquitectónico y fueron incorporados formalmente al Programa de la Asignatura, actualizando sus contenidos. El eje “**Diseño Estructural Intuitivo**” concibe la **relación estructura – espacio**, como una “**constante**” de la *Arquitectura* (Catalano, 1993), a través de caminos alternativos, para tender un

puente entre el conocimiento científico de las estructuras y el conocimiento intuitivo de los estudiantes (Salvadori y Heller, 1987; Boutet y Virili, 2011). El eje **“Diseño Ambientalmente Consciente”** (Czajkowski y Gómez, 2007) se orienta a generar actitudes y valores que permitan tanto a los docentes como a los alumnos desarrollar una postura reflexiva y crítica ante la actual problemática energética – ambiental que nos impone nuevas consignas y desafíos (Boutet y Virili, 2014).

El aprendizaje del diseño requiere necesariamente del desarrollo de competencias prácticas y a la vez debe ser re-considerado a la luz de los avances de la disciplina y los procesos de producción (Burgos, 2013). En este sentido, la **“Biomimética”**, concebida como **herramienta de investigación en diseño**, mediante la observación, análisis y abstracción de elementos de la Naturaleza, se afianzó como **camino creativo alternativo** para el diseño estructural intuitivo y ambientalmente consciente (Boutet y Virili, 2015), encontrando diversas direcciones hacia soluciones tecnológicas innovadoras, procesos de gestión de recursos energéticos, o aplicaciones de materiales bio-inspirados.

El **“Método de Inspiración en los Principios de la Naturaleza o Biomimética”**, se instaló explícitamente como estrategia didáctica en el año 2014, habiendo detectado el interés de los alumnos en abordar la idea generadora de sus propuestas de diseño a partir de la inspiración en elementos naturales, pero limitándose a la “analogía formal” desde el punto de vista metafórico, sin valorar los verdaderos principios de su generación. Mediante un procedimiento sistemático y guiado se puso énfasis en los procesos y sistemas naturales que pueden transponerse a la arquitectura para la resolución de estrategias tecnológico-constructivas que optimicen la estabilidad estructural y favorezcan las condiciones de habitabilidad y bienestar en los espacios arquitectónicos, con criterios de ahorro energético, mediante el aprovechamiento pasivo de fuentes alternativas, la integración del objeto arquitectónico a su contexto y su adaptación a las condicionantes climáticas locales. La experiencia permitió que los alumnos se familiaricen con la **investigación científica** en una instancia temprana de la carrera, con un abordaje interdisciplinario mediante actividades de articulación Inter-Cátedras e Inter-Áreas que se ejecutan en el taller, evidenciando una postura más crítica y comprometida en su proceso de aprendizaje, frente al paradigma de la **Arquitectura Sustentable**.

A fin de no incurrir en una visión unipersonal de los resultados y concibiendo el ciclo de diseño y programación de la enseñanza como un proceso de investigación – acción y la propuesta curricular como hipótesis de trabajo a ser sometida a prueba (Schwab J., Stenhouse L., Elliot J. en Araujo, 2006; Day, 2005 y Schön, 1992)¹, se realizó una reflexión sobre la propia práctica docente contrastada con encuestas a los alumnos de la asignatura. Se presentan los resultados obtenidos durante el período 2014 - 2017, analizándolos principalmente en lo que respecta al desarrollo de la **creatividad y metodología de diseño** con mayor sustento científico y al acercamiento a la **práctica profesional** mediante la respuesta a demandas del contexto regional que se plantean en los ejercicios prácticos.

DESARROLLO

Para el desarrollo de los dos ejes vertebradores de la asignatura, **“Diseño Ambientalmente Consciente (DAC)”** y **“Diseño Estructural Intuitivo (DEI)”**, que se corresponden con un ejercicio de diseño respectivamente, se plantearon bloques teórico – prácticos, desplegando un cronograma de actividades que promueven la participación activa de los alumnos en la construcción del conocimiento y en la metodología de diseño arquitectónico (exposiciones en plenario, esquicios, puestas en común, etc.). Dichos ejes no quedan fragmentados, sino que se integran en el Proyecto Final de Taller. Se trabaja en grupos de tres a cuatro integrantes, dado que en cada año se cuenta con una matrícula de 240 alumnos en promedio. Cada ejercicio de diseño implica la resolución de un problema de media complejidad, a nivel de **Partido Arquitectónico avanzado** y abarca dos etapas: a) **Etapas de Análisis Crítico** de modelos (obras construidas o a construir) seleccionadas por los alumnos en función de categorías de DEI y DAC asignadas; b) **Etapas de Diseño Creativo**, en la que se debe resolver una situación planteada como tema – problema, mediante la aplicación de los conceptos analizados. Como disparador de esta etapa, se ejecuta un **“Esquicio de Ideas Generadoras” en maquetas**, elementos ideales para la representación intuitiva de los conceptos abordados en forma tridimensional. Es en esta instancia en la que se implementa la **“Biomimética”**, cuyo método se describe a continuación.

Método de Inspiración en los Principios de la Naturaleza – Biomimética. La mirada a la Naturaleza constituye un punto de partida hacia la Sostenibilidad. La naturaleza ha dado origen a lo largo de 3,8 billones de años de evolución a estructuras de diseño óptimo, principios, sistemas, funciones, variedad

¹ Dichos autores son referentes del *Enfoque Práctico* de elaboración e indagación del currículum, que recupera el valor del conocimiento práctico que construyen los docentes a lo largo de su carrera, como criterio de actuación en las fases de diseño, puesta en práctica y evaluación del currículum, reflexionando “en, sobre y en relación con la acción”.

de formas, colores, materiales y texturas. Por eso no sorprende que desde la antigüedad el hombre haya podido utilizar el gran laboratorio de la naturaleza como fuente de inspiración, tratando de obtener conocimientos aplicables.

La **biomimética, biomímesis o biomimetismo**, es la **ciencia que estudia la naturaleza como fuente de inspiración** para resolver problemas humanos mediante modelos de sistemas, procesos y principios biológicos. Etimológicamente, la palabra biomimética significa imitación de la vida (de *bio*, vida y *mímesis*, imitar), y esta palabra se vincula con la **innovación tecnológica** de manera sostenible, con el objetivo de mejorar la **calidad de vida** de la humanidad. Este método cobra especial importancia en la actualidad, pues buena parte de la innovación tecnológica contemporánea contempla al medio ambiente, la ecología y la sostenibilidad como preocupaciones principales, siendo la construcción uno de los sectores más implicados. *"La Biomímesis presenta una era basada no en lo que podemos extraer de los organismos y sus ecosistemas, sino en lo que podemos aprender de ellos."* (Benyus, 2012).

Diseñar estructuras o estrategias ambientales inspiradas en la naturaleza, implica un proceso de **investigación biológica**, una secuencia metodológica para hallar en la Naturaleza patrones de diseño estructural y de adaptación al medio, sin caer en una **"copia o analogía formal"** de los referentes biomiméticos. Sobre ello se hace hincapié en las clases teóricas y actividades específicas del esquiocio, destacando que la mirada hacia la naturaleza no sólo involucra las características formales, sino que apunta a conocer y comprender sus **"principios o estrategias"**, con ejemplos de aplicación en **procesos, productos, sistemas, materiales y en la arquitectura**.

Considerando el objeto construido en su vida de uso, podemos hallar relaciones con los siguientes **Principios Básicos de la Naturaleza**:

- **optimización y eficiencia** del comportamiento estructural para cubrir grandes luces y economía en el uso de materiales.
- **ahorro de energía y reutilización o reciclaje** de materiales como comportamiento sostenible propio de los seres vivos.
- **adaptabilidad** (mecanismos de crecimiento/modulación), **dinamismo** y **multifuncionalidad**, que responde a cambios de necesidades en el tiempo.

A tal fin, el esquiocio implica las siguientes instancias:

1º parte – Observación y Caracterización de elementos de la Naturaleza (Fase de Investigación Biológica): Los alumnos deben observar elementos de la Naturaleza desde múltiples escalas (macro y microscópica), investigar sus características, propiedades constitutivas, su estructura, función y estrategias de adaptación, indicando mediante bocetos o esquemas, lo que los sorprenda del elemento. Se induce al alumno a formularse preguntas sobre el diseño de la estructura natural.

2º parte – Identificación de la tipología estructural (Fase de Interpretación y Abstracción): Implica abstraer la tipología estructural arquitectónica, que se asemeja a esa estructura natural, de acuerdo a lo aprendido en la etapa de análisis (sistemas de forma, vector y masa activa según Engel, 2001) y discutir lo realizado, determinando los esfuerzos a los que trabaja según su mecanismo de transmisión de cargas, como así también los procesos a través de los cuales interactúa con las condiciones climáticas del medio de implantación. Se establecen las conexiones entre el elemento natural y sus posibles aplicaciones al diseño arquitectónico – estructural.

3º parte – Aplicación. Desarrollo de Maquetas de Ideas Generadoras (Fase Intuitiva): Se desarrollan intuitivamente ideas generadoras a nivel de maqueta de estudio "estructural" en escala, inspiradas en algunas de las estructuras naturales estudiadas (Fig. 1). Se analizan sus proporciones, dimensiones y relaciones de equilibrio, como así también los materiales más adecuados para resolverla, experimentando el comportamiento estructural, según las tipologías identificadas y generando diferentes configuraciones espaciales, en las que los alumnos aplican operaciones de simetría (rotación, traslación, reflexión, transformación escalar) aprendidas en la asignatura Morfología I o relaciones geométrico – matemáticas (sección aurea, fractales, tramas regulares o irregulares). Las propuestas pueden ser creadas con una sola referencia natural o como combinación de varias, en cuyo caso el resultado es mucho más rico.

4º Parte – Articulación Inter-cátedras (Fase de Verificación): En distintas oportunidades se ha propiciado la articulación Inter – Cátedras e Inter – Áreas, contando con la participación especial de los arquitectos Guillermo Jacobo (Cátedra Estructuras II) y Daniel Vedoya (Cátedra Estructuras III) como profesores invitados, con una amplia trayectoria en la temática estructural (Boutet et al., 2011).

Particularmente, en los ciclos lectivos 2015 y 2017 se realizó la articulación con la cátedra **“Introducción a las Estructuras”** del nivel de segundo año, a cargo del Ing. Héctor Cóceres. La misma consistió en el dictado de una clase teórica con contenidos específicos de diseño estructural y la participación activa de los docentes en el *Esquicio de Ideas Generadoras*, que brindaron su apoyo técnico trabajando conjuntamente en el Taller para verificar la pertinencia de los diseños logrados (Fig.2). La experiencia culmina con una muestra de los resultados a cargo de los alumnos, recibiendo una crítica constructiva.



Fig. 1. Proceso de Esquicio en Taller.



Fig. 2 Actividad de articulación inter-cátedras en el Taller.

RESULTADOS

Se muestran a continuación los resultados más interesantes del período 2014 – 2017, desde el punto de vista de la aplicación de los conceptos abordados, incluyendo las descripciones textuales realizadas por los alumnos, que demuestran la interpretación de los contenidos aprendidos.

“Diseño Estructural Intuitivo de un Pabellón Universitario Polivalente” - Ciclo 2014. Se programó para albergar actividades varias que aporten un ambiente inspirador para los estudiantes de la FAU – UNNE, en el campus universitario de Resistencia, en un terreno de 970 m². Debía tener características

de flexibilidad, adaptabilidad y creatividad, logradas a partir del diseño de su sistema estructural, que favorezca al uso múltiple del espacio, con una superficie cubierta interior de 500 m².



Fig. 3. Pabellón Universitario Polivalente. Trabajo de las alumnas Flores M., García A., Geslao M. y Halbestadt, N.

Descripción de las alumnas Flores, María José; García, Aymar; Geslao, Magalí; Halbestadt, Nerea: “Tomamos como referente biomimético, el “**gusano de seda**”, cuyo capullo está compuesto por un único filamento de seda de aproximadamente 1 km de longitud que envuelve a una primera estructura formada por el mismo filamento pero con una composición más sólida (Fig.3). Basándonos en dicho proceso natural, distinguimos tres componentes: **Estructura principal** de arcos de acero tubular para soportar esfuerzos de compresión (forma activa). Generan la forma orgánica del pabellón; **Membrana exterior** de mimbre, por su alta resistencia a la tensión, para recrear los hilos del capullo, creando distintos entramados que generan efectos lumínicos; **Membrana interior** de ETFE, plástica, transparente, que resuelve la impermeabilización y la aislación térmica del pabellón y permite que a través de la iluminación artificial se pueda cambiar su color o proyectar imágenes sobre su superficie.”

Proyecto de un “Hotel Boutique”, aplicando estrategias de Diseño Ambientalmente Consciente - Ciclo 2015. Se orientó a responder a una demanda de orden turístico o de esparcimiento, contribuyendo a la revalorización del paisaje natural. Se localizó en un terreno de aproximadamente una hectárea que linda con el “Parque Urbano de la Democracia y la Juventud” de Resistencia.

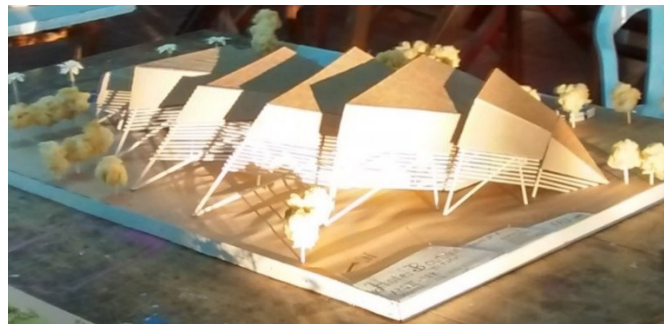


Fig. 4. Hotel Boutique. Trabajo de los alumnos Gueringuelli A., Franco, M.; Gutiérrez A. y Gómez D.

Descripción de los alumnos Gueringuelli, Andrea; Franco, Esperanza; Gutiérrez, Alejandro; Gómez, Daiana: “Tomamos como referente biomimético el “**árbol del quebracho colorado y su fruto**”. Del árbol, el conjunto que forman las ramas y su tronco y el resguardo de las flores. Del fruto, sus simples líneas de generación, aplicándose tanto a la resolución morfológica como estructural del hotel. Conformamos un módulo articulado que se repite por traslación y transformación escalar, siendo la envolvente continua en cubierta y fachadas. Ésta permite la ventilación e iluminación natural, ofreciendo un resguardo de la incidencia solar en la orientación norte, mediante parasoles que a su vez, se mimetizan con el entorno. Su estructura de soporte se conforma de un sistema de vigas reticuladas (vector activo) que internamente se refuerzan con tensores. Morfológicamente entre sus quiebres modulados, se formula en su planta una curva irregular siguiendo la ondulación del Río Negro.”

“Diseño Estructural Intuitivo de un Biblio-parque Juvenil” - Ciclo 2016. El área de intervención fue un terreno de 50 m x 107,5 m (5375 m²) en un área suburbana de Resistencia. El edificio se desarrolló con una superficie cubierta interior de 995 m² en dos niveles. Se orientó a la satisfacción de necesidades pedagógicas y recreativas de adolescentes y jóvenes de 14 a 24 años, pudiendo incluir actividades

abiertas a todas las edades. Se buscó la articulación de lo arquitectónico con lo urbano a escala barrial, concibiendo el **Parque Urbano** como un “filtro” de protección ambiental.

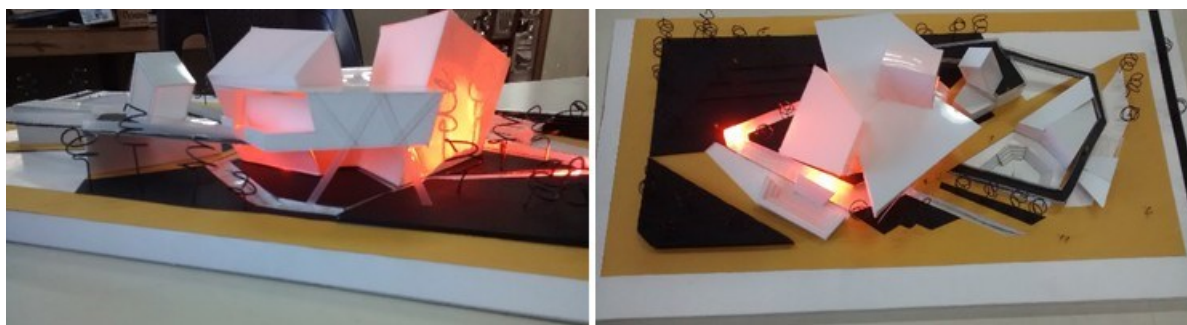


Fig. 5. Biblio-parque Juvenil. Trabajo de los alumnos Medina B., Ríos G., Vargas Vispo N.y Vignolles F.

Descripción de los alumnos Medina, Braian; Ríos, Germán; Vargas Vispo, Nicolás; Vignolles, Florencia: *“La idea generadora nace del estudio biomimético de diferentes elementos de la naturaleza: “la hormiga” en su distribución de cargas, peso y contrapeso; “la mariposa”, desde su estructura interna de vector activo; y “el diamante”, por su composición de ángulos, pendientes y respectiva definición de la forma exterior. Se utilizó concreto translúcido, que permite el paso de la luz y desarrolla características mecánicas superiores a las del concreto tradicional, además de otros materiales ecológicos que contribuyen al ahorro energético y reducción de emisiones al medio ambiente.”* Este proyecto resultó entre los cinco seleccionados en la instancia final del Congreso Arquisur 2017 (Fig. 5).

Refuncionalización y diseño integral de un edificio existente para el “Museo de la Ciudad de Fontana”, y su vinculación con el Paseo Religioso de la Laguna Fortini - Ciclo 2017. Este ejercicio se encuadró en un **Acuerdo Específico de Trabajo** suscripto entre la FAU - UNNE, la Asociación Civil “Memorias de Nuestro Pueblo” y la Municipalidad de Fontana. Consistió en la refuncionalización y diseño integral del edificio existente (Chalet, ex vivienda de los Directivos de la Fábrica de Tanino), adecuándolo a la nueva función de “Museo de la Ciudad”, respetando y conservando las características de su estilo constructivo original y proponiendo nuevos espacios interiores y exteriores. Los resultados se transfirieron a la Asociación y al Municipio como documento de base para generar futuros proyectos, gestión de financiamientos, trabajos de investigación, publicación y/o difusión.



Figura 6. Museo de la Ciudad de Fontana. Trabajo de los alumnos Ortiz E., Onchyniuk G., Pinto, C. y Premat, A.

Descripción de los alumnos Ortiz, Erika; Onchyniuk, Gastón; Pinto, Cinthya y Premat, Adriana: *“La idea generadora surge a partir del “contexto histórico y paisajístico” de Fontana, las ruinas preexistentes de las fábricas con la chimenea característica y el predominio de un material simple y tradicional como es el ladrillo, cuya materia prima se extrae del lugar. Para generar el aspecto de ruinas, dispusimos cubiertas de diferentes pendientes y alturas. Dicha configuración también está programada contemplando estrategias de ventilación natural cruzada y por “efecto chimenea”, y estrategias de iluminación natural tratada en función de la preservación y contemplación de los objetos expuestos. Se generó un espacio de transición con envolvente vidriada, que preserva las características del chalet existente y conecta las salas de exposiciones (Fig. 6).”*

Participación en la Convocatoria al Premio Aroztegui – Arquisur 2016 y 2017. Los excelentes resultados obtenidos nos permitieron participar en la Convocatoria 2016 al Premio Aroztegui del XX Congreso ARQUISUR Habitat Sustentable (Universidad del Bío-Bío, Concepción, Chile), con dos trabajos sobre el tema “Proyecto de Hotel Boutique aplicando estrategias de Diseño Ambientalmente Consciente (DAC)”, y en la Convocatoria 2017 del XXI Congreso ARQUISUR “El saber proyectual. Sus lógicas, procesos y estrategias” (Universidad Nacional de San Juan, San Juan), con un trabajo sobre

el tema “*Diseño Estructural Intuitivo de un Biblio – parque juvenil*”. Si bien no se logró ganar el premio, constituyó un incentivo para los dos primeros grupos el haber resultado pre-seleccionados en la instancia local por la comisión evaluadora de la FAU – UNNE en su Categoría (niveles de 2° y 3° año) en el año 2016 (Fig. 7), como así también para el segundo grupo el haber resultado seleccionado entre los cinco mejores en la instancia final del concurso en el año 2017 (Fig. 5).



Fig.7. Proyecto Hotel Boutique. Trabajo de los alumnos Romero E., Sena G., Sosa A. y Vignolles J.

Comentan los autores de uno de los trabajos presentados en la convocatoria 2016 (Fig. 7.): “Nos basamos en la morfología y la irregularidad de los minerales, específicamente del “*tulio*”. Dicho referente biomimético se plasmó mediante una estructura reticulada (vector activo), que permite una resolución espacial irregular y asimétrica. Esta lógica de diseño, favoreció una organización libre de los locales y las aberturas respondiendo a los factores climáticos y adaptándose a la topografía del terreno.”

Resultados de las Encuestas. Se puntualizan los principales resultados de la encuesta realizada el 7/12/2016, día de la entrega final de dicho ciclo lectivo, a una muestra de 80 grupos de 3 a 4 alumnos, por ser ésta la de mayor tamaño. Se destaca una muy buena apreciación de los contenidos brindados en las clases y la metodología de trabajo en los ejercicios N° 2 y N° 3. Como se muestra en los gráficos (Fig.8), la incorporación del “DAC”, el “DEI” y la “Biomimética” ha recibido una alta calificación, acentuándose en esta última con 40% Muy Buena y 32,50% Excelente, como así también la estimulación de la “*creatividad*” (41% Muy Buena; 27,50% Excelente) y las actividades de la “*etapa de diseño*” (esquicio de ideas generadoras - exposiciones).

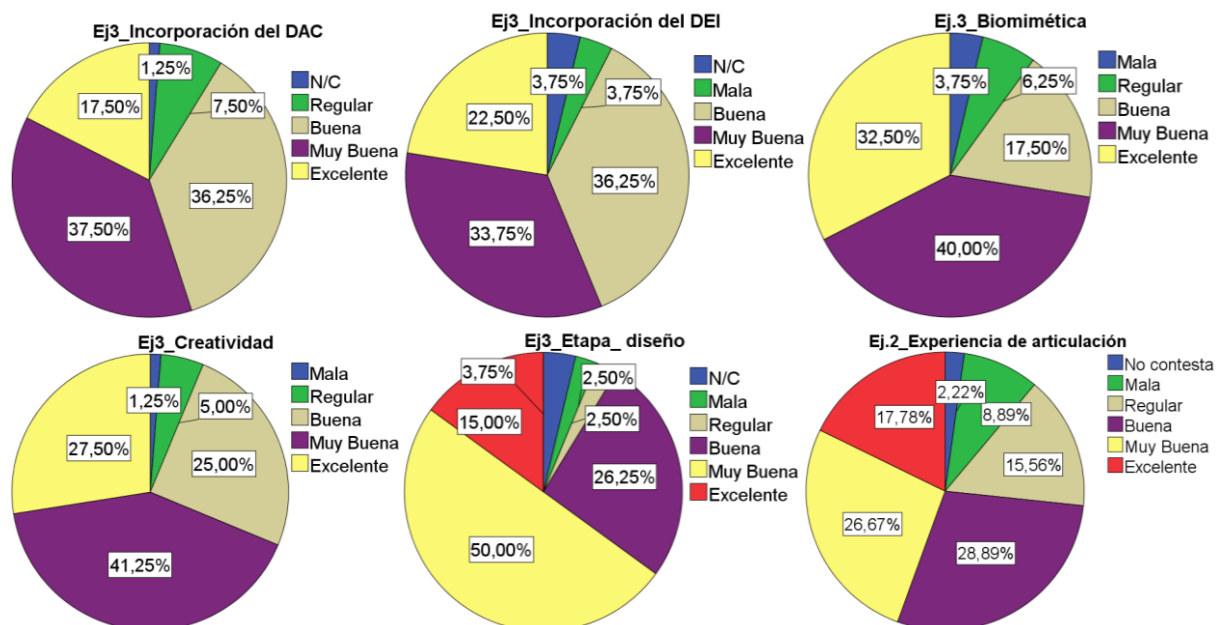


Fig. 8. Principales resultados de encuestas realizadas a alumnos de la asignatura.

La valoración sobre la recuperación de conocimientos de otras materias fue 38,75% Muy Buena, 30% Buena y 18,75% Excelente, siendo Regular en un porcentaje inferior (11,25%), aunque esto nos alerta sobre la necesidad afianzar aún más la articulación inter-cátedras. El 70% considera que podrá aplicar “Mucho” de lo aprendido en el siguiente año de Taller o en otras materias y el 60% manifiesta que ha logrado un pensamiento crítico y reflexivo en el diseño proyectual en “Muy Buena” medida. Respecto a la actividad de articulación con “Introducción a las Estructuras”, se dispone del resultado de la encuesta

2015, a una muestra de 45 grupos. La misma obtuvo una calificación Buena en un 28%, Muy Buena en un 26% y Excelente en un 17,78 %. Un mínimo porcentaje la califica como Regular, lo cual se estima sucedió porque el número de docentes no fue suficiente para atender a la totalidad del curso.

Por otra parte existen opiniones contradictorias respecto a la complejidad de los requisitos de cada ejercicio y los tiempos de desarrollo, que se relacionan con cuestiones operativas y académicas externas (paros docentes, falta de disponibilidad de aulas para el dictado de clases teóricas teniendo que comprimir muchos contenidos en una sola clase) o con la integración del grupo de trabajo.

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La valoración de las actividades desarrolladas, contrastada con las encuestas efectuadas a los alumnos al finalizar cada ciclo lectivo, permite calificar la propuesta de innovación pedagógica como altamente satisfactoria. A continuación se discuten los principales hallazgos en función de las dimensiones mencionadas en los objetivos:

a. Desarrollo de la Creatividad y la Motivación. La propuesta pedagógica resultó innovadora por la manera alternativa de realizar el proceso conceptual de diseño. El esbozo de **idea generadora aplicando biomimética**, permitió a los alumnos vencer el “salto al vacío”, con mayor libertad de expresión al haber estudiado tipologías estructurales no tradicionales y estrategias de DAC, lo que posteriormente se vio reflejado en la calidad, originalidad y nivel de resolución de las propuestas de diseño. Como lo expresan en las encuestas, resultó novedoso para ellos, *“poder encontrar en los principios naturales una fuente de soluciones innovadoras para la arquitectura, no solo en lo que respecta a la relación de la estructura de los seres vivos con la estructura de un edificio, sino también, a la relación de la piel o exoesqueleto de los seres vivos, con la envolvente del edificio, para su adaptación a las condiciones del clima bajo criterios de eficiencia energética”*. Esto demuestra la importancia de movilizar saberes provenientes de todas las ciencias, brindar ejemplos que generen nuevas interpretaciones, impulsando al alumno a que construya y sintetice información, encuentre conexiones interdisciplinarias entre ideas, se enfrente a obstáculos, busque recursos y resuelva los retos que se le presentan hasta lograr una producción concreta como síntesis de todo lo aprendido.

b. Metodología de diseño con mayor sustento científico. Mediante las actividades planteadas se logró que los alumnos se familiaricen con la **investigación científica**, dado que las soluciones inspiradas en la Naturaleza y su transposición a la arquitectura, sólo se encuentran mediante una postura más crítica y comprometida, atravesando un proceso de indagación de fuentes válidas de información. Esto favorece su capacidad de **“aprender a aprender”**, en un proceso de **reflexión – acción, sistemático, ordenado y guiado**. El desarrollo de maquetas, permitió una aproximación a la realidad constructiva, y según el caso, se pudo observar y experimentar con el individuo natural, descubriendo nuevas soluciones con múltiples aplicaciones. Por otra parte, cuando algunos principios biológicos son complejos por combinar varios factores, se presentan dificultades para traducirlos a la arquitectura, lo que termina generalmente en una simplificación. Por ello, se hace necesaria la colaboración interdisciplinaria entre la tecnología y la biología, planteándose una nueva línea de acción.

c. Acercamiento a la práctica profesional. Encuadrándonos en el perfil específico de la Unidad Pedagógica “B”, “Problemática del Hábitat en la Región N.E.A.”, partimos de demandas locales que los alumnos resuelven en los ejercicios prácticos, a modo de “simulación del ejercicio profesional”. Sin embargo, los temas desarrollados en los ciclos lectivos 2016 y 2017 implicaron un mayor **compromiso social** al establecerse el **contacto con clientes reales**, por ejemplo, **equipamientos públicos comunitarios** para revitalizar un área urbana determinada, a **escala barrial**. El ejemplo más concreto fue el ejercicio ejecutado en el marco del **Acuerdo de Trabajo** suscripto con el municipio de Fontana, cuya transferencia se concretó en una muestra realizada en el Taller al finalizar el ciclo lectivo 2017, con la presencia de los representantes de la asociación civil. Destacaron la motivación, el entusiasmo y la pasión con que los alumnos exponían sus propuestas, además del dominio de los conceptos técnicos relacionados a la actividad del Museo y con un plus dado por la aplicación de criterios de diseño estructural intuitivo y ambientalmente consciente. En la resolución de problemas como los que enfrentamos los profesionales, los conocimientos científicos cumplen un papel fundamental.

d. Articulación inter-cátedras e inter-áreas. Las experiencias de vinculación Inter-Cátedras e Inter-Áreas en vertical y horizontal, entre las que se destaca la realizada con “Introducción a las Estructuras” en los ciclos 2015 y 2017, permitieron desarrollar una visión interdisciplinaria en el abordaje y resolución de los problemas propios de la práctica profesional. Su principal aporte fue motivar a los alumnos a estructurar conceptualmente los temas desarrollados, identificando relaciones con temas precedentes y posteriores, tanto de la misma asignatura como de materias del mismo u otro nivel de la carrera,

estimulándolos a que consulten particularmente a los docentes de las materias técnicas y los reconozcan como expertos que pueden clarificar dudas. Se comprueba que el Taller debe nutrir a las asignaturas técnicas y humanísticas de temas para sus propios trabajos prácticos que los alumnos reconocerán como válidos y propios de su proceso de aprendizaje (Virili J., 2008).

Durante el proceso de revisión de **contenidos mínimos de las asignaturas de taller** a partir de la implementación del **Reglamento de los Talleres de Arquitectura**, se han organizado los contenidos según criterios o categorías, establecidos en tríadas por nivel, de los cuales los siguientes se hallan directamente relacionados a la propuesta pedagógica implementada en Arquitectura II – U.P. “B”:

Materialidad/Tecnología/Producción: *Lógica de las envolventes; Diversidad de la materialidad en diferentes contextos productivos; Relación propuesta tecnológica – ambiente; Aproximación al conocimiento de los sistemas constructivos estructurales, de acondicionamiento e instalaciones básicas.* En reuniones de coordinación del Área del Diseño en las que participaron representantes de las unidades pedagógicas A, B y C, se identificaron puntos críticos respecto a esta tríada: *“los contenidos propuestos no se resuelven en las materias tecnológicas de primer año, lo que obligaría a una revisión del enfoque de dichas asignaturas [..]”*.² Se verifica entonces, que los ejes temáticos abordados por Arquitectura II – U.P. “B”, se encuadran en los contenidos prioritarios del nivel de segundo año. Desde el año 2006 se ha realizado un esfuerzo adicional para afianzar dichos criterios en el bagaje de conocimientos previos del alumno, esfuerzo que en los últimos años fue aún mayor, por lo que es fundamental la colaboración de las materias técnicas correlativas.

Teorías/Conceptos/modelos-paradigmas: *Las teorías y conceptos deben ser un elemento aplicado al proceso de proyecto y a la construcción de una concepción arquitectónica sólida.* La manera en que se han desarrollado los ejes temáticos vertebradores de la asignatura (DAC y DEI) plantea una nueva mirada en lo que respecta al abordaje del proceso de diseño, pues aplicando **biomimética como factor común de diseño**, se aprenden al mismo tiempo, los **conceptos disciplinares tecnológicos y ambientales**, lo cual no solo tiene implicancias en el desarrollo del conjunto de operaciones cognitivas sino también en los aspectos actitudinales, al incrementar el entusiasmo del alumno para emprender las tareas de diseño, desarrollando habilidades necesarias para su futuro desempeño profesional. La cuestión no es el resultado, sino lo que los alumnos aprenden para llegar a un resultado. Mediante esta estrategia didáctica los alumnos **aprenden haciendo** (Schön, 1992).

PUNTOS CRÍTICOS Y NUEVAS LÍNEAS DE ACCIÓN

Como se detalló precedentemente, la propuesta pedagógica descrita ha resultado exitosa en la mayoría de los casos. No obstante ello, para que esto suceda, se requieren ciertas condiciones:

- Suficiente tiempo de maduración de cada etapa del ejercicio para aprehender los contenidos brindados.
- Seguimiento sostenido del docente facilitador, para reconocer la particularidad de cada propuesta y encausar las tareas hacia la correcta interpretación de los conceptos abordados. En ello influye la relación docente – alumno, que pasó de 1/27 a 1/44 en ciclo lectivo 2018, por lo que no fue posible implementar la experiencia en su totalidad este año.
- Predisposición de los alumnos y docentes para adherir al enfoque biomimético, que requiere capacitación específica para su implementación metodológica y aplicación práctica.

Habiendo puesto a prueba la estrategia didáctica, identificando fortalezas y puntos críticos, se proponen nuevas líneas de acción, que se sintetizan en las siguientes:

- **Indagar sobre la pertinencia de integración vertical** de la propuesta de innovación pedagógica a los niveles de primer año (Arquitectura I) y tercer año (Arquitectura III), en función de sus respectivos contenidos y aspectos metodológicos, en el marco del perfil epistemológico del Taller Vertical “B”.
- **Afianzar la articulación con las materias técnicas y teóricas del nivel de segundo año**, además de Introducción a las Estructuras, con Teoría del Diseño I, Historia y Crítica II, Instalaciones I y Morfología I. También sería importante la articulación con Ciencias Básicas de primer año, por su vinculación con la temática, en lo que respecta al razonamiento numérico, geométrico y leyes físicas.
- **Desarrollar bases de datos que simplifiquen la traducción de los principios de la naturaleza** a las soluciones arquitectónicas. La cantidad y calidad de la información en la fase de investigación biomimética afecta a los resultados. Debe ser accesible y fácil de comprender para poder definir un

² Informe del nivel de las cátedras de Taller de segundo año, suscripto por los Profesores Responsables de cada unidad pedagógica. (2018)

principio biológico, por lo que sería interesante la **colaboración de biólogos o especialistas en zoología y botánica.**

REFLEXIONES FINALES

Los ejes temáticos implementados constituyeron un desafío para los alumnos del nivel de segundo año, que los condujo a dejar de lado la actitud pasiva de receptores de datos. La diversificación de la tarea en el Taller, **como espacio de exploración creativa y científica y de desenvolvimiento de la conciencia crítica**, motiva la participación de los estudiantes, para investigar, indagar, crear, diseñar, practicando una variedad de habilidades y disposiciones para el aprendizaje (iniciativa propia, persistencia y autonomía). En definitiva, debemos continuar replanteándonos la organización del proceso de enseñanza – aprendizaje vinculado a los enfoques teóricos, científicos y técnicos de las distintas disciplinas (interdisciplinariedad y transdisciplinariedad), en el abordaje y resolución de problemas de diseño proyectual, participando en distintos tipos de **investigación – acción y reflexión** sobre la propia labor, creando el ámbito propicio para que los estudiantes y futuros arquitectos puedan aplicar las habilidades adquiridas a una variedad de contextos (aprendizaje significativo), como los que se les pueden presentar en la vida profesional. La riqueza conceptual de los resultados demuestra que, cuando existe un aporte comprometido, basado en el conocimiento científico, la solución tiene un valor agregado, que orienta las formas de pensamiento y el quehacer con relación a las múltiples variables del hecho arquitectónico. En este sentido, **la biomimética como herramienta de investigación en diseño, ofrece un campo infinito de posibilidades.**

AGRADECIMIENTOS

Deseo expresar mi más sincero agradecimiento al Mgter. Arq. Juan Carlos Virili, Profesor Responsable de Arquitectura II – U.P. “B” y a los integrantes del equipo docente de la asignatura con quienes hemos construido y enriquecido la propuesta pedagógica durante más de 12 años, por depositar en mí su confianza para la implementación de estrategias innovadoras como transferencia de mi formación de posgrado. A los alumnos y exalumnos por habernos elegido y por ser partícipes de dichas iniciativas, enriqueciendo nuestra formación docente universitaria.

BIBLIOGRAFÍA

- ARAUJO, S. (2006). Docencia y enseñanza. Una introducción a la didáctica. Buenos Aires: Universidad Nacional de Quilmes. Cap. 2.
- BENYUS, Janine M. (2012): BIOMIMESIS. Cómo la ciencia innova inspirándose en la naturaleza - Barcelona (España): Tusquets Editores S.A.
- BOUTET M. L. y VIRILI, J. C. (2011), Diseño Estructural Intuitivo, Una Estrategia Didáctica Innovadora en el Taller de Arquitectura. Libro del IV Creta Congreso Regional de Tecnología en la Arquitectura. ISBN N° 978-987-25052-5-7, Edición FAU – UNNE, Resistencia, Chaco.
- BOUTET, M. L.; VIRILI, J. C.; JACOBO, G. J.; VEDOYA, E. D. (2011) Diseño Estructural Intuitivo. Innovación Pedagógica de la Cátedra Arquitectura II Taller Vertical “B” de la FAU – UNNE.”, II Jornadas de Estructuras en Arquitectura 2011. FAU – UNLP, La Plata, Buenos Aires (Argentina).
- BOUTET M. L. Y VIRILI, J. C. (2014). “Diseño Ambientalmente Consciente (DAC), Hacia una Arquitectura Sustentable para el Hombre y la Sociedad. Innovación Pedagógica Implementada en la Cátedra Arquitectura II – UPB”. Revista ADNea (Arquitectura y Diseño del Nordeste Argentino), vol. 2 n° 2, pp 47 - 58, Secretaría de investigación FAU, ISSN: 2347–064X, Resistencia, Chaco.
- BOUTET M. L. y VIRILI, J. C. (2015) “Biomimética, Un Camino al Diseño Estructural Intuitivo y Ambientalmente Consciente”. Libro del VII Creta - Congreso Regional de Tecnología de la Arquitectura, Pp. 379 – 388, ISBN N° 978-987-29907-4-9, Junio de 2015, FAU – UNNE.
- BURGOS, C. (2013) La Condición Cognitiva Esencial del Diseño Arquitectónico. Morfología y Dinámica del Proceso y la Acción Proyectual. ADNea Revista de Arquitectura y Diseño del nordeste argentino- Vol 1 N.º 1- (Diciembre 2013) Pp. 53-62 -ISSN 2347- 064X.
- CATALANO, E. (1996) La Constante. Diálogos sobre estructura y espacio en Arquitectura. Buenos Aires (Argentina) Cambridge Architectural Press, EE. UU. Editorial Universitaria de Bs. As. S.E.M..
- CZAJKOWSKI, J. y GÓMEZ, A. (2007) Arquitectura sustentable. Buenos Aires (Argentina). Ed. Clarín.
- DAY C. (2005). Formar docentes. Cómo, cuándo y en qué condiciones aprende el profesorado. Narcea. Madrid.
- ENGEL, H. (2001) Sistemas de Estructuras., Barcelona (España) Editorial Gili, SA.
- SALVADORI, M. Y HELLER, R. (1987) Estructuras para Arquitectos. Bs. As.(Argentina) Editorial CP67.
- SCHON, D. (1992). La formación de profesionales reflexivos. “Hacia un nuevo diseño de la enseñanza y el aprendizaje en las profesiones.” España: Paidós. Pp. 17-51.

VIRILI, J. C. (2008) La gestión del conocimiento como modelo formativo para la enseñanza en el área de las ciencias del diseño (talleres de arquitectura) de la facultad de Arquitectura de la UNNE. Seminario Gestión del Conocimiento, Dr. Pérez Lindo, Doctorado en Filosofía, FH-UNNE, Rcia.