

artículos y ensayos científicos

sección





Arquitectura como sistema complejo

Javier Adolfo **López Terrazas**

Universidad Mayor de San Simón • Cochabamba • Bolivia
jadlope@gmail.com

Resumen

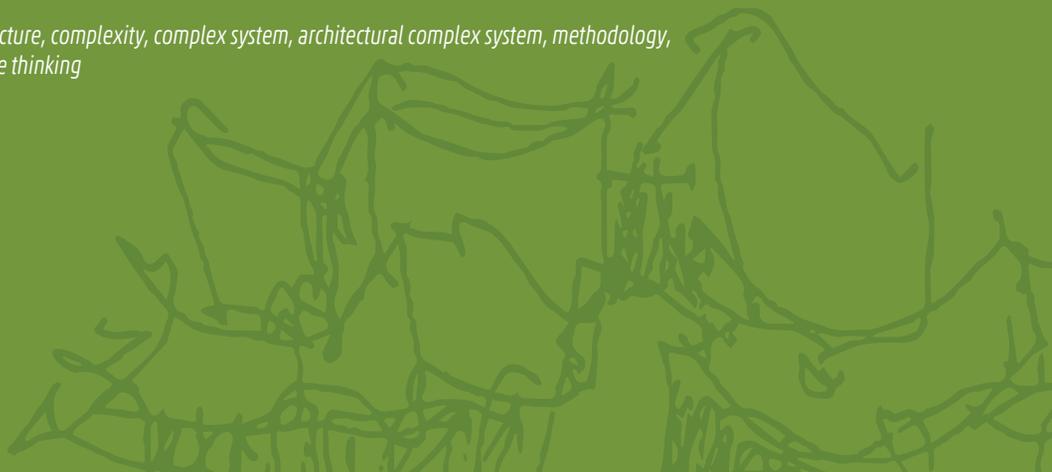
Este artículo es una contribución a la propuesta de Innovación Curricular a nivel de Rediseño de la Carrera de Arquitectura (2019) en la Facultad de Arquitectura y Ciencias del Hábitat (UMSS). El sustento epistemológico asumido en el documento propone como objeto de estudio de la carrera, el espacio arquitectónico como sistema complejo (manera de pensar); sin embargo, en el desarrollo no establece un modelo de sistema complejo arquitectónico y, menos aún, una metodología compleja de diseño arquitectónico (manera de hacer), entendiendo que el diseño es el pilar fundamental en la formación del arquitecto. Por lo tanto, el trabajo discurre sobre los conceptos de complejidad, pensamiento complejo y sistema complejo, para plantear un modelo de arquitectura como sistema complejo. Finalmente, el escrito propone cuatro elementos conductores para la construcción de una metodología de diseño a partir del modelo formulado.

Palabras clave: *Arquitectura, complejidad, sistema complejo, sistema complejo arquitectónico, metodología, pensamiento crítico y creativo*

Abstract

This article is a contribution for the Curricular Innovation proposal at a Redesign level at the Architecture's Career (2019) in the Faculty of Architecture and Habitat Sciences (UMSS). The epistemological support assumed in this document proposes as an object of study the complex architectural system (way of thinking); however, in the development it does not establish a model of a complex architectural system and, even less, a complex methodology of architectural design (way of doing). Understanding that design is the fundamental pillar in the formation of the architect, therefore, this work takes the concepts of complexity, complex thinking and complex system, to propose a model of architecture as a complex system. Finally, the paper proposes four driving elements for the construction of a design methodology based on the formulated model.

Keywords: *Architecture, complexity, complex system, architectural complex system, methodology, critical and creative thinking*



Introducción

En el año 2016, la Carrera de Arquitectura en la Facultad de Arquitectura y Ciencias del Hábitat (FAyCH) de la Universidad Mayor de San Simón (Cochabamba, Bolivia), inició un proceso denominado "Renovación Curricular" que tuvo como resultado un informe final de consultoría presentado en diciembre del 2017. Este proceso fue complementado con nuevas actividades orientadas a ajustar y complementar la información obtenida y, además, tomando como referencia los objetivos de gestión de las nuevas autoridades (gestión 2017-2020). Por último, el proyecto de Innovación Curricular a nivel de Rediseño fue aprobado como certifica el Informe Técnico DPA 02/2019 del 23 de diciembre de 2019, ratificado por el Acuerdo del Comité Académico 02/2020 y refrendado en sesión del Honorable Consejo Universitario de fecha 23/01/2020.

La propuesta está basada en el Modelo Académico del Sistema de la Universidad Boliviana 2015-2019, en el Modelo Educativo 2014 de la Universidad Mayor de San Simón y en las directrices generales emitidas por la Facultad de Arquitectura y Ciencias del Hábitat. De igual manera, siguió las orientaciones del Reglamento de Innovación Curricular del Sistema de la Universidad Boliviana (CEUB, 2014), en su Artículo 1° define lo siguiente: La innovación curricular es un proceso de transformación del Currículo, que comprende los niveles de Rediseño, Ajuste o Complementación curricular, modifica de fondo y/o de forma el currículo de un Programa o Carrera Académica vigente, con la premisa de mejorar sustantivamente las condiciones presentes del mismo, para el cumplimiento más eficiente de los objetivos y optimizando la pertinencia de su perfil profesional (p. 483).

Asimismo, la propuesta curricular, actualmente vigente, en el acápite de las bases epistemológicas de la enseñanza-aprendizaje de la arquitectura, establece que: No es posible reflexionar sobre una epistemología de la enseñanza-aprendizaje de la arquitectura, sino se define previamente el carácter multidimensional de la práctica de la disciplina y del proyecto arquitectónico. Por lo que, el documento indica que es necesario fijar: Primero, cómo se posiciona el arquitecto en su propio contexto, cómo define sus roles, cuál es su formación, su inserción social y cuál es su manera de entender su práctica social. Y, segundo, volcar la mirada al proyecto y establecer, en relación al destinatario, las características sociales, económicas, culturales y tecnológicas, a atender, así como el respectivo marco político-institucional. Entonces, el arquitecto, toma decisiones proyectuales para producir espacios físicos habitables desde un horizonte, una episteme (FAyCH, 2020, p. 97).

De este modo, la propuesta, acertadamente, menciona que el campo del ejercicio del diseño debe estar centrado en la construcción del hábitat humano y debe orientarse a la práctica del proceso de diseño, no solo como una "manera de hacer", sino también y fundamentalmente, como una "manera de pensar". Además y con respecto al fundamento en la propuesta de Innovación Curricular, las bases epistemológicas de la enseñanza-aprendizaje de la arquitectura sustentada en varios autores, indica que: a) Es necesario construir una postura epistemológica en el estudiante; b) Existe diferencia entre epistemología científica (genera conocimiento y explica los fenómenos sociales y naturales) y epistemología arquitectónica (genera conocimiento e interviene en la realidad a través de la arquitectura) y; c) La enseñanza-aprendizaje debe basarse en la didáctica del proceso de diseño arquitectónico y asumir una visión compleja. Y, con relación al espacio arquitectónico, el documento, específica que éste es el resultado y condición de las relaciones entre elementos físicos (ya sean de orden natural o construido) y prácticas sociales (individuales o colectivas); estas relaciones estarían mediadas por las variables de forma, función, tecnología y significado -aunque este último, se concibe que es transversal a los tres anteriores-.

Finalmente, el documento afirma de manera concreta que el objeto de estudio de la Carrera de Arquitectura es el espacio arquitectónico-urbano como un sistema complejo que articula y relaciona: la

naturaleza (como condición y soporte no solo de los seres humanos, sino de la vida en general), el medio transformado (como soporte material tecno-constructivo de toda existencia social), los procesos sociales (y prácticas sobre determinados recortes territoriales) y los imaginarios (percepciones humanas).

En síntesis, la perspectiva epistemológica, contiene implícitamente dos connotaciones para sustentar la Innovación Curricular: La primera, la consideración de la arquitectura como sistema complejo (manera de pensar) y, segundo, relacionado con el anterior, la concepción del espacio arquitectónico a partir de una metodología compleja de diseño arquitectónico (manera de hacer), relacionando los componentes: la naturaleza, el medio transformado, los procesos sociales y los imaginarios. Sin embargo, el contenido de la propuesta no desarrolla estas dos líneas epistemológicas claves para transformación curricular, por lo que, es una tarea pendiente en la construcción de un nuevo orden académico de enseñanza-aprendizaje en la carrera.

Complejidad en el hábitat construido

La historiografía y crítica de la arquitectura contemporánea, expresa, cada vez con mayor frecuencia, la incidencia de "complejidad" en las actividades humanas, en la ciudad (urbanismo) y en la arquitectura.

Complejidad en las actividades humanas

Las dos primeras décadas del siglo XXI están signadas por el cambio y la creciente diversidad en las actividades humanas, ilustra una complejización de funciones y relaciones en todas las esferas de la vida humana: la sociedad, la economía, las instituciones, la ciencia, la educación, los individuos, entre otros, se enfrentan cada vez más a problemas de complejidad creciente en escenarios de alta incertidumbre, conflicto y mayor dinamismo. Por un lado, Fritjof Capra (1998) y Humberto Maturana (2003) sostienen que estamos en un punto crucial que se ha pasado de un paradigma de relojería, donde todo estaba mecánicamente predeterminado, fijo y lineal, a uno mucho más abierto y flexible, holístico y ecológico, que exige una transformación fundamental del pensamiento, percepciones y valores. Y, por otro lado, Joost Kuitenbrouwer (1992), señala que los descubrimientos en la ciencia contemporánea, el surgimiento de nuevos paradigmas epistemológicos (filosóficos) y el avance desmedido de tecnologías y comunicaciones, etc., han revolucionado los viejos enfoques de la ciencia y el arte, estableciendo que ya no se puede pensar en la objetividad de los fenómenos, hechos y objetos, sino, exige nuevas estrategias de pensamiento, de conocimiento y de acción (interacción, retroacción, etc.). Es decir, la ciencia clásica, incluido la arquitectura, que se caracterizó por privilegiar el determinismo, la linealidad, el reduccionismo, la predicción, la causalidad y la conservación mecanicista, dogmática y esquemática; ha puesto su mirada a nuevos paradigmas, a procesos complejos sistémicos, dinámicos, no lineales y relacionales. La complejidad solo puede ser abordada a través de la sistémica y la transdisciplina donde convergen los conocimientos de diversos dominios disciplinarios, integrando sus respectivas metodologías.

En el campo académico y científico, las ciencias sociales y humanas atraviesan por un momento caracterizado por fuertes debates que reclaman nuevas y mejores estrategias de producción de conocimiento, indudablemente, esto implica la búsqueda de otros enfoques de pensamiento social como la complejidad y la transdisciplinariedad (Terán, 2014, p. 36-37).

En consecuencia, el reciente interés en el estudio de los sistemas complejos ha desarrollado conceptos y técnicas de modelamiento de "sistemas complejos naturales o vivos" (Fritjof Capra) y "sistemas complejos sociales" (Niklas Luhmann), que han permitido analizar fenómenos cuya naturaleza resultaba inabordable desde las perspectivas clásicas. Asimismo, dentro de la complejidad sistémica, también es considerado el concepto de redes complejas (pensar en red), que implica la posibilidad de tener en cuenta

un alto grado de relación, interconexión y configuración de los fenómenos, eventos y procesos, y establecer ámbitos de conocimiento sustentados en las diversas formas del conocimiento y la experiencia humana en sus múltiples articulaciones.

En suma, la referida complejidad en general y el pensamiento complejo ligado a la sistémica en particular, es un corpus teórico, aún hoy en pleno desarrollo, especialmente en lo que refiere a los sistemas complejos, que engloba un conjunto de teorías interrelacionadas: la teoría del caos, de las catástrofes, de los fractales, de las redes complejas y varias otras relacionadas al fenómeno de la autoorganización. De estas teorías, emergen y consolidan algunos conceptos clave en su caracterización, como ser: incertidumbre, caos, azar, indeterminismo, no-linealidad, autopoiesis, emergencia, autosemejanza, recursividad, etc. Por lo tanto, la complejidad en las actividades humanas implica un escenario con un alto grado de interdependencia entre los procesos y las relaciones de las dimensiones físicas, biológicas, psicológicas, sociales, culturales, económicas e institucionales (transdimensional) en múltiples escalas (transescalar). La realidad actual debe ser tratada a partir de estas características, o sea, buscando una integración de los conocimientos que permita la comprensión y la explicación conjunta de los fenómenos emergentes y críticos del hábitat construido.

Complejidad en las ciudades

La ciudad es la síntesis del proceso de construcción social sobre un territorio, espacio y tiempo determinado. En una relación dialéctica, la ciudad es objeto y sujeto, es parte y todo "donde el todo no es la suma de las partes", es interno y externo, es tiempo e historia de su complejidad. Para las arquitectas cubanas Eliana Cárdenas y Ángela Rojas (1992), "la ciudad es un fenómeno social resultado de múltiples contingencias: económicas, políticas, culturales, en las cuales las distintas generaciones se superponen y decantan históricamente" (p. 12). Las formas y espacios que la conforman son el resultado de las ideas y aspiraciones de cada sociedad. Todos los fenómenos surgen y se desarrollan en su interior donde el ser humano es el principal factor desencadenante.

En este sentido, la ciudad es un sistema complejo resultante de las contingencias políticas, económicas y culturales de cada agrupación social en un determinado espacio y que, por lo tanto, la configuración de sus espacios y formas físicas no puede ser un proceso exclusivamente técnico, político o económico de manera unidimensional y escalar, sino es, ante todo, transdimensional y transescalar. Además, es sistema complejo por sus equilibrios dinámicos, comportamientos aperiódicos y fenómenos de emergencia y autoorganización. Por lo que, su abordaje necesariamente debe ser sistémico y transdisciplinario para aproximarse a los problemas y formular estrategias de solución y desarrollo urbano.

Asimismo, los cambios suscitados en el ámbito filosófico y epistemológico están relacionados biunívocamente con la realidad de las actividades humanas como base de estudio del hábitat construido. Existe, innegablemente, una evolución paralela de la realidad urbana y las teorías o pensamiento al respecto. La realidad urbana, la práctica urbanística y las teorías del urbanismo, están interrelacionadas intrínsecamente, puesto que, las teorías no se desarrollan a partir de sí mismas, por evolución intelectual de la disciplina, sino en función del mundo real que interpretan y sobre el que actúan. El mundo real, a su vez, está en continua transformación, lo que incide en las ideas, volviéndolas regularmente obsoletas y obligando a reformular las teorías (Sánchez de Madariaga, 1999, p. 67).

Finalmente, desde el punto de vista de Carlos de Mattos (2004), el actual escenario de la ciudad es "emergente, extraordinariamente complejo y contradictorio, donde se ha afirmado, de manera inexorable, una dinámica económica en la que no parece haber lugar para las antiguas concepciones sobre planificación racional. [...] Cada intervención sobre estructuras sociales complejas tiene imprevisibles consecuencias" (p.

21). Para comprender una realidad compleja y multidimensional, como es la ciudad, parece útil adoptar alternativamente distintos puntos de vista, cada uno de los cuales proporcionaría una visión coherente, aunque incompleta, del objeto. Pero no puede limitarse el entendimiento de cada una de esas proyecciones parciales: para alcanzar una comprensión más profunda hace falta analizar el objeto desde varios puntos de vista que aportan información sobre él, y, después, tratar de establecer la coherencia entre ellos (Sánchez de Madariaga, 2008, p. 17).

Complejidad en la Arquitectura

En la última década del siglo XX e inicios del XXI y, al igual que en el urbanismo, se ha percibido en la arquitectura, un claro fenómeno de aproximación de esta disciplina a la ciencia de vanguardia, más específicamente, con la llamada complejidad y transdisciplina. Varios de los conceptos que caracterizan esta nueva visión pasaron a ser frecuentes en el discurso y en las formas de varios arquitectos a nivel internacional. La presencia de la complejidad se hace evidente con la apropiación de conceptos provenientes de la filosofía y la ciencia, situación que despertó la atención en dos cuestiones: Por una parte, la potencialidad y pertinencia en la aplicación de conceptos provenientes de la filosofía como interpretación diferente de la sociedad, la cultura y la historia y; por otra parte, la potencialidad y conveniencia de la aplicación de conceptos provenientes de la ciencia transdisciplinaria. Entonces, la producción arquitectónica de vanguardia intenta expresar un evidente énfasis en la representación formalista de los conceptos advenidos de la filosofía y la ciencia, con la intención de generar obras mediáticas singulares, valiéndose del potencial comunicativo y simbólico de la arquitectura.

Sin embargo y adelantado en el tiempo, en el año 1966, el arquitecto estadounidense Robert Venturi en su libro *Complejidad y Contradicción en la Arquitectura* (1980), ya definió dos ejes fundamentales para comprender la arquitectura contemporánea: la complejidad y las contradicciones, cada uno de ellas responde a una situación específica. Venturi planteó una arquitectura híbrida, confusa, irregular y equivocada, "esa es la verdad en su totalidad". Según el autor, el equilibrio debe crearse en lo opuesto justificado por el deseo de lo expuesto. Toda la arquitectura demuestra como la "contradicción" es la respuesta ante los problemas [de la arquitectura] y la "ambigüedad" como fuente de la complejidad y la contradicción. Para explicar su propuesta, Venturi propone tres nociones: a) El concepto "menos es más" toma en cuenta que el lado sencillo de las situaciones proviene de un complejo análisis de los problemas; b) El concepto de "lo uno y lo otro" (el origen de la contradicción), esto define la integración de elementos diferentes, algo con una misma identidad con doble significado, además, identifica como los objetos "puros" entre si forman la pureza de lo "complejo" y; c) El concepto de la "doble función", que caracteriza la unión de elementos contradictorios, crean un objeto con diferentes propósitos. En último lugar, para Venturi, existen dos tipos de contradicción en arquitectura, la contradicción adaptada y la contradicción yuxtapuesta, la primera se integra y concede sus elementos, mientras la segunda es impositiva, violenta y sin concesión mutua (p. 27-108).

En el año 1995, el arquitecto español Ignasi de Solà-Morales en su libro *Diferencias: Topografía de la arquitectura contemporánea* (2003), propone sobre el cómo debería plantearse la Crítica y la Teoría en la arquitectura: como algo no lineal, por la vía de lecturas cruzadas, fragmentarias, topográficas. Se trata, en definitiva, de retratar la arquitectura de la manera como se ha presentado en las últimas décadas, sin un beta-bloqueador que intente contener las diferentes posturas y realidades dentro de unos parámetros predefinidos. El gran desafío de esta postura no está en un lugar-espacio/tiempo delimitado que se había buscado en todo momento, y si en retratar ese lugar-espacio/tiempo no delimitado, pero sobre todo retratarlo dentro de su propia condición de desbordamiento, o sea, en sus extralímites (de Solà-Morales citado en Passaro, 2004, p. 9).

Entre los teóricos de la arquitectura, Ignasi de Solà-Morales constituye un caso insólito, cursó simultáneamente las carreras de Arquitectura y Filosofía, y a lo largo de su vida ejerció ambas disciplinas, convencido de que ambas eran complementarias y no la una suplementaria de la otra. Según Solà-Morales, la arquitectura evoluciona a remolque de las ideas, a las que da forma y, al hacerlo, las plasma y las modifica. Igualmente, nunca aceptó la simplicidad de los planteamientos al uso y consideró que, en lugar de defenestrar la Historia de la Arquitectura en aras de una renovación absoluta, el estudio de la historia y, principalmente, la historiografía arquitectónica podía ofrecer valiosas ocasiones de reflexión e incluso de guía; una postura cargada de sensatez, pero heterodoxa en aquella etapa del “pensamiento crítico y creativo”.

Aclaración de conceptos: Complejidad, pensamiento complejo y sistemas complejos

Entonces, a partir del contexto establecido y la incorporación de la noción de complejidad en el quehacer del hábitat en general y de la arquitectura en particular, es necesario previamente definir los conceptos de complejidad, pensamiento complejo y sistemas complejos.

Complejidad

Desde el punto de vista etimológico la palabra complejidad es de origen latino, proviene de *complectere*, cuya raíz *plectere* significa trenzar o enlazar. El agregado del prefijo *com* añade el sentido de la dualidad de dos elementos opuestos que se entrelazan íntimamente, pero, sin anular su individualidad. De acuerdo a la arquitecta argentina Inés Moisset (2003), el planteamiento de la complejidad consiste, “en efectuar un ir y devenir incesante entre certidumbre e incertidumbre, entre lo elemental y lo general, entre lo separable y lo inseparable. No se trata de abandonar los principios de orden y lógica, sino de integrarlos a un esquema más amplio y más completo”. Por lo tanto, “complejidad significa multidimensionalidad, es decir, respeta las diversas dimensiones de la realidad. Así, la complejidad se constituye implícitamente en un atributo esencial de lo real” (p. 41), caracterizada y conformada por fenómenos cuantitativos (objeto) y cualitativos (sujeto), con una cantidad elevada de interacciones e interferencias entre un número alto de unidades.

Uno de los grandes ideólogos de la complejidad, sin duda alguna, es el filósofo francés Edgar Morín (2009), para él, “la complejidad aspira al conocimiento multidimensional, pero sabe, desde el comienzo, que el conocimiento completo es imposible: uno de sus axiomas es la imposibilidad, incluso teórica, de una omnisciencia. Implica el reconocimiento de un principio de incompletud y de incertidumbre” (p. 23), y, además, alerta sobre las ilusiones de creer que la complejidad conduce a la eliminación de la simplicidad y el positivismo.

Hay muchos tipos de complejidad. Están las ligadas al desorden y otras ligadas sobre todo a contradicciones lógicas. Lo que es complejo recupera, por una parte, al mundo empírico, la incertidumbre, la incapacidad de alcanzar la certeza, de formular leyes, de concebir un orden absoluto. Por otra parte, recupera algo relacionado con la lógica, o sea, con la capacidad de evitar contradicciones. En la visión clásica, cuando un razonamiento presentaba una contradicción, era señal de error y había que reemprender el razonamiento. En la visión compleja, cuando se llega por vías empírico-rationales a una contradicción, no significa un error, sino que se ha llegado a una capa profunda de la realidad que no puede ser traducida en términos de nuestra lógica (Morín citado en Solís, 2001, p. 11).

Pensamiento complejo

El pensamiento complejo denominado también paradigma de la complejidad, constituye el marco epistemológico, teórico-metodológico y conceptual que sirve para el estudio de los fenómenos naturales y

sociales. El sustento referencial utilizado en este pensamiento, ha salido de la sistémica y el constructivismo. Por lo demás, la actitud epistemológica de este paradigma, se basa en la voluntad de producir conocimientos específicos para las ciencias humanas y sociales, mediante una atención especial para con los actores y las significaciones. Inés Moisset (2003), señala que: “el paradigma de la complejidad vincula principios o nociones antagónicas que debían repelerse, pero que son indisociables e indispensables para comprender una misma realidad, para concebir los procesos organizadores y creadores” (p. 40).

El pensamiento complejo es, esencialmente, el pensamiento que es capaz de reunir, contextualizar, globalizar, pero, reconociendo lo singular, lo absoluto y lo concreto de cada uno de sus componentes. Es la respuesta del espíritu frente a la fragmentación y dispersión de los conocimientos que no pueden hacer frente a la emergencia de los fenómenos complejos en la realidad. Finalmente, uno de los aspectos centrales del pensamiento de la complejidad son los siete principios propuestos por Edgar Morín (2009): Sistémico, dialógico, retroactivo, bucle recursivo, holográfico, autonomía/dependencia y reintroducción.

Sistemas complejos

Con respecto a la teoría de los sistemas, el pensamiento del biólogo austriaco Ludwig von Bertalanffy, plasmado en su clásica obra *Teoría General de los Sistemas* publicada el año 1968, constituye el eje de referencia de los actuales puntos de vista sistémicos. Su estrategia fue buscar semejanzas en el modo de cómo las partes y el todo funciona en forma integrada. Este concepto invadió todos los campos de la ciencia y penetró en el pensamiento y en el lenguaje popular y, además, en los medios de comunicación de masa.

Para que un aspecto de la realidad pueda ser definido como sistema, es necesario establecer su función total o resultante, los elementos o dimensiones que la componen y, lo más importante, las interrelaciones que se establecen entre ellas, además, de establecer las descripciones del mismo en tres niveles: Primero, desde el punto de vista de sus propiedades exteriores y totales; segundo, desde el punto de vista de su estructura interna y del aporte de sus componentes a la formación de propiedades del sistema como totalidad y; tercero, desde el punto de vista jerárquico, al considerar el sistema estudiado como subsistema de otro más amplio o mayor nivel jerárquico. Igualmente, una premisa fundamental de la teoría general de los sistemas, es la existencia de un orden jerárquico entre los sistemas: desde el más simple hasta lo más complejo. En la teoría de los sistemas la descripción de un sistema puede ser interna o externa, la descripción externa y física de los sistemas remite al concepto de “estructura” y, la característica interna implica a la “organización”. Entonces y en el primer caso, específicamente, las propiedades formales de los sistemas son: el crecimiento, la competencia, la totalidad, la sumatividad, la segregación, la mecanización, la centralización y el orden jerárquico.

El sociólogo alemán Niklas Luhmann, reformuló radicalmente la teoría general de los sistemas, en ese sentido inquirió romper con la tradición precedente al sustituir las ideas clásicas de causalidad sistémica y descartando la supuesta existencia de constantes estructurales. La perspectiva de Luhmann resulta una opción que, junto con recoger los avances epistemológicos más relevantes de los últimos años, incluido la noción de autopoiesis de los biólogos chilenos Francisco Maturana y Francisco Varela, ofrece un acercamiento que enfatiza lo contingente y, por tanto, pretende superar las definiciones apriorísticas de elementos, relaciones y fronteras de los sistemas. Este cambio de perspectiva se relaciona con uno de los principales problemas de la teoría general de los sistemas, cual era asumir que la realidad sistémica constituye un estado provocado por efectos funcionales, contradiciendo una característica central de los sistemas sociales, que es su no dependencia incondicional de efectos específicos. Entonces, el punto central para aproximarse al enfoque propuesto por Luhmann, es la noción de complejidad ubicada en un marco

teórico básico dado por la teoría de los sistemas; de este modo, según Marcelo Arnold (1989), "Luhmann propone un cambio al pasar de la distinción de todo y partes a la de sistema y entorno" (p. 66).

Mario Bunge (1995) en *Sistemas sociales y filosofía*, indica que la teoría de los sistemas fue el sustento del enfoque sistémico complejo en las ciencias; siendo así una manera de concebir las cosas, de abordar y formular problemas. Para él, este nuevo enfoque se caracteriza por concebir todo objeto como una totalidad compleja o un componente del mismo. La idea de que todo objeto es un sistema, o parte de tal, caracteriza al enfoque sistémico. Esta es la alternativa tanto al individualismo (o atomismo) como al holismo (u organicismo). El primero ve los árboles, pero no el bosque, mientras que el segundo ve el bosque, pero no los árboles. En cambio, el enfoque sistémico facilita la percepción de los árboles (y sus componentes y entornos) así como de los bosques (así como la de sus componentes y entornos). Lo que vale para árboles y bosques también vale para todo lo demás, en particular para las personas y los sistemas sociales de que ellas forman parte (p. 8).

De acuerdo al epistemólogo argentino Rolando García (2006), sistema complejo es un conjunto de elementos heterogéneos que funcionan como una totalidad estructurada y con un cierto grado de organización.

Sistema es todo conjunto organizado (físico, biológico, social) que tiene propiedades, como totalidad, que no son propiedades de sus elementos tomados aisladamente, la organización del sistema que determina su estructura no es otra cosa que el conjunto de las relaciones entre sus elementos (moléculas, órganos, comunidades, individuos), incluyendo las relaciones entre esas relaciones.

Un sistema complejo es un sistema en el cual los procesos que determinan su funcionamiento, son el resultado de la confluencia de múltiples factores que interactúan de tal manera que el sistema no es descomponible sino sólo semi-descomponible. Por lo tanto, ningún sistema complejo puede ser descrito por la simple adición de estudios independientes sobre cada uno de sus componentes (p. 117, 182).

Debido a que los sistemas complejos se estructuran, organizan y autoorganizan (autopoieticos), son dinámicos y evolucionan, es decir, cambian con el tiempo; entonces, es clave su abordaje desde lo "histórico" para explicar su estado en el momento del análisis. Los sistemas complejos presentan un comportamiento que puede ser en muchos casos, precisamente el opuesto al que sería intuitivo esperar. La intuición que preside el análisis de los sistemas se ha elaborado a partir del análisis de sistemas simples, por lo que, las conclusiones que se extraen de la aplicación de la intuición a los sistemas complejos pueden llegar a resultados exactamente opuestos a los que aparecen en la realidad.

Joseph O'Connor e Ian McDermott (1998), hacen especial referencia al concepto de propiedad emergente, si un sistema funciona como un todo, entonces tiene propiedades distintas a las de las partes que lo componen y que emergen de él cuando está en acción. Estas propiedades no se encuentran si el sistema se divide en sus componentes y se analiza cada uno de ellos por separado. Son consideradas características impredecibles y sorprendentes, al igual que únicas y propias de cada sistema. Una de las ventajas de las propiedades emergentes es que no hace falta comprender el sistema para beneficiarse de ellas. "De esta manera, el caos deja de considerarse aleatorio una vez que se encuentra una 'línea costera', una propiedad emergente que permita identificar patrones (los patrones que se repiten en todos los niveles de la estructura se denominan fractales)" (p. 114).

En último lugar y a manera de síntesis, según el contenido del libro *Sistemas Complejos. Conceptos, método y fundamentación epistemológica de la investigación interdisciplinaria* de Rolando García (2006), los sistemas complejos pueden caracterizarse de la siguiente manera:

1. Sustituye la idea de "todo y partes" por el de "sistema y entorno". No es posible entender los elementos fuera de la totalidad. La totalidad tiene propiedades diferentes a las propiedades de las partes (el todo no es la suma de las partes).
2. Son sistemas multidimensionales: Aspectos físicos, biológicos, sociales, económicos, políticos, culturales, etc.
3. Existen múltiples formas de abordarlos (transcomplejidad), concurren varios niveles de comprensión y explicación de los fenómenos.
4. Los límites del sistema son difusos (carecen de límites precisos).
5. Son sistemas abiertos y altamente dinámicos.
6. La delimitación de los objetos de estudio se procura por las interacciones internas del sistema con el entorno externo (relación dentro/afuera).
7. Las condiciones de contorno o de límites determinan las interacciones internas y externas (flujos).
8. No se puede estudiar la totalidad de las relaciones (condiciones de contorno), por lo que, es importante definir criterios de selección (variables y relaciones inteligentes).
9. Los flujos están relacionados con el cambio y velocidad.
10. Los elementos de un sistema complejo son interdependientes.
11. La estructura sistémica está condicionada por sus componentes.
12. La organización sistémica está condicionada por las relaciones entre los componentes.
13. Las propiedades de las estructuras complejas surgen de las relaciones de los componentes (mayor complejidad = mayor número de relaciones) y no por los componentes mismos.
14. La estructura sistémica está en proceso continuo de desestructuración y reestructuración a causa de las perturbaciones del entorno y las dinámicas del sistema.
15. La reestructuración/desestructuración son procesos de autoorganización ante perturbaciones endógenas y exógenas (adoptan nueva estructura).
16. La función es a la estructura y los procesos es a los estados de organización.
17. El umbral de estabilidad está condicionado por el equilibrio entre los efectos/intensidad de input/output entre el sistema y su entorno.
18. Los estados estacionarios están relacionados con el equilibrio del sistema/entorno (alteraciones mínimas).
19. Desde la física cuántica se introduce el concepto de "suma de historias", un sistema no tiene en el espacio-tiempo una sola historia.
20. Los fenómenos sistémicos tienden a "discontinuidades bruscas" (mutaciones) y "rupturas de trayectorias" (teoría de las catástrofes).
21. Los fenómenos sistémicos muestran ciertos esquemas recurrentes de comportamiento con tendencia hacia el caos y aleatoriedad (incertidumbre).
22. Los fenómenos sistémicos son transescalares (macro, meso y micro) con interacciones directas e indirectas.

La descripción de los subsistemas infiere los siguientes criterios:

1. Subsistema estático (espacio físico) de dimensión tectónica = Arquitectura, espacio urbano, infraestructura (construido); está relacionado con el concepto de "estructura". La función refiere a la capacidad de la arquitectura para influir a partir de sus características materiales.
2. Subsistema dinámico (espacio máquina) de dimensión socio-económica = Actividades y funciones (artefacto); está relacionado con el concepto de "estructura espacial". La función hace referencia a la capacidad de la arquitectura para influir sobre el comportamiento y el movimiento de las personas, posibilitando o fomentando el desarrollo de determinadas actividades, flujos y fenómenos sociales.
3. Subsistema viviente (espacio orgánico) de dimensión ambiental-natural = Entorno e interno ambiental (biológico); está relacionado con el concepto de "autoorganización espacial" (autopoiesis). La relación espacio-función genera patrones vivos. La función refiere a la capacidad de la arquitectura para influir a partir de las características natural-ambientales por la simbiosis del entorno e interno de la arquitectura.
4. Subsistema psico-cultural (espacio intangible) de dimensión fenomenológica y semántica = Cultura, político-ideológico, imaginario, etc.; está relacionado con el concepto de "espacio existencial" (organización espacial). La función hace referencia a las sensaciones o experiencias que provoca la arquitectura al ser percibida/recorrida/habitada/apropiada por los usuarios u observadores, además, a la capacidad para comunicar mensajes y significados (arquitectura entendida como lenguaje).

La integración e interacción de los cuatro subsistemas conforman diferentes niveles de configuración compleja: Configuración espacial (interacción entre espacio físico y espacio intangible), configuración ambiental (interacción entre espacio físico y espacio orgánico), configuración maquina (interacción entre espacio orgánico y espacio máquina) y, configuración funcional (interacción entre espacio máquina y espacio intangible).

Finalmente, la lectura de este modelo es diversa y está fuertemente relacionada a la adopción de una posición epistemológica y, a partir de ello, asumir elementos conductores que operativicen el modelo sistémico hacia una metodología compleja de diseño arquitectónico.

Elementos conductores para una metodología compleja de diseño arquitectónico

A partir del modelo de arquitectura como sistema complejo, este trabajo propone asumir cuatro elementos para operativizar el modelo como aporte a la construcción de una epistemología arquitectónica en los estudiantes de la carrera de Arquitectura (manera de pensar y manera de hacer) y, consecuentemente, para promover el desarrollo de habilidades de pensamiento crítico-reflexivo y pensamiento creativo, ambos propuestos por Ignasi Solà-Morales (2003). Entonces, los elementos esenciales, son: Principios de filosofía contemporánea, principios del pensamiento complejo, principios de la transdisciplina y principios del pensamiento creativo de Leonardo da Vinci (ver Figura 02).

a) Filosofía contemporánea. A través de la filosofía como soporte de la ciencia y el arte posmoderno (teoría y empírea), se puede introducir al estudiante en un proceso de desarrollo del pensamiento crítico y creativo para comprender y, en algún caso explicar, la transcomplejidad del hábitat desde una perspectiva innovativa. Para este caso, los argumentos filosóficos propuestos por Gilles Deleuze y Félix Guattari, Peter Sloterdijk y Jean Baudrillard, son fundamentales para la construcción de conceptos arquitectónicos.

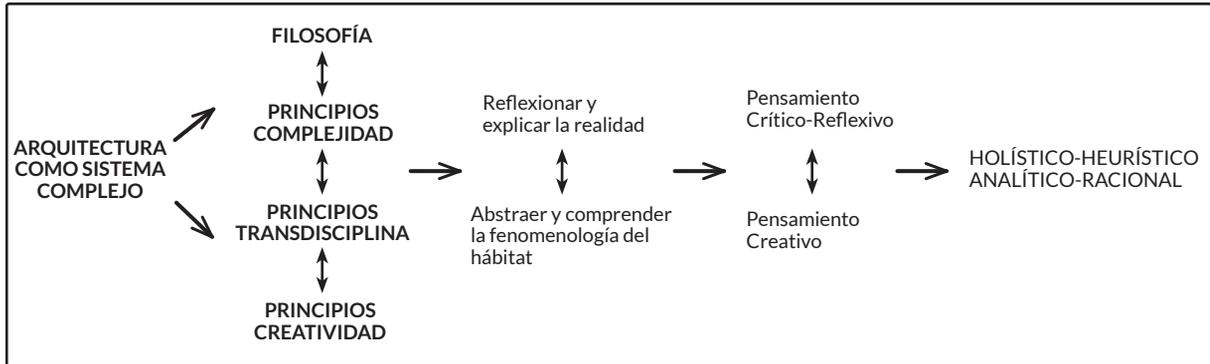


Figura 02

Propuesta teórica para el abordaje de una metodología compleja de diseño arquitectónico

Fuente: Elaboración propia

Por una parte, es necesario recuperar la idea original de la "arquitectónica" propuesta por Aristóteles en la *Política*, en el cual, el filósofo griego establece la relación intrínseca entre Arquitectura y Filosofía, o en el caso de Platón, entre Estética y Ética. En este sentido, a finales del siglo XX, el filósofo francés Jaques Derrida (1986), estableció que el problema de la arquitectura en las últimas décadas del siglo XX, es una evidente separación entre teoría y práctica, entre pensamiento y arquitectura. Derrida afirma textualmente: "En el momento en que se diferencia entre teoría y praxis, la arquitectura comenzó a percibirse solamente como una simple técnica apartada del pensamiento". Tuvo el acierto de recuperar el sentido griego del término "arquitectónica", proponiendo la necesidad de (re)incorporar el pensamiento a través de la filosofía como sustento del diseño y la creatividad.

Por otra parte, el reciente interés académico del libro *¿Qué es la filosofía?* (2001) de los filósofos franceses Gilles Deleuze y Félix Guattari, con relación a la arquitectura, radica en la identificación que hacen los autores sobre la filosofía como fabricación de conceptos. "La filosofía es el arte de formar, de inventar, de fabricar conceptos" (p. 11). Actualmente, en el campo de la arquitectura se vive una situación en que los arquitectos y pensadores de la disciplina (incluido los académicos), se han dado cuenta de la necesidad de inventar nuevas palabras, nuevos conceptos (objetos) que posibiliten interpretar las nuevas realidades, que ya no pueden ser descritas con las viejas palabras, que puedan ser usadas como nuevas herramientas, que den lugar a nuevos acontecimientos, nuevas relaciones entre las cosas y las personas. Es necesario interpretar las nuevas realidades complejas y pletóricas de incertidumbre con herramientas para la acción de un nuevo contexto; planteamiento de los nuevos problemas e invención de nuevas soluciones. La hipótesis que plantea el estudio de este texto en el contexto de la arquitectura es de la posibilidad y utilidad de plantear un paralelismo o analogía entre la definición de concepto y los mecanismos de su fabricación o creación con el proceso de diseño arquitectónico. Entonces, se hablaría de arquitectura y conceptos arquitectónicos, en lugar de filosofía y conceptos filosóficos (Arquitectura y Filosofía).

b) En segundo lugar, a través de los siete principios de la complejidad propuesto por Edgar Morín (2009), puede extrapolarse e inferirse múltiples criterios hacia una metodología compleja de diseño arquitectónico. La complejidad no anula o contradice la linealidad de la metodología tradicional, sino que, se complementa e integra, otorgando mayor valor a una metodología innovadora no lineal (integrando procesos lineales, circulares y paralelos). Asimismo y por ejemplo, el principio holográfico, aplica que en el proceso de diseño primero debe entenderse el todo para luego comprender las relaciones y dinámicas de las partes o etapas, esto permitiría tener

un mayor criterio reflexivo del proceso y del resultado proyectual esperado. El Proyecto resultante puede ser retroalimentado en cualquier momento en el proceso desde cualquier etapa o parte; además, el proyecto puede ser orientado desde una de las etapas y complementado por las otras.

c) En tercer lugar. Desde los principios de la transdisciplina con un posicionamiento interdisciplinar hacia una disciplina, en este caso, hacia la arquitectura. Los principios de esta perspectiva también propuestos por Edgar Morín, pueden abstraerse hacia el hábitat construido desde una perspectiva individual e integral (interacción entre dimensiones de la realidad). Parte de la literatura sobre la transdisciplina, coincide en reconocer la existencia de tres postulados básicos que orientan el enfoque, tales principios son: Existencia de varios niveles de realidad, lógica del tercero incluido y la complejidad, algunos autores incluyen una cuarta, la complementariedad. El tercer principio, fuertemente ligado al cuarto, está sustentado en la "lógica dialéctica". Según Santos Ruiz (1994), la concepción dialéctica, es la única que puede adaptarse a la visión dinámica e incertidumbre de la compleja realidad contemporánea. La arquitectura se construye y requiere de un tiempo para su conclusión. En algunos casos éste es relativamente corto, en otros llega a tardar siglos, y cuando está terminado, o en condiciones de ser utilizada, sufre transformaciones, modificaciones o adiciones, al igual que el marco contextual en el que está inscrita. Este dinamismo solo puede captarse a partir del análisis de las contradicciones históricas que se presentan en los edificios y privilegiando aquellas obras que, superando esas contradicciones, aportan una solución creativa dentro del proceso histórico de una cultura (ver lo citado de Robert Venturi); la creatividad viene a tener entonces, una explicación objetiva, sobre una base social y no es ya el producto de una inspiración genial.

d) En cuarto lugar. Los principios del pensamiento creativo de Leonardo Da Vinci relaciona implícitamente el "pensamiento complejo" con el "pensamiento creativo", ambos de condición sistémica, es decir, que su perspectiva de asumir la complejidad le permite el desarrollo de su creatividad. Estas habilidades de pensamiento vividas por Leonardo se sustentan en su método: investigación y descubrimiento, denominado "método científico de autonomía", que a través del "aprendizaje significativo" le permite múltiples vías de acceso al conocimiento mediante la observación de postulados de otras disciplinas (pensamiento transdisciplinario). Esta pedagogía de autonomía empírica en Leonardo da Vinci estaba condicionada a la observación de la naturaleza y la experimentación a partir de la misma, cuestionando o dudando todo lo anteriormente escrito en la búsqueda de nuevos conocimientos. El pensamiento creativo se desarrolla mejor en un entorno competitivo e incertidumbre, favorece las habilidades metacognitivas: autoconfianza, autoconocimiento, automotivación, entre otros, dentro de una experiencia de aprendizaje permanente. Finalmente, los procesos creativos de Leonardo comprenden las cuatro fases del aprendizaje experiencial, semejante a lo propuesto por David Kolb: Concreto, abstracto, activo y reflexivo. Atraviesa en su proceso creativo, un continuo traslado entre pensamiento concreto y pensamiento abstracto, entre pensamiento activo y pensamiento reflexivo.

A modo de conclusión

El reconocimiento actual de un estado de crisis en la formación académica y práctica profesional del arquitecto a consecuencia de una creciente complejidad en los problemas, requerimientos y necesidades del hábitat construido, remite a tomar una postura epistemológica emergente que permita el fortalecimiento de las habilidades de pensamiento crítico-reflexivo y pensamiento creativo (metacognición) en los estudiantes. Concebir a la arquitectura como sistema complejo, implica: Primero, entrar en un proceso de construcción de una nueva manera de "pensar la arquitectura", complementaria a la visión lineal y reduccionista del modelo actual, hacia un modelo complejo y transdisciplinario. Y, segundo, a partir de este modelo, fundar las bases de una metodología compleja de diseño arquitectónico, hacia una manera diferente de "hacer arquitectura", con identidad y significado. Entonces, se habría dado el primer paso de un proceso para mejorar la formación de los arquitectos del siglo XXI.

Referencias



- Alexander, C. (1979) *El modo intemporal de construir*. Barcelona, España: Editorial Gustavo Gili, S.A. (Edición original en inglés, 1977)
- Alexander, C. et al. (1980) *Un lenguaje de patrones: Ciudades, edificios, construcciones*. Barcelona, España: Editorial Gustavo Gili, SA (edición original en inglés, 1977)
- Arnold, M. (1989) *Teoría de sistemas, nuevos paradigmas: Enfoque de Niklas Luhmann*. Revista Paraguaya de Sociología, 26(75), 51-72.
- Bunge, M. (1995). *Sistemas sociales y filosofía*. Buenos Aires, Argentina: Editorial Sudamericana.
- Capra, F. (1998) *La trama de la vida. Una nueva perspectiva de los sistemas vivos*. Barcelona: Editorial Anagrama S.A.
- Cárdenas, E. y Rojas, Á. (1992) *La cultura urbanística: una cultura para la vida*. Revista Arquitectura y Urbanismo, 13(1), 12-16. La Habana: ISPJAE.
- CEUB, Comité Ejecutivo de la Universidad Boliviana (2014) *Documento XII Congreso Nacional de Universidades de Bolivia*. La Paz.
- Derrida, J. (1986) *De la Gramatología* (Cuarta Edición). México: Siglo XXI Editores.
- Derrida, J. (1986) *La metáfora arquitectónica. Entrevista de Eva Meyer*, Revista Domus, 671, 16-24, abril 1986. En Derrida, J., *No escribo sin luz artificial*. Valladolid, España: Cuatro Ediciones (1999)
- De Mattos, C. (2004) *De la planificación a la governance: Implicancias para la gestión urbana*. Revista Paranaense de Desenvolvimento, 107, 9-23. Curitiba.
- De Solà-Morales, I. (2003) *Diferencias. Topografía de la arquitectura contemporánea*. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, S.A.
- FayCH (2020) *Propuesta Innovación curricular a nivel de rediseño*. Carrera de Arquitectura. Documento Final. Universidad Mayor de San Simón.
- García, R. (2006) *Sistemas Complejos. Conceptos, método y fundamentación epistemológica de la investigación interdisciplinaria*. Barcelona, España: Editorial Gedisa.
- Heidegger, M. (1994) *Construir, habitar, pensar. Martín Heidegger*. Conferencias y artículos. Madrid: Ediciones del Serbal.
- Kuitenbrouwer, J. (1992) *Entre el terror y la ternura: racionalidad instrumental, educación e interculturalidad*. Santiago de Chile: ISS-Ceaal.
- Le Corbusier (1998) *Hacia una arquitectura*. Barcelona, España: Editorial Apóstrofe, Colección Poseidón.
- Lefebvre, H. (2013) *La producción del espacio*. Madrid, España: Editorial Capitán Swing.
- Lloyd Wright, F (1978) *El futuro de la Arquitectura*. Barcelona, España: Editorial Poseidón (edición original 1953)
- Maturana, H. y Varela, F. (2003) *De máquinas y seres vivos: Autopoiesis, la organización de lo vivo*. Buenos Aires, Argentina: Lumen.
- Moisset, I. (2003) *Fractales y formas arquitectónicas*. Córdoba, Argentina: Editorial I+P División.
- Morin, E. (2009) *Introducción al pensamiento complejo* (6ta. Ed.). Barcelona, España: Editorial Gedisa.
- O'Connor, J. y McDermott, I. (1998) *Introducción al pensamiento sistémico*. Barcelona: Editorial Urano.
- Passaro, A. (2004) *La dispersión. Concepto, sintaxis y narrativa en la Arquitectura de finales del siglo XX* (Tesis de doctorado). Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona, España.
- Ruiz, S. (1994) *El templo hinduista: Ensayo sobre la interpretación arquitectónica*. México: Universidad Iberoamericana.
- Sánchez de Madariaga, I. (1999) *Introducción al urbanismo: Conceptos y métodos de planificación urbana*. Madrid, España: Editorial Alianza.
- Sánchez de Madariaga, I. (2008) *Esquinas inteligentes. La ciudad y el urbanismo moderno*. Madrid: Editorial Alianza.
- Schumacher, P. (2011) *The Autopoiesis of Architecture, Volume 1, A New Framework for Architecture*. London, UK: Published by John Wiley & Sons.
- Solís, L. (2001). *El pensamiento Complejo*. Recuperado de www.pensamientocomplejo.com.ar
- Terán, I. (2014) *Transdisciplinariedad y transectorialidad en el abordaje de los problemas sociales desde el enfoque de ecosalud*. Comunidad y Salud, 12(2), 36-41. Universidad de Carabobo.
- Venturi, R. (1980) *Complejidad y Contradicción en la Arquitectura*. Barcelona, España: Editorial Gustavo Gilli.

Asequibilidad, vivienda adecuada y tenencia en alquiler en el área urbana de Bolivia

Katrin **Quillaguamán Leytón**

Universidad Mayor de San Simón • Cochabamba • Bolivia
ktquillaguaman@gmail.com

Resumen

A partir de la definición de asequibilidad dada por ONU HÁBITAT, en este artículo se analiza la relación entre dicha definición y otros componentes de la vivienda adecuada. Con este propósito, se operativiza ambas definiciones, asequibilidad y vivienda adecuada, a través de la construcción de dos indicadores. La información fue obtenida de la Encuesta de Hogares 2019 correspondiente a la población en situación de inquilinato. Esta investigación muestra que el 63.8% de los hogares que destinan menos del 30% de sus ingresos al pago de la vivienda de alquiler, habita una vivienda inadecuada y el 18.6% una vivienda inasequible. Se advierte, igualmente, que el 69.4% de los hogares debe elegir entre alquilar una vivienda adecuada, pero dejando de atender otros derechos básicos, o satisfacer tales derechos a riesgo de vivir en una vivienda inadecuada. Esta situación inclusive se torna mayormente trágica para un 26% de los hogares, que no tiene más elección que la de vivir en una vivienda inasequible e inadecuada. Asimismo, la información socio-económica de la población reveló que, en el área urbana de Bolivia, aún no se ha avanzado significativamente en términos educativos ni laborales.

Palabras clave: *Inquilinato, asequibilidad, vivienda adecuada*

Abstract

Based on the definition of affordability given by UN HABITAT, this article analyzes the relationship between that definition and other components of adequate housing. With this purpose, both definitions, affordability and adequate housing, are operationalized through the construction of two indicators. The information was obtained from the 2019 Household Survey corresponding to the population in a tenancy situation. This research shows that 63.8% of households that allocate less than 30% of their income to paying for rental housing live in inadequate housing and 18.6% in unaffordable housing. Likewise, it is noted that 69.4% of households must choose between renting adequate housing, but failing to attend to other basic rights, or satisfying such rights at the risk of living in inadequate housing. This situation even becomes more tragic for 26% of households, which have no choice but to live in unaffordable and inadequate housing. Moreover, the socio-economic information of the population revealed that, in the urban area of Bolivia, significant progress has not yet been made in educational or labor terms.

Keywords: *Tenancy, affordability, adequate housing*





Introducción

La decisión de alquilar una vivienda responde a los requerimientos de alojamiento de las personas según su ciclo de vida; de acuerdo a Jaramillo e Ibañez (2002), estos requerimientos crecen cuando se tienen hijos y disminuyen cuando éstos se independizan (p.3). También responde a los requerimientos de localización, esto cuando las personas se desplazan temporalmente por trabajo o estudios, por ejemplo. Por otra parte, siguiendo a Jaramillo e Ibañez (2002), no obstante que el acceso a la vivienda propia ha sido considerado como un objetivo ideal y, por tanto, promovido por instancias gubernamentales, su consecución ha sido limitada en gran medida por las dificultades de solvencia económica de los hogares (p.2). Por tanto, para todos estos casos la vivienda de alquiler se constituye en una opción y en muchos casos en la única.

Sin embargo, como señala Romay (2020), el acceso a la vivienda de alquiler continúa siendo un problema por las continuas subidas del coste de la renta, especialmente en ciudades principales o áreas metropolitanas (p.20). De ahí que la asequibilidad de la vivienda de alquiler cobra importancia como una política pública, al considerar la provisión de viviendas adecuadas a un precio que las personas puedan pagar. En consecuencia, de acuerdo a Affordable Housing Activation (2022), cuanto menos comprometidos estén los gobiernos en este proceso, más espacio tendrá el sector privado para proporcionar viviendas inasequibles o desarrollar viviendas asequibles pero inadecuadas para los grupos de bajos ingresos (p.9).

Si bien se cuenta con una definición operativa de la asequibilidad en términos cuantitativos dada por ONU HÁBITAT (el gasto en la vivienda debe ser inferior a un 30% de los ingresos del hogar), se debe tener en cuenta que este componente es parte del derecho a la vivienda adecuada, por lo que debe permitir no solamente el acceso a un alojamiento, sino también debe garantizar condiciones adecuadas de habitabilidad, ubicación, seguridad jurídica e infraestructura básica, sin poner en riesgo el cumplimiento de otros derechos básicos (alimentación, educación, salud y transporte). Por lo expuesto, se plantea como pregunta de investigación ¿En qué medida la definición operativa de la vivienda de alquiler asequible es compatible con el cumplimiento de otros derechos básicos y con el acceso a una vivienda adecuada en el área urbana de Bolivia? y como hipótesis: No solo los hogares que gastan en la vivienda el 30% o más de sus ingresos ponen en riesgo sus otros derechos básicos, sino también aquellos que invierten menos del 30% y que el déficit de vivienda adecuada se extiende para ambos grupos, en particular para el último.

Este artículo, además de la introducción, contiene un apartado metodológico en el que se construye un indicador de asequibilidad para la vivienda de alquiler y un indicador de vivienda adecuada, aplicados a través del procesamiento de datos de la Encuesta de Hogares 2019 para el área urbana de Bolivia. En un segundo apartado, se presentan los resultados del estudio dividido en tres partes: la primera, de orden contextual, referida a América Latina y a la evolución tanto de la tenencia de la vivienda como de los precios de alquiler en Bolivia; la segunda, al análisis de la relación entre el porcentaje de ingresos del hogar destinados al pago de alquiler, la asequibilidad y la vivienda adecuada; y la tercera, a la caracterización socio-económica de los jefes(as) de hogar según el tipo de vivienda que habitan en términos de asequibilidad y adecuación. Finalmente, el tercer apartado contiene las conclusiones del artículo.

Metodología

Para el análisis de la asequibilidad y de la vivienda adecuada en alquiler se construyen dos indicadores individuales, considerando las definiciones establecidas por el Programa de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos (ONU HÁBITAT).

Gastos en vivienda	Gastos asociados a la vivienda	Gastos asociados a satisfactores básicos: alimentación, salud, educación, transporte, vivienda (A)	Gastos asociados a satisfactores básicos sin considerar los gastos en vivienda (alquiler y servicios)
Pago de canon de alquiler	Pago de servicios básicos	\$us 4,5 persona/ día (Bs 953 persona / mes)	29% de A = 0.29 * 953 = 677 Bolivianos/persona/día
Fuente: Encuesta de Hogares 2019*	Fuente: Encuesta de Hogares 2019 *	Fuente: INE, 2020	Fuente: ONU, 2018
Variables a utilizar: ¿Cuánto paga mensualmente por concepto de alquiler de esta vivienda? Monto en Bs.	Variables a utilizar: ¿Cuánto gastan normalmente en agua para uso del hogar al mes? Monto en Bs. ¿Cuánto gastan normalmente por el servicio de energía eléctrica al mes? Monto en Bs. ¿Cuánto gastan normalmente en el combustible que utiliza para cocinar al mes? Monto en Bs.	Variable a utilizar: 953 Bolivianos/persona/ mes	Variable a utilizar: 677 Bolivianos/persona/día
*Nota: La Encuesta de Hogares 2020 no cuenta con esta información			

Cuadro 01

Variables y fuentes de información a utilizar para la construcción del indicador de asequibilidad

Fuente: Elaboración propia

El criterio de asequibilidad señala que el costo de la vivienda debe ser tal que todas las personas puedan acceder a ella sin poner en peligro el disfrute de otros satisfactores básicos o el ejercicio de sus derechos humanos.

Se considera que una vivienda es asequible si un hogar destina menos del 30% de su ingreso en gastos asociados a la vivienda. (ONU HÁBITAT, 2018)

Con base en esta definición y parámetro de asequibilidad, la construcción del indicador para la vivienda de alquiler considera los datos expuestos en el cuadro 1, según la fuente de información disponible.

Fórmula:

$$\text{Asequibilidad} = \text{Ingreso del hogar} - \text{Pago del canon de alquiler} - \text{Pago de servicios básicos} - (\text{N}^\circ \text{ de personas del hogar} * 677 \text{ Bs/persona/mes}) > 0$$

Si la diferencia entre el ingreso económico del hogar y los gastos en la vivienda y en otros satisfactores básicos es mayor que cero, significa que el hogar cuenta con un saldo positivo de ingreso y, por tanto, la vivienda es asequible. En cambio, si el resultado es igual a cero, significa que el hogar no tiene posibilidades de ahorro ni de realizar algún gasto extraordinario a lo absolutamente básico. Si el resultado es menor que cero, significa que el gasto en la vivienda de alquiler ha comprometido el cumplimiento de otros derechos básicos como la alimentación, salud, educación o transporte, es decir, la vivienda es inasequible.

Con referencia a la vivienda adecuada, esta es reconocida como un derecho humano en la normativa internacional y también nacional, en esta última a través del artículo 19 de la Constitución Política del Estado Plurinacional de Bolivia.

Este derecho, de acuerdo a ONU HÁBITAT (2018), debe reunir mínimamente siete criterios: asequibilidad, seguridad de la tenencia, disponibilidad de servicios, habitabilidad, accesibilidad, ubicación y adecuación cultural.

Servicios básicos		Funcionalidad		
Variable: ¿Principalmente el agua para beber proviene de...	Variable: ¿El baño, servicio sanitario o letrina es...	Variable: ¿Tiene un cuarto sólo para cocinar?	Variable: ¿Cuántos cuartos o habitaciones de esta vivienda ocupa su hogar, sin contar baño, cocina, lavandería, garaje, depósito o negocio? De estos cuartos o habitaciones, ¿cuántos usan exclusivamente para dormir?	Variable: Cantidad de personas por hogar. De estos cuartos o habitaciones, ¿cuántos usan exclusivamente para dormir?
Componente adecuado: Cañería de red dentro de la vivienda	Componente adecuado: Usado por un solo hogar	Componente adecuado: Sí	Componente adecuado: Habitaciones - Dormitorios > 0	Componente adecuado: N° de personas(N° de dormitorios =< 2.5
Calificación: 0	Calificación: 0	Calificación: 0	Calificación: 0	Calificación: 0
Componente inadecuado: Cañería de red fuera de la vivienda Sin cañería de red	Componente inadecuado: Compartido con otros hogares No tiene baño	Componente inadecuado: No	Componente inadecuado: Habitaciones - Dormitorios > 0 Habitaciones multiuso	Componente inadecuado: N° de personas(N° de dormitorios =< 2.5
Calificación: 1	Calificación: 1	Calificación: 1	Calificación: 1	Calificación: 1

Fuente para el procesamiento de datos: Encuesta de Hogares 2019

Cuadro 02

Variables, componentes y calificación de los componentes que conforman el indicador de vivienda adecuada

Fuente: Elaboración propia

La construcción del indicador de la vivienda adecuada parte de la información disponible en la Encuesta de Hogares 2019 considerando los requerimientos más apremiantes en infraestructura básica y funcionalidad de la vivienda, como se observa en el cuadro 02.

Fórmula:

Vivienda adecuada= cañería de red dentro de la vivienda
+servicio sanitario utilizado por un solo hogar
+cuarto exclusivo para cocinar
+una habitación diferente a los dormitorios, cocina, baño, lavandería, garaje
+dormitorios destinados a 2.5 personas o menos cada uno=0

Para el cálculo, se otorga una calificación de cero (0) a cada uno de los componentes adecuados de las variables y se otorga una calificación de uno (1) a cada componente inadecuado. Si la suma del total de componentes da cero, significa que la vivienda es adecuada; en cambio, si la suma de componentes es mayor que cero, significa que la vivienda es inadecuada en uno o más de los componentes especificados en el cuadro 02.

Resultados

Los resultados se presentan en tres partes. En la primera, se muestra el contexto internacional respecto a la situación de pobreza y a las condiciones residenciales de la población urbana en América Latina, y el contexto nacional concerniente a la evolución de la tenencia de la vivienda y de los precios de alquiler. En la segunda, se analiza la relación entre el porcentaje de ingresos del hogar destinado al pago de alquiler, la asequibilidad de la vivienda y el acceso a una vivienda adecuada. En la tercera, se realiza una caracterización socio-económica de los jefes(as) de hogar según el tipo de vivienda que habitan en términos de asequibilidad y adecuación.

Contexto latinoamericano

De acuerdo a Affordable Housing Activation (2022), a pesar del reconocimiento de que la vivienda es un factor impulsor del bienestar, los datos existentes sobre vivienda adecuada y su déficit, especialmente en las economías emergentes, son escasos por las diferentes variables y métricas utilizadas en distintas partes del mundo (p.12). Los estudios en América Latina, para aproximarse al tema, relacionan la falta de asequibilidad de la vivienda con la propagación de hogares en tugurios, con el déficit cualitativo de la vivienda, estimado como vivienda inadecuada, y con los altos costos de la vivienda propia y su financiamiento.

Según el cuadro 03, comparando los niveles de pobreza urbana en la región, Bolivia se encuentra por debajo del promedio; sin embargo, si se observa el porcentaje de población que vive en tugurios, Bolivia es el país con el porcentaje más alto (49%) respecto a los países que tienen frontera con él y también sobrepasa con mucho el porcentaje registrado para América Latina (19.8%), esto significa que los hogares considerados no pobres en Bolivia también viven en barrios marginales, lo que lleva a suponer que los ingresos económicos no son suficientes como para acceder a una vivienda de características adecuadas. De hecho, en América Latina el costo promedio de la vivienda como porcentaje del ingreso mensual neto es tan elevado que, según el Reporte de Economía y Desarrollo del 2017 de CAF, suponiendo que los hogares latinoamericanos destinaran el 30% de sus ingresos al consumo de servicios habitacionales, necesitarían más de 30 años de ahorros para adquirir una vivienda de 60 m² de precio mediano (En López, 2022).

Bolivia: Evolución de la tenencia de la vivienda y del canon de alquiler

En el cuadro 04 se observa que, entre los años 2001 y 2012, el porcentaje de viviendas propias fue el que más aumentó (más de 5 puntos porcentuales) en comparación a los demás tipos de tenencia. Otro porcentaje que incrementó fue el tipo de tenencia no especificado en los censos (clasificado como "Otro"), pero sí en las encuestas de hogares, incluyendo dentro de este grupo la tenencia irregular. Los demás tipos de tenencia disminuyeron en proporción. Sin embargo, en términos absolutos la tenencia en alquiler incrementó en casi tres cuartas partes de su cantidad, de 295691 hogares en el año 2001 a 415871 hogares en el año 2012; así, aproximadamente uno de cada cinco hogares se encontraba en situación de inquilinato.

En las encuestas de hogares 2012-2019, se advierte la misma tendencia porcentual de crecimiento sobre la forma de tenencia de la vivienda. Sin embargo, es importante señalar que existe una variación entre el porcentaje de viviendas propias y de viviendas prestadas, reportadas tanto en el censo 2012 como

Cuadro 03

Área geográfica	% de hogares que vive en alquiler (2019)	% de población que vive en tugurios o barrios marginales (2018)	% de viviendas inadecuadas (2010)	Índice de vivienda adecuada - AHI por sus siglas en inglés (2021)	% de población en situación de pobreza (2019)	% de población en situación de pobreza extrema (2019)	Asequibilidad: Costo promedio de la vivienda como % del ingreso mensual neto en ciudades principales
América Latina	21.1	19.8 (2019)	25% (2022)	-	26.8	8.9	150 o más
Argentina	19.4	15.0	30.0	0.97	27.2	4.2	150 o más
Bolivia	20.5	49.0	-	-	24.4	4.9	150 o más
Brasil	21.8	16.0	36.0	0.95	18.0	4.4	150 o más
Chile	24.5	9.0	30.0	-	13.9	1.7	De 100 a 149.9
Paraguay	17.6	17.0	-	-	12.0	2.7	150 o más
Perú	12.2	33.0	65.0	0.88	11.0	1.2	150 o más

Área urbana de América Latina, Bolivia y países limítrofes: pobreza, barrios marginales, vivienda adecuada y asequibilidad

Fuente: Con base en Behr et al., 2021; Banco Mundial, 2022; Brodie, 2022; López, 2022; CEPALSTAT, 2022; Moreno, 2015.

Tipo de tenencia	Censo 2001		Censo 2012		Encuesta de Hogares (porcentaje)						
	Nº de hogares	%	Nº de hogares	%	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2019
Alquiler	295691	24,42	415871	22,77	24,11	24,74	25,03	20,85	21,02	19,92	20,02
Propia totalmente pagada	656636	54,22	1090986	59,73	50,91	53,83	52,97	55,98	51,14	52,37	52,89
Propia y la están pagando					2,23	2,02	3,81	3,21	4,16	3,89	3,25
Anticrético	90315	7,46	85421	4,68	5,82	5,15	4,59	3,65	3,58	3,69	3,55
Alquiler/ anticrético	5545	0,46	9108	0,50	0,05	0,00	0,05	0,00	0,49	0,22	0,43
Cedida por servicios	37488	3,10	32699	1,79	2,11	1,89	2,32	2,72	2,84	2,59	1,76
Prestada	107152	8,85	157280	8,61	14,73	12,22	12,53	13,12	16,15	16,74	17,49
Otra	18135	1,50	35115	1,92	0,03	0,15	0,76	0,50	0,82	0,58	0,61

Cuadro 04

Área urbana de Bolivia: Cantidad y porcentaje de hogares según el tipo de tenencia de la vivienda, 2001, 2012-2019

Fuente: Con base en el Instituto Nacional de Estadística, CPV 2001-2012 y EH 2012-2019

Tipo de tenencia	Año	Área geográfica									
		Chuquisaca	La Paz	Cochabamba	Oruro	Potosí	Tarija	Santa Cruz	Beni	Pando	Bolivia
Alquiler	2012	31,0	20,7	27,2	21,2	17,9	25,5	28,8	15,2	25,8	24,1
	2019	25,8	15,1	24,7	15,5	19,5	21,3	23,7	7,9	26,3	20,0
Propia totalmente pagada	2012	56,5	50,8	49,0	48,8	55,9	51,6	49,0	64,1	57,0	50,9
	2019	45,8	61,9	48,5	57,8	50,0	45,7	48,1	58,6	47,2	52,9
Propia y la están pagando	2012	0,6	0,0	1,8	2,5	3,9	0,7	2,6	0,9	0,0	2,2
	2019	6,0	1,9	3,6	5,0	0,6	2,9	3,0	4,7	6,9	3,3
Anticrético	2012	4,8	6,6	6,5	6,9	2,2	8,0	4,8	1,3	3,2	5,8
	2019	6,4	3,9	4,1	3,3	4,6	4,2	2,6	0,8	0,0	3,5
Alquiler/ anticrético	2012	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2019	0,2	0,2	0,4	0,0	0,0	0,3	1,3	0,4	0,0	0,43
Cedida por servicios	2012	1,2	1,4	2,5	1,5	3,9	3,3	2,3	4,0	3,2	2,1
	2019	1,9	1,5	1,4	2,3	2,9	1,9	2,2	1,2	2,2	1,76
Prestada	2012	6,0	17,5	12,8	19,2	20,1	10,9	12,6	13,9	10,8	14,7
	2019	13,8	15,4	16,6	15,7	22,4	21,0	18,9	26,4	12,8	17,49
Otra	2012	0,0	0,1	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	0,1
	2019	0,0	0,0	0,7	0,4	0,0	2,7	0,3	0,0	4,7	0,61

Cuadro 05

Área urbana de Bolivia: Porcentaje de hogares según el tipo de tenencia a nivel de departamento, 2012 y 2019

Fuente: Con base en el Instituto Nacional de Estadística, EH 2012 y 2019

en la Encuesta de Hogares de 2012. En esta última, se observa un porcentaje menor de viviendas propias y un porcentaje demasiado elevado de viviendas prestadas, en comparación al censo 2012. El porcentaje de viviendas prestadas inclusive se eleva hasta un 17.5% para el año 2019 frente a un 8.6% del censo 2012, situación que hace presumir un posible allegamiento en las viviendas.

Con referencia al tipo de tenencia a nivel departamental, en el cuadro 05 se observa un incremento porcentual, entre el año 2012 y 2019, de la tenencia en alquiler en Potosí y Pando; de la vivienda propia totalmente pagada, en La Paz y Oruro; de la vivienda propia y que la están pagando, en todos los departamentos excepto en La Paz y Potosí; de la vivienda en anticrético, en Chuquisaca, La Paz, Cochabamba, Santa Cruz y Beni; de la vivienda cedida por servicios, en Chuquisaca, La Paz y Oruro; de la vivienda prestada, en todos los departamentos excepto en La Paz y Oruro; y de otro tipo de tenencia, entre estas la irregular, en Cochabamba, Oruro, Tarija, Santa Cruz y Pando.

En cuanto a la tenencia en alquiler, como se mencionó anteriormente, se evidencia un decrecimiento porcentual de hogares que viven bajo este régimen en todos los departamentos, excepto en Potosí y Pando (cuadro 05). Y no obstante que, del año 2012 al 2019, dicha la demanda en términos porcentuales bajó, de acuerdo a la figura 1 el precio de la vivienda en alquiler se incrementó, excepto en Pando.

Según el cuadro 06, el año 2019 Santa Cruz era el departamento con el precio promedio de alquiler más alto, seguido de los departamentos de La Paz, Cochabamba y Tarija. En el departamento de Pando se observa en los años 2012 y 2013 los precios más elevados de alquiler, posteriormente se nivelan con los

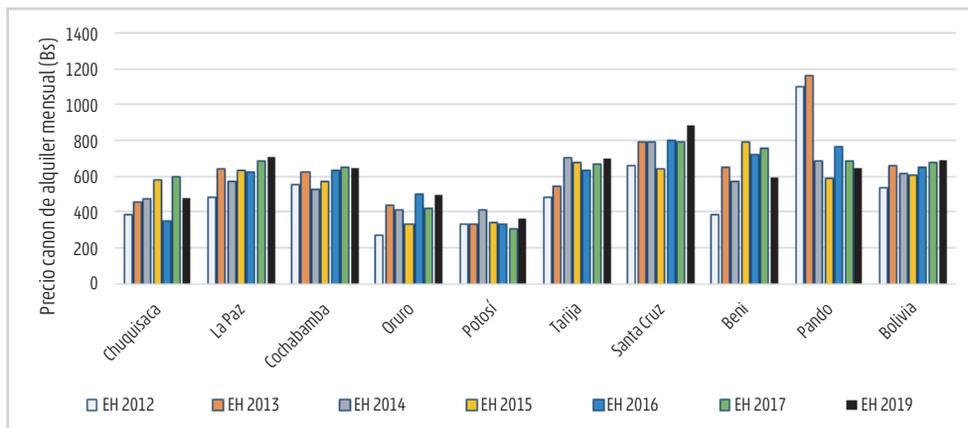


Figura 01

Área urbana de Bolivia: Evolución del precio promedio del canon de alquiler mensual en bolivianos por departamento, 2012-2019

Fuente: Con base en el Instituto Nacional de Estadística, EH 2012-2019.

precios de La Paz, Cochabamba y Tarija. Con precios un poco más bajos se encuentran Beni y Chuquisaca y finalmente Oruro y Potosí.

De acuerdo al cuadro 07, el precio promedio más alto por tipo de vivienda se reporta en el alquiler de departamentos; los de mayor precio están en Santa Cruz, luego en Cochabamba y La Paz, en este último también se observa el porcentaje más elevado de hogares que rentan un departamento. En cuanto al alquiler de casas, el precio promedio más alto también corresponde a Santa Cruz, seguido de Tarija, Pando y Cochabamba, además en Pando donde existe un mayor porcentaje de hogares que alquilan una casa. Finalmente, con referencia a las habitaciones sueltas, el precio promedio más alto se observa en Tarija, después en Santa Cruz, Beni y Pando, pero la renta de habitaciones sueltas se tiene mayormente en Potosí.

Es importante, igualmente, mencionar que el precio más bajo señalado por los inquilinos en la “Encuesta sobre el cumplimiento de las Leyes de Inquilinato - ECLI 2021” realizado en cinco ciudades capitales de Bolivia más El Alto por la Organización de Inquilinos de Bolivia, es aproximadamente igual al precio promedio reportado en la Encuesta de Hogares 2019; de lo que se puede inferir que en las ciudades principales los precios tienden a ser superiores, pero también se puede encontrar una oferta de alquiler de habitaciones sueltas en áreas periféricas, irregulares y/o de difícil accesibilidad, con precios de hasta Bolivianos cien (Quillaguamán, 2021).

Departamento	N° de hogares Censo 2012	Hogares con tenencia en alquiler y alquiler/anticrético		Precio promedio del canon de alquiler en Bolivianos						
		N° de hogares Censo 2012	% de hogares Censo 2012	EH 2012	EH 2013	EH 2014	EH 2015	EH 2016	EH 2017	EH 2019
Chuquisaca	83407	21204	25,42	391	460	476	578	354	601	479
La Paz	598560	99050	16,55	488	643	568	638	626	689	708
Cochabamba	368560	80540	21,85	555	623	527	574	634	647	649
Oruro	106192	18130	17,07	275	437	410	334	505	418	498
Potosí	103551	22864	22,08	333	337	415	340	333	309	366
Tarija	92183	22956	24,90	481	546	703	679	630	668	697
Santa Cruz	581882	145348	24,98	656	794	795	640	797	794	885
Beni	74702	11619	15,55	386	653	572	793	724	758	591
Pando	15262	3268	21,41	1100	1166	689	591	770	688	648
Bolivia	2024299	424979	20,99	538	659	613	608	649	680	690

Cuadro 06

Área urbana de Bolivia: Precio promedio del canon de alquiler mensual en bolivianos por departamento, 2012-2019

Fuente: Con base en el Instituto Nacional de Estadística, CPV 2012, EH 2012-2019

Departamento	EH 2019									Precio más bajo EC		LI 2021
	Casa			Departamento			Cuartos o habitaciones sueltas			Casa	Departamento	1 cuarto o habitación suelta
	%	Precio promedio	Precio más alto	%	Precio promedio	Precio más alto	%	Precio promedio	Precio más alto			
Chuquisaca	27.2	605	2000	12.5	1130	2000	60.3	290	900	900	300	
La Paz	43.0	612	3800	18.6	1535	4200	38.3	411	3000			
Cochabamba	33.3	747	4300	12.1	1564	3000	54.6	388	2000	900	800	
Oruro	52.5	559	2000	6.3	1080	2000	41.3	332	1000			
Potosí	30.9	504	1600				69.1	304	900		250	
Tarija	28.8	817	2300	10.3	1359	2500	60.9	529	1800			
Santa Cruz	36.7	1247	7000	5.3	2333	7000	58.0	499	2000		400	
Beni	52.5	691	1800				47.5	468	1500			
Pando	56.0	780	3000	1.2	1050	1050	42.9	465	950			
Bolivia	37.5	813	7000	10.3	1575	7000	52.2	424	3000			

Cuadro 07

Área urbana de Bolivia: Porcentaje de hogares en situación de inquilinato según el tipo de vivienda y los precios promedio, más altos y más bajos de alquiler, por departamento, 2019 y 2021

Fuente: Con base en el Instituto Nacional de Estadística, EH 2012 y 2019

Asequibilidad y acceso a la vivienda adecuada de hogares en situación de inquilinato

Al aplicar el indicador de asequibilidad de la vivienda de alquiler (cf. supra), en el cuadro 8 se advierte que el 28.2% de los hogares accede a una vivienda inasequible; esto significa que aproximadamente 3 de cada 10 hogares, por pagar los gastos de la vivienda, presenta déficit alimentario o ha dejado de atender otros derechos básicos (salud, educación, transporte). Al realizar un cruce con el indicador de vivienda adecuada, se observa que estas residencias no solo son inasequibles, sino también inadecuadas en un 92.1%, es decir, no cuentan con tubería de agua dentro de la vivienda o funcionalidad de sus habitaciones, aspectos que influyen en la salud física y mental de las personas.

Por otra parte, si el 71,8% de los hogares (cuadro 8) no compromete el cumplimiento de sus otros derechos básicos al realizar el pago de la vivienda, un alto porcentaje de ellos (93.6%) consigue este propósito a costa de residir en una vivienda inadecuada.

La figura 02 muestra el porcentaje que los hogares destinan de su ingreso al pago de alquiler y de servicios básicos. Si bien es evidente que el 86% de estos asigna menos del 30% de sus ingresos al pago de la vivienda, esto no garantiza que el acceso sea a una vivienda adecuada. En el cuadro 09 se verifica que mientras más bajo es el porcentaje de ingresos destinados al pago de la vivienda, también es menor la calidad de la misma. El caso más significativo es el relacionado con hogares que no cuentan con distribución de agua por tubería dentro de la vivienda, se observa que el 69.6% de los hogares que destina menos del 10% de sus ingresos al pago de alquiler no cuenta con este servicio.

Del 13.6% de los hogares que gasta más del 30% de sus ingresos (cuadro 10), el 70% habita una vivienda inasequible (compromete el cumplimiento de otros derechos básicos). Y del 86.4% de los hogares que gasta menos del 30% en el alquiler de su vivienda, el 21.6% tiene una vivienda inasequible. Esto significa que, en términos absolutos, la cantidad de hogares que habita una vivienda inasequible, es superior en aquellos que gastan menos del 30% de su ingreso en el pago del alquiler.

Indicador	Cantidad (Muestra de la EH 2019)	Porcentaje	Porcentaje de vivienda inadecuada respecto del total de vivienda (in)asequible
Vivienda asequible	11 86	71.8	93.6
Vivienda inasequible	466	28.2	92.1
Total	16 52	100.0	

Cuadro 08

Área urbana de Bolivia: Porcentaje de viviendas de alquiler asequibles e inasequibles, 2019

Fuente: Con base en el Instituto Nacional de Estadística, EH 2019

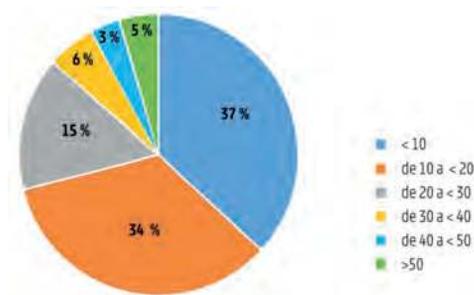


Figura 02
 Área urbana de Bolivia: Porcentaje del ingreso del hogar destinado al pago de la vivienda (alquiler y servicios, 2019)

Fuente: Con base en el Instituto Nacional de Estadística, EH 2019.

El cuadro 10 muestra la relación entre viviendas asequibles y adecuadas de acuerdo al porcentaje de ingresos del hogar destinado al pago de la vivienda (más o menos del 30% del ingreso del hogar). De ahí se observa que el tipo de vivienda más significativo en aquellos hogares que destinan menos del 30% de sus ingresos al pago del alquiler corresponde a las viviendas asequibles, pero inadecuadas (63.8% del total de viviendas de alquiler). Y en el caso de los hogares que asignan igual o más del 30% de sus ingresos al pago de alquiler, las viviendas más significativas son las inasequibles e inadecuadas. En ambos grupos, el porcentaje de viviendas inasequibles e inadecuadas llega a un 26%.

En síntesis, se observa tanto en las viviendas asequibles como inasequibles que mientras menor es el porcentaje de ingresos del hogar destinado al pago de la vivienda de alquiler, mayor relación tiene con la adquisición de una vivienda inadecuada. También se resalta que no solo en el grupo de población que destina más del 30% de sus ingresos al pago de alquiler existen hogares que ponen en riesgo sus otros derechos básicos, sino también en aquellos que invierten menos del 30%.

Características socio-económicas de los jefes(as) de hogar en situación de inquilinato

A partir de la relación entre viviendas asequibles, inasequibles, adecuadas e inadecuadas, se conforma cuatro grupos de jefes(as) de hogar. El análisis comparado, posibilita conocer sus características socio-económicas, las cuales pueden ser fortalecidas con el fin de mejorar la calidad de vida de sus hogares.

% de ingresos destinados al pago de la vivienda	Características de la vivienda adecuada									
	Cuanta con agua por tubería dentro de la vivienda		Hasta 2.5 personas por dormitorio		Cuenta con baño privado para un solo hogar		Cuenta con un cuarto exclusivo para cocinar		Cuenta con un espacio adicional a los dormitorios, cocina y baños	
	Sí	No	Sí	No	Sí	No	Sí	No	Sí	No
< 10	30,4	69,6	52,1	67,9	50,5	49,5	59,0	41,0	36,2	63,8
De 10 a < 20	44,7	55,3	42,4	57,6	57,2	42,8	66,6	33,4	31,1	68,9
De 20 a < 30	61,7	38,3	64,0	36,0	73,9	26,1	80,2	19,8	29,6	70,4
De 30 a < 40	65,2	34,8	72,8	27,2	79,3	20,7	77,2	22,8	38,0	62,0
De 40 a < 50	75,9	24,1	86,2	13,8	84,5	15,5	87,9	12,1	31,0	69,0
> 50	78,7	21,3	82,7	17,3	84,0	16,0	89,3	10,7	38,7	61,3

Cuadro 09

Área urbana de Bolivia: Porcentaje de viviendas adecuadas y no adecuadas según el porcentaje de ingresos del hogar destinados al pago de la vivienda de alquiler, 2019

Fuente: Con base en el Instituto Nacional de Estadística, EH 2019.

Cuadro 10

Área urbana de Bolivia: Porcentaje de viviendas de acuerdo a la relación entre el indicador de asequibilidad y el indicador de vivienda adecuada, según el porcentaje de ingresos del hogar destinado al pago de la vivienda de alquiler, 2019

Fuente: Con base en el Instituto Nacional de Estadística, EH 2019.

Porcentaje de ingresos del hogar destinado al pago de la vivienda de alquiler	% de viviendas asequibles y adecuadas	% de viviendas asequibles, pero inadecuada	% de viviendas inasequibles y adecuadas	% de viviendas inasequibles e inadecuadas	TOTAL
Menor a 30%	3,9	63,8	0,5	18,1	86,4
Igual o mayor a 30%	0,7	3,4	1,7	7,9	13,6
TOTAL	4,6	67,2	2,2	26,0	100,0

De esta manera, se identifican jefes(as) de hogar que habitan una vivienda asequible y adecuada, siendo esta la situación ideal que deberían alcanzar los demás hogares. El 4.6% de los hogares corresponde a este grupo.

Un segundo grupo de jefes(as) de hogar, comprende a aquellos que residen en una vivienda asequible, pero inadecuada, es decir, se da mayor preferencia al cumplimiento de otros derechos básicos (alimentación, salud, educación y transporte) sacrificando la calidad de la vivienda. El mayor porcentaje de jefes(as) de hogar corresponde a este grupo (67.2%).

El tercer grupo de jefes(as) de hogar, es el que habita una vivienda inasequible, pero adecuada. Al contrario del anterior grupo, se da preferencia a la calidad de la vivienda en desmedro del cumplimiento de otros derechos básicos. El 2.2% de los jefes(as) de hogar conforman este grupo.

Finalmente, el cuarto grupo de jefes(as) de hogar, es aquel que se encuentra en la situación más desfavorable, esto es, aquellas personas que no han podido acceder a una vivienda adecuada y tampoco pueden cubrir los derechos básicos. El 26% de los jefes(as) de hogar corresponde a este grupo.

a) Grupo 1: jefes(as) de hogar que habitan una vivienda asequible y adecuada

Entre las características que representan de forma significativa a los jefes(as) de hogar que habitan una vivienda asequible y adecuada (cuadro 11), se resalta la edad comprendida entre 30 y 49 años, el estado civil de casado(a), los años de estudio mayor a 6 años y la ocupación en el empleo principal como obrero o empleado o trabajador por cuenta propia, con un salario promedio mensual de Bolivianos 5214.

b) Grupo 2: Jefes(as) de hogar que habitan una vivienda asequible, pero inadecuada

Las características más importantes de este grupo (cuadro 12), a diferencia de aquellos que habitan viviendas asequibles y adecuadas, se resume en lo siguiente: 1) la edad representativa disminuye y se concentra entre los 20 y 39 años, 2) incrementa el porcentaje de jefes(as) con estado civil de conviviente y disminuye el de casado(a), 3) reduce el porcentaje de jefes(as) de hogar que

SEXO	Ho mbre	Mujer					
%	78,9	21,1					
EDAD	< 19	De 20 a 29	De 30 a 39	De 40 a 49	De 50 a 59	60 o más	
%	0,0	15,8	27,6	25,0	10,5	21,1	
ESTADO CIVIL	Soltero	Casado	Conviviente	Separado	Divorciado	Viudo	
%	22,4	46,1	14,5	6,6	6,6	3,9	
AÑOS DE ESTUDIO	Ninguno	De 1 a 5	De 6 a 12	Más de 12			
%	0,0	13,2	43,4	43,4			
OCUPACIÓN	Obrero/ empleado	Empleador/a socio que si recibe salario	Trabajador por cuenta propia	Empleador/a o socio/a que no recibe salario	Cooperativista de producción	Trabajador familiar sin remuneración	Empleado del hogar
%	49,2	1,5	41,5	6,2	0,0	1,5	0,0
INGRESO POR OCUPACIÓN PRINCIPAL	Promedio mensual						
%	5214						

Cuadro 11

Área urbana de Bolivia: Características socio-económicas de jefes(as) de hogar que habitan una vivienda asequible y adecuada, 2019

Fuente: Con base en el Instituto Nacional de Estadística, EH 2019.

Cuadro 12

Área urbana de Bolivia: Características socio-económicas de jefes(as) de hogar que habitan una vivienda asequible, pero inadecuada, 2019

Fuente: Con base en el Instituto Nacional de Estadística, EH 2019.

SEXO	Hombre	Mujer					
%	65,7	34,3					
EDAD	De 15 a 19	De 20 a 29	De 30 a 39	De 40 a 49	De 50 a 59	60 o más	
%	2,1	27,7	31,1	18,3	12,2	8,6	
ESTADO CIVIL	Soltero	Casado	Conviviente	Separado	Divorciado	Viudo	
%	23,2	27,7	34,3	7,3	3,1	4,4	
AÑOS DE ESTUDIO	Ninguno	De 1 a 5	De 6 a 12	Más de 12			
%	1,3	15,1	48,0	35,6			
OCUPACIÓN	Obrero/ empleado	Empleador/ a socio que si recibe salario	Trabajador por cuenta propia	Empleador/ a o socio/a que no recibe salario	Cooperativista de producción	Trabajador familiar sin remuneración	Empleado del hogar
%	51,8	0,4	38,3	5,2	0,0	1,0	3,3
INGRESO POR OCUPACIÓN PRINCIPAL	Promedio mensual						
%	3777						

tienen más de 12 años de estudio, y se incrementa para aquellos que tienen entre 6 y 12 años de estudio, 4) continúa predominando la ocupación de obrero o empleado, seguido del trabajador por cuenta propia, 5) el promedio del ingreso mensual del trabajo principal disminuye a Bolivianos 3777. De lo indicado, se colige que la juventud, relacionada con los pocos años de estudio y el bajo ingreso mensual, limita el acceso a una vivienda adecuada. A esto se puede agregar que, aunque se obtenga un trabajo como dependiente (obrero o empleado), el salario no es suficiente para dar cumplimiento al acceso a la vivienda adecuada. Adicionalmente, el estado civil que no es resultante de un matrimonio civil, puede igualmente propiciar inestabilidades financieras y familiares.

c) Grupo 3: Jefes(as) de hogar que habitan una vivienda inasequible, pero adecuada

El grupo de los jefes(as) de hogar que habitan una vivienda inasequible, pero adecuada (cuadro 13), tienen algunas características similares a las del primer grupo (que residen en viviendas asequibles y adecuadas), esto es, las edades representativas están comprendidas entre los 30 y 49 años y el estado civil de mayor relevancia es el de casado.

Cuadro 13

Área urbana de Bolivia: Características socio-económicas de jefes(as) de hogar que habitan una vivienda inasequible, pero adecuada, 2019

Fuente: Con base en el Instituto Nacional de Estadística, EH 2019.

SEXO	Hombre	Mujer					
%	48,6	51,4					
EDAD	De 15 a 19	De 20 a 29	De 30 a 39	De 40 a 49	De 50 a 59	60 o más	
%	0,0	10,8	35,1	24,3	16,2	13,5	
ESTADO CIVIL	Soltero	Casado	Conviviente	Separado	Divorciado	Viudo	
%	18,9	35,1	18,9	8,1	13,5	5,4	
AÑOS DE ESTUDIO	Ninguno	De 1 a 5	De 6 a 12	Más de 12			
%	0,0	10,8	51,4	37,8			
OCUPACIÓN	Obrero/ empleado	Empleador/ a socio que si recibe salario	Trabajador por cuenta propia	Empleador/ a o socio/a que no recibe salario	Cooperativista de producción	Trabajador familiar sin remuneración	Empleado del hogar
%	26,7	0,0	63,3	6,7	0,0	0,0	3,3
INGRESO POR OCUPACIÓN PRINCIPAL	Promedio mensual						
%	2129						

SEXO	Hombre	Mujer					
%	61,8	38,2					
EDAD	De 15 a 19	De 20 a 29	De 30 a 39	De 40 a 49	De 50 a 59	60 o más	
%	1,9	23,8	34,5	22,4	10,5	7,0	
ESTADO CIVIL	Soltero	Casado	Conviviente	Separado	Divorciado	Viudo	
%	16,8	31,0	34,0	11,0	2,1	5,1	
AÑOS DE ESTUDIO	Ninguno	De 1 a 5	De 6 a 12	Más de 12			
%	2,6	18,2	58,7	20,5			
OCUPACIÓN	Obrero/ empleado	Empleador/ a socio que sí recibe salario	Trabajador por cuenta propia	Empleador/a o socio/a que no recibe salario	Cooperativista de producción	Trabajador familiar sin remuneración	Empleado del hogar
%	32,2	0,0	54,5	4,8	0,3	1,6	6,6
INGRESO POR OCUPACIÓN PRINCIPAL	Promedio mensual						
%	2091						

Cuadro 14

Área urbana de Bolivia: Características socio-económicas de jefes(as) de hogar que habitan una vivienda inasequible e inadecuada, 2019

Fuente: Con base en el Instituto Nacional de Estadística, EH 2019.

A diferencia del anterior grupo, en éste empieza a cobrar mayor significancia los años de estudio comprendidos entre 6 a 12 años, también el trabajo por cuenta propia y un promedio de ingresos de Bolivianos 2129 por mes (empleo principal), 59% menos que el primer grupo. También, es importante indicar que este grupo tiene un mayor porcentaje de jefatura femenina.

d) Grupo 4: Jefes(as) de hogar que habitan una vivienda inasequible e inadecuada

No obstante que a nivel general (en Bolivia) la jefatura masculina (64.6% en el año 2012) porcentualmente ha sido ampliamente superior a la femenina (35.4%), en el grupo de jefes(as) de hogar que habitan una vivienda inasequible e inadecuada (cuadro 14), la jefatura femenina (38.2%) cobra mayor significación respecto a la masculina de su propio grupo (59%) y respecto a la jefatura femenina de los grupos 1 y 2.

Las edades representativas en este grupo se centran entre los 20 y 49 años, resalta el estado civil de conviviente, seguido del casado, y los años de estudio de 6 a 12 años. En cuanto a la ocupación, sobresale el trabajador por cuenta propia, seguido del obrero o empleado. El salario promedio desciende a Bolivianos 2091.

En resumen, las principales características socio-económicas que se relacionan con la falta de asequibilidad y adecuación de la vivienda en el área urbana de Bolivia, están relacionadas con el género, la juventud, la unión conyugal libre, la baja escolaridad, el empleo por cuenta propia y los bajos ingresos económicos.

Conclusiones

De manera general, en América Latina, se estima que los hogares que habitan en barrios marginales sean también aquellos considerados pobres o pobres extremos que, por su situación, no pudieron acceder a una vivienda asequible. Los datos para el área urbana de Bolivia muestran que el porcentaje de población que habita en barrios marginales (49%), es bastante superior al porcentaje de población en situación de pobreza y pobreza extrema (29.3%). Esto significa que

los hogares considerados no pobres también viven en barrios marginales, lo que lleva a suponer que los ingresos económicos no son suficientes como para acceder a una vivienda de características adecuadas.

En este contexto, al no existir en Bolivia políticas públicas de acceso a viviendas asequibles y adecuadas, las principales tendencias, en términos porcentuales, para acceder a una vivienda son la tenencia en propiedad (incluida en ella la tenencia irregular) y la vivienda prestada (que propicia allegamiento y no garantiza la seguridad de la tenencia). Y en cuanto a los precios de alquiler, se advierte que los más elevados se concentran en los departamentos que tienen áreas metropolitanas (Cochabamba, La Paz y Santa Cruz) y en las ciudades capitales, aunque en estas últimas se pueden encontrar viviendas con precios iguales a un 5% del precio más alto de alquiler reportado, se refieren a habitaciones sueltas ubicadas en áreas periféricas, evidenciándose así la desigualdad social y territorial en lugares de mayor concentración urbana.

Continuando con la tenencia en alquiler, no obstante que en términos porcentuales se ha reducido durante la última década, no se debe desconocer que en términos absolutos se ha incrementado en aproximadamente tres cuartas partes y que su vigencia se constituye en una opción para afrontar los cambios en el ciclo de vida, las necesidades de traslado temporal y las limitaciones en la solvencia económica-financiera de los hogares; sin embargo, al satisfacer a través del alquiler de la vivienda una necesidad social, su provisión debe cumplir con los criterios mínimos establecidos en las normativas de derechos humanos sobre vivienda adecuada.

Si bien la evolución de precios del canon de alquiler no es altamente significativa, el acceso a la vivienda adecuada se ve limitado por la baja capacidad económica de los hogares en relación con el precio de alquiler. Según la Encuesta de Hogares 2019, el 48.6% de los hogares y el 71.1% de los jefes(as) de hogar en situación de inquilinato, tenían un ingreso igual o menor a dos salarios mínimos nacionales (Bs 4244). De acuerdo a esta investigación, un jefe(a) de hogar requiere tener un ingreso mensual de más de Bolivianos 5000 para acceder a una vivienda asequible y adecuada por lo menos servicios básicos y funcionalidad.

El acceso a una vivienda adecuada, especialmente para los hogares en situación de inquilinato, se ha visto agravado por la pandemia COVID-19. De acuerdo a la "Encuesta sobre el cumplimiento de las Leyes de Inquilinato - ECLI 2021", el desalojo de hogares en situación de inquilinato antes de la pandemia era de 6.6%, pero el año 2021 llegó a 11.9%. En cuanto a las dificultades económicas, el 61% de los jefes(as) de hogar reportó tener dificultades para pagar el alquiler durante la pandemia; siendo las principales causas: la pérdida de empleo (37%), la disminución de ingresos económicos (51%) o el fallecimiento o enfermedad grave de algún miembro del hogar (11%) con la consecuente disminución de ingresos. Con referencia al cumplimiento del artículo 3 de la Ley N° 1342, Ley Excepcional de Arrendamientos (Alquileres), promulgada el año 2020, donde se estipula que el arrendador debe disminuir en un 50% el canon de alquiler, su efectividad se concretizó para el 20.1% de los hogares (Quillaguamán, 2021). De esta situación se infiere que, por causa de la caída del ingreso, la mayoría de los hogares tiene que destinar al alquiler una proporción más alta de dichos ingresos, en desmedro del ejercicio de otros derechos básicos, o estar sujeto al desalojo. En consecuencia, es necesario pensar en estos sectores vulnerables para que no queden rezagados.

Retomando la situación económica de la población en el área urbana de Bolivia para el año 2019, los resultados muestran que el 63.8% de los hogares que destinan menos del 30% de sus ingresos al pago de alquiler, habita una vivienda inadecuada y el 18.6% una vivienda inasequible. Se advierte, igualmente, que el 69.4% de los hogares debe elegir entre alquilar una vivienda adecuada, pero dejando de atender otros derechos básicos, o satisfacer tales derechos a riesgo de vivir en una vivienda inadecuada. Esta situación inclusive se torna trágica para un 26% de los hogares, que no tiene más elección que la de vivir en

una vivienda inasequible e inadecuada. De ahí se infiere que el mercado inmobiliario, a través del sector privado, proporciona viviendas inasequibles o desarrolla viviendas asequibles pero inadecuadas, y a partir de este modelo no se logra un avance hacia la constitución de ciudades inclusivas y sostenibles en Bolivia.

Por lo tanto, en Bolivia la asequibilidad no puede ser estimada solo por el parámetro del porcentaje del ingreso del hogar, sino que su definición debe estar vinculada necesariamente con los otros componentes de la vivienda adecuada. Los resultados de este artículo evidencian que existe una relación directa entre el menor porcentaje de ingresos destinados al pago de la vivienda de alquiler y la menor calidad de la misma.

De acuerdo a los grupos identificados en los resultados de la investigación, las características más representativas de aquellos jefes(as) de hogar que tuvieron que decidir entre asequibilidad y vivienda adecuada, o que no tuvieron posibilidad de elegir, se pueden resumir de la siguiente manera: la edad representativa se concentra en personas jóvenes (de 20 a 39 años), con estado civil de conviviente, con 12 o menos años de estudio, ocupados como trabajadores por cuenta propia y con ingresos de dos o menos salarios mínimos nacionales. Estos datos significan que para el año 2019 en Bolivia no se avanzó de forma significativa en términos educativos ni laborales, situación que pone en peligro el cumplimiento de derechos tan elementales para la subsistencia y desarrollo de las personas.

Affordable Housing Activation (2022) *Elementos para el debate sobre vivienda asequible: situación global, determinantes y barreras*. Madrid: ONU HÁBITAT.

BANCO MUNDIAL (2022) *Población que vive en barrios de tugurios (% de la población urbana)*. En <https://datos.bancomundial.org/indicador/EN.POP.SLUM.UR.ZS>

Behr, D.; Chen, L.; Goel, A.; Haider K. R, et al. (2021) *Introducing the Adequate Housing Index (AHI)*. Policy Research Working Paper 9830. World Bank Group.

Brodie, C.. (2022) *Estas ciudades tienen las viviendas menos asequibles*. World Economic Forum. En <https://es.weforum.org/agenda/2017/12/estas-ciudades-tienen-las-viviendas-menos-asequibles/>

CEPALSTAT (2022) *Bases de datos y publicaciones estadísticas*. CEPAL. En <https://redatam.org/es/procesar-en-linea>

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA (2012) *Censo Nacional de Población y Vivienda 2012*. Base de datos en REDATAM.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA.(2019) *Encuesta de Hogares 2019*. Base de datos en <https://www.ine.gob.bo>

Jaramillo, S. & Ibañez, M. (2002) *Elementos para orientar una política estatal sobre alquiler de vivienda urbana en Colombia*. En <https://core.ac.uk/download/pdf/6617789.pdf>

López, P.. (2022) *Hacia un mejor acceso a la vivienda en América Latina y el Caribe*. CAF Banco de Desarrollo de América Latina. En <https://www.caf.com/es/conocimiento/visiones/2022/03/hacia-un-mejor-acceso-a-la-vivienda-en-america-latina-y-el-caribe/>

Moreno, J. (2015) *Déficit habitacional en América Latina y el Caribe: una herramienta para el diagnóstico y el desarrollo de políticas efectivas en vivienda y hábitat*. ONU HÁBITAT.

ONU HÁBITAT. (2018) *Elementos de una vivienda adecuada*. En <https://onuhabitat.org.mx/index.php>.

Quillaguamán, K. (2021) *Construcción del Anteproyecto de Ley de Inquilinato a partir de datos estadísticos. Resultados de encuestas dirigidas a jefes(as) de hogar en situación de inquilinato*. Cochabamba: CEP-UMSS, OINBOL.

Romay, M. (2020) *Problemática de la vivienda de alquiler en las grandes ciudades*. Madrid: COMILLAS Universidad Pontificia.

Referencias





A3

Evaluación de la contaminación acústica en el casco antiguo de la ciudad de Oruro, Bolivia

Grover Antonio **Pozo Ledo**

Universidad Técnica De Oruro • Oruro • Bolivia
grover.pozo@doc.uto.edu.bo

Edmar Francisco **Cruz Villca**

Universidad Técnica De Oruro • Oruro • Bolivia
edmar.cruz@doc.uto.edu.bo

Resumen

La centralidad urbana, el crecimiento demográfico y económico aumenta de manera significativa la contaminación acústica en la ciudad de Oruro, principalmente en el Distrito 1. Lo que puede derivar en diferentes secuelas a corto y mediano plazo en la salud auditiva como en la psicológica de un gran porcentaje de los habitantes. El objetivo de la investigación es evaluar la contaminación acústica en el casco antiguo de la ciudad de Oruro, para determinar a qué niveles y cuál es la percepción del ambiente a la que la población es expuesta. El estudio alcanzó 64 puntos de medición representando el 12% de la superficie del Distrito 1, abarcando una superficie aproximada de 452.000 m², llegando a tener 9216 tomas de muestra en un lapso de cuatro semanas, coincidiendo con la vuelta a la nueva normalidad de actividades educativas a consecuencia del COVID-19. Estos indicadores revelaron que el 31.25% de los puntos analizados están por encima de los límites permisibles (75dB), que la frecuencia con la que este límite es rebasado está por encima de 25% y que los valores obtenidos están por encima de los límites sugeridos por la OMS en un 50%. Además se verificó la existencia de otras fuentes de emisión dentro del espacio público, que incrementan esta situación. Por otro lado se concluyó que las áreas verdes, dependiendo de su biomasa, son capaces de reducir la contaminación hasta un 25%. Siendo así, es imperativo proponer estrategias urbanas para futuras intervenciones y regulaciones que mitiguen esta problemática en la ciudad de Oruro.

Palabras clave: *Contaminación acústica, medio ambiente, límites permisibles, mapa de ruido, casco viejo Oruro*

Abstract

Urban centrality, demographic and economic growth significantly increases noise pollution in the city of Oruro, mainly in District 1. This can result in different short and medium term consequences in the auditory and psychological health of a large percentage of the inhabitants. The objective of the research is to evaluate noise pollution in the old part of the city of Oruro, to determine at what levels and what is the perception of the environment to which the population is exposed. The study reached 64 measurement points representing 12% of the surface of District 1, covering an approximate area of 452,000m², reaching 9216 samples in a period of four weeks, coinciding with the return to the new normality of educational activities as a result of COVID-19. These indicators revealed that 31.25% of the points analyzed are above the permissible limits (75dB), that the frequency with which this limit is exceeded is above 25%, that the values obtained are above the limits suggested by the WHO by 50%. In addition, the existence of other emission sources within the public space increases this situation. But at the same time green areas depending on their biomass are able to reduce pollution up to 25%. It is imperative to propose urban strategies for future interventions and regulations to mitigate this problem in the city of Oruro.

Keywords: *Noise pollution, environment permissible limits, noise map, old town Oruro*

Introducción

A medida que la población y sus características demográficas se desarrollan, el avance tecnológico y el poder adquisitivo causa un crecimiento de los centros urbanos de manera constante y progresiva transformándolas. Este crecimiento en las ciudades de Latinoamérica que generalmente ha desbordado las capacidades municipales, incluso sus centros históricos, ocasiona distintos tipos de problemas, algunos recurrentes y otros que se generan de manera particular y espontáneamente. Uno de ellos es la contaminación acústica siendo un tema poco tratado o regulado por las políticas públicas. Si bien existen una serie de normativas y recomendaciones de distintos organismos, el desconocimiento o el desinterés en estas ocasiona distintos tipos de problemas. Se ha comprobado que esta problemática y que la exposición prolongada a ciertos niveles de ruido trae consigo afecciones en distintos niveles sobre la salud pública que puede incluso afectar al comportamiento psicológico de quienes habitan el sector y a los visitantes ocasionales.

En la ciudad de Oruro principalmente en su centro histórico o "Casco viejo" se reconoce esta contaminación a consecuencia de la centralidad urbana de esta urbe. Donde se están generando espacios nada saludables y que afecta a todos los habitantes, ciudadanos propios y visitantes. Debido a una carencia de aplicación de normativas o estudios que debelen los niveles y factores de contaminación acústica que se generan en este espacio público. Para ello se plantea un estudio en el cual se toma un sector representativo como el 12.5% de la superficie del Distrito N1 y en cual converge la mayor cantidad de actividades e instituciones de la ciudad de Oruro. El objetivo de la investigación es verificar si las condiciones acústicas son adecuadas para el desarrollo saludable de los habitantes en el área delimitada de estudio que se encuentra dentro del centro de la ciudad de Oruro. Partiendo de la hipótesis que en las condiciones existentes en el centro de la ciudad se aprecia niveles de ruido fuera de los límites permisibles por ley y más aun de las recomendaciones internacionales.

Los datos obtenidos, el análisis y la interpretación de los valores verificados en el área de estudio, ayudan a identificar áreas de contaminación acústica, áreas saludables acústicamente, además de las posibles actividades y focos emisores de ruido. Generando con resultado final un mapa de ruido, presentado gráficamente la representación de estos niveles de contaminación en la trama urbana. Permitiendo plantear soluciones inmediatas al problema de la contaminación acústica, a los puntos emisores y a las actividades que generan contaminación.

Estas medidas de mitigación podrán y deben ser planteadas o controladas, por las autoridades Municipales a partir de generar; políticas públicas, intervenciones urbanas tácticas en la ciudad, como la planificación urbana y de las infraestructuras verdes. Las cuales son replicables en la toda expansión de la mancha urbana. Con la finalidad de concebir una ciudad con un menor impacto acústico, por ende, más sostenible, resiliente en el camino de mitigar en parte las consecuencias del propio impacto climático.

Materiales y métodos

La metodología planteada para la investigación es experimental y de observación científica, puesto que la elección de muestro está basada en puntos localizados en aforos vehiculares y peatonales en horas pico dentro de esta centralidad urbana en la ciudad de Oruro, donde se generan congestión y por ende una contaminación acústica constante. Estos puntos fueron evaluados durante horas determinadas del día, pero al mismo tiempo en un lapso de 30 días. Utilizando un método deductivo e inductivo de manera sistémica determinando así una grilla para la observación y monitoreo de fuentes fijas y móviles que nos permita establecer la relación con el entorno urbano centralizado de la ciudad, por ende, con las personas y la salud

pública de este entorno. Obteniendo la modelación de la base de datos, que de manera cuantitativa y gráfica nos proporcione las pautas necesarias para definir las medias de mitigación y adaptación ante esta problemática.

Instrumentos y técnica

Se utilizó cuatro sonómetros, como instrumento portátil para medir niveles sonoros de forma normalizada, proporcionando medidas objetivas y reproducibles. Las que se miden en Decibeles (dB)¹. Los equipos utilizados son dos sonómetros de la marca BAFX3608 - Rangos: 30-80, 50-100, 60-110, 60-130, 30-130 dB y dos sonómetros EXTECH 407732 - Rangos; 35 a 100 dB (bajo) y 60 a 130 dB (alto) Ambos con el mismo radio de espectro y que tiene la función "MAX Hold" que mostrará la lectura más alta registrada.

¹ Decibel (dB) Unidad que se utiliza para medir la intensidad del sonido y otras magnitudes físicas. Es igual a 20 veces el logaritmo decimal del cociente de la presión de sonido ejercida por un sonido medido, y la presión de sonido de un sonido estándar equivalente a 20 micropascales.

Para el muestreo se tomó en cuenta las siguientes consideraciones sobre la medición según el equipo utilizado.

- a) El viento que resopla en el micrófono puede aumentar la medida de ruido.
- b) Se debe usar la pantalla contra viento para cubrir el micrófono cuando sea necesario.
- c) Calibrar el instrumento antes de cada uso si es posible. Especialmente si el medidor no ha sido usado durante largo periodo.
- d) No operar el instrumento en áreas de altas temperaturas o humedades.
- e) Mantener seco el medidor y el micrófono.
- f) Evitar la vibración severa.

Diseño del estudio

El muestreo se realiza en puntos de la ciudad previamente establecidos, por un lapso de 4 semanas, el cual inicio el 11 de abril concordando con una vuelta a una nueva normalidad a efectos de la pandemia del COVID-19. Siendo este escenario el más favorable por el



Figura 01
Equipo de medición Sonómetros BAFX3608 y EXTECH 407732

Fuente: Fotografía propia Equipo laboratorio de Medio Ambiente - F.A.U.-U.T.O.

masivo retorno a las actividades comerciales, de oficina y en gran medida de regreso a clases de estudiantes universitarios y colegiales en un horario más normalizado. La toma de muestra finaliza el sábado 9 de mayo. El equipo estaba conformado por dos personas, las cuales realizaron las tareas de; capacitación y manejo del equipo, toma de datos de fuentes emisoras, adecuación de parámetros de medición, sistematización de resultados. Las mediciones consideran para el estudio el valor medio de tres tomas de datos por punto y el valor máximo obtenido en la retención de la medición.

Determinación espacial y puntos de medición

Para la investigación se definió un área de estudio considerada como de mayor densidad de la ciudad y que concentra gran cantidad de actividades económicas, laborales, de servicio y educativas, conformado un cuadrante de 48 manzanas. El estudio abarca una superficie aproximada de 452.000m² representado el 12.5% de Distrito N1² de la ciudad. Los límites están delimitados por las siguientes calles:

- Al Norte, la calle Nicolás Caro
- Al Este, la Avenida 6 de agosto y estación ENFE
- Al Oeste, la calle Presidente Ismael Montes
- Al Sud, la Calle Ildefonso Murguía

En este sentido aprovechando la estructura de damero urbano se conformó una grilla estableciendo nodos de intersección para definir en estos los Puntos de Medición (PM). Estos nodos de medición

2 Según PDM de la ciudad de Oruro la mancha urbana de la ciudad es de 7.822,02 Ha y el Distrito 1 tiene un área urbana de 37141 Ha

Figura 02

Distribución de grilla de medición y PM sobre mapa

Fuente: Elaboración propia



que están conformados por 4 esquinas de Manzanos nos identifican de manera clara y sistemática la obtención de toma de datos para el muestro. También se identificó tres áreas verdes importantes dentro de este cuadrante donde también se realizaron las mediciones como un punto de referencia para la mitigación de una posible contaminación acústica. Por lo que contamos para el muestro con 66 PM dentro del área de estudio.

Procedimiento de medición

Para este proceso se tomó en cuenta un lapso de tiempo de 4 semanas de medición teniendo en cuenta los días lunes, miércoles y sábado como marco de referencia semanal de mayor concentración de actividades y por ende de la evaluación de la contaminación acústica para la toma de muestra. Además, se determinó un feriado nacional dentro de este lapso temporal para establecer un referente de muestreo donde la actividad de la población es drásticamente menor en el área de estudio, con la finalidad de obtener un elemento comparativo para la propuesta de mitigación. En los días de medición se establecieron horarios relevantes para la toma de muestra en los PM en los horarios de 8:00 a 9:00, de 12:00 a 13:00 y de 18:00 a 19:00. Siendo estos los horarios de mayor aforo y congestión.

Para el procedimiento de medición se ajustaron los equipos en una "ponderación A", que se usa comúnmente para programas ambientales o de conservación del oído, con tiempo de respuesta rápida de (125ms) ambos con una selección de escala de "Hi" 65 a 130dB, complementado además con la utilización de la función de retención de máximos, el cual solo actualiza la LCD haciendo que el medidor detecte la lectura más alta registrada en los puntos de muestro.

Aplicando en un tiempo de medición de 3 intervalos de 5 minutos recomendados por RMCA³, pero también se tomó la muestra adicional de retención de máximos a lo largo del muestreo, para así obtener picos acústicos teniendo en cuenta un lapso de tiempo considerable a esta exposición. Alcanzando así 4 tomas de muestra por horario de medición en cada PM en el lapso de 4 semanas, lo que nos da un total de 9216 tomas de muestra en el área de estudio

3 RMCA. Reglamento en materia de contaminación atmosférica dentro del anexo 6 Límites permisibles de emisión de ruido.

Resultados

Para el análisis de la contaminación acústica de esta investigación primeramente se debe entender que este tipo de contaminación tiene consecuencias a mediano y largo plazo en la salud de la población en general y en consecuencia tiene efecto sobre las condiciones normales del medio ambiente. Como lo describe Berglund et. al (1999), esta contaminación genera efectos específicos como: deficiencia auditiva causada por el ruido, interferencia en la comunicación oral, trastorno del sueño y reposo, efectos psicofisiológicos, sobre la salud mental y el rendimiento, efectos sobre el comportamiento e interferencia en actividades. También los autores consideran relevante hacer un énfasis sobre los grupos vulnerables y los efectos combinados de fuentes fijas y móviles de ruido en el espacio público, lo cual incrementa el este problema de manera progresiva. Como lo señala OSMAN (2010), estos efectos también están en las denominadas "zonas grises"⁴, en la que los niveles de ruido causan serias molestias durante todo el día y afecta a personas que ejercen una actividad en ese lugar. Esta problemática es cada vez más abordada sobre todo en las ciudades o centros urbanos que concentran gran cantidad de actividad. Para De Gortari (2013: 62) cada ciudad presenta diferentes características en sus niveles de contaminación, y aun cuando existe un consenso de que la contaminación acústica ha deteriorado en confort de las zonas urbanas y por ende en la calidad de vida de los diferentes actores de la misma, se ha relegado este problema a una preocupación secundaria.

4 Zonas Grises, no aptas para residencia ni comercio.

Es por ello que es necesario esclarecer parámetros o valores homogenizables para realizar una lectura sobre contaminación acústica, puesto que la normativa nacional vigente no ha sido actualizada. En cambio, los estudios y políticas públicas implantadas por otros países han avanzado mucho en relación a planes de acción y control para reducir la exposición al ruido y por ende mejorar la calidad de vida de las personas. (OSMAN, 2010).

Comparación de límites permisibles

Para poder analizar los niveles obtenidos en los PM de la investigación, es necesario conocer, establecer y comprender los límites establecidos del Reglamento en Materia de Contaminación Atmosférica normalizada en volvía por el MMAyA (1992) bajo la ley N°1333. Estos deben ser contrastados con los límites recomendados por la organización mundial de la salud (OMS) puesto que es imperativo establecer rangos de valores acústicos recomendados que influyen en la salud, la psiquis, el rendimiento y el bienestar de las personas para comprender la importancia de la exposición a esta contaminación como lo señala Berglund et. al (1999), en un estudio realizado por la OMS. Pero al mismo tiempo contrastando estudios y actualizando de los valores por centros de investigación médicos que estudian el impacto ambiental de la contaminación acústica (OSMAN, 2010).

La normativa vigente en su Reglamentación divide las fuentes de emisión en fuentes fijas (Ff) y fuentes móviles (Fm), también señala sus máximos o límites permisibles en (dB). Dentro de las fuentes fijas indica que en un horario de seis a las veintidós horas el límite permisible es de 68dB, pero también señala que en lugares que se localicen en áreas cercanas a centros hospitalarios, guarderías, escuelas, asilos y otros lugares de descanso, no deben rebasar el límite máximo permisible de emisión de ruido de 55dB. Además, establece un límite máximo de 75dB para amplificadores, parlantes que estén situados hacia la vía pública. En el caso del límite máximo permiso de las fuentes móviles esta se regula según el tonelaje o capacidad de carga de los motorizados y varían en un rango de 79dB a 84dB. (MMAyA, 1992).

Tabla 01

Resumen de la Reglamenteo de contaminación atmosférica Límites permisibles de emisión de ruido.

Límites Permisibles de Fuentes de Emisión (FE)	Emisión de Ruido (Anexo 6) Max. (dB)
Fuente Fija (Ff)	
Hospitalarios, Asilos	55
Guarderías, Escuelas	55
Lugares de descanso	55
Vía pública noche	65
Vía pública	68
Amplificadores	75
Aeropuertos	115 -140
Fuente Móvil (Fm)	
Vehículos de 3T.	79
Vehículos de 10T.	81
Vehículos > a 10T.	84
Motocicletas	84

Fuente: Elaboración Propia a partir de Límites Permisibles de Emisión de Ruido (MMAyA, 1992)

A partir de este resumen de valores mostrados en la tabla extraída de diferentes referentes y además contrastada con los valores recomendados por la organización mundial de la salud OMS. Distinguiremos tres rangos fundamentales; el primero de 55dB que se encuentra normalizado por la unión europea como el rango máximo permitido en áreas o espacios públicos urbanos WHO (2018). El siguiente limite permisible es de 70dB, (ambiente molesto) teniendo en cuenta que no debería existir una exposición prolongada en horas a estos niveles de ruido, ya que el mismo provoca efectos en el campo psicológico por el estrés producido, por ruido ambiental, como también afecciones graves a la salud, que causan daños permanentes como la pérdida parcial de la capacidad auditiva. (OSMAN, 2010). El último límite permisible es el más dañino para la salud pública, el cual llega a un umbral de dolor con exposición menor a un minuto, dejando secuelas permanentes y severas. Este límite se encuentra cuando se rebasan los 130 dB y generalmente se produce

en el despegue de aviones en aeropuertos como en explosiones o similares.

Para la investigación se toma en cuenta los límites establecidos según normativa y apoyada en la percepción del ambiente, como en los límites establecidos por la OMS, dado que los mismos son referenciados en investigaciones actualizadas que muestran una relación mucho más específica con la salud pública y los efectos de la contaminación acústica. La ciudad de Oruro, por lo tanto, no está exenta de esta contaminación y la investigación muestra como resultado que tanto las fuentes fijas como las móviles resultan en una sumatoria que agrava la contaminación acústica y que está directamente relacionada por fenómenos tales como el tráfico, las bocinas de vehículos, las bocinas modificadas, el aditamento de roncadores en tomas de escape de autos, pero al mismo tiempo acompañada de la constante actividad comercial, las construcciones y el aforo de personas en puntos estratégicos dentro del área de estudio.

Medición sobre el casco viejo de Oruro

Al realizar el muestreo y estar ubicados en el Distrito 1 que por su centralidad y densificación es zona de una alta intensidad de aforos, donde la relación de los actores confluye casi de manera caótica y entremezclada. Como lo señala el PDM de la ciudad de Oruro, este Distrito concentra un excesivo congestionamiento del tráfico vehicular por la misma centralidad que alberga el funcionamiento de la administración pública servicios sociales, educativos, salud, de seguridad y la actividad comercial por nombrar algunos. Específicamente en el área de estudio encontramos; 18 Equipamientos de orden públicos, 15 unidades de educación, 15 agencias bancarias, 5 centros universitarios o dependientes, 4 centros médicos, 3 mercados de abasto, 6 agencias de servicios, 4 áreas verdes y además se concentra una gran actividad comercial de tiendas en general por todas las calles, como también oficinas, consultorios u otros de similares características. Además de concentrar, aunque de manera esporádica, pero con bastante regularidad diferentes eventos sociales, marchas de protestas, desfiles de los colegios con bandas, y en algunas épocas del año recorridos de conjuntos y ensayos previos al carnaval de Oruro.

Esta centralidad y confluencia de usos hace que el área de estudio sea de mayor relevancia para la investigación, puesto que en esta superficie se concentra la mayor densidad poblacional del municipio y que al mismo tiempo alberga muchas actividades de los otros distritos como de otros municipios. Por lo que, la cantidad de personas que circulan en este espacio urbano es muy importante, lo cual afecta a una cantidad de población mucho mayor que solo la que habita en ella.

Intercepción de los nodos

A partir de la grilla dispuesta para la distribución de Nodos se identifica 64 PM, los cuales están ordenados en ejes, de la A hasta la H en el eje Y, y del 1 al 8 en el eje X. Esto permite ordenar de manera mucho más precisa las ubicaciones dotando de un código a cada PM (ejemplo PM - A1, calle presidente

Actividades	Nivel (dB)	Percepción del ambiente
Pisada	10	Ambiente silencioso
Viento	20	
Estudio de grabación	20	
Conversación baja	30	Ambiente poco Ruidoso
Oficina, biblioteca	30	
Interior vivienda, dormitorio	35	
Nivel propuesto OMS aire libre	55	Nivel establecido por la OMS
Escuelas, aulas	55	Ambiente Ruidoso
áreas recreativas	55	
Conversación	60	
Nivel propuesto OMS exposición prolongada (causará pérdida de audición y otras afectaciones a la salud)	70	Nivel establecido por la OMS
Electrodomésticos	70	Ambiente Molesto
Áreas industriales	70	
Áreas comerciales	70	
Calle transitada	70	
Tránsito vehicular congestionado	80	
Músicas auriculares	80	
Trasporte carga pesada	90	
Ambientes de ocio	100	Ambiente Deterioro
Ceremonias	100	
Construcciones	110	
Festivales conciertos	120	
Nivel propuesto OMS baja exposición (causará pérdida de audición permanente)	130-150	Ambiente Dolor
Despegue de avión	130	
explosiones	150	

Tabla 02

Valores guía para el ruido urbano en espacios específicos.

Fuente: Elaboración Propia a partir de OSMAN (2010), Berglund et. al (1999) y OMS

Montes esquina Ildefonso Murguía). Se realizó un análisis estadístico a través de la recolección de datos en tablas por cada horario y día programado, por un lapso de 4 semanas donde se obtuvo datos relevantes para el estudio.

La tabla 03 muestra la frecuencia con la que se emite sonido y el porcentaje dentro de determinados intervalos de decibelios, donde observamos los valores medios obtenidos y los valores máximos alcanzados en el monitoreo. Dentro del intervalo mayor a 75 dB encontramos que en especial por la tarde y por la noche en horas pico, estos valores representan más del 27% de la frecuencia de emisión. Los valores entre 70dB y 74dB que representan el 29% de la emisión Sonora. Claramente encontrándonos fuera de las recomendaciones emitidas por OMS y al mismo tiempo estando fuera de la normativa vigente RMCA. Entendiendo que más de un 25% de la emisión de ruido medio y máximo generada en el área de estudio estaría en un límite de ambiente molesto lo cual tiene relación directa con daños a la salud pública y que puede generar afecciones psicológicas. Y la exposición prolongada a estas genera secuelas a media y largo plazo. (OSMAN 2010).

Para ser más específicos el estudio permitió generar y sistematizar los datos de manera que se pueda observar la totalidad del espectro de datos obtenido en los 64 PM, con la finalidad de obtener un resultado cohesionado y contundente sobre el área de estudio. En la figura 3 observamos que los niveles de contaminación acústica producidos durante los días de nuestro tienen pocas variaciones, verificando que los límites señalados son rebasados de manera progresiva en los diferentes horarios.

Se pudo detectar algunas particularidades con respecto a la emisión de niveles altos y los niveles bajos en determinados puntos de la Grilla.

Los puntos más altos detectados que están por encima de 75dB llegando hasta 98dB, se encuentran en cercanías a los centros de abasto y comercio esencialmente, como también cerca de sectores de administración pública y picos excepcionales en centros educativos. También observamos una media superior a los 75dB en los ejes 3, 4, 5, C, E y F, siendo estas las de mayor congestión de tráfico vehicular. Los días miércoles y sábado que son días de feria comercial, detonan otros puntos particulares, pero solo a medio día y parte de la noche por la concentración de compradores y mayoristas. Por contraparte es interesante advertir como valores que se encuentra por debajo de 60dB son los que están más cercanos a un espacio verde o dentro de la estación de trenes, que aglomera una cantidad interesante de árboles en su perímetro.

Tabla 03

Frecuencia de valores de sonido detectadas

Día	(dB)	08:30	8:30 máx.	12:30	12:30 máx.	18:00	18:00 máx.
Lunes	> 75	25.00%	70.31%	40.63%	82.81%	43.75%	78.13%
	70-74	37.50%	18.75%	32.81%	6.25%	21.88%	9.38%
	65-69	21.88%	6.25%	10.94%	3.13%	18.75%	1.56%
	60-64	9.38%	4.69%	9.38%	6.25%	9.38%	7.81%
	< 60	6.25%	0.00%	6.25%	1.56%	6.25%	3.13%
Miércoles	> 75	34.38%	67.19%	32.81%	68.75%	29.69%	68.75%
	70-74	18.75%	17.19%	39.06%	12.50%	25.00%	12.50%
	65-69	34.38%	9.38%	18.75%	9.38%	28.13%	10.94%
	60-64	6.25%	4.69%	6.25%	9.38%	9.38%	7.81%
	< 60	6.25%	1.56%	3.13%	0.00%	7.81%	0.00%
Sábado	> 75	23.44%	57.81%	26.56%	76.56%	29.69%	67.19%
	70-74	20.31%	15.63%	28.13%	7.81%	26.56%	18.75%
	65-69	28.13%	12.50%	25.00%	9.38%	23.44%	4.69%
	60-64	12.50%	9.38%	10.94%	6.25%	14.06%	6.25%
	< 60	15.63%	4.69%	9.38%	0.00%	6.25%	3.13%

Fuente: Elaboración propia

Otras Fuentes de Emisión

Para estos valores se realizó la medición de dos maneras: la primera teniendo en cuenta puntos específicos de tomas de muestra ya que son fuentes fijas; para el segundo tipo al ser fuentes móviles ocasionales, la totalidad de veces registrada en el lapso de medición, es decir, la cantidad de veces que se produjo el fenómeno mientras se realizaba el muestreo.

Se verificaron 765 registros de vendedores ambulantes que anuncian sus productos, ya sea con parlantes o a viva voz, 22 puntos de parlantes externos, 5 puntos de construcción, 3450 motocicletas en aceleración, 5426 usos de bocinas de automóviles, 1234 uso de roncadores en escapes de vehículos, 2132 usos de bocina de silbido y 25 usos de sirena. En la Figura 4 observamos cómo en estas fuentes sonoras, en la mayoría de los casos, la media se encuentra por encima

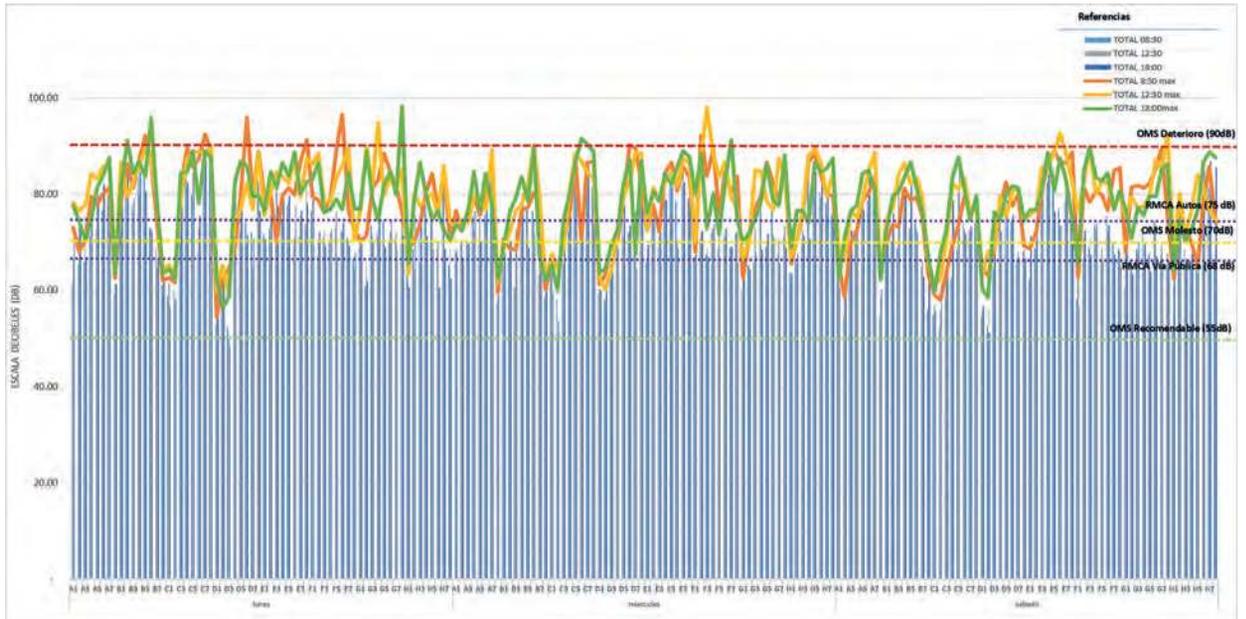


Figura 03

Resumen PM en grilla con límites RMCA Y OMS

Fuente: Elaboración propia

de la normativa vigente, y los límites máximos de la retención alcanzan una medición llegando al ambiente de deterioro. Lo que resalta es el uso de parlantes alcanza un 74.4 dB como valor medio y un 84.3 dB como un máximo alcanzado. Otro elemento importante es el uso de bocinas, bocinas con silbido y roncadores en el escape como los factores más críticos ya que estos pueden alcanzar valores superiores a los 100 dB; representando los mismos un elemento altamente nocivo y sin regulación por la autoridad competente.

Áreas verdes

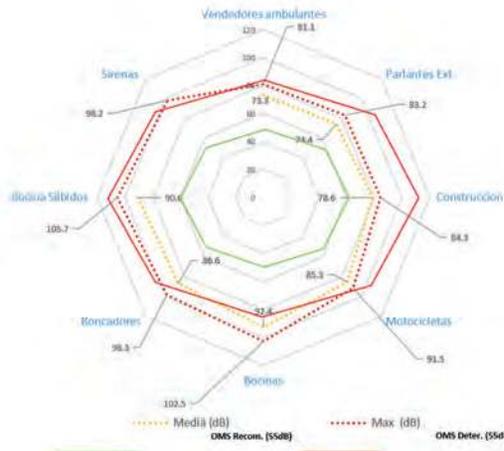
Para el estudio se definieron tres áreas verdes siendo éstas las más relevantes dentro del área de estudio, esto por también por ser las únicas dentro de la misma y al mismo tiempo poseer superficies de considerable extensión dentro del área de muestreo, que además presentan la mayor concentración de árboles (cobertura) y espacio público abierto. Por qué se cifra como punto de medición de área verde (AV) los siguientes; La plaza 10 de febrero con una superficie de 1.718,19m² cobertura de 95%, La Plaza Castro de Padilla con 1.863,00m², cobertura del 98% y el parque Simón Bolívar con 554,00 m² con cobertura de 80%. Se consideraron estos puntos ya que diferentes ciudades plantean como estrategias urbanas el aumentar la vegetación o en todo caso la arborización para la mitigación de la contaminación atmosférica. Como lo comprueba Robles et. al (2019) las áreas verdes son consideradas mitigadoras del ruido, como barrera vegetal para disipar ondas sonoras, disminuir la contaminación acústica y mejorar la calidad del entorno.

Como podemos observar en la Figura 05 si bien se esperaba que la atenuación del ruido fuera mucho más constante en los máximos alcanzados se entiende que al ser una época de otoño para la biomasa del follaje se ha perdido y como lo concluye Robles et. al (2019), para obtener una mayor variación es necesario una mayor proporción de especies perennifolias con follaje presente a lo largo de todo el ciclo anual. Como observamos, la Plaza Castro de Padilla (AV2) es la que mayor reducción de ruido muestra en comparación con su entorno en la grilla llegando a 54.20dB con una máxima

de 65.7dB. En reducción de ruido le sigue La plaza 10 de febrero, que por su alta concentración de actividades tanto administrativas como de ocio y al ser un punto historio referente de la ciudad, la variación obtenida es menor, pero aun así es considerable para el estudio, alcanzando 58.56dB como un valor medio y con máxima de 70.21dB. Finalmente, el parque Simón Bolívar que es el de menor superficie y follaje, presenta una media de 64.45dB y una máxima de 76.54dB.

Figura 04

Identificación y monitores de otras fuentes sonoras



Fuente: Elaboración propia

Mapa de ruido

Para poder identificar las zonas de mayor contaminación acústica se elabora el mapa de ruido generada a partir de todos los PM establecidos, asumiendo los puntos de áreas verdes (AV). Esto para poder identificar con mayor precisión puntos o ejes estratégicos que representan la contaminación diaria a la que está expuesta la población que circula por el casco Urbano. En este sentido se marca los grados de contaminación en una escala de colores que es la representación de una escala en (dB) como podemos observar en la referencia del Figura 06, resultando esta el resumen de la evaluación de contaminación acústica.

Se presentan puntos de mayor intensidad que coinciden además con el congestionamiento vehicular y áreas de servicio público, centros educativos, como también comercial. Resaltando los puntos como; A7 con 74.7dB, A5 con 75.6dB, C3 con 73.2dB, C6 con 75.3dB, C7 con 88.4 dB, D6 con 74.0dB, E5 con 77.6dB, E6 con 75.6dB, F2 con 73.1dB, F5 con 76.33dB, G8 con 75.3dB, en la que en todos estos puntos las máximas superan los 80dB. En el área de estudio también se demarcaron Ejes de contaminación de acústica, como vemos en la figura 6 se demarcan los siguientes; el Eje 3 (calle Soria Galvarro) 75.2dB, Eje 4 (calle 6 de octubre) 75.2dB, Eje 5 (calle Potosí) 76.2dB, Eje C (calle Simón Bolívar) 77.1dB, Eje E (calle Junín) 75.5dB y Eje F (calle Ayacucho) 78.3dB.

Figura 05

Muestra en áreas verde de área de estudio (AV)



Fuente: Elaboración propia

Otro dato a resaltar son los niveles obtenidos en las áreas verdes, como se señaló estos puntos AV1, AV2 y AV3, dependiendo de su superficie como también de la capacidad de la

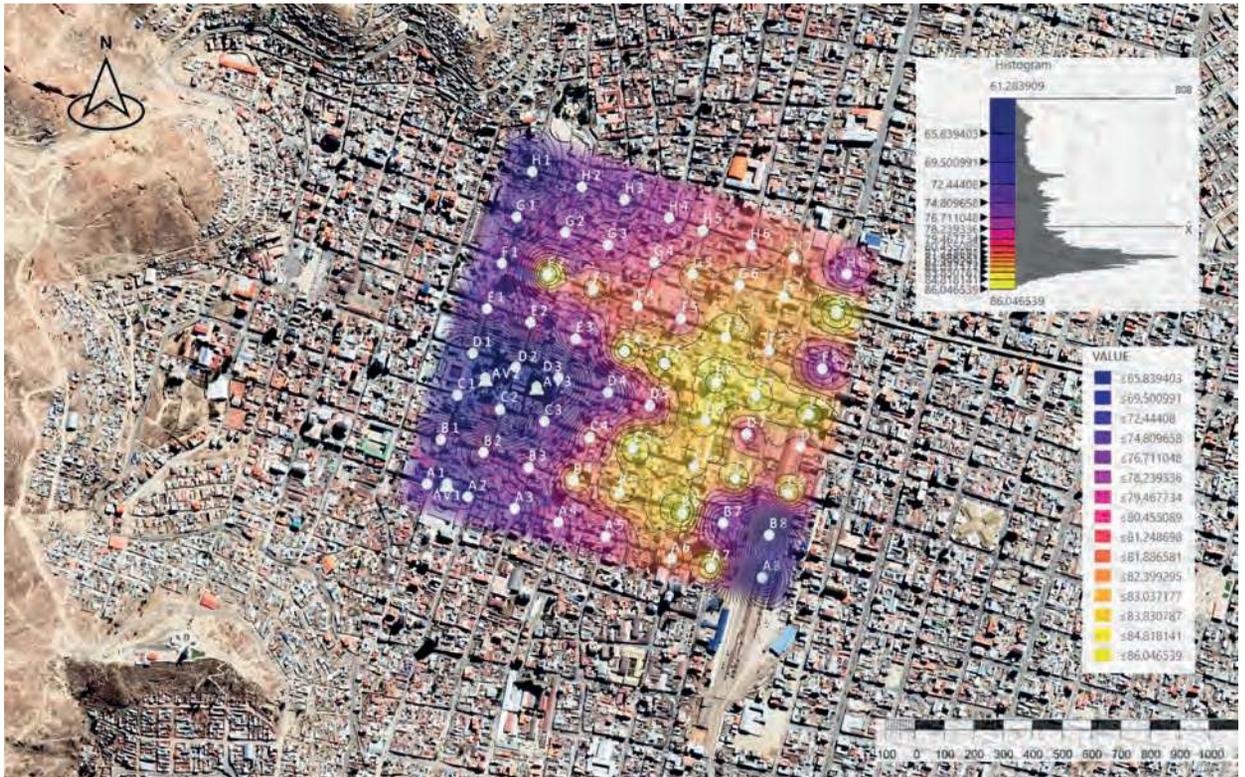


Figura 06

Mapa de ruido área de estudio

Fuente: Elaboración propia

cobertura vegetal, muestran como son capaces de disminuir los niveles de ruido en una proporción interesante. Si bien los máximos de la retención en la medición no tienen tanta diferencia si se puede apreciar una leve disminución en la misma, esto se debe a que los máximos producidos son generados por el congestionamiento vehicular pero específicamente el uso indiscriminado de bocinas y bocinas silbidos de los automotores, como también de parlantes comerciales.

Discusión

Uno de los puntos claves de la discusión, teniendo en cuenta los resultados obtenidos en los PM dentro del área de estudio, es la interpretación de la reglamentación en contraste con la realidad y las variables que confluyen en el espacio urbano. Vemos como la normativa vigente (Tabla 1), presenta algunos sesgos en cuanto al establecimiento de límites y sus características exhibiendo al mismo tiempo un cierto grado de contradicción en estos. La Reglamentación señala que los límites en el tráfico vehicular están en 79dB para movibilidades de uso urbano, pero al mismo tiempo nos define un límite de 68 dB para la vía pública es decir en el espacio público. Así mismo define el límite de uso de parlantes a 75dB, pero al estar situados estos en vía pública donde converge el tráfico vehicular entre otros elementos que contribuyen a la contaminación acústica, no esclarece un límite claro para su regularización. Además, señala un límite de 55 dB para lugares que se localicen en las áreas cercanas a centros hospitalarios, guarderías, escuelas, asilos y otros lugares de descanso. Lo cual en el contexto del área estudiada es un punto de interés puesto que la centralidad urbana de la ciudad de Oruro hace que coincidan diferentes usos en limitado espacio,

que por la cercanía de estos y sus particularidades podríamos asumir límites muy bajos o bien muy altos que no estaría siendo adecuados o responsablemente asumidos.

Es necesario que las autoridades municipales marquen un límite a partir de referentes que puedan asumir de manera más coherente y completa la complejidad del problema y la realidad del ruido urbano. En este sentido podemos citar a la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) que en 1986 sugirió se impidiera superar los 65 dB para evitar afectaciones psicológicas. En cambio, La Organización Mundial de la Salud (OMS) por su parte en 1989 propuso un límite fijo de 55 dB como nivel de ruido aceptable al aire libre, en sus ya famosas Directrices para el ruido urbano. Ambos sugiriendo límites máximos de ruido en un intento por remarcar la importancia de la temática en relación con la calidad de vida y el cuidado de la salud. (Berglund et al., 1999). Por ello es que los límites permisibles deben estar ligados a la actividad que se realiza en dicho espacio urbano teniendo en cuenta que estos límites recomendados y asumidos en la investigación, tienen una estrecha relación con numerosos efectos negativos en la salud, lo cual permitiría establecer lineamientos de intervención en materia de política pública, planificación urbana e intervención de la misma por parte de la Alcaldía Municipal de Oruro. Con la finalidad de promover una ciudad más saludable y por lo tanto más sustentable (tabla 2).

Con los resultados obtenidos en el trabajo de investigación se ha comprobado que existe una contaminación acústica en el área de estudio, obteniendo picos en determinados horarios y días de la semana, además identificar los puntos estratégicos de la emisión de la contaminación, y también delineando ejes propensos a esta problemática. Es importante señalar que la frecuencia con la que se emite valores que superan los 75dB es preocupante llegando a más de 25% en las mañanas y a medio día como en la noche 32% y la frecuencia con que los valores llega hasta los 70db representa el 40% de la muestra, es decir más del 50% el muestro estaría dentro del límite de un ambiente Molesto llegando al deterioro auditivo. Pero esta contaminación se produce por varios factores que convergen dentro del espacio público, donde la congestión vehicular tiene un papel fundamental en el que debemos tamizar ciertos aspectos. Si bien se hace un inadecuado uso de la bocina que puede alcanzar los 100dB, en muchos casos esto se desborda debido a vehículos de servicio público que no respetan paradas, el menosprecio a las normas de tránsito, y el propio estrés de la compleja situación etc. Por otra parte, uno de los ingredientes para el acrecentamiento es la incorporación de bocinas con silbido en el transporte público que supera los 105dB. Por contraparte se observa los escapes modificados con roncador también son otro factor que se suma a la ecuación, así también la aceleración es otro factor interesante. Haciendo necesario un mayor control o legislación que pueda regular estos aspectos y que se encargue de un control y monitoreo permanente al igual que establecer un departamento de denuncias del mismo (Alfie & Salinas 2017).

Esto debe ser un tema importante dentro de la salud pública, puesto que el resultado de la investigación está directamente relacionado con ella, que no es considerada con la importancia adecuada. Como lo menciona OSMAN (2010) las afecciones por la contaminación acústica pueden tener efectos irreversibles a largo y mediano plazo derivando desde situaciones de estrés hasta pérdidas auditivas. Pero es también interesante como los efectos del ruido pueden afectar incluso el comportamiento social como lo señala Berglund et. al (1999), que por encima de los 80 dB se reduce la actitud cooperativa y que el ruido fuerte también aumenta el comportamiento agresivo en individuos predispuestos a la agresividad, además de que altos niveles de ruido crónico contribuyan a sentimientos de desamparo entre los escolares. Esto podrían declinar por su propia importancia en un tema de estudio social, pero que nos demuestran los efectos y repercusiones de esta problemática como en la concepción del espacio público urbano.

El estudio demuestra la importancia y la capacidad de las áreas verdes como reductoras de la contaminación acústica, reduciendo hasta en un 25% la contaminación acústica en el lugar. Pero esta

reducción depende al mismo tiempo de factores determinantes como; La superficie del área verde, la cantidad de vegetación, el tipo de especies vegetales, su proximidad y las características de las actividades que la rodean. Es por ello que los valores obtenidos y la repetición de frecuencias es variable pero que se mantienen dentro de un rango de 52dB hasta 65dB como media, aunque en la lectura de máximos se llegó a un 82dB. Estos datos son relevantes para la planificación urbana y ambiental en la ciudad y para futuras intervenciones no solo en el Distrito 1, si no ser replicables en todo el municipio teniendo en cuenta lo sugerido por Robles et. al (2019), para poder conseguir una mayor eficacia de las áreas verdes como barrera de control sonoro que al mismo tiempo pueda favorecer los beneficios ambientales de estos espacios verdes. Es necesario determinar un espacio suficiente o generar espacios que permitan la incorporación del diseño de la infraestructura verde, pero al mismo tiempo se debe revisar las condiciones de diseño verde en términos de altura, espesor, cobertura, densidad y características de las especies a incorporar, para potenciar estos benéficos a lo largo del año.

Para finalizar, estos estudios realizados y la comprobación de los resultados deberían ser ampliados, monitoreados y evaluados de manera constante, además de ser dirigidos hacia la mejora de la planificación urbana, para ellos será importante generar mapas de ruido similares al propuesto por el estudio. La misma que debe retomar la salud, la naturaleza y el espacio como factores determinantes a la hora del que hacer en la gestión municipal y en la legislación pública del mismo. En la que los estudios acústicos puedan ser una herramienta más para modelar nuestra ciudad hacia el futuro.

Conclusiones

Será necesario que las autoridades estatales y las municipales actualicen las regulaciones, normativas o implementen decretos o leyes municipales a partir de nuevos límites permisibles más acordes para combatir la contaminación acústica ambiental dirigida al urbanismo. Por lo que será importante apoyar estas iniciativas con estudios acústicos urbanos como también en investigaciones sobre la salud y el ruido, esto para respaldar el cumplimiento de la legislación sobre contaminación acústica y observar la eficacia de las medidas con una constante evaluación y control continuo en el Municipio de Oruro.

Este problema de contaminación acústica muestra un el 25% de zonas con que llegan a valores que sobrepasan el límite de la normativa (mayor a 75dB), y un 32% que se encuentra dentro de un ambiente molesto (70dB) en la que una exposición prolongada deriva en riesgo para la salud. Conformando que la contaminación acústica dentro del área de estudio es un problema real, reflejo de una centralidad urbana que ocasiona congestionamiento vehicular y un caótico encuentro de otras actividades. Esta contaminación ligada al tránsito vehicular, al uso desmedido y desproporcionado de la bocina, al uso de bocinas silbido con mayor alcance, a la modificación de escapes con roncadores y al ineficiente control o regulación de límites de velocidad, parqueos o pardas de transporte público. Esto ligado a la carente legislación y/o control de límites por parte de las autoridades Competentes en la ciudad de Oruro.

Pero también se identificaron otras fuentes de ruido donde confluyen factores como los aforos de actividades, otras fuentes fijas de emisión de sonido en el espacio público como parlantes, boceo de productos, la actividad comercial y la actividad ocio, etc. Por lo que es necesario establecer monitoreo constantes, además de regulaciones de estos límites permisibles por parte de las autoridades enmarcadas en políticas públicas de planificación y urbanismo sostenible.

Para reducir los niveles de contaminación acústica será necesario implantar medidas como; restricción de circulación de vehículos del sector público y/o privado, realizar el mantenimiento del vehículo y el control de aditamentos que generen más contaminación (bocinas silbido, roncadores u otros),

establecer un control de vigilancia y monitoreo en puntos estratégicos de la ciudad, gestionar puntos de reclamo o de denuncia ante esta situación.

Pero, como también ha demostrado la investigación realizada, será necesario aumentar y mejorar la infraestructura verde, que es capaz de reducir la contaminación acústica dependiendo de la biomasa y de la superficie de la misma hasta un 25%. Esto en busca de proyectar un modelo de "ciudad sustentable", que tiene en cuenta una movilidad urbana sostenible. Como señala Alfie & Salinas (2017) la aplicación de propuestas de un modelo de "ciudad caminable", con la implementación de corredores peatonales, el potenciar el uso de la bicicleta, la diversificación de usos de suelo y actividades, la reducción de rutas de movilidad y el aprovechamiento de áreas verdes y espacios públicos, podría ser un mecanismo para disminuir la contaminación auditiva y visual de la ciudad. Estableciendo políticas públicas coordinadas con ministerios y la planificación urbana para generar planes e intervenciones urbanas alternativas que puedan combatir el creciente nivel de contaminación acústica en la ciudad de Oruro.

Complementariamente es necesario socializar la información a todos los actores que convergen en esta problemática, en especial a las personas afectadas por el ruido ambiental, como también a los que elaboran políticas públicas y toman decisiones en el tratamiento del espacio urbano y su gestión ambiental, sobre los peligros de la contaminación acústica. Adicionalmente, será necesario concientizar y educar a los estudiantes con campañas de educación en una etapa temprana sobre las consecuencias del ruido en las personas, cómo se puede combatir el ruido ambiental, la función de la persona en la contribución a la contaminación acústica.

Referencias



- Alfie Cohen, M. Salinas Castillo, O. (2017). *Ruido en la ciudad. Contaminación auditiva y ciudad caminable*. Estudios demográficos y urbanos, 32(1), 65-96. Recuperado en 14 de mayo de 2022, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0186-72102017000100065&lng=es&tlng=es.
- Berglund, B., Lindvall, T. & Schwela, D. (1999) *Guías para el ruido urbano*. OMS Disponible en <https://es.scribd.com/document/92156648/Guia-Oms-Ruido-1>
- Cyril, H. (1995) *Manual de Medidas Acústicas y Control del Ruido*. Madrid: Interamericana de España, S.A.
- De Gortari Ludlow, J. (2013) *Guía sonora para una ciudad*. México, Juan Pablos / Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Cuajimalpa.
- García, B., Garrido, F. (2003) *La contaminación acústica en nuestras ciudades*. Barcelona: Fundación La Caixa.
- GAMO (2013) *Plan de desarrollo Municipal de Oruro*. PDM 2013-2018
- Medrano H., Antezana J. (2006) *Mapa de ruido de los distritos 10, 11 y 12 de la ciudad de Cochabamba*. ACTA NOVA ; vol. 3, Nº 3.
- MMaYA (1992) *Ley No. 1333 o Ley del Medio Ambiente de 27 abril de 1992 y Reglamentación a la ley del Medio Ambiente, 8 de diciembre de 1995*, D.S. 24176, La Paz, Bolivia.
- OSMAN (2010) *Ruido y salud*. Guías profesionales. Andalucía, Observatorio de Salud y Medio Ambiente de Andalucía.
- Robles, M., Martínez, C., & Boschi, C. (2019). *Los espacios verdes como estrategia de mitigación de la contaminación sonora, evaluación y análisis del parque O'Higgins de la ciudad de Mendoza-Argentina*. Revista internacional de contaminación ambiental, 35(4), 889-904. Epub 22 de diciembre de 2020. <https://doi.org/10.20937/rica.2019.35.04.09>
- WHO (2018) *ENVIRONMENTAL NOISE GUIDELINES for the European Region*, ISBN 978 92 890 5356 3 disponible https://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0008/383921/noise-guidelines-eng.pdf

Enseñar y aprender en tiempos de pandemia en la Facultad de Arquitectura y Ciencias del Hábitat

R. Martha **Arébalo Bustamante**

Universidad Mayor de San Simón • **Bolivia**
r.arebalo@umss.edu

Baneza **Moreira Ponce**

Universidad Mayor de San Simón • **Bolivia**
ba.moreira@umss.edu

Ramiro José **Iglesias Pérez**

Universidad Mayor de San Simón • **Bolivia**
ra.iglesias@umss.edu

Resumen

El largo período de emergencia sanitaria derivada de la Pandemia COVID 19, puso a prueba la capacidad de recuperación de la Facultad de Arquitectura y Ciencias del Hábitat en la Universidad Mayor de San Simón. Los procesos de enseñanza-aprendizaje, como eje de su función sustantiva principal, fueron ajustados con la aplicación de una serie de acciones orientadas a recuperar el trabajo en aula a partir de una fase de preparación orientada a que la docencia refuerce sus capacidades de transmisión de conocimientos en condiciones de virtualidad. Se hizo efectiva una vida universitaria suigéneris, en un espacio de adaptación y consolidación de la "facultad virtual".

Así, este ensayo encierra en sus líneas, cuatro momentos. El primero, muestra algunas acciones de la institucionalidad universitaria y facultativa; en tanto que el segundo, evidencia el aprendizaje docente de las nuevas formas e instrumentos de enseñanza. Un tercero, con algunas pinceladas de las prácticas de enseñanza – aprendizaje usadas en cuatro unidades de formación de dos carreras distintas de la facultad, ejemplifica el tipo de acercamiento logrado. Finalmente, con aproximaciones valorativas cualitativas, reflexionamos sobre las manchas grises que, alejadas de lo negro o blanco, trae este período en términos pedagógicos.

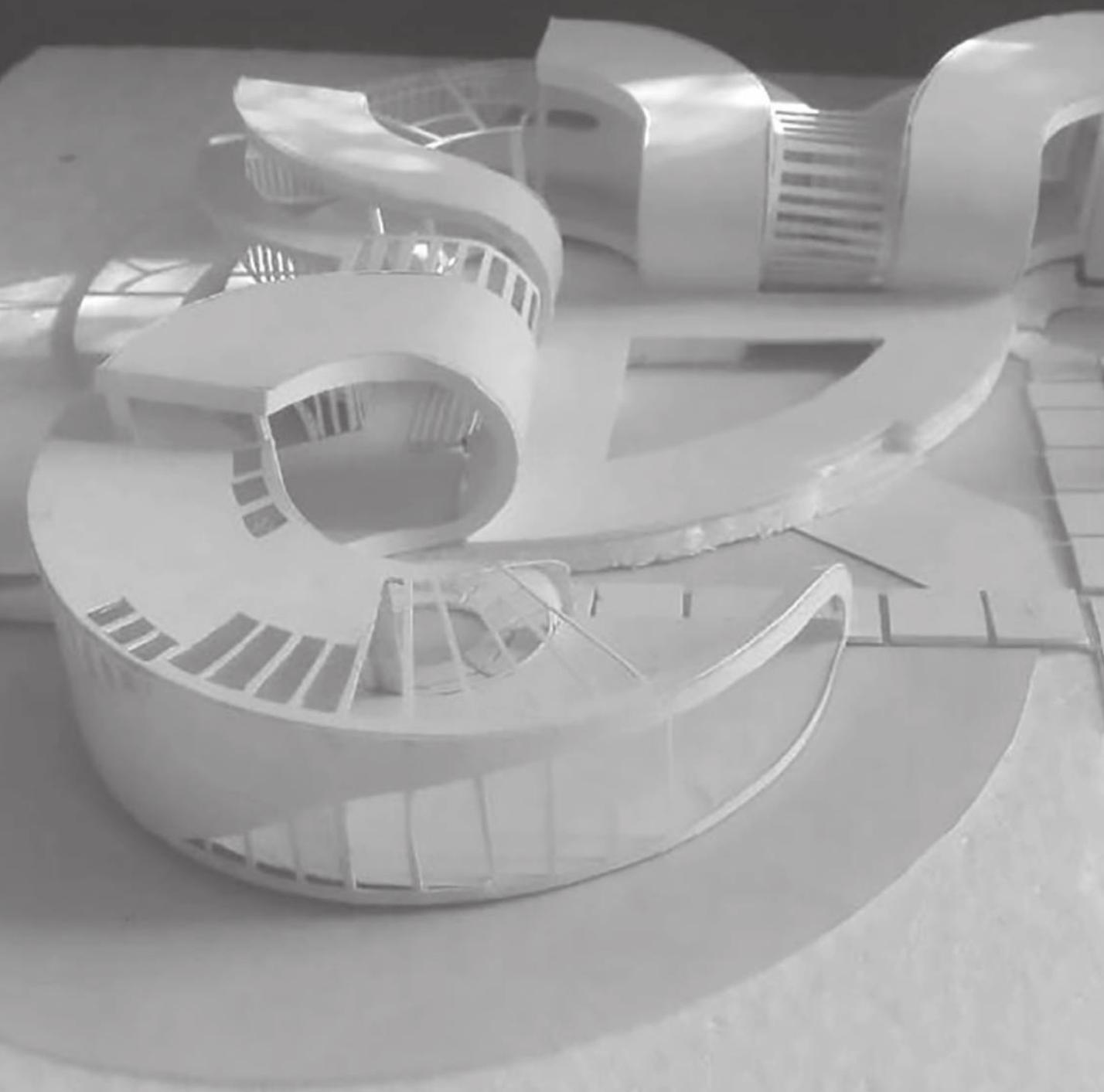
Palabras clave: *Educación virtual, enseñanza-aprendizaje situado, enseñar y aprender*

Abstract

The long period of health emergency derived from the COVID 19 Pandemic tested the recovery capacity of the Faculty of Architecture and Habitat Sciences at the University Mayor de San Simón. The teaching-learning processes, as the axis of its main substantive function, were adjusted with the application of a series of actions aimed at recovering work in the classroom from a preparation phase aimed at teaching to reinforce its knowledge transmission capabilities in virtual conditions. A unique university life became effective, in a space of adaptation and consolidation of the "virtual faculty".

Thus, this essay contains four moments in its lines. The first shows some actions of the university and facultative institutions; while the second, evidences the teaching learning of the new forms and instruments of teaching. A third, with some brushstrokes of the teaching-learning practices used in four training units of two different careers of the faculty, exemplifies the type of approach achieved. Finally, with qualitative evaluative approaches, we reflect on the gray spots that, far from black or white, this period brings in pedagogical terms.

Keywords: *Virtual education, situated teaching-learning, teaching and learning*



Adelantando ideas

Para la Facultad de Arquitectura y Ciencias del Hábitat, la suspensión de las labores académicas en el país como respuesta a los efectos de la Pandemia Covid 19, durante la segunda semana de marzo del 2020, fue prácticamente una sorpresa anunciada. Su carrera principal, Arquitectura, se encontraba casi finalizando las defensas de los proyectos de grado de la gestión 2019, y se aprestaba a iniciar la gestión académica con un nuevo Plan de Estudios, situación que obligó a todo el conjunto facultativo a retardar tanto las tareas administrativas ligadas a las inscripciones, toma de materias y otros; como a posponer el inicio de las labores educativas. Transcurridos más de dos años, estas medidas, prevista como máximo para cubrir la gestión 2020, se están extendiendo hasta el próximo 19 de septiembre del 2022.

Una historia larga de ser contada. Todo pareció volver a la vida a mediados de mayo del 2020 cuando las y los docentes de la Facultad, tuvieron que retornar a las aulas después de la cuarentena. Con directrices orientadas al uso de la educación a distancia y la virtualidad, no solo se tenían dificultades por la nueva forma de enfrentar los procesos de enseñanza aprendizaje, sino que también el retraso administrativo que estaba sobre nuestras espaldas dificultaba la alternativa de una rápida apertura de las aulas virtuales, debido a la imposibilidad de hacerlo de la manera habitual, es decir en el contexto físico del campus universitario, dada la persistencia de la pandemia.

No obstante, se implementaron una serie de acciones destinadas a culminar con el proceso de inscripciones, así como con los exámenes de proyecto de grado y a impartir las clases de manera virtual, como una estrategia que, asistida por las TICs, debía garantizar a los estudiantes la continuidad de su desempeño académico universitario. Así, todos los profesores y profesoras de las distintas carreras de la facultad, iniciamos la gestión académica dentro de un espacio de transformación o adecuación a la "enseñanza virtual", en el marco de un proceso de digitalización de los espacios académicos. La situación se prolongó, pues recién ahora contamos con el aviso de culminar este difícil período en los próximos días (septiembre de 2022), después de haber transitado por el desafío de dos gestiones y media en la no presencialidad, dos procesos de inscripción virtuales y tres periodos de defensas de grado en espacios digitales.

Si bien los conocimientos, habilidades y destrezas que caracterizan a nuestras carreras no son iguales, tienen como eje común el trabajo con distintas expresiones del "espacio" como objeto de estudio. Bajo esa mirada, en el presente ensayo, como docentes de dos carreras de la facultad y de áreas de enseñanza distintas, hemos querido mostrar algunas de nuestras experiencias mediadas pedagógicamente por el uso de la plataforma virtual y otros recursos/herramientas digitales. En ese camino, se presentan primero las disposiciones universitarias y facultativas que normaron y acompañaron el proceso; para en un segundo momento aproximarnos a algunas reflexiones sobre el doble papel en el que tuvimos que movernos, es decir, enseñar a partir de procesos virtuales y sus particularidades y aprender cómo es que se hace esto (también de manera virtual), no solo con una visión instrumental dirigida a lo digital sino también, con una mirada hacia lo pedagógico.

Para el caso de repasar un tanto específicos, posteriormente detallamos algunas particularidades de la enseñanza en una asignatura del Taller de Arquitectura y Morfología y en otras pertenecientes al área de las Ciencias Sociales, todas de la Carrera de Arquitectura; marcando comparativamente las diferencias con una visión a la enseñanza en una asignatura del área de las Ciencias Sociales de la carrera de Diseño Gráfico y Comunicación Visual.

Aproximándonos a algunas conclusiones referenciales valorativas, para finalizar, ponemos en discusión la pertinencia de recuperar gran parte de los aprendizajes alcanzados, ahora, en la presencialidad. Se sumarían así algunas cualidades y logros a procesos que necesitan una renovación y probablemente

un fuerte sacudón, tanto en términos de contenidos como en lo que hace a procedimientos y recursos pedagógicos. Esto, puntualizando previamente que nuestro acercamiento a la ciencia pedagógica puede ser un poco atrevido y solo justificado porque lo hacemos desde posiciones ligadas a la enseñanza situada del diseño, del espacio y del hábitat.

La adecuación de las políticas universitarias al nuevo contexto

Probablemente este fue un tiempo de evidencias e incertidumbres. Por una parte, la Universidad Mayor de San Simón, con seguridad, debía dar cumplimiento a las disposiciones nacionales. Así, se determinó el cierre de la Universidad, en correspondencia con el Decreto Supremo N° 4179 de 12 de marzo de 2020 que declaraba Situación de Emergencia Nacional por la presencia y brote del Coronavirus (COVID-19) y otros eventos adversos; y con los Decretos Supremos N° 4192 de 16 de marzo de 2020 y N° 4196 de 17 de marzo de 2020, que establecían medidas de prevención y contención para todo el territorio nacional, además de instaurar la cuarentena con suspensión de actividades públicas y privadas.

Posteriormente, ante nuevas determinaciones del Gobierno de continuidad de la crisis sanitaria, el Honorable Consejo Universitario, el 21 de abril de 2020, mediante Resolución Nro 24/20 resolvió iniciar los procesos formativos "a distancia - no presenciales", en todas sus Unidades Académicas, delegando la responsabilidad de la organización e implementación de esta modalidad formativa a cada una de ellas. Ya con las labores reiniciadas virtualmente, se aprobó, a través de la RR N° 261/20 del 01 de junio de 2020, el Plan de Contingencia para las Actividades Administrativas y Académico-Administrativas Post Cuarentena por el Covid-19¹. La incertidumbre y la desesperanza se había sembrado en el aire, tomando cuerpo en un sentimiento negativo hacia el retorno al aula física y, en paralelo, en una sensación de rechazo ante la enseñanza virtual, no solo por desconocimiento del instrumental necesario a tal efecto, sino también por la seguridad de las dificultades estudiantiles de acceso a los medios digitales.

La virtualidad en la alternativa facultativa

La Facultad de Arquitectura y Ciencias del Hábitat determinó iniciar labores académicas el 18 de mayo, habiendo previamente, sumado a sus estamentos docente y estudiantil a espacios de capacitación universitaria generales, además de asumir los soportes institucionales Sansimonianos para el manejo de plataformas. De manera complementaria se presentó un plan facultativo de contingencia² con el objetivo de reiniciar las labores académicas en las diferentes Carreras de la facultad al interior de la nueva forma pedagógica.

Ante la situación actual de emergencia sanitaria nacional y en respuesta a las determinaciones universitarias para afrontar los procesos de educación superior en la modalidad virtual, la FAyCH ha establecido este plan, dirigido a la organización y orientación de la enseñanza-aprendizaje en las diferentes carreras de la Unidad Académica, en base al calendario facultativo ajustado (Aranibar, 2022).

Adicionalmente, para reorganizar los procedimientos administrativos relacionados con el registro de notas, se asignaron cuentas institucionales³ a cada docente de la Facultad, y se diseñaron infografías explicativas detalladas, posibilitando su acceso al Sistema Websis y el registro de notas de mesa de examen y de exámenes parciales de los estudiantes matriculados en la gestión (Ver imagen 01).

Aprender para enseñar

En una sociedad donde la virtualidad privilegia a pocos, aún en el contexto universitario; la digitalización del aula estaba instalada muy parcialmente, pudiendo afirmarse que la enseñanza virtual era desconocida para muchos docentes y sobre todo, estudiantes.

¹ Documento del Plan de Contingencia para las Actividades Administrativas y Académico-Administrativas Post Cuarentena por el Covid-19, presentado por el Rectorado - UMSS.

² Plan de educación virtual 2020, elaborada por el MSc. Victor Hugo Aranibar, Dpto. de Planificación y Control de Gestión de la FAyCH.

³ Cuentas G-suite, para el manejo de las plataformas virtuales.

Si a manera de Monereo (1994), se define al aprendizaje como la estrategia conducente a tomar decisiones conscientes o inconscientes, para elegir, recuperar y dominar los conocimientos orientados a cumplir una determinada tarea, demanda u objetivo, en función de las características de la situación educativa productora de la acción; nosotros, las y los docentes teníamos que aprender a usar el instrumental necesario para lograr enseñar en la virtualidad.

Como respuesta a esta dificultad la facultad respondió con un Plan de Contingencia, a partir del cual llevó adelante una serie de actividades orientadas a docentes, entre las que se encuentra la capacitación en manejo plataformas virtuales a través de un curso en línea, con aproximadamente 2 semanas de duración, ofertadas en coordinación con la Unidad de Provisión de Servicios de Información (UPSI-UMSS). Este fue el primer acercamiento, para muchos docentes, a la nueva forma pedagógica de reconducción de los procesos de Enseñanza Aprendizaje (Imagen 02).

Tres aspectos problemáticos se superponían en estos procesos de aprendizaje. Dependiendo de la edad del docente y de su aversión a la actualización o la innovación tecnológica, sus dificultades de manejo de la computadora y las plataformas virtuales eran ascendentes; de manera similar la capacidad de aprendizaje de los nuevos instrumentos de enseñanza del diseño y de control del aprendizaje se veían también disminuidos; y, en un orden equivalente de obstáculos, los espacios habitacionales de la cotidianidad y los equipos de trabajo, no eran apropiados para dar adecuada cobertura a las nuevas funciones. Se sumaba así un mayor desasosiego al ya proveniente de la Pandemia y el encierro.

Paulatinamente, la experiencia de la virtualidad fue consolidándose bajo parámetros aceptables tomando un lugar muy importante en la vida personal de docentes y estudiantes universitarios y, sobre todo, en los procesos educativos. Los futuros profesionales, pese a las limitaciones a la experiencia juvenil básica de socialización, encontraron en el aula virtual una forma de hacer casi anónima su presencia, sobresaliendo solamente aquel estudiantado altamente interesado en su propia formación. Está claro que, sin tener opciones, nos estábamos convirtiendo en cibernautas, consumidores de comunicación e información digital, y sin consentimiento pactado, nos vimos insertos en una forma diferente de ejercicio de la formación y el aprendizaje de docentes y estudiantes.

A través de acciones sucesivas en el tiempo, también se tuvieron que mejorar las capacidades de las y los Auxiliares de Docencia, pues con mayor facilidad por su juventud, ellos podían constituirse en el apoyo actualizado del docente, dueños además de un mejor manejo de las plataformas e instrumentos virtuales. Por ello,

Imagen 01

Infografía: Cuentas institucionales de docentes



Fuente: FAyCH-UMSS, 2020

Imagen 02

Portada curso de Classroom



Fuente: Quisbert, 2020



Imagen 03

Capacitación para Auxiliares de docencia

FAYCH-UMSS, 2022

desde la implementación del Plan de Contingencia hasta ahora, han sido tomados en cuenta con diversos cursos y ciclos de capacitación orientados fundamentalmente a que la colaboración a los docentes durante las clases virtuales, sea lo más adecuada posible (Ver Imagen 03).

Más allá de la disyuntiva de “aprender para enseñar”, para las y los docentes de la Carrera de Arquitectura, estaba también el reto derivado de la implementación de la innovación curricular, aspecto que llevaba además a la obligatoriedad de pensar en el espacio arquitectónico urbano como objeto de estudio y al diseño como núcleo de los procesos de enseñanza-aprendizaje situados, probablemente en una reflexión que no se alejaba mucho de las precisiones necesarias de considerar en el conjunto de nuestras carreras:

Puede desarrollarse así, lo que impele la realidad en el desempeño de la arquitectura y el urbanismo como un producto social, incursionando en el “aprendizaje situado”, donde el “aprender y hacer” son acciones inseparables, privilegiando el “saber cómo” más que “saber que” (Lamas, 2008, citado en Plan de Innovación Curricular a Nivel Rediseño, Carrera de Arquitectura, FAYCH, 2019).

Enseñar y aprender en el taller de diseño y morfología

En el momento de enfrentar la educación a distancia - virtual, en la unidad de formación de Taller de Diseño y Morfología, se manifestaron ciertos temores e incertidumbres, relativos al desarrollo de los procesos de enseñanza-aprendizaje dentro de la virtualidad, específicamente al hecho de sentir inseguridad para entregar contenidos en el entorno virtual a través de una plataforma o de una video conferencia, sin que exista la interacción física entre docente y estudiante. No obstante, cabe mencionar también que tenía un gran entusiasmo por participar de estos encuentros virtuales; con el compromiso, la iniciativa y la apertura hacia la innovación y el cambio.

Inicialmente recurrí a la creación de un grupo de WhatsApp, al registro de los correos electrónicos y el uso de la plataforma Classroom y de su herramienta Meet a objeto de dictar las clases de manera sincrónica. Durante la primera sesión el ambiente fue muy raro, quizás hasta un poco frío, en tanto los estudiantes se mantenían muy silenciosos y poco comunicativos; haciendo que me ponga en duda sobre las condiciones de la construcción de conocimientos y si estos eran comprensibles o no. Empecé a sentir una sensación paralela de permanente revisión de cómo debía hacer más dinámica la clase y crear un ambiente de mayor confianza para que el estudiante no se sienta aislado. La situación exigía repensar en la metodología y usar otras estrategias para activar su participación y al mismo tiempo lograr que asuman una parte correspondiente de responsabilidad en este nuevo proceso de aprendizaje.

Con el transcurrir los días, de los meses, las sesiones sincrónicas de revisión de trabajos se consolidaron más como una charla de intercambio de opiniones, donde el estudiante se animaba ya a poder hablar más y más sobre sus trabajos, incluso ellos internamente crearon grupos de WhatsApp, donde realizaban actividades propias del trabajo en conjunto. También se tuvo que atender la existencia de grupos de estudiantes con dificultades de conexión a las clases sincrónicas, o carentes dispositivos que

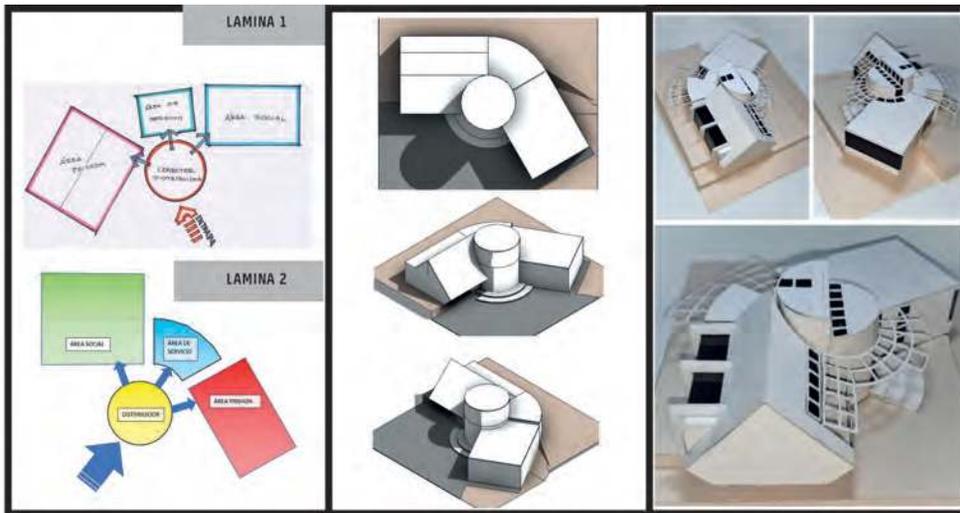


Imagen 04

Maquetas del Taller 2 de Diseño y Morfología

Moreira, 2021

les permitieran estar en sala en momentos específicos. Esto obligó a grabar las clases de instrumentación conceptual, compartiendo posteriormente el acceso, para posibilitar fueran revisadas de manera asincrónica, y apoyar con efectividad la realización de las tareas que los estudiantes debían realizar independientemente.

Así, dos situaciones clásicas del modelo educativo propio de la enseñanza en arquitectura se hacían manifiestas con algunas transformaciones: la transmisión de conocimientos sincrónica al grupo ampliado y la guía personalizada, sincrónica también, para cada grupo o estudiante individual a partir de la revisión y explicación específica de su trabajo. La ampliación de algunas de estas revisiones al conjunto grupal, dio cierta apertura al aprendizaje conjunto de co-permanencia en el mismo espacio, típico del trabajo presencial en el taller. Adicionalmente, y a diferencia de la educación presencial en el taller, se abrió la posibilidad de un espacio de guía asincrónica mediante el WhatsApp, para de esa manera mantener un acompañamiento continuo.

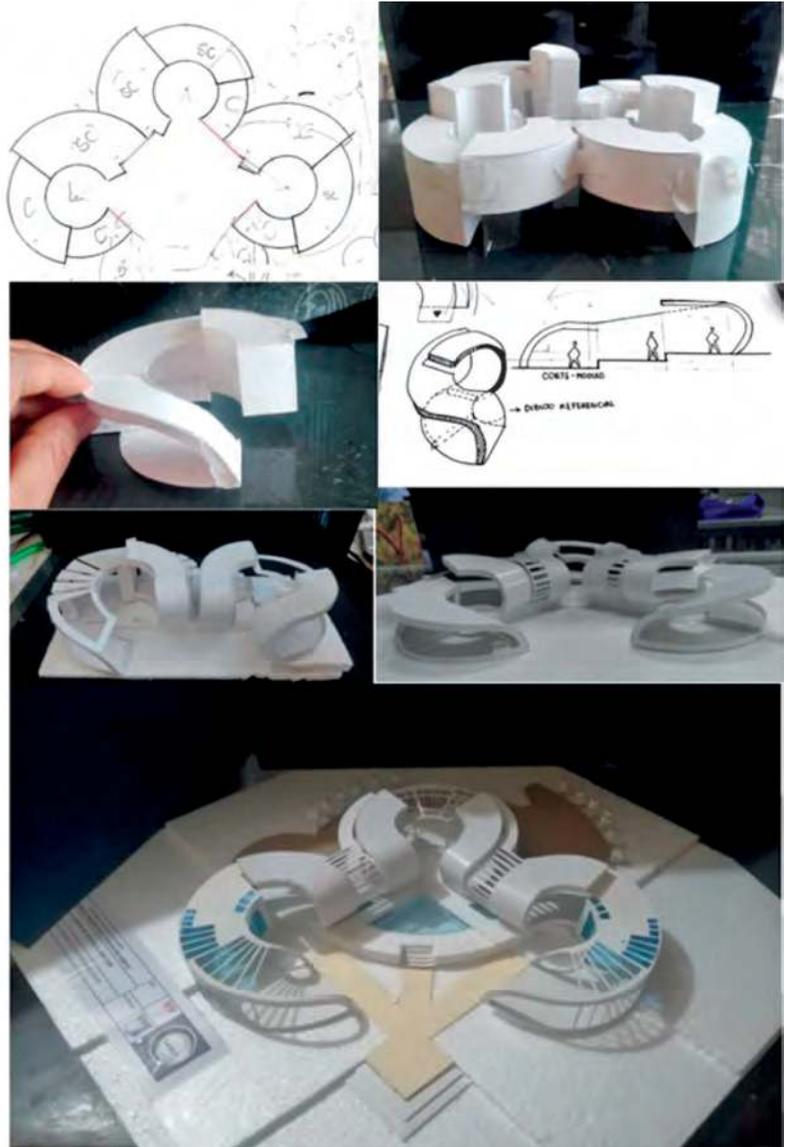
Esta combinación de acciones dio buenos resultados, llegando a desarrollarse habilidades en el desempeño de saberes en los estudiantes y a lograr productos con gran calidad de aplicación de conceptos y de exploración morfológica, como se puede observar en las imágenes (Ver Imagen 04).

Lo interesante de esta nueva modalidad de enseñar, es que cada día, también yo tenía que aprender, estudiar, reinventarme como docente, buscar nuevas formas de educar en un entorno virtual, frente a una pantalla y captar la atención de los estudiantes. Debía reflexionar adecuadamente para alcanzar a transmitir conocimientos y contenidos, pero a la vez desarrollar sus propias habilidades y actitudes en el intento de asegurar que puedan seguir auto aprendiendo.

Desde la perspectiva del estudiante, esta experiencia tampoco resultó tan fácil, pues estudiar "encerrados", sin posibilidades de socializar con sus docentes y compañeros, la mayoría de las veces en la incomodidad de un espacio reducido, es deprimente; conlleva graves problemas para la concentración y obtención de buenos resultados en el aprendizaje. Los estudiantes se mostraban más preocupados por terminar las tareas, en lugar de buscar aprender y practicar.

Imagen 05

Maquetas del Taller 1 de Diseño y
Morfología
Moreira, 2021



El taller como aula virtual, en cierta medida permite generar material digital para la instrumentación conceptual, dejando explícitas las actividades prácticas inmediatas, contando además con el apoyo de guías escritas y la grabación de videos correspondientes a cada etapa de la unidad de formación. Se trataba de generar un proceso flexible de enseñanza aprendizaje cíclico, de carácter individual o grupal, donde la retroalimentación permitiera de manera simultánea una reflexión conjunta.

Pese a los esfuerzos, cabe mencionar que el proceso creativo y de aprendizaje en el Taller se vio restringido por falta de contacto físico, de intercambio de aprendizajes en el diálogo, la escucha y de trabajo en paralelo; práctica que permite al estudiante experimentar con las propuestas arquitectónicas propias y observar las de los que le rodean, con resultado que enriquecen el diseño, apoyan su rápida adaptación,

su mejora, y porque no, permiten habitarlo individualmente y a través de la confrontación y co-apropiación grupal de aprendizajes.

Como dice Le Corbusier, en su mensaje para los estudiantes de arquitectura publicado en 1957:

La arquitectura se camina, se recorre y no es de manera alguna, como ciertas enseñanzas, esa ilusión totalmente gráfica organizada alrededor de un punto central abstracto que pretende ser hombre, un hombre quimérico munido de un ojo de mosca y cuya visión sería simultáneamente circular. Este hombre no existe [...] Nuestro hombre está munido de sus dos ojos y mirando hacia adelante, nuestro hombre camina, se desplaza, se ocupa de sus quehaceres, registrando así el desarrollo de los hechos arquitectónicos aparecidos uno a continuación de otro [...] (Le Corbusier, 1957).

Por ello, de acuerdo a lo afirmado por Bravo García y Magis Rodríguez (2020), el estudio de la virtualidad toma más relevancia, debido a que la enseñanza a distancia en el año 2020 ha sido un hecho sin precedentes porque marca un antes y un después en las prácticas académica y pedagógicas. En la enseñanza en el Taller de Diseño y Morfología, los hechos no fueron distintos, más cuando precisamente la Carrera de Arquitectura de la FAYCH estaba iniciando la implementación de su rediseño curricular a partir de un nuevo enfoque pedagógico centrado en el estudiante. Esto traía consigo el reto de formular estrategias no presenciales a partir de la aplicación de plataformas virtuales y otros recursos tecnológicos que conlleven a una mejor práctica docentes y a dar cumplimiento a los contenidos de la unidad de formación.

El nivel de desarrollo de los trabajos y proyectos realizados por los estudiantes de primer año en el Taller ha dejado como precedente que, a partir de un escenario virtual y el uso de las herramientas del internet, es posible realizar, apoyar y complementar los procesos de enseñanza aprendizaje. La virtualidad y el internet se constituyen en instrumentos eficientes de facilitación, de comunicación permanente entre docentes y estudiantes, sin bajar el nivel de exigencias, como se puede ver en las imágenes demostrativas de los trabajos desarrollados durante este período (Ver Imágenes 04 y 05), pese a que se trataba de una primera experiencia.

Enseñar y aprender en clases de teoría de la arquitectura o urbanismo

Poco incentivada por el hecho de enfrentar mis labores de docencia bajo procesos educativos a distancia, en la virtualidad, inicialmente me embargó un profundo rechazo a estos procedimientos, ligado fundamentalmente a su carácter excluyente y con altas probabilidades de agudizar las diferencias educativas entre las y los estudiantes con acceso a computadoras e internet y aquellos cuyas posibilidades económicas o de territorio de ubicación dificultaban su conexión a tecnologías de este tipo. En contraste, la seguridad de que las universidades privadas ya habían enfrentado el reinicio de clases de manera virtual, prácticamente a mediados de abril, me llevó al convencimiento de que la universidad pública no podía dejar abandonados a sus estudiantes y, con vulnerabilidades mayores a las de la normalidad educativa, es decir sometidos a mayores desigualdades propias de la agudización de los esquemas de competencia del modelo capitalista.

Es razonable remarcar que el hecho de enseñar en la carrera de arquitectura, me sometía, por añadidura al imperativo de ajustar mi plan de unidad de formación a los nuevos contenidos mínimos a consensuarse con los/as otros/as docentes de los grupos paralelos. El proceso de innovación curricular que debía iniciarse bajo estas circunstancias, planteaba una nueva revisión de las líneas básicas de contenido de todas las unidades de formación incluidas en el nuevo plan de estudios.

Así, después de varias lecturas en torno al tema, sobre todo en relación con las diferencias entre el significado de la educación a distancia, la virtualidad, el costo o precio de las clases sincrónicas y las



Imagen 06

Trabajo práctico, poster, *El hábitat en el Perfume*

Est.: Coca, Laime y Pérez. Archivo Arébalto, 2019

dificultades de la asincronía, junto a las particularidades de la enseñanza del pensamiento arquitectónico y de las ciencias sociales apoyando la práctica del diseño, me enfrenté al ejercicio de la virtualización del aula, planteándome algunas puntualizaciones previas:

- Pocas horas en la virtualidad y alta flexibilidad, hasta podría considerarse cierta permisividad ante la asistencia y la participación en clases.
- Utilizar las herramientas y los medios más adecuados para que las y los estudiantes puedan caminar por sí mismos en el proceso formativo.
- La mediación de la virtualidad no debía evitar la generación de conocimiento compartido y el entendimiento común del grupo; interpretando siempre al aprendizaje, más para el caso de la arquitectura, como un proceso social.
- Reafirmar mi papel como docente a partir de reforzar mis capacidades y habilidades para vincular la estrategia didáctica a desplegar con el contexto asfixiante que estábamos viviendo, los conocimientos que las y los estudiantes traían del primer año y de su propia experiencia y la presentación coherente y sintética de la información.
- Igual que en la presencialidad, intentar combinar la estructuración de contenidos con distintos modelos de aprendizaje (películas, tiras cómicas, infografías, ensayos, reseñas cinematográficas y de libros) y por proyectos de intervención en el territorio de diversas escalas (arquitectónica y urbana), siempre privilegiando el aprendizaje colaborativo sobre el de corte individual (Ver Imagen 06).

Para que esto suceda, la organización de la unidad de formación, combinó tres componentes básicos. Las clases dialogadas teóricas sincrónicas, rescatando las ventajas que ofrece esta modalidad al reunir a toda la clase (máximo 1 hora), con la síntesis de conceptos y conocimientos centrales para la comprensión de la teoría de la arquitectura y el urbanismo. Los trabajos prácticos, desarrollados a partir de una socialización presencial de las instrucciones impartidas con una guía textual y de su desarrollo en reuniones grupales virtuales no presenciales y con aportes individuales colaborativos. Los controles de lectura, que a partir de la utilización de organizadores gráficos como los mapas mentales y conceptuales y los diagramas de abstracción debían elaborarse individualmente en horas no presenciales y presentarse en el aula virtual (classroom).

Si bien este es el esquema de trabajo que utilizo también en la presencialidad, la virtualidad me obligó a incluir en los videos de las presentaciones en PowerPoint, mi voz en off, pues las dificultades de conexión así lo obligaban. De forma similar las exposiciones de las prácticas se hicieron a través de sesiones en Meet, con toda la clase o en grupos, bajo la herramienta que permite compartir información y trabajos, usando en ocasiones el Jamboard, sobre todo cuando se debían procesar aportes grupales, un mucho a la manera de la lluvia de ideas con tarjetas de colores, manejada en los talleres de educación popular.

En conexión con este hacer diario en la virtualidad, la mayor dificultad fue apoyar a las y los estudiantes a interpretar la arquitectura desde el encierro. Se trataba de entender la presencia de los seres humanos, hombres y mujeres, haciendo su vida cotidiana sobre un escenario estructurado por sus interacciones sociales, mediado por el espacio y configurado por el tiempo, en el usufructo de los sistemas arquitectónicos en toda su complejidad. Con seguridad hacerse eco de las palabras de Lina Bo Bardi cuando afirma :

“Si fuera necesaria una definición de arquitectura (...) sería quizás la de una aventura en la cual el hombre es llamado a participar como actor, íntimamente; a definir la no gratuidad de la creación arquitectónica, su absoluta adherencia al útil, (...) pero no por esto menos ligada al hombre “actor”; quizás esta pueda ser, siempre que sea necesaria, una definición de arquitectura. Una aventura estrictamente ligada al hombre, vivo y verdadero” (Citado en Bierrenbach, A, 2011).

Durante el segundo año en la virtualidad, el cansancio de las y los estudiantes ante lo agobiante de la situación y de la forma de estudio, fue muy fácil de percibir y dio lugar a un bajón en la calidad de los trabajos prácticos, particularmente en la unidad de formación orientada a la enseñanza del urbanismo. Así pues, para el trabajo final, correspondiente al 25% de la unidad de formación, orientado a la investigación, pese a que los equipos ya podían reunirse en tiempos breves y realizar algunas sesiones de trabajo de campo en interacción entre compañeros/as y con los habitantes, el acompañamiento cercano a los grupos fue decisivo, no solo para mejorar la calidad, sino para levantar los ánimos caídos. Igualmente tuvieron que reforzarse los recursos de comunicación entre las y los miembros de los grupos y con la docencia, tanto a través de la plataforma del aula virtual como por medio del WhatsApp y el correo electrónico.

[E]s imposible la práctica profesional si no es a partir del manejo de metodologías e instrumentos de investigación que permitan el conocimiento del contexto de inserción de la obra arquitectónica (aprendizaje situado). La capacidad de generar respuestas explicativas para aproximarse al esclarecimiento de los distintos elementos que definen la complejidad del hábitat, de las causas que problematizan su desarrollo, su existencia, sus características y su relacionamiento con la sociedad, determinan lo acertado de las posibles respuestas arquitectónico-urbanas. (Plan de Innovación Curricular a Nivel Rediseño, Carrera de Arquitectura, FAyCH, 2019).

Reconstruir este proceso formativo, sugiere a la par, volcar la mirada a algunos momentos que, en la sensibilidad del ser humano, pusieron notas emotivas a un tiempo en el que las y los docentes, estudiantes y familias, estaban acongojadas por el dolor y la desesperanza, pues se dieron prácticas y actitudes propias de la solidaridad y la complicidad en el ejercicio de los procesos de enseñanza-aprendizajes, como nos deja ver el recorte siguiente de pantalla (Ver Imagen 07).

Enseñar y aprender psicología del mensaje visual

Entendemos la enseñanza como el proceso mediante el cual se comunican o transmiten conocimientos especiales o generales sobre una materia. Este concepto es más restringido que el de educación, ya que ésta tiene por objeto la formación integral de la persona humana, mientras que la enseñanza se limita a transmitir, por medios diversos, determinados conocimientos. En este sentido la educación comprende la enseñanza propiamente dicha.

La Facultad de Arquitectura y Ciencias del Hábitat, se vio enfrentada a un desafío enorme, a cambiar la nueva forma de actuar sobre todo en las carreras que tienen la malla curricular diseñada en el modelo por competencias. Es así que, Aranibar (2020) planteo que:

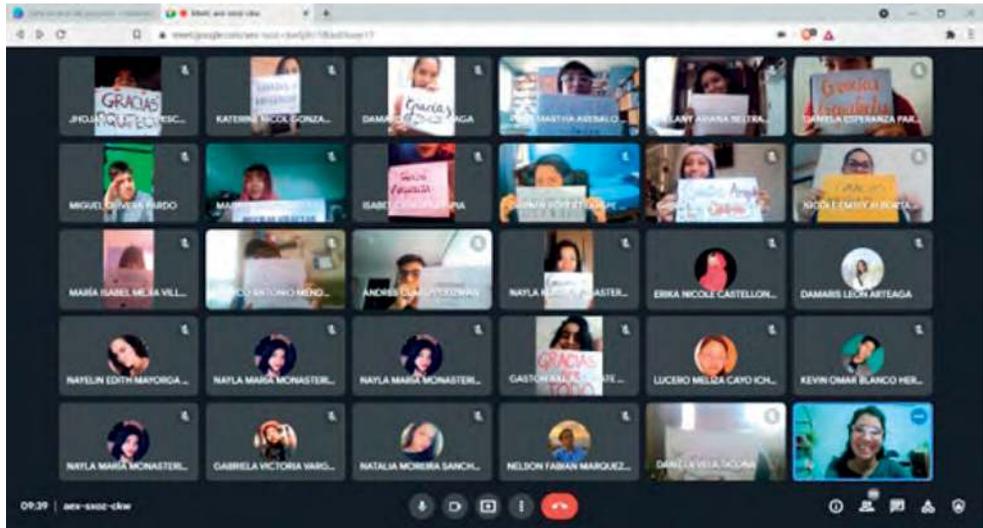


Imagen 07

Imagen Meet, Teodis, Grupo 3.
Noviembre 2021

Archivo auxiliar, Vargas, 2021

La Formación Basada en Competencias que pondera el aprendizaje experiencial, asumido en la Universidad y adoptado en varias carreras de la Facultad; gran parte de las unidades de formación o asignaturas presentes en la FAyCH tienen un fuerte componente de aprendizaje práctico, que la modalidad virtual probablemente no alcanza a satisfacer. Sin embargo, existen algunas estrategias que, apoyadas en el uso de recursos, herramientas e instrumentos virtuales, pueden hacer que no se pierda buena parte del componente práctico y experiencial de la enseñanza-aprendizaje (Plan de educación virtual 2020, FAyCH, pág 3).

Los métodos de enseñanza descansan sobre las teorías del proceso de aprendizaje y una de las grandes tareas de la pedagogía moderna ha sido estudiar de manera experimental la eficacia de dichos métodos, al mismo tiempo que intenta su formulación teórica. En este campo sobresale la teoría psicológica: la base fundamental de todo proceso de enseñanza-aprendizaje se halla representada por un reflejo condicionado, es decir, por la relación asociada que existe entre la respuesta y el estímulo que la provoca. El sujeto que enseña es el encargado de provocar dicho estímulo, con el fin de obtener la respuesta en el individuo que aprende. Esta teoría da lugar a la formulación del principio de la motivación, principio básico de todo proceso de enseñanza que consiste en estimular a un sujeto para que éste ponga en actividad sus facultades.

El estudio de la motivación comprende el de los factores orgánicos de toda conducta, así como el de las condiciones que lo determinan. De aquí la importancia que tiene el incentivo en la enseñanza, no tangible, sino de acción, destinado a producirse, mediante un estímulo en el sujeto que aprende (Arredondo, 1989). También, es necesario conocer las condiciones en las que se encuentra el individuo que aprende, es decir, su nivel de captación, de madurez y de cultura, entre otros.

Los procesos metodológicos didácticos que se desarrollaron en la asignatura durante el período de clases virtuales fueron fundamentales para el logro de aprendizajes reflexivos. La intención era clara, coadyuvar a la formación de competencias relacionadas con la construcción de aprendizajes autónomos en los estudiantes. En este sentido, el uso de estrategias de enseñanza y de aprendizaje se apoyó en procesos de co y auto reflexión sobre las experiencias educativas vividas en las diferentes sesiones, donde se realizaron prácticas pedagógicas con auténtico diálogo reflexivo. Buscando que el estudiante no sea

sólo buen estudiante, sino uno que aprenda reflexivamente, se utilizaron las siguientes estrategias de aprendizaje:

- Exposición y diálogo reflexivo, docente - estudiantes, realizado a través del Google Meet. Allí se dio conocer la teoría correspondiente a las temáticas del plan de asignatura, para que después de una discusión, ésta se pueda llevar a la práctica.
- Estrategias colaborativas y cooperativas inducidas, basadas en el aprendizaje grupal en las clases virtuales, a partir de la presentación de prácticas académicas en grupo, vinculadas a las temáticas desarrolladas. Según Roselli (2016), "El aprendizaje colaborativo es un concepto que define un área teórica y de investigación de gran actualidad y de fuerte identidad. Aunque el tema de la cooperación intelectual tiene una larga tradición en el ámbito de la [...] educación".

Como mencionamos antes, el uso de estas estrategias tuvo la intencionalidad de formar la capacidad de pensamiento autónomo en el estudiante. Esto significa formar personas que aprenden y reflexionan sobre lo que aprenden, construyendo historia como individuos que toman conciencia de sí mismos y que aprendan a reflexionar sobre su propia práctica de aula virtual junto al docente. Con este propósito, se impulsó un proceso guiado y supervisado permanentemente por el docente, quien facilitó los mejores medios disponibles para generar experiencias gratificantes y significativas de aprendizaje.

En la otra mano, las dificultades, que se tuvieron que superar en el desarrollo de las clases virtuales son muchas. Se pueden mencionar algunas con carácter recurrentes en el proceso pedagógico:

- Limitados datos móviles para el acceso a internet de los estudiantes, aspecto que en muchos casos se vio complicado con problemas de conectividad, que tenían como consecuencia el abandono del aula virtual a medio periodo y el no poder compartir los trabajos realizados en las clases sincrónicas, entre otros.
- Equipos computacionales desactualizados o de conexión defectuosa y parcial, ocasionando que muchos de los estudiantes no puedan participar con audio o cámara. Este problema tiene características más adversas en la carrera, en la medida en que la presentación de trabajos prácticos implica la utilización de graficadores y expresiones gráficas necesarias de observar a detalle.
- Poca participación de los estudiantes durante el desarrollo de las clases sincrónicas, puesto que se pudo notar que algunos estudiantes "estaban sin estar", es decir que se conectaban en la clase virtual, pero cuando se solicitaba su participación no contestaban. Esto puso en evidencia que entraban a la clase solo por compromiso de asistencia, sin que importe mucho el aprendizaje.

Mencionados estos aspectos, para el caso de la deserción en general, se pudo evidenciar que su nivel fue menor al registrado en los cursos presenciales. Sin ahondar en las causas, este resultado fue muy satisfactorio, debiendo explorarse en la presente gestión si puede afirmarse que la virtualidad ha permitido que más estudiantes puedan concluir el año en la asignatura.

Conclusiones

Quién gana, quién pierde; definitivamente la pandemia cayó como un valde de agua fría en pleno desierto, a universidades que como la nuestra no habían construido experiencias sustantivas en torno a la educación no presencial. A ojos vista, la situación era más difícil para carreras cuyos objetos de estudio e instrumentos de aprendizaje se relacionaban con la práctica y con el seguimiento basado en la observación de expresiones gráficas de diversas características.

Lo cierto es que los docentes hemos recibido un plus que se suma a nuestra vasta o reducida experiencia pedagógica, pues con todas las dificultades y aun aprendiendo a "palos", el manejo

computacional y el dominio de los instrumentos de apoyo pedagógico fue alcanzado. Estos aprendizajes tuvieron que ser llevados rápidamente a las salas virtuales para impartir clases en el momento, rompiendo aquello que se realizaba repetidamente por muchos años y sin mayores aportes dentro las aulas universitarias.

Esta ganancia nos permitirá afrontar con mayores capacidades, lo que en algún momento parecía imposible y lejano, el retorno al aula presencial. Es obvio que muchos de los recursos utilizados y de los aprendizajes logrados son ahora parte de conocimientos significativos que no podremos abandonar.

Relacionando el punto anterior, quienes, en muchos sentidos perdieron, han sido los estudiantes. Muchas razones se entretajan en esta afirmación. Una de las características fundamentales de la especie humana es su condición de seres sociales. Perder por un período de algo más de dos años y precisamente durante la vida universitaria, la posibilidad de interactuar con el entorno social, con compañeros y docentes, es de todo punto de vista negativo. La construcción de los proyectos de sociedad alejados de visiones individuales pasa básicamente por el confrontamiento de intereses, el posicionamiento de alternativas de vida, la cimentación de identidades colectivas como parte fundamental del afianzamiento de sociedades cohesionadas.

Ya en el detalle de lo cotidiano, también para ellos y ellas fueron mayores los problemas de conectividad ligados a la capacidad adquisitiva (altos costos del internet, de los dispositivos adecuados, de los espacios e instalaciones necesarias, en fin, de la brecha digital y de las grandes exclusiones estructurales).

En definitiva, para nosotros, las y los docentes de la Facultad de Arquitectura y Ciencias del Hábitat, la experiencia significó aprender la cuestión tecnológica y remozar la cuestión pedagógica y los recursos de enseñanza, con grandes interrogantes para el ejercicio presencial de la cátedra, en busca de responder, bajo nuevas miradas, a la siempre desafiante tarea de guiar a las y los estudiantes hacia el logro de un ejercicio profesional acorde con nuestra realidad.

En estos últimos días, hemos podido observar que aún actúa sobre nosotros el miedo ante el retorno a la presencialidad porque las sucesivas olas COVID 19 siguen presentándose una tras otra. En un contrasentido muy preocupante, parece que la comodidad de la virtualidad para el desarrollo de las clases, se ha instalado también en muchos y muchas en este corto y largo tiempo.

Es evidente que la educación desde lo virtual está generando en los y las docentes y estudiantes, oportunidades de acceso al conocimiento con menores desplazamientos y gastos de tiempo, combinando al mismo tiempo labores relacionadas con el trabajo remunerado y las labores de cuidado. Sería un error, sin embargo, suponer que la ampliación de las brechas entre los que pueden y los que se encuentran al margen, no se ven reforzadas con esta situación, más aún cuando las limitaciones de acceso a datos móviles son fortalecidas por las empresas multinacionales que se niegan a la ampliación de oportunidades de acceso.

El tiempo que viene, de reconstrucción del proceso formativo en la presencialidad, enriquecido con nuestra rica experiencia en la virtualidad, permitirá verificar la hipótesis que afirma la imposibilidad de abandonar lo aprendido y lo adecuado de recurrir a la combinación de ambos modelos de manera reflexiva y creativa. Es hora de aprovechar la primavera para equilibrar un poquito la balanza.

Aranibar, V (2020) *Plan de educación virtual 2020 Facultad de Arquitectura y Ciencias del Hábitat*. UMSS, Cochabamba Bolivia.

Arredondo, M. (1989) *Notas para un modelo de docencia*. Formación pedagógica de profesores universitarios. Teoría y experiencias en México. ANUIES-UNAM. CESU: México.

Bravo-García, E., y Magis-Rodríguez, C. (2020) *La respuesta mundial a la epidemia del COVID-19: los primeros tres meses*. Boletín sobre COVID-19 Salud Pública y Epidemiología, 1(1), 3-8.

Bierrenbach, A (2011) "*Arquitectos 119.06: Entre textos y contextos, la arquitectura de Lina Bo Bardi*", en vitrubios.com.br, 20/11/2011 14:33, Lina Bo Bardi, Segunda conferencia na EBAUB. Salvador, texto no publicado, Arquivo ILBPMB, 1958. p. 2. - Texto original en italiano. Traducción: ACB. Consultado el 31/07/2022 en https://www.academia.edu/40997776/ENTRE_TEXTOS_Y_CONTEXTOS_LA_ARQUITECTURA_DE_LINA_BO_BARDI

Corbusier, L. (2011) *Mensaje a los estudiantes de arquitectura*. Buenos Aires, Ediciones Infinito.

Díaz, F. y Hernández, G (2002) *Estrategias docentes para un aprendizaje significativo*. México, DF: McGRAW-HILL. (Original publicado en 1998.)

Facultad de Arquitectura y Ciencias del Hábitat (2019), *Plan de Innovación Curricular a Nivel Rediseño*. Cochabamba, Bolivia, Carrera de Arquitectura, FAyCH, UMSS.

Monereo, (1994) *Estrategias de enseñanza y aprendizaje, formación del profesorado y aplicación en la escuela*. España. ED. Grao, 10ª edición.

Roselli, N. (2016) *El aprendizaje colaborativo: Bases teóricas y estrategias aplicables en la enseñanza universitaria*. Propósitos y Representaciones, 4(1), 219-280. doi: [http:// dx.doi.org/10.20511/pyr2016.v4n1.90](http://dx.doi.org/10.20511/pyr2016.v4n1.90)

Universidad Mayor de San Simón (2020) *Plan de contingencia para las actividades Administrativas y Académico-Administrativas Post Cuarentena por el Covid-19*. Resolución Rectoral N° 261/20. de junio 01, 2020, <https://www.umss.edu.bo/wp-content/uploads/2020/10/03-Plan-de-contingencia-COVID19-Agosto.pdf>.

Referencias





Servicios ambientales del bambú

José Luis F. **Reque Campero**

Universidad Mayor de San Simón • Cochabamba • **Bolivia**
bolbambu2000@gmail.com

Resumen

En la naturaleza y sus sistemas de vida, las prestaciones de servicios ambientales se producen fluida y constantemente, donde el bambú, partiendo del interés que produce como capital natural, desempeña un rol preponderantemente diferenciado. Sin embargo, en un contexto local y académico, no se terminan por percibir estos servicios que, como recurso natural extraordinariamente renovable, dispone este material. Un escenario de investigación del Proyecto BOLBAMBU-IIACH-UMSS, propone una metodología basada en aspectos cualitativos provenientes de fuentes secundarias como del saber cognitivo, presentando una base teórico-conceptual que detecta ventajas desde diversos ámbitos para el bambú del Género Guadua. La teoría y la praxis demuestran el potencial de este recurso, posicionando una renovada agenda de uso que aborda los materiales, su dinamismo termodinámico y la captura de CO₂, aspectos ecológicos y depuración de aguas residuales, así como sus beneficios en materia energética referidos a la construcción, apuntando a restablecer sosteniblemente el axioma clave entre biósfera y desarrollo socio-productivo.

Palabras clave: *Bambú Guadua, servicios ambientales*

Abstract

In nature and its life systems, the provision of environmental services occurs fluidly and constantly, where bamboo, based on the interest it produces as natural capital, plays a preponderantly differentiated role. However, in a local and academic context, they do not end up perceiving these services that, as an extraordinarily renewable natural resource, this material provides. A research scenario of the BOLBAMBU-IIACH-UMSS Project, proposes a methodology based on qualitative aspects from secondary sources such as cognitive knowledge, presenting a theoretical-conceptual basis that detects advantages from various fields for the bamboo of the Guadua Genus. Theory and praxis demonstrate the potential of this resource, positioning a renewed use agenda that addresses materials, their thermodynamic dynamism and CO₂ capture, ecological aspects and wastewater treatment, as well as their benefits in terms of energy related to the construction, aiming to sustainably restore the key axiom between the biosphere and socio-productive development.

Keywords: *Bamboo Guadua, environmental services*

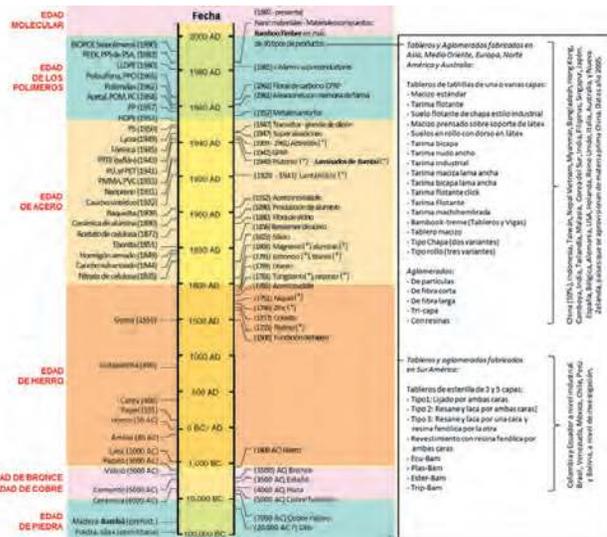


Prestaciones del bambú respecto a otros materiales de uso convencional

Los materiales han permitido el avance de la humanidad desde inmemoriales épocas, de hecho, las edades del hombre llevan el nombre de aquel material dominante de la época: la Edad de Piedra, la Edad del Cobre, del Hierro, etc. En ese marco, debemos recalcar la importancia del bambú. En una época inicial, se trataba de simples estructuras de sostén erigidas con maderas y bambúes a modo de precarias y eventuales infraestructuras para cobijo y reproducción de actividades básicas. Con el devenir del tiempo y el perfeccionamiento de las técnicas, el bambú adquiere una naciente jerarquía en la Edad de Acero, transformándose bajo la manufactura de innumerables productos, presentando un renovado fortalecimiento y consolidándose proyectualmente en la Edad Molecular con una diversidad de materiales compuestos (sobre todo, laminados y aglomerados), que presentan cualidades técnicas que caracterizan hoy al bambú (ver Figura 01) como la nueva madera del milenio, declarado así por la Organización de Naciones Unidas el año 2016.

Figura 01

Los materiales y el avance tecnológico de la humanidad en diversas edades

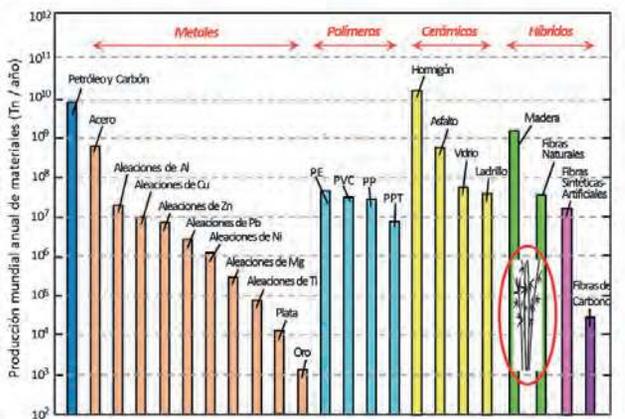


Asbhy, 2014

En el contexto mundial existe una amplia gama de productos de bambú, desde artesanales, hasta complejos sistemas estructurales, y una industria diversificada de alto nivel que produce más de 4.500 productos documentados, un logro difícilmente superado por otros materiales. Hoy se proyecta cada vez con más fuerza innovativa la promoción y difusión de productos y viviendas de bambú, en al menos un séptimo de la población mundial (Liese, 2015). Esta es la forma en la que el bambú interactúa con el mundo globalizado.

Figura 02

Producción mundial de 23 materiales de los que depende hoy la humanidad



Asbhy, 2014

El consumo de materiales para satisfacer las necesidades de la humanidad es altísimo, especialmente el de los materiales no renovables. La Figura 02 muestra el consumo anual en escala logarítmica, de los 23 materiales más utilizados por la sociedad contemporánea. Sumadas todas las cantidades de materiales (excepto el petróleo y el carbón) se llega a casi 13 mil millones de toneladas en todo el mundo. Sólo el hormigón es responsable de más de 10 mil millones de toneladas al año. Los metales representan el 6 % del total de los materiales utilizados anualmente, siendo el acero el que más destaca de este grupo. El grupo de los polímeros representa el 1 % del total; sin embargo, en los últimos 50 años hubo un vertiginoso aumento en su uso. Los materiales cerámicos dominan las cifras y representan un 84 % del consumo, debido al uso del hormigón. El último grupo de los materiales híbridos representa el 9% del total y se puede destacar el consumo de la madera, que sobrepasa incluso el consumo del acero, y donde las fibras naturales muestran un ascendente

potencial comparable al de todos los tipos de aleaciones (Asbhy, 2014). Entre el grupo de los materiales híbridos, maderas y fibras naturales, respectivamente; se inserta el bambú en su estado natural rollizo, o como material compuesto en aglomerados o laminados (bamboo timber). Ver figura 01.

Una inédita hipótesis para el bambú¹: “máquina termodinámica de la naturaleza” y su accionar como sumidero de CO2

Dos consideraciones previas e importantes al respecto:

1) La vida biológica también puede ser develada y deducida a partir de los principios y leyes de la termodinámica. Según los expertos, la termodinámica en la biología se da por el intercambio y la transformación de energía entre los organismos vivos de la naturaleza, y donde se desarrollan a su vez, complejos procesos químicos, que por la “Hipótesis de Gaia” (Lovelock, 1985), son imprescindibles para el mantenimiento de la biósfera del planeta. Es en este campo del conocimiento donde trataremos de explicar el comportamiento del bambú.

2) La primera ley de la termodinámica definida como Principio de Conservación de la Energía, uno de sus tantos enunciados, en un sentido general, determina “(...) si se efectúa trabajo sobre un sistema, la energía del sistema cambiará (...)” (Scribd, s/año).

Para nuestro propósito, veamos la cuestión así: “(...) el sol a través de su energía lumínica, le entrega calor al bambú para que éste, a través de la fotosíntesis, transforme la energía química aprovechándola en su metabolismo (...)” (Reque, 2011).

Como somos arquitectos y nuestro lenguaje es principalmente gráfico, entendemos mejor el asunto con esquemas gráficos. Partiendo inicialmente del principio elemental del funcionamiento de la máquina de vapor de Watt (primera máquina termodinámica construida por el ser humano), podemos pasar a comparar ese funcionamiento con lo que sucede en los entrenudos del tallo del bambú, cuyo funcionamiento es sistémico.

La máquina de vapor de Watt versus los tallos de bambú

Recordemos que:

1) *Si se efectúa trabajo sobre un sistema...*

Para la máquina de vapor de Watt, se solía aplicar energía utilizando un combustible de origen fósil, que podía ser carbón o petróleo, u otro de origen orgánico a partir de los recursos de biomasa: ramas, hojas, troncos de especies forestales maderables y no maderables (Figura 03).

2) *La energía interna del sistema cambiará...*

Debido a la combustión, se producía calor logrando que el agua del hermético recipiente se evapore y se expanda, aumentando la presión y logrando que un pistón se moviese en el interior de un cilindro. Este accionar mecánico se transmitía luego a otros accesorios móviles, que a su vez generaban movimiento en una diversidad de máquinas que en el pasado requerían para su funcionamiento y aplicabilidad de este tipo de fuerza motriz. Por un generador, este movimiento podía también convertirse en electricidad. Siguiendo estos principios técnicos, veamos cuál es la similitud con el bambú y los entrenudos de sus tallos, que bajo una atrevida hipótesis actúan en pequeña escala -y muy lentamente- como la máquina de Watt (para alcanzar rigor científico, esta hipótesis requiere su verificación en laboratorio) (Figura 04).

¹ Esta hipótesis fue desarrollada por el autor del presente artículo, en el marco del Programa de Doctorado en Energía y Desarrollo, llevado a cabo en la UMSS, en Convenio técnico-académico con el Instituto de Electrotecnia de la Universidad de Sao Paulo (IE-USP). El trabajo de investigación llevaba por título: “A propósito del cambio climático y el CO2: una hipótesis para el Bambú Guadua desde la termodinámica, fundamentada en la percepción cognoscitiva y Gaia”.

Diversos estudios han encontrado en el bambú del género *Guadua* gran potencialidad de uso, debido a su alta densidad por hectárea, máximo crecimiento y capacidad físico-mecánica al término de tan solo cinco años, siendo la fotosíntesis la principal fuente energética en su metabolismo y, por lo tanto, la responsable directa de estas particularidades basadas en biomasa. Un punto de partida para evaluar su potencial en el cumplimiento de esas características consiste en establecer la eficiencia de la fotosíntesis como conversión de la energía solar, donde se incorpora el carbono en la planta como estrategia de la naturaleza para disminuir el CO₂ del medioambiente.

Se ha establecido que el bambú es un gran productor de oxígeno y un perfecto retenedor de CO₂, por cuanto en la fotosíntesis se diferencian las plantas que poseen tres moléculas de carbono (C₃) (siendo que el 90% utilizan esta vía para convertir CO₂) y las que han evolucionado a cuatro moléculas (C₄), como el bambú y toda la familia de las gramíneas (10% de todas las especies que utilizan esta vía de fotosíntesis) (Zhu, et al, 2007); este resultado nos presenta al bambú como una de las plantas más dinámicas. Siguiendo esta lógica, se observa en la figura 05 que las mínimas pérdidas de energía calculadas para 1000 kJ de la radiación solar para la fotosíntesis de las plantas y la energía química almacenada en la biomasa, son cálculos que asumen una temperatura de 30° C y CO₂ equivalente a 380 ppm. La eficiencia obtenida para C₃ es de 4.6% y 6% para C₄; sin embargo, esta inicial ventaja sobre C₃ desaparecerá a medida que el CO₂ en la atmósfera se acerque a 700 ppm². Al crecer tres veces más deprisa que cualquier otra planta, se puede obtener cuatro cosechas por cada una de Eucalipto, con la ventaja de que el bambú no se tala, se poda. Mientras que un pino tarda 10 años en llegar a su madurez y su máxima captación de CO₂ y el Eucalipto, 12 años, el bambú logra su madurez al quinto año. Si un árbol necesita 60 años para crecer 20 metros y alcanzar un diámetro de corte comercial igual a 40 cm, el bambú consigue ese tamaño en tan sólo 3 meses, esto significa que no solo capta más CO₂, sino que lo hace mucho más rápidamente. Es, de hecho, un gran sumidero de carbono.

Por lo mencionado, una solución efectiva consiste en la protección de los bosques del mundo, pues la tierra, los árboles y la vegetación son una fuente importante de almacenamiento de carbono. "Necesitamos mejorar la administración de tierras y bosques, ya que es una de las formas más fáciles y baratas de reducir emisiones" (IPCC, 2020). Y según los mismos expertos del IPCC: "El 65% de la reducción potencial de carbono podría llevarse a cabo en los bosques tropicales". Tomando en cuenta estas consideraciones, ¿por qué no promover estrategias en espacios públicos urbanos o en contextos rurales donde se re-valoricen las particularidades de sus ecosistemas con plantaciones de bambú?

En este contexto, el consumo de los recursos naturales opera aún con la lógica del crecimiento ilimitado; sin embargo, cada vez hay más conciencia mundial de que los límites existen y de que muchas veces son frágiles, pero nos estamos acercando peligrosamente a algunos de ellos. El desarrollo industrial capitalista por tiempo indefinido es insostenible, debido al cambio climático y a la concepción de la naturaleza como simple recurso. Así como la termodinámica limita la eficiencia y el rendimiento de un motor, la sobredimensionada explotación de los recursos, junto al desproporcional crecimiento, se ven restringidos por la biocapacidad del planeta. Ante este desalentador panorama de calentamiento global producido por el exceso de CO₂, es posible afrontarlo reciclando este gas en lugar de solo reduciendo sus emisiones, según ha propuesto el científico Ei-ichi Negishi, Premio Nobel de Química en 2010. Para ello, según ha destacado, es preciso dar con el método para que la catálisis sea "rentable económicamente". Si bien hasta ahora la comunidad científica no ha logrado este primordial objetivo, reciclar el dióxido de carbono representa un gran problema para la humanidad. Paradójicamente, en la naturaleza y sus extensos bosques, este proceso basado en la fotosíntesis se produce constantemente desde hace millones de años, donde el bambú desempeña un rol preponderantemente diferenciado.

² Según National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), el año 2022 el CO₂ alcanzó 420.00 ppm.

Se trata entonces de programar medidas de combate y mitigación basadas en este accionar fundamental de la naturaleza, antes que optar por la mera adaptación al cambio climático, como comúnmente suele plantearse. A pesar de todo el adelanto del que hoy dispone la ciencia, la economía no incorpora todos los aspectos que la naturaleza hace por nosotros, por lo que resulta urgente que comience a “descubrir” los principios y fundamentos de la indudable y “alta tecnología verde” que implementa, tal es el caso del bambú y sus extraordinarias cualidades como sumidero de carbono. ¿Cuánto costaría, por ejemplo, retirar el CO2 de la atmósfera y devolverle el oxígeno a nuestro planeta, si consideramos que todas las plantas hacen este trabajo por prácticamente a cero costos? Es posible realizar un cálculo sobre lo que nos costaría reemplazar a la naturaleza, gracias a diversos estudios que han desarrollado metodologías para asignarle un valor, estableciendo precios a la economía ambiental y sus servicios eco-sistémicos (Costanza, s/año). Todo esto con la finalidad de que, a partir de ello, con esfuerzos y responsabilidades compartidas, las autoridades políticas y las empresas tengan más probabilidades de conservar la naturaleza, comprendiendo su valor y cuánto afectaría perder el activo más valioso de la humanidad. En 1997 se estimó que costaría 35 billones de dólares al año hacer lo que la naturaleza hace por nosotros a cambio de nada. La suma de las economías anuales de todos los países del mundo alcanzó ese año 18 billones de dólares. Resultado: la naturaleza hacía el doble de trabajo que todas las economías del mundo. Lo absurdo del caso es que para algunos estudiosos de la economía convencional esto no es parte de la ecuación.

Depuración de aguas residuales

El Marco Normativo para la reutilización del agua en Bolivia, establece que la Ley de la Madre Tierra (ALP, 2010), la Ley de Riego (ALP, 2011), o la propia Constitución Política del Estado (Reglamento Ley Constitucional s/año), por la responsabilidad que les asiste, deberían haber sido instancias llamadas a involucrarse con este Marco Normativo, pues la reutilización del agua residual es un factor indispensable en tiempos de vulnerabilidad y cambio climático; sin embargo, no dispusieron ni siquiera lineamientos para abordar el tema. La excepción a estos desaciertos resulta ser la Ley de Medio Ambiente (Constitución Política, 2008), que plantea dos reglamentos de importancia orientados hacia la problemática hídrica. De ellos surge el Plan Sectorial de Saneamiento Básico (Gaceta Oficial, 1992), medianamente definido, pues como política del Ministerio de Medio Ambiente (MMAyA, 2015), para el uso eficiente del agua propone la implementación de plantas de tratamiento de aguas residuales con enfoque de reúso (MMAyA, s/año), limitándose tan solo al enunciado como tal y sin plantear nada en concreto. De esta coyuntura se desprende el Plan Maestro Metropolitano de Agua y Saneamiento para Cochabamba (MMAyA, 2017), documento de mucha importancia por los reveladores datos que maneja y establece, planteando con cierto rigor la importancia de los humedales artificiales para la depuración de aguas residuales (ver gráfico 01).

La purificación vegetal garantiza la eliminación de contaminantes, convirtiendo las aguas residuales en aptas para el riego. El empleo de

Gráfico 01
Marco Normativo para el reúso del agua,
Estado Plurinacional de Bolivia



Fuente: elaboración propia

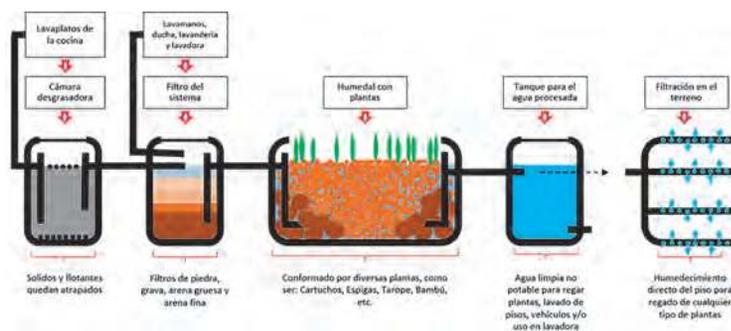


Figura 06

Humedales artificiales para aguas residuales grises

Fuente: Elaboración propia

diversa vegetación para depurar estos residuos, eliminándolos, conteniéndolos o degradándolos como contaminantes medioambientales en medios hídricos, edáficos o atmosféricos, se conoce como fitorremediación, pues establece un equilibrio natural (MMAyA, 2014).

Comúnmente, estos sistemas funcionan con materiales de filtración basados en arena limpia dispuesta en diversos diámetros en estanques. El principio es el mismo que desempeñan los ríos en un medio natural donde, al pasar el agua a través del suelo, los microorganismos naturales degradan la materia orgánica. Por principio de mimesis, se ha demostrado que el bambú trabaja muy bien debido a su denso sistema de raíces, siendo capaz de soportar múltiples factores estresantes medioambientales, como relativa falta o exceso de agua e, incluso, temperaturas extremadamente bajas.

Condiciones detectadas respecto al potencial del bambú como importante activo ambiental y procesamiento biológico de mimesis

La información que se detalla a continuación ha sido extraída de la empresa: PHYTOREM (TSA, 2011), que ha desarrollado Eco-Plantas para el tratamiento de aguas residuales depuradas con bambú y capacidades en saneamiento y eco-fisiología. Se trata de combinaciones únicas que permiten prever y optimizar los rendimientos depuradores de cada especie de bambú utilizada en este tipo de eco-plantas, trabajando además en la optimización de tecnologías y su adaptación a todo tipo de configuraciones, garantizando el tratamiento de aguas sin olor (debido a la contaminación), limitando los residuos y, al mismo tiempo, produciendo recursos forestales no maderables para su manejo sostenible. Estas son algunas de las inmediatas ventajas de uso de este recurso, existiendo otras como el de su transformación y manufactura, que pueden poner en marcha otras sub-áreas de valorización.

La tecnología "Bambou-Assainissement" (Figura 07), es un sistema de tratamiento biológico de contaminantes de suelos y agua, cuya vocación es valorizar los elementos contaminantes en biomasa vegetal sin producir lodos de depuración. Esta tecnología utiliza la microfauna y la microflora del suelo para la rápida degradación de los contaminantes. Estos procesos de biodegradación son vigorosamente apoyados por el bambú, donde podemos mencionar algunos importantes aspectos:

- Dispone de un sistema de raíces que constituye un soporte físico y fértil de desarrollo de los microorganismos (aumento de un factor de 100 en la diversidad y el número de bacterias entre un sustrato con y sin bambúes).
- Proporciona a los microorganismos el carbono y la energía (de la fotosíntesis) necesaria para el mantenimiento de su actividad, absorbiendo agua y elementos minerales.



Figura 07

El metabolismo del bambú y su soporte bacteriano que retiene elementos mineralizados en el tratamiento biológico de aguas servidas

Fuente: PHYTOREM



Figura 08

En una Eco-Planta con bambú los problemas medioambientales se transforman en recursos ecológicos

Fuente: PHYTOREM

- Dispone de rizomas colonizadores que permiten homogeneizar rápidamente el tratamiento en el conjunto de la superficie. Esta parte subterránea de la planta favorece la permeabilidad del suelo, su aireación y la actividad de los microorganismos.
- La fitorremediación está dada por el bambú, cuyo importante crecimiento, resistencia y resiliencia están totalmente reconocidos, con la ventaja de ser además una planta rústica, de características leñosas y sin floración anual. De esta manera, su actividad depuradora se mantiene durante todo el año, interviniendo la descontaminación activa con la tala de sus tallos aéreos.
- El crecimiento de las plantas de bambú está acompañado de un aumento de sus retenciones y un crecimiento de la actividad bacteriana del suelo.

La técnica se basa en las propiedades naturales del bambú y, particularmente, en la densidad de sus raíces capaces de fijar las bacterias (Figura 08), degradando y eliminando sus elementos contaminantes, cualidades asociadas a una tasa de crecimiento extremadamente elevada, que hacen de la planta un órgano de tratamiento muy eficaz, naturalmente extensible y con una vida útil ilimitada.

Los efluentes a ser tratados y depurados serán conducidos después de un pre-tratamiento, hasta la plantación de bambúes por una red de colectores. Los efluentes se infiltran naturalmente en las raíces del bambú, así los microorganismos presentes permiten degradar y eliminar todos los elementos contaminantes, nutriendo los bambúes y garantizando su crecimiento. Este proceso garantiza la producción y altos rendimiento de biomasa.

El tratamiento de efluentes con alta carga de contaminación permite tratar aguas y suelos, y para ello toma en cuenta la naturaleza de diversos contaminantes (composición, densidad, cantidad), así como las características de los suelos (acidez, permeabilidad, porosidad), el clima y las particularidades del sitio donde debe ser implantada la instalación. Estos elementos son determinantes en la selección de las variedades de bambúes -en este caso, el Género Guadua-, y las especies de bacterias para un resultado óptimo.

Estas eco-plantas tienen la particularidad de no producir lodos, residuos residuales ni olores, adaptándose a todas las zonas geográficas (urbanas, periurbanas, rurales, etc.), latitudes y climas, permitiendo de esta manera tratar varios tipos de aguas residuales (Tabla 01), lo que garantiza la transferencia de tecnología en cualquier ámbito.

Las soluciones extensivas pueden desarrollar/crecer naturalmente: la misma plantación puede tratar de 50 a 100% de carga de contaminación suplementaria (hídrica y orgánica) en un lapso de 5 a 10 años, según el clima. Las soluciones extensivas funcionan en suelo sedentario y se basan sobre una optimización de interacciones entre el clima, el suelo y los bambúes. Estas soluciones consisten en instalar plantaciones, cuya extensión es delimitada por barreras específicas (anti-rizomas). La superficie de la plantación depende de las relaciones entre el clima, los efluentes y el suelo, y funciona con energía solar y fotosíntesis, respondiendo a varios objetivos:

- Obtener un "vertido cero" hídrico en el medio acuático superficial.
- Respetar las normas de vertido para las aguas que pueden infiltrarse.
- Secuestrar CO₂ (una plantación de bambúes maduros de una hectárea absorbe aproximadamente 30 toneladas de CO₂ por año³) (Fangyuan, 2020).
- Producir biomasa.

Soluciones que permiten evitar la internalización del tratamiento de lodos y, a medio plazo, valorizar la biomasa producida. El problema del tratamiento de lodos es así transformado en una solución económicamente rentable. Se utiliza una solución específica para tratar sedimentos y valorizar in situ elementos contaminados a través de sustratos de cultivo y otras soluciones a medida. También se toman en cuenta soluciones intensivas de tratamiento de sedimentos contaminados, bajo el desarrollo y la disposición de plantaciones de bambúes. Las eco-plantas con este recurso ofrecen la ventaja de una importante producción de biomasa con alta calidad, que puede ser valorizada según el uso que se le dé. Para atender las crecientes necesidades del gran mercado industrial, la empresa PHYTOREM desarrolló otro sistema de depuración de aguas denominado "Bambou-Assainissement." En esta alternativa, el bambú no es

³ El CO₂ queda almacenado en el tallo del bambú, donde es liberado a la atmósfera si la planta muere. Si el bambú es cosechado en su época de madurez (quinto año) y es procesado en un producto sostenible y duradero, el carbono queda encerrado en el material. Si el bambú es industrializado en materiales compuestos pesados, como el "Bamboo X-treme" de la Empresa MOSO Bamboo, el CO₂ almacenado en un m³ de este material, puede llegar a alcanzar las 1.662 toneladas de CO₂ (MOSO, 2022).

AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS	AGUAS INDUSTRIALES	AGUAS PLUVIALES	LIXIVIADOS
Generalmente producidas por: hoteles, campings, diversidad de viviendas como urbanizaciones, infraestructuras aisladas, etc.	Aguas generadas principalmente por la gran industria agrícola y agroalimentaria (viticultura, criaderos, queserías, panaderías industriales, etc.)	Obtenidas a partir de: carreteras, centros comerciales, zonas de actividad, etc.	Zonas de compostaje, de descarte, vetederos, etc.
Generalmente caracterizadas por una contaminación orgánica moderada, un exceso de nutrientes y un importante flujo hídrico.	Compuestas generalmente por una importante contaminación orgánica, asociada a una falta de nutrientes y un desequilibrio entre los elementos y una variación del pH.	Con origen de grandes superficies, resultantes de inclemencias climáticas (lluvia, aguaceros, tormentas, nieve, etc.). Este tipo de agua tiene generalmente una contaminación orgánica débil, con hidrocarburos, sales, metales pesados y pequeñas partículas de tierra.	Líquidos que se forman como resultado de pasar o "percolarse" a través de un sólido. Son inertes porque que no son solubles, ni combustibles, ni biodegradables.

Tabla 01

Características de diversas aguas residuales

Fuente: PHYTOREM

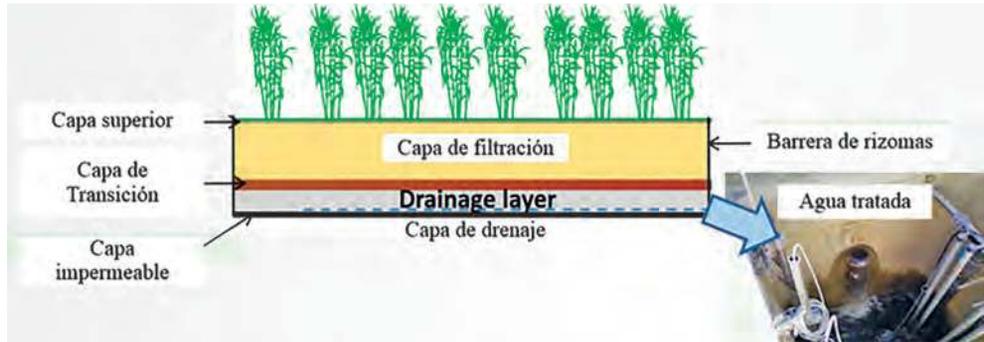


Figura 09

Plantaciones de bambú para obtener agua tratada de la industria

Fuente: PHYTOREM

plantado en el suelo existente, sino que se encuentra sobre un suelo especial compuesto con materiales de filtración. Ver Figura 09.

Energía y Construcción

Un material como el bambú Guadua, con altas particularidades físico-mecánicas demostradas en laboratorio, utilizado en las áreas tropicales de Bolivia, principalmente está en manos de poblaciones vulnerables y más pobres, implementándose en torno a él una subcultura de miseria y tugurio. En otras condiciones, el empleo de este material en la construcción evitaría a la región la salida de divisas por pago de importación de otros materiales que bien podrían ser reemplazados por éste (el caso de los laminados o aglomerados, por ejemplo), por ser ecológico, de bajo costo y reducido consumo energético en su producción. Investigaciones realizadas en la Universidad Católica y Pontificia de Río de Janeiro, PUC-Río, demostraron que el bambú Guadua dispone de una baja energía por unidad de tensión y una alta resistencia a esfuerzos de tracción (Ghavami, 2002). Sin embargo, posee también desventajas: bajo módulo de elasticidad, variación de su volumen por absorción de agua y susceptibilidad al ataque químico y de microorganismos (van der Lugt, 2017).

Tabla 02

Comparación de algunos materiales con un cálculo de carga máxima según EUROCODE 3 y 5. Estudio de caso: Euler 2

Esfuerzo de compresión a una barra de 2.5 m y 8.7 kg en tres materiales distintos (Madera, Bambú y Acero)		Madera tipo B	Bambú (Género Guadua)	Acero A-36	Aluminio	Cemento
Densidad	g/cm ³	0.55	0.7	7.8	Sin datos	Sin datos
Módulo de elasticidad	kN/cm ²	740	600	2.100		
Esfuerzo a compresión	kN/cm ²	1.1	1.5	23.5		
Sección	D-d	D=9 cm	D=12 cm d=9cm	D=5.1 cm d=4.5 cm		
Área	cm ²	63.6	49.5	4.4		
Inercia	cm ⁴	322.1	695.8	12.7		
Esbeltez	λ	111.1	66.7	147.2		
Peso	kg	8.7	8.7	8.7		
Esfuerzo máximo admisible	kN	15.1	25.6	27.6		
Colombia/Alemania	Precio COP/€	2 5	1 3	4 8		
Eco-Costo (Ghavami, 2002)	M€/m ² N/mm ²	80	30	1.500	2.500	240
Relación de Energía requerida para la obtención del material (sumatoria de unidades)		2.67	---	50	83.33	8

Fuente: Laude & Overman, 2008

La Tabla 02 hace una comparación de ciertas propiedades de cinco tipos de materiales y se basa en la carga máxima establecida por EUROCODE 3 y 5, con el estudio de caso: Euler 2. Para saber cómo se comporta la Guadua, comparándola con la madera o el acero, basta un simple procesamiento de datos para su ejemplificación: se dispuso en los mencionados materiales (madera, bambú y acero), barras sometidas a esfuerzos de compresión, cada una de 2.50 metros de longitud, de secciones comunes y con un peso similar a 8.7 kilogramos.

Analizando la tabla se llega a la siguiente conclusión: el bambú Guadua, gracias a su forma cilíndrica y hueca, dispone de una esbeltez y un radio de giro muy favorables con respecto a

secciones de madera o acero con pesos iguales. Por otra parte, resiste mucho más que la madera. En cuanto a la relación entre fuerza máxima y peso, la Guadua presenta un valor interesante próximo al acero, en este entendido, es obvio que, para un mejor rendimiento respecto a éste, fácilmente se podría disponer el aumentar su sección, a costa de acrecentar su peso y su costo.

La Figura 10 muestra cuatro grandes grupos de materiales, en la que en el conjunto de los metales, los valores más altos de energía por unidad de masa, los tienen los metales preciosos. En los diversos tipos de polímeros, este valor energético está en alrededor de 1000 Mj/Kg. En el caso de los materiales cerámicos, los valores más altos son para el nitrato de aluminio, el vidrio y el cemento. Por el contrario, los ladrillos y el hormigón, tienen los valores más bajos. En el grupo de los materiales híbridos, los valores energéticos más bajos por unidad de masa, corresponden al bambú, a las maderas blandas, como duras, y, finalmente a la madera contrachapada.

Conclusiones

No es posible el sustento de la vida en la Tierra sin los servicios y la interrelación ecosistémica de sus especies, este el arduo paradigma a alcanzar, donde el bambú adelanta interesantes y valiosos beneficios que contribuyen enormemente al bienestar humano. Su vertiginoso crecimiento junto al intrincado sistema de raíces genera más biomasa que cualquier otra planta, lo que favorece la disposición de una gran cantidad de materia prima, consiguiendo como material ser un mejor sumidero de CO₂, con productos de carbono neutro que evitan la presión sobre otros materiales maderables obtenidos de árboles de crecimiento lento, sean coníferas o latifoliadas. Es en este contexto que el mayor aporte del Proyecto BOLBAMBU, se traduce en los conocimientos adquiridos con el desarrollo cognitivo aplicado desde la praxis conceptual y operativa del bambú. Un nuevo entendimiento sobre los materiales que nos ofrece la biodiversidad boliviana, con el discernimiento traducido en experiencia, actitudes y habilidades comprobadas en el manejo de la Guadua durante más de veinte años y a partir del apoyo colectivo del Instituto de Investigaciones de Arquitectura y Ciencias del Hábitat, de la Universidad Mayor de San Simón. Aprendizaje asimilado y transmitido que lleva a tomar en cuenta a este nuevo recurso forestal no maderable en el diseño de productos sostenibles, con avanzados procesamientos y alto valor agregado.

El bambú viene a establecer una renovada agenda de uso para nuevos materiales, planeando su dinamismo en "atrevidas hipótesis" desde la termodinámica, o su eficiente servicio demostrado en la captura de CO₂, la ecología y la depuración de aguas residuales, enriqueciendo y mejorando ostensiblemente la estructura morfológica del suelo, gracias a la elevada actividad microbiana de sus rizomas, capaces de

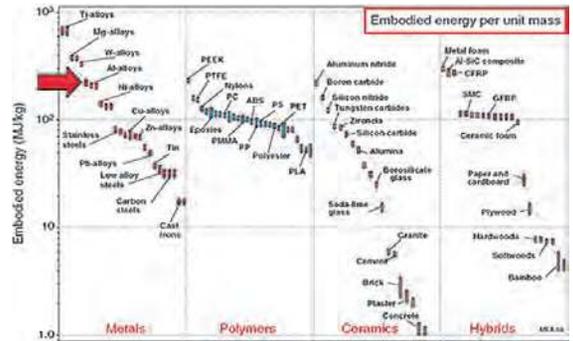


Figura 10

Energía embebida por unidad de masa en cuatro clasificaciones de materiales

Fuente: Asbhy, 2014

descomponer sustancias nocivas de aguas residuales, así como sus comprobados beneficios en materia energética en el rubro de la construcción, estando en camino de satisfacer en diversos rubros la creciente demanda de materias primas, con una diversidad de innovadores productos. Bajo esta visión, el Proyecto BOLBAMBU ha orientado su accionar al uso del bambú del Género *Guadua* como un recurso natural abundante y apto para el saneamiento ambiental, incorporándolo en la construcción sustentable como importante insumo estructural.

Por otra parte, y con el fin de estimular el aprovechamiento del bambú en función de sus más importantes bio-valores, BOLBAMBU comienza hoy a definir una posible cadena productiva en laminados y aglomerados industrializados, en el ecosistema físico del Municipio de Morochata, caracterizado por ser cabecera de un bosque sub tropical húmedo, en un territorio que presenta un proceso especial y "coevolutivo", donde se espera que extensas plantaciones de *Guadua*, permitan revalorizar sus servicios ecosistémicos y sistemas de gobernanza. Con este fin, se desarrolla a diseño final la construcción de la base teórico-conceptual para los denominados "Proyectos Inducidos", definidos en la Convocatoria de la Dirección de Investigación Científica y Tecnológica, DICyT-UMSS. La teoría y praxis del proyecto mostrará el potencial del bambú como recurso forestal, estableciendo lineamientos sobre principios y valores desde la Ética Medioambiental con su manufactura desde el diseño industrial, impulsando su transformación como materia prima local, sustituyendo las importaciones, evitando la presión hacia las maderas tropicales y profundizando el Modelo de Desarrollo Económico Social-Comunitario, reorganizando la forma de producir, gestionar y consumir los recursos naturales para posicionar desde la Ley de la Madre Tierra y el "Vivir Bien", una nueva agenda tecnológica, en la apuesta por reparar el axioma clave entre biósfera y tecnología.

Como vimos, el bambú fácilmente nos introduce en la fascinación; sin embargo, esta seducción no deja de ser todavía algo lejana en un contexto como el nuestro, donde todavía no existe una cultura de uso para este recurso como sucede en Colombia, Ecuador y gran parte del Asia. Si bien contamos con sólidos hechos y evidencias de la "alta tecnología verde" que promociona el bambú -demostrada hasta en laboratorio-, no actuará por sí sola propiciando el cambio, sin antes haber entendiendo sus mensajes con sentido y razón. En la búsqueda del bien común desde la sostenibilidad, el aprendizaje hoy debe regirse por nuevas leyes, aquellas establecidas por la propia naturaleza.

Referencias



Asbhy M.F. (2014) *Materials and the environment*. Elsevier Science. ISBN 978-0-12-385971-6

Asamblea Legislativa Plurinacional (ALP), (2010) *Ley de Derechos de la Madre Tierra*. Disponible en URL: <https://bolivia.infoleyes.com/norma/2689/ley-de-derechos-de-la-madre-tierra-071>

Constitución Política del Estado Plurinacional de Bolivia (2008) Disponible en URL: <http://www.sepdavi.gob.bo/cs/doc/159Bolivia%20Constitucion.pdf>

Costanza R. (s/año) "Sostenibilidad ambiental y complejidad social: ¿Dos caras de la misma moneda?". Disponible en URL: <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099/3886/Sostenibilidad%20ambiental%20y%20complejidad%20social.pdf?sequence=1>

Fangyuan B. (2020) *Bambú: un recurso vegetal sin explotar para la fitorremediación de suelos contaminados con metales pesados*. ELSEVIER, Disponible en URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0045653519329911>

Giraldo C. y Sabogal H. (s.d.) *Bambú Guadua*. Centro Nacional para el Estudio del Bambú *Guadua*, CNEBG. Corporación Regional del Quindío. CRQ.

Grupo Intergubernamental de expertos sobre el cambio climático (IPCC, 2020). *El cambio climático y la Tierra* (Resumen para responsables de políticas. ISBN 978-92-9169-354-2. OMM-PNUMA. Disponible en URL: https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg3/downloads/report/IPCC_AR6_WGIII_SPM.pdf

Gaceta Oficial de Bolivia, 1992. *Ley del Medio Ambiente*. Disponible en URL: http://www.mmaya.gob.bo/uploads/documentos/ley_1333.pdf

Ghavami K. (s/año). Pontificia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Department of Civil Engineering. Disponible en URL: <https://www.researchgate.net/profile/Khosrow-Ghavami>

Liese W. (2015) *Bamboo the plant and its uses*. Springer.

Lovelock J.E. (1985) *Gaia, una nueva visión de la vida sobre la Tierra*. Oxford University Press. Herman Blume Ediciones. ISBN: 84-7634-252-7

Ministerio de Medio Ambiente y Agua, MMAyA, 2015. *Plan Sectorial de Desarrollo de Saneamiento Básico*. Disponible en URL: <http://bibliotecadelagua.sirh.gob.bo/docs/pdf/199.pdf>

Ministerio de Medio Ambiente y Agua, MMAyA (s/año). Disponible en URL: <http://www.mmaya.gob.bo/>

Ministerio de Medio Ambiente y Agua, MMAyA, 2017. *Rendición Pública de Cuentas Audiencia Parcial 2017*. Disponible en URL: <https://www.mmaya.gob.bo/>

Ministerio de Medio Ambiente y Agua, MMAyA, 2014. *Plan Maestro Metropolitano de Agua y Saneamiento de Cochabamba*. Disponible en URL: <http://bibliotecadelagua.sirh.gob.bo/docs/pdf/212.pdf>

MOSO Bamboo: https://blog.moso-bamboo.com/es/cu%C3%A1nto-co2-se-almacena-en-el-bambu?lang_selected=true

Reque J.L. (2011) *A propósito del cambio climático y el CO2: una hipótesis para el Bambú Guadua desde la termodinámica y fundamentada en la percepción cognoscitiva y Gaia*, 2011. Programa de Doctorado en Energía y Desarrollo, UMSS-USP, Cochabamba, Bolivia (Trabajo inédito).

Reglamento a la Ley Constitucional de la República, Reglamento al Marco Institucional. Disponible en URL: <https://www.lexivox.org/norms/BO-DS-28817.xhtml>

s.d. *Leyes de la termodinámica*. Disponible en URL: <https://es.scribd.com/document/559203052/Leyes-de-la-termodinamica>

Tropical and Subtropical Agroecosystems (TSA), 2011. *Fitorremediación: Una alternativa para eliminar la contaminación*. Disponible en URL: <https://www.scielo.org.mx/pdf/tsa/v14n2/v14n2a2.pdf>

Van der Lugt P., 2017. *Booming Bamboo. The (re)Discovery of a sustainable material with endless possibilities*. Publisher: Materia Exhibitions B.V. Naarden, The Netherlands.

Zhu Xin-Guang, Stephen P. Long and Donald R. Ort. "What is the maximum efficiency with which photosynthesis can convert solar energy into biomass?", 2007. ELSEVIER, 2007. Disponible en URL: <http://naldc.nal.usda.gov/download/36097/PDF>



Análisis multicriterio, una herramienta de determinación de la sustentabilidad ambiental en proyectos hidroeléctricos

Luz Lucy **Fernández Ríos**

Universidad Mayor de San Simón • Cochabamba • **Bolivia**
luz.fernandez@umss.edu

Resumen

La aplicación de métodos de Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) previstos por ley, no definen procedimientos para su evaluación, requiriendo la determinación de técnicas de análisis que sustituyan y mejoren el uso de los métodos clásicos e interpreten escenarios complejos como parte de decisiones adelantadas en cuanto a la pertinencia de ejecución de proyectos Hidroeléctricos en el marco de la sustentabilidad ambiental. Para atender esta falencia, se propone implementar el Análisis Multicriterio (AMC) a través del método NAIADE, que involucra e integra múltiples perspectivas que modelan el comportamiento del medio intervenido, priorizando la preservación del ecosistema como una estructura equilibrada de factores ambientales analizados de manera particular, en relación a las alternativas y/o escenarios posibles. Se toma como estudio de caso el proyecto hidroeléctrico Ivirizu (PHI), que aporta al modelo con información cuantitativa jerarquizada para los factores ambientales del proyecto, que provienen del paquete EABACO y representan los criterios técnicos a evaluar para su contrastación con grupos de actores vinculados y escenarios propuestos para la ampliación del proyecto. Producto de la modelación de escenarios se presenta un ordenamiento ambiental que determina que el uso de métodos de AMC responde con mayor precisión a la dimensión ambiental, conforme a sus características técnicas-ecosistémicas.

Palabras clave: *Evaluación de impacto ambiental, sustentabilidad ambiental, análisis multicriterio, ordenamiento ambiental*

Abstract

The application of EIA Environmental Impact Assessment methods provided for by law, do not define procedures for their assessment, requiring the determination of analysis techniques that replace and improve the use of classic methods and interpret complex scenarios as part of advance decisions regarding the relevance of executing hydroelectric projects within the background of environmental sustainability. To address this shortcoming, it is proposed to implement the Multicriteria Analysis AMC through the NAIADE method, which involves and integrates multiple perspectives that model the behavior of the intervened environment, prioritizing the preservation of the ecosystem as a balanced structure of environmental factors analyzed in a particular way, in relation to the alternatives and/or possible scenarios. The Ivirizu hydroelectric project is taken as a case study, which contributes to the model with hierarchical quantitative information for the environmental factors of the project, which come from the EABACO package and represent the technical criteria to be evaluated for their contrast with groups of linked actors and scenarios proposed for the expansion of the project. As a result of the modeling of scenarios, an environmental order is presented that determines that the use of AMC methods responds with greater precision to the environmental dimension, according to its technical - ecosystem characteristics.

Keywords: *Environmental impact assessment, environmental sustainability, multicriteria analysis, environmental planning*

Introducción

El potencial hídrico de Bolivia se presenta como una opción priorizada para la generación de energía hidroeléctrica, considerada como energía renovable, motivo por el cual la cartera de proyectos hidroeléctricos identificados por el Estado plurinacional viene implementando de manera prioritaria. Situación que se presenta como una oportunidad para el desarrollo de estudios de investigación que analicen experiencias concretas sobre su implementación y la relación con el ecosistema intervenido, ya que debido a la variabilidad de los factores ambientales y su relación con el entorno, es necesario identificar y jerarquizar los impactos socioambientales para su interpretación en los Estudios de Evaluación de Impacto ambiental (EEIA), a partir del uso de herramientas de análisis multicriterio que contribuyan a una acertada toma de decisiones en cuanto a su implementación, en el marco de los postulados del desarrollo energético sostenible (Albarracín, 2019) y que garanticen su viabilidad socio ambiental.

El estudio toma como unidad de análisis un proyecto hidroeléctrico de embalse - Proyecto Hidroeléctrico Ivirizu (PHI), situado sobre el Parque Nacional Carrasco (PNC) y que actualmente se encuentra en etapa de ejecución, con un avance del 57%. Asimismo, la información correspondiente a los impactos socio ambientales fue procesada y evaluada en términos de sustentabilidad socioambiental por el Software EABACO, producto de la cual se realiza una jerarquización de estos impactos con base a resultados de la calidad ambiental obtenida.

Para determinar el carácter de sustentabilidad del proyecto hidroeléctrico, el estudio propone la implementación del Análisis Multicriterio (AMC) como una herramienta flexible capaz de procesar información cuali-cuantitativa y a la vez seguir un proceso evaluativo lógico, transparente y explícito, ya que esta herramienta considera distintas escalas de valores, sin buscar maximizar los criterios, sino identificando soluciones compromiso, manejando grandes cantidades de información y por sobre todo realizando un proceso evaluativo transparente y sobre una base racional.

El estudio aplica el método de AMC, denominado Novel Approach to Imprecise Assessment and Decisión Environments (NAIADE), que evalúa alternativas de acuerdo a criterios, tomando en cuenta preferencias de distinta intensidad, evitando así que se seleccionen alternativas por diferencias pequeñas en su calificación. El método NAIADÉ, permite el uso de datos cualitativos, cuantitativos difusos, determinísticos y estocásticos, para que con base a una identificación de variables del entorno - factores ambientales del proyecto y los escenarios propuestos, se tenga un modelo de valoración ex ante y ex post, ante una posible ampliación del proyecto.

La presente investigación de acuerdo con sus características se enmarca en el paradigma socio-crítico, el cual combina información de tipo cuantitativo y cualitativo. El método utilizado en la investigación será el hipotético deductivo y de síntesis por que se parte de situaciones generales explicadas y se aplica en forma concreta al proyecto de la Hidroeléctrica de Ivirizu. El diseño de la investigación en un principio se torna explorativo y descriptivo, ya que se consideran diversas variables explicativas del entorno para comprobar y determinar los impactos socio ambientales que estas generan a nivel de los distintos factores ambientales y en su relación con su entorno, se aplica en forma concreta a la información contenida en el Estudio de Evaluación de Impacto a Ambiental (EEIA) del Proyecto Hidroeléctrico de Ivirizu, buscando aportar así con conocimiento científico y académico al Desarrollo Sostenible. Asimismo, responde a la necesidad actual de determinar el impacto real ocasionado por esta forma de generación de energía en respuesta a la hipótesis de que la construcción de represas de embalse en zonas de montaña es una solución ambientalmente óptima y por lo que es posible considerar a los proyectos hidroeléctricos como una energía alternativa renovable para el abastecimiento de la población en el marco del Desarrollo energético Sostenible, situación que corresponde a una investigación determinística.

Desarrollo y argumentación

En el contexto actual, es necesario ligar el concepto de desarrollo sostenible al de energía y principalmente articularlo con el de planificación energética sostenible debido a que, en la última década, el Desarrollo Energético es vital para el progreso de los países. Por lo tanto, esta relación se halla conceptualizada como una transición energética que difiere de las anteriores transiciones, ya que ahora se exige que la misma sea "justa" y "sostenible", motivo por el cual se cuenta con guías metodológicas las cuales relacionan aspectos sociales, económicos, políticos y medioambientales que ayudan a estimar el desempeño energético, utilizando indicadores (Albarracín, L.R., 2019).

En la Cumbre de Johannesburgo del año 2002 se alude explícitamente a la energía, planteando que, para lograr un futuro sostenible, es necesario atacar varios frentes como la pobreza, el agua, el saneamiento, la agricultura, la desertificación y la energía.

Como referencia conceptual del término "Desarrollo sostenible", Gudynas (2011), expresa que "A partir de la conceptualización ofrecida por el informe Brundtland, el concepto de desarrollo sostenible siguió expandiéndose, hasta que en el día de hoy es una categoría polisémica que emplea el mismo rótulo para albergar distintos significados, y sus aplicaciones prácticas son también diversas. Por esa razón, algunos estudios señalan que "la definición del informe Brundtland conlleva contradicciones en sus propios términos" (Desarrollo y sustentabilidad ambiental: Diversidad de posturas, tensiones persistentes, Universidad de granada, P. 74).

Por tanto, es posible ligar el desarrollo energético con el desarrollo sostenible, dentro de un marco de análisis y evaluación que haga operativo el concepto de sustentabilidad y energía como un instrumento de planificación energética sostenible.

Asimismo, según Albarracín, L. R. (2019), el desarrollo energético sostenible es un medio para la lucha contra el cambio climático, motivo por el cual el desarrollo energético, para ser sostenible, requiere conciliar las necesidades energéticas del crecimiento económico, el desarrollo social y los límites medioambientales para las generaciones presentes y futuras, concluyendo que, la lucha contra el cambio climático y el desarrollo de la política energética sostenible en América Latina y el Caribe son enfoques complementarios.

Producto de estos lineamientos, el concepto de sustentabilidad ambiental se relaciona con el desarrollo energético sostenible a través de la formulación de políticas energéticas que casi todos los países de América Latina y el Caribe (ALC) aplicaron a través de su legislación ambiental, las cuales determinan los procedimientos de Evaluación de Impacto Ambiental como un instrumento técnico jurídico que contribuye al Desarrollo Sostenible en sus territorios, sin considerar criterios políticos, toda vez que estos definen la ejecución de los proyectos. En torno a ello, Altomonte (2017) señala que este escenario obedeció más a razones ambientales que a una concepción integral del desarrollo sostenible, sin considerar criterios políticos y legales, que según el autor, en ambos casos estos trascienden en la toma de decisiones políticas del sector energético y en sus actividades guiadas por la legislación imperante.

Según el documento de Análisis preliminar de proyectos hidroeléctricos en Bolivia, sus impactos ambientales y la complementariedad de la WWF¹ Bolivia (2020), la Empresa Nacional de Electricidad (ENDE) tiene una cartera de proyectos hidroeléctricos profusa, de los cuales algunos de estos han generado polémica por los impactos ambientales que podrían generar, sobre todo por su ubicación o cercanía con áreas protegidas. Siendo necesario desarrollar la hidroenergía, pero de una manera tal que el impacto socio ambiental sea el menor posible.

Asimismo, es crucial la utilización de herramientas estandarizadas para la toma de decisiones, motivo por el cual este estudio tiene el objetivo de aplicar un AMC para determinar la sustentabilidad ambiental del proyecto estudio de caso y que se aplica con base a información registrada en el EEIA del Proyecto Hidroeléctrico Ivirizu (PHI) que es parte de la cartera de proyectos antes mencionados.

La implementación del PHI se justifica por su importancia en la contribución al incremento de la oferta energética que permita atender la demanda creciente, ya que, de acuerdo a la planificación existente, la demanda incremental de potencia 2013 - 2025 deberá crecer en 2.114 MW, de donde se infiere que la demanda eléctrica se incrementará anualmente en 176 MW. El proyecto Ivirizu aportará en la reducción de esta demanda con 290,20 MW. Para este cometido en fecha 19 de julio de 2016 se promulgó la Ley N° 819 que declara de interés y prioridad nacional la ejecución del PHI en todas sus etapas.

El AMC se desarrolla a través del método NAIADe, como un método de evaluación cuali-cuantitativo, que parte de información validada como parte del estudio a través del uso de software especializado - EABACO, mismo que con base a las características biofísicas y sociales del entorno del proyecto, evalúa la sostenibilidad ambiental del medio intervenido y que en el marco del estudio se desarrollan bajo las siguientes premisas:

- Los impactos socio ambientales se constituyen en la información base a analizar, mismos que están representados por los factores ambientales susceptibles a degradar sobre información generada por medio de la implementación del método matricial cualitativo de EIA Vicente Conesa de acuerdo a Guía metodológica para evaluación de Impactos Ambientales, (Conesa, V. 2011), mejorado y aplicado al PHI.
- La información sobre la calidad de los impactos socio ambientales se obtiene de los resultados del Software EABACO (www.eabaco.org/), herramienta que aplica de forma eficiente el método de Battelle-Columbus y evalúa los impactos socio ambientes generados por el proyecto, con el objetivo de determinar su viabilidad ambiental global en el área de influencia directa (AID) del proyecto estudio de caso al interior del PNC.
- Se consideran los factores que componen el medio biótico del ecosistema para el AID del PHI y que está compuesta por i) Área de embalse, ii) vías y caminos de acceso y iii) Líneas de Transmisión y que se emplea en la Plataforma de Jerarquía de Mitigación del SERNAP.
- Para el componente social se parte de la consulta pública inserta en el EEIA del PHI, como información base y posteriormente se desarrolla un mapeo de actores para determinar las relaciones sociales e institucionales. Además de realizar un esquema que visualice el poder territorial de los actores, aspectos que serán evaluados por el AMC.

El proceso de evaluación que sigue el estudio, se inicia con el registro de datos de información requerida para la determinación de los criterios que componen el análisis del método NAIADe, por medio del desarrollo de funciones de transformación para su valoración cuantitativa por el paquete computacional de Evaluación Ambiental por el método Battelle-Columbus (<http://www.eabaco.org/>); seguidamente se registran las alternativas de evaluación, luego se especifican los Grupos de interés y generan como resultado las matrices de impacto, de equidad y de comparación por pares, información que deberá interpretarse, conforme a procedimiento establecido en la Figura 01.

Validación de Información EEIA - PHI - EABACO

Para la validación de la información cuantitativa, se aplica el método Battelle-Columbus (1972), que permite el desarrollo de Funciones de Transformación (FT) cuyo cálculo se realiza acorde a la legislación boliviana, por medio de criterios técnicos apropiados a estos parámetros y de resultados obtenidos de la Plataforma de Jerarquía de Mitigación GIS WEB (2019), para aspectos de Biodiversidad.

Posteriormente se emplea el software EABACO, herramienta que aplica de forma eficiente el método de Battelle-Columbus y que evalúa los impactos socio ambientes generados por el proyecto, determinando su viabilidad ambiental global, cuya interpretación en el marco de la sustentabilidad ambiental, se considera información veraz y confiable, que representa una condición real de interacción entre la naturaleza y la sociedad, con especial énfasis en los aspectos espaciales (locales) y en la inclusión de perspectivas a corto y largo plazo, que se constituyen en evidencias de producto para aspectos de evaluación de la sustentabilidad ambiental, del proyecto estudio de caso.

Con base a datos del programa EABACO, para factores ambientales del medio biótico/abiótico jerarquizados como relevantes, en la Tabla 01 se registra la valoración de calidad ambiental neta para cada factor evaluado.

Determinación y registro de criterios

Los criterios que se registran en el Software NAIIDE se presentan en la tabla 02. La valoración se registra en programa NAIIDE, según captura de pantalla demostrativa presentada en la Figura 02.

Determinación y registro de alternativas

Se propone la determinación y registro de alternativas, según la necesidad de ampliar el PHI en respuesta a la diversificación de la matriz energética refrendada en cartera de proyectos de la empresa ENDE, en sentido de garantizar la necesidad de complementariedad energética con otras fuentes renovables. Registro que se realiza en el software NAIIDE de acuerdo a lo mostrado en la Figura 03:

- A. PHI - EABACO - Enfoque cuantitativo
- B. Ampliación del PHI - Cuencas aledañas.
- C. Ampliación del PHI, Aguas abajo.

Determinación y registro de grupos de interés

Se desarrolla con base al mapeo de actores como herramienta destinada a relevar las relaciones sociales e institucionales que existen en un territorio determinado entre los diferentes actores sociales que conviven en él.

Inicialmente se realizó un listado de instituciones, asociaciones y organizaciones sociales que tienen relación con el desarrollo de la comunidad.

Figura 01

Proceso de evaluación multicriterio - Método NAIIDE



Fuente: Elaboración propia, agosto 2022

Tabla 01

Valores de calidad ambiental

FACTORES AMBIENTALES		CA-NETA	I
FLORA	Eliminación de especies arbóreas	-36.5	
	Pérdida de cobertura vegetal	-52.41	-143.26
	Perturbación de especies particulares (Flora)	-36.35	
	Fragmentación de comunidades vegetales	-38	
FAUNA	Herpeto-fauna	-29.8	
	Masto-fauna	-24.65	
	Perturbación de especies particulares (Fauna)	-19.84	-29.8
	Avifauna	-24.66	
	Mortandad de fauna	-12.8	
PAISAJE	Fragmentación de hábitats	-20	
	Intrusión visual	-26.5	-26.5
	Pérdida de elementos característicos del paisaje	-57.33	
AGUA	Variación del caudal	-35.22	-33.22
ECOLOGÍA	Afectación a ecosistemas	-52.28	-32.28
SUELOS	Erosión	-23	-23
	PERTURBACION SOCIO CULTURAL	Cambios de uso de suelo	Cualitativo
	Perturbación a la salud y seguridad pública	Cualitativo	
	Perturbación Gobierno y comunidades locales	Cualitativo	
	Redistribución de la población	Cualitativo	

Fuente: Elaboración propia con base a programa EABACO, julio, 2022

Tabla 02

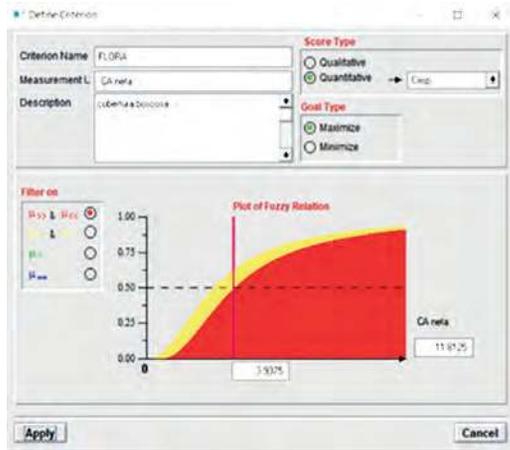
Descripción de criterios a evaluar mediante el AMC

No.	CRITERIO	DESCRIPCIÓN	COMPONENTE DEL MEDIO
A	FLORA	Determinado por índices y/o indicadores de: Eliminación de especies arbóreas, Pérdida de cobertura vegetal, Perturbación de especies particulares (Flora) y Fragmentación de comunidades vegetales	Biodiversidad
B	FAUNA	Determinado por índices y/o indicadores de: Herpetofauna, Mastofauna, Perturbación de especies particulares (Fauna), Avifauna, Mortandad de fauna y Fragmentación de hábitats	Biodiversidad
C	ECOLOGÍA Y PAISAJE	Afectación a ecosistemas e intrusión visual.	Biodiversidad/Abiótico
H	AGUA	Referida a las variaciones del caudal, con base a valores del caudal ecológico de la cuenca.	Abiótico
T	SUELOS	Erosión	Abiótico
F	PERTURBACION SOCIO CULTURAL	Cambio de uso de suelo- Gobierno - Comunidades y de seguridad	Socio económico

Fuente: Elaboración propia con base a programa EABACO, julio, 2022

Figura 02

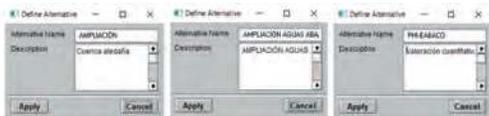
Registro de criterios NIAIDE



Fuente: Programa NIAIDE, agosto 2022.

Figura 03

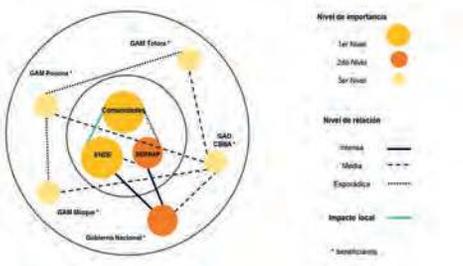
Registro de alternativas NIAIDE



Fuente: Programa NIAIDE, agosto 2022.

Figura 04

Mapeo de actores sociales - PHI



Fuente: Elaboración propia, julio, 2022

Luego se organiza los actores en relación al nivel de intervención en la dinámica local (interna/externo), después se procede a la jerarquización y organización respecto a cuáles son los actores “más importantes” o influyentes. Por último, se establecerá el relacionamiento entre actores y el nivel de impacto en las condiciones de vida de la población local, tal como propone Loza (2015).

Para el análisis mediante el método NIAIDE, se consideran los siguientes grupos de interés:

- A. SERNAP – GOB Nacional – GAM: Representado por el Servicio Nacional de Áreas Protegidas e instituciones gubernamentales.
- B. ENDE: Empresa Nacional de Electricidad de Bolivia, como promotora del proyecto.
- C. COMUNIDADES Afectadas por la implementación del proyecto.
- D. BENEFICIARIOS: Población civil interesada en contar con el servicio de energía eléctrica.

El mapeo de actores desarrollado para el estudio se presenta en la Figura 04. De acuerdo a los resultados del mapeo, se resalta lo siguiente:

- En relación a los cuatro grupos de interés, se aprecia una variedad de actores con distintos niveles de relación o involucramiento.
- Por una parte, las comunidades afectadas y la Empresa Nacional de Electricidad (ENDE) son los actores más importantes o influyentes en la escala local, por el control territorial y modificación de paisaje que ejercen.
- Según un reporte de 2016 de la Oficina de las Naciones Unidas contra la Droga y el Delito (UNODC), varios habitantes de Yungas de Vandiola han invadido 642 hectáreas con plantaciones de coca en la línea roja o zona de conservación estricta del parque nacional.
- La producción de energía tendrá un costo muy alto para la biodiversidad del lugar, siendo que se trata de un ecosistema frágil con alta presencia de flora y fauna, donde muchas especies son territoriales, y que al reubicarse morirían al ser reintroducidas en otra zona. Si bien, ENDE insiste en que los planes de mitigación reducirán “al mínimo” el impacto a la biodiversidad, varios especialistas consideran poco creíble que puedan trasladar la fauna, tomando en cuenta las dificultades técnicas para atraparlas, los altos costos y las limitaciones ecológicas.
- El gobierno nacional y SERNAP, mantienen un vínculo intenso entorno a la proclamación del vivir bien, sin embargo, en los hechos tienen un accionar permisible que pone en riesgo el patrimonio natural y cultural. Con la implementación de la hidroeléctrica Ivirizu se despejarán 500 hectáreas de bosque dentro del área protegida (Parque Nacional Carrasco).

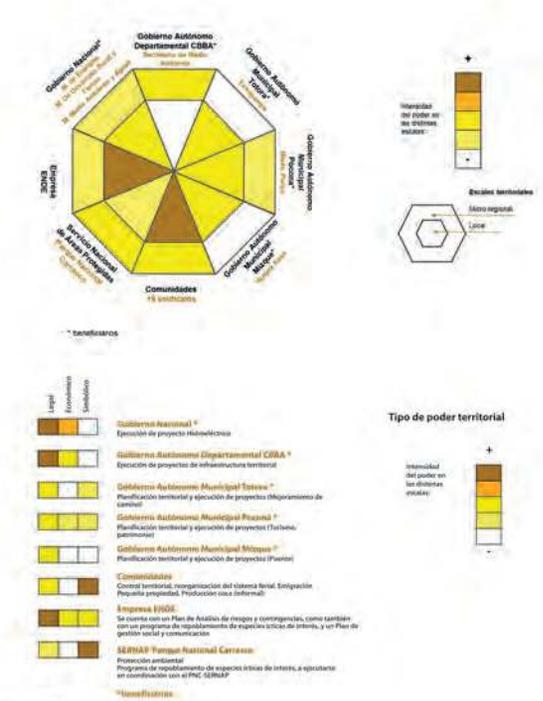
Figura 05

Conformación de poderes Territoriales - PHI

- En cuanto a los beneficiarios, estos mantienen relaciones medias y esporádicas, ello porque es exigua la gestión e intervención territorial en los últimos años por la reducción de presupuestos municipales y departamentales.

En cuanto a "Poderes territoriales" de los actores sociales de la Hidroeléctrica de Ivirizu, se establece lo siguiente:

- A nivel de la configuración y las dinámicas territoriales resulta claro que la implementación de la represa y las líneas de transmisión, producirán transformaciones importantes en el paisaje y afectación a la biodiversidad.
- A nivel productivo, la economía campesina de las comunidades mantiene un importante dinamismo en la micro-región, ello por los circuitos comerciales feriales de Totorá, Rodeo Chico y Yuthupampa en los valles, como también por la producción de coca en la zona de los yungas.
- Dada las difíciles condiciones de producción, en los últimos años se ha manifestado con más fuerza la emigración de la población rural a las ciudades o al extranjero. Sin embargo, también se ha dado un proceso de repoblamiento mínimo de las tierras de los yungas.
- El aprovechamiento turístico de los recursos patrimoniales en la micro-región se centra en Incallajta y Totorá. Cabe recalcar que se aprecia una visión localista (municipal) que impide pensar en un circuito turístico micro-regional.
- Las escalas de poder territorial de los actores son distintos, pero los más incidentes y de impacto radica en las prácticas territoriales de las comunidades campesinas (parcelación territorial por la pequeña propiedad, la plantación de coca en área protegida) y la implementación de la hidroeléctrica Ivirizu por parte de ENDE, ambos actores determinan la transformación del paisaje. La modificación del cauce hídrico y afectación de la biodiversidad.



Fuente: Elaboración propia, julio, 2022.

En base a lo anterior la conformación de "Poderes Territoriales", se presenta en la Figura 05.

Matriz de Impacto (criterios/alternativas)

Esta matriz valora la evolución de los indicadores de los impactos socio ambientales representados por los factores ambientales como criterios de análisis en relación a la alternativa identificada de emplazar el proyecto de acuerdo a los posibles emplazamientos: i) El PHI, como unidad actualmente ubicada en la cuenca Ivirizu en etapa de ejecución; ii) cuenca aledaña (Cuenca Cristal Mayu) y que se encuentra descrita en el EEIA del PHI; iii) como tercera opción de análisis, se registra una ampliación del PHI aguas abajo sobre la cuenca Ivirizu, como parte de una segunda fase del PHI y que actualmente se vienen realizando estudios técnicos sobre su diseño.

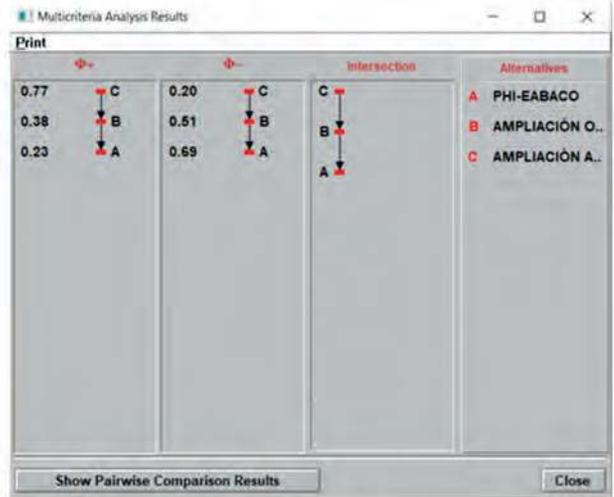
Una vez definido los lugares de emplazamiento, se procesa la información referida a los impactos socio ambientales previamente jerarquizados y que se constituyen en indicadores del análisis multicriterio

Figura 06
Matriz de impacto - NIAIDE

Alternativas	PHI-EABACO	AMPLIACIÓN OTRA CUENCA	AMPLIACIÓN AGUAS ABAJO
FLORA	-143.26	-128	-172
FAUNA	-131.75	-118	-158
PAISAJE	-63.83	-70	-90
AGUA	-33.22	-38	-48
ECOLOGÍA	-32.28	-40	-50
SUELOS	-23	-23	-23
PERTURBACIÓN SOCIO CULTURAL	More or Less B	More or Less Bad	Bad

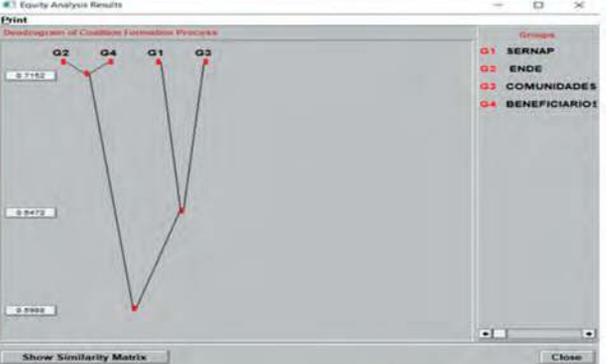
Fuente: Programa NIAIDE, agosto 2022.

Figura 07
Resultados de la Matriz de impacto NIAIDE



Fuente: Programa NIAIDE, agosto 2022.

Figura 08
Dendograma - Resultados de la Matriz de equidad - NIAIDE



Fuente: Programa NIAIDE, agosto 2022.

del programa NIAIDE, valoración cuantitativa que se registra en la matriz de impacto para los factores ambientales de flora, fauna, agua, suelo, paisaje y ecología; y de manera cualitativa para el factor social, tal como registra captura de pantalla presentada en Figura 06.

Una vez introducido los datos en el programa NIAIDE, para los tres emplazamientos, el programa determina que el PHI identificado como PHI -EABACO, es el que presenta un mejor desempeño ambiental en relación a los otros emplazamientos y representa que el grado de afectación al ecosistema intervenido es menor en relación a su ubicación sobre la cuenca aledaña o en la misma cuenca aguas abajo, tal como presenta los resultados de la matriz de impacto en Figura 07.

Concluyendo que, de acuerdo con los indicadores introducidos y bajo los parámetros del modelo, la evaluación dice que en términos de la sustentabilidad del proyecto el emplazar el PHI en la cuenca Ivirizu presentó un mejor desempeño que ubicarla en la cuenca Cristal mayu, pero también determina que emplazarla aguas abajo sobre la cuenca Ivirizu tendrá un desempeño desfavorable ambientalmente, en relación a los dos lugares anteriores.

Desarrollo de matriz de equidad

En la matriz de equidad se incluyen las preferencias de los grupos de interés sobre las alternativas de elección. A partir de esta información se construye una matriz de similitud, que identifica cuán cerca o lejos están las opiniones de los distintos grupos. El resultado, generado a partir de un algoritmo matemático que utiliza las distancias semánticas y que arroja el NIAIDE, es un "dendograma" de coaliciones, que expresa las posibilidades de coalición y/o el nivel de conflicto entre los cuatro los grupos de interés identificados, resultados que se representan en el dendograma en Figura 08.

El Dendograma de coaliciones anterior visualiza, como se estructuran los potenciales intereses comunes entre los grupos propuestos, que según los resultados obtenidos se asocian en dos grupos, el primero compuesto por ENDE como empresa promotora del proyecto hidroeléctrico y los Beneficiarios, como usuarios que tendrán acceso a la energía generada por el PHI; y el segundo grupo está conformado por personeros del SERNAP (como miembro del Gobierno Central y Municipal) y las comunidades asentadas en el AID del proyecto.

Basado en estos elementos se concluye que:

- El primer grupo implica un manejo tácito de la opinión pública en dirección a sobre estimar los beneficios ofertados por el proyecto, en cuanto a acceso equitativo a la energía eléctrica y aporte al cambio de la matriz energética. Esto, sumado a que precisamente son las organizaciones con mayor institucionalización, permiten que se vuelva esta opinión más 'consensuada'. El efecto no calculado de esta visión, consiste en subestimar a los actores que no tienen institucionalización como los comunarios que persiguen otros objetivos y se mueven por otros intereses, los que precisamente se agrupan en el otro segmento de coalición. Se advierte que el SERNAP tiene un rol fundamental en la preservación del Parque Nacional Carrasco - PNC.

- Este análisis refleja que, si bien existen posiciones marcadas de acuerdo a los intereses de los grupos, no existe una posibilidad concreta de la creación de conflictos, debido al poder de opinión pública que otorga la institucionalización del grupo primero. Bajo este panorama el diagnóstico se vuelve aún más grave pues el camino de la sustentabilidad ambiental del proyecto que incluye un trato equitativo de todos los grupos de interés, se ve afectado por dos problemas: a) la ausencia de un tratamiento integral de la sustentabilidad y b) la percepción de la población y de los grupos de interés que no dan señales de enfrentar este problema de una forma responsable.

Desarrollo de matrices de comparación por pares

Consiste en la comparación entre pares y credibilidad que se tiene sobre los gráficos desarrollados con base a los umbrales de preferencia referidos a niveles o grados de cambio que tendrán los criterios que se consideran como relevantes o no. Los porcentajes son asignados en relación a su línea base sobre el medio intervenido.

Sobre los tres emplazamientos definidos para su análisis por el programa NAIADE, se genera un ranking de preferencias de alternativas, esto con el objetivo de demostrar que el AMC es una herramienta que contribuye a una toma de decisiones acertadas, durante la etapa de diseño, ya sea en una primera fase o como parte de una segunda fase, ante una posible ampliación del PHI.

El registro de datos requiere incluir información sobre la intensidad de las preferencias que fueron identificados en la matriz de impacto y que ahora serán procesadas como medidas referidas a niveles o grados de cambios registrados en los factores ambientales como criterios relevantes. Estas medidas de preferencia son los llamados 'umbrales' o "Umbral de preferencia". El método NAIADE, considera seis umbrales para identificar: i) "mucho mejor que"; ii) "mucho peor que"; iii) "mejor que"; iv) "peor que"; v) "aproximadamente igual que a"; vi) "igual a"; de una forma sensible, cuando un cambio en un indicador es muy significativo, algo significativo o indiferente.

Para la evaluación de pares, el estudio propone tres escenarios de análisis:

- Escenario No.1 PHI EABACO - AMPLIACIÓN CUENCA ALEDAÑA.
- Escenario No.2 PHI EABACO - AMPLIACIÓN CUENCA AGUAS ABAJO.
- Escenario No.3 AMPLIACIÓN CUENCA ALEDAÑA - AMPLIACIÓN CUENCA AGUAS ABAJO.

En las Figuras 09, 10 y 11 se observa la comparación de escenarios en pares para cada uno de los criterios evaluados, los que se encuentran graficados en las barras verticales; de esta forma el criterio C1 corresponde al criterio de afectación sobre la flora, hasta el C7 que corresponde al criterio perturbación "socio cultural", análisis que se presenta por escenario a continuación:

- Escenario No.1 PHI EABACO (Ivirizu) vs. AMPLIACIÓN CUENCA ALEDAÑA (Cristal Mayu)

El propósito de realizar esta comparación, es corroborar la decisión tomada en la etapa de diseño del proyecto objeto de estudio, ya que el EEIA analiza dos posibles emplazamientos del proyecto: la primera PHI emplazado en la cuenca Ivirizu; y la segunda en la cuenca aledaña (Cristal Mayu), y que el proyecto a diseño final eligió como mejor opción de emplazamiento la cuenca Ivirizu, argumentando la decisión con base a las características técnicas sobre su emplazamiento (área de embalse menor, menor impacto social y ambiental).

Aquellos criterios que se encuentran en la fila con la etiqueta de "mucho peor que" (<<) y "peor que" (<), significa que tendrían un comportamiento mucho peor, por lo tanto, el proyecto PHI en su primera fase presenta un peor desempeño ambiental sobre los factores ambientales de Flora (C1), Paisaje (C3) y Ecología (C5). Aquellos que se encuentran en la fila de "aproximadamente igual a" (~) o "igual a" (=), significa que no existe un cambio significativo entre la evaluación de ambos factores y que corresponde a los factores Suelo (C6) y Perturbación socio cultural (C7), y por último aquellos que se encuentra con la etiqueta "mejor" (>) y "mucho mejor" (>>) significa que se prevé que los factores Fauna (C2) y Agua (C4) tengan un comportamiento mejor o mucho mejor en el PHI que en otra cuenca aledaña, tal como se muestra en Figura 09.

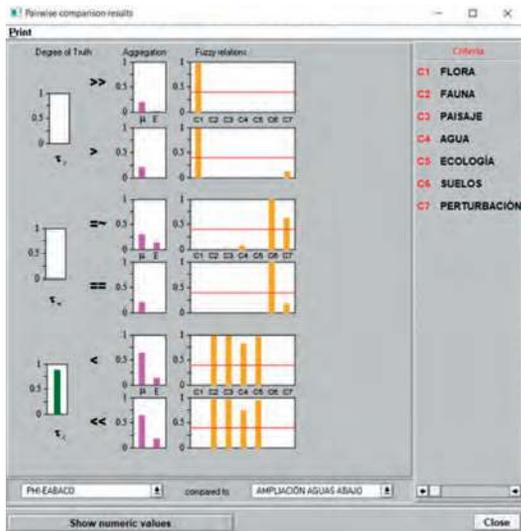
Resultado de este ejercicio académico y evaluando entre ambas posibilidades, el método NAIADe corrobora la decisión tomada en sentido a emplazar el proyecto sobre la cuenca Ivirizu, ya que los resultados confirman un mejor desempeño ambiental para los factores fauna y agua, es decir que se ven afectados en menor proporción, aspecto que pone como prioridad la preservación del recurso agua como un recurso generador de energía y con base a un caudal ecológico definido que contribuye a la sostenibilidad ambiental en el marco del concepto de desarrollo energético sostenible del proyecto implementado sobre la cuenca Ivirizu y que responde a las políticas de Estado. En cambio, para los factores ambientales de Flora, Paisaje y Ecología, estos se ven afectados en mayor proporción que en la cuenca aledaña (Cuenca Cristal Mayu). Por lo que, se confirma que los factores de Biodiversidad se verán severamente afectados y requieren el planteamiento de planes de rescate de flora u otros a ser implementados como parte de las distintas etapas del proyecto.

- Escenario No.2 PHI EABACO vs. AMPLIACIÓN CUENCA AGUAS ABAJO

El segundo escenario analizado, tiene el propósito de determinar el cambio de niveles o grados de cambio en los criterios que se consideran como relevantes o no, para la cuenca Ivirizu durante su ubicación actual y ante una posible implementación de una segunda fase sobre la misma cuenca, cabe hacer notar la importancia que tiene este análisis en relación a la línea base identificada como parte del EEIA y que refleja el estado

Figura 09

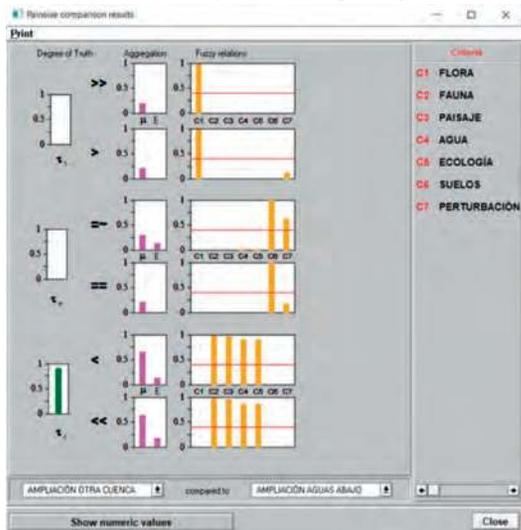
Escenario 1 - PHI EABACO - Ampliación cuenca Aledaña



Fuente: Programa NAIADe, agosto 2022

Figura 10

Escenario 2 - PHI EABACO - Ampliación cuenca aguas abajo



Fuente: Programa NAIADe, agosto 2022

inicial sobre el medio intervenido, ya que una segunda fase consideraría implícitamente los impactos agregados y/o acumulados como efecto de la implementación de las dos fases.

Del gráfico del Escenario No.2, se determina que una ampliación del proyecto aguas abajo, el Factor flora es el que tendría un peor desempeño ambiental que el ocasionado en el PHI, en cambio, los factores ambientales de Fauna, Paisaje, Agua y Ecología tendrían un mejor desempeño ambiental y por lo tanto se verían menos afectados en relación a lo que se ocasionó con la implementación del PHI en una primera fase; sin embargo, es importante resaltar la importancia de la afectación que tiene la biodiversidad, como componente ambiental representativo de las áreas protegidas en el espacio intervenido.

Así mismo, el factor Suelo no presenta un cambio significativo en su evaluación comparativa, pero el factor perturbación socio cultural, presenta una variación significativa entre la valoración "aproximadamente igual" e "igual", ya que este parámetro adquiere mayor representatividad social, que se interpreta como una posible expansión de la frontera agrícola a nivel aguas abajo y que debe analizarse de manera puntual para que esta no represente una condicionante de la sustentabilidad del proyecto en caso de ampliarse aguas abajo.

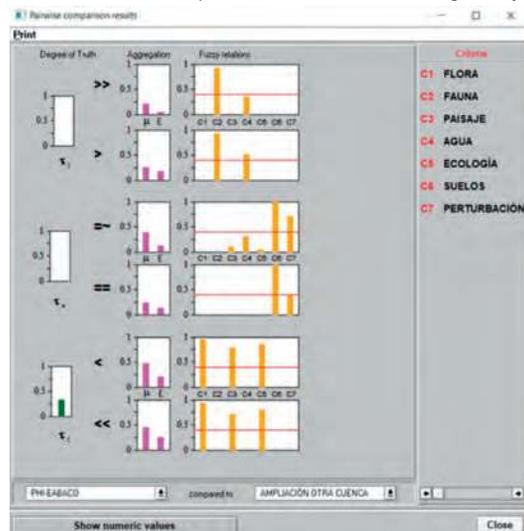
- Escenario No.3 AMPLIACIÓN CUENCA ALEDAÑA vs. AMPLIACIÓN CUENCA AGUAS ABAJO

Este escenario se plantea para cuestionar el desarrollo de una segunda fase del PHI, toda vez que esta opción de ampliación debe considerar el componente de Biodiversidad como componente decisivo y que se sustente sobre una evaluación de la sustentabilidad ambiental del entorno intervenido.

Resultado de la implementación del NIAIDE, el gráfico No.11 presenta un comportamiento similar a los obtenidos en el escenario comparativo No2 (entre el proyecto objeto de estudio de caso y el de aguas abajo), con la diferencia que ahora es necesario condicionar la implementación de una segunda fase con base al factor biodiversidad, puesto que comparativamente se tiene una menor afectación en la cuenca aguas abajo que sobre la cuenca aledaña.

Del gráfico anterior, al igual que en el Escenario 2, los factores de fauna, paisaje, agua y ecología se verán seriamente afectados en caso de desarrollar una ampliación por la cuenca aledaña (Cristal Mayu), por lo tanto, se presentan como condicionantes de la sustentabilidad ambiental del entorno. En cambio, la ampliación por la misma cuenca de la primera fase (Ivirizu) se ve condicionada por el factor flora, motivo por el que el trazado y determinación de la superficie del Área de Influencia Directa es un elemento decisivo a ser evaluado. Los factores Suelo y Perturbación socio cultural no presentan un cambio significativo en su evaluación comparativa. Ahora bien, el factor de perturbación presenta modificaciones en cuanto a su desempeño ambiental e incluso se identifica como negativo ante una implementación aguas abajo, aspecto que debe considerar en un estudio específico.

Escenario 3 - Ampliación: cuenca aledaña - Cuenca aguas abajo



Fuente: Programa NIAIDE, agosto 2022

Conclusiones

De acuerdo a los resultados, la ampliación del proyecto hidroeléctrico en una segunda fase por la misma cuenca aguas abajo es más apropiada en relación a una intervención en una cuenca aledaña, siempre y cuando se realicen estudios específicos sobre el factor flora y de perturbación socio cultural ante

una inminente expansión de la frontera agrícola, para lo cual se deberá definir medidas de mitigación desde la etapa de diseño y factibilidad para su desarrollo durante todas las etapas del proyecto.

Desde una evaluación externa, si bien los resultados del estudio confirman una decisión acertada para la implementación del PHI acorde a las políticas de estado, su ampliación debe cuestionarse, debido a los resultados de alto impacto que refleja el mismo estudio sobre los factores de biodiversidad en los tres espacios analizados. Toda vez que estos se ubican en zona de reserva ambiental (APs) que, pese a la implementación de medidas de mitigación y controles ambientales posibles, como estrategias propuestas en la etapa de diseño del proyecto, estas no representan una factibilidad técnica y económicamente viable, en aspectos específicos como el traslado de fauna y otros relacionados a expansión de la frontera agrícola. Requiriendo una articulación por medio de políticas y recursos legales que permitan una intervención responsable y sustentable en el marco del desarrollo energético sostenible del país.

Por tanto, se concluye que la aplicación de una herramienta multicriterio:

- Contribuye a una determinación de la viabilidad ambiental de los proyectos Hidroeléctricos por medio de una valoración cuantitativa de los impactos socio ambientales para su validación a través del uso de paquetes computacionales, como el software EABACO, plataforma de jerarquización y NAIADE, herramientas que reducen la incertidumbre ocasionada por el uso de métodos convencionales de EIA.
- Al aplicar el método NAIADE como herramienta de EIA de proyectos hidroeléctricos, además de combinar las variables cualitativas y cuantitativas de forma coherente, involucra al factor social cultural como un elemento decisorio a la hora de establecer sustentabilidad ambiental de estos proyectos.
- Presenta un ordenamiento ambiental predicho sobre los distintos factores ambientales analizados, ante la posibilidad de ampliar el PHI y que requieren estudios específicos para garantizar su viabilidad ambiental en el marco del Desarrollo energético sostenible.

Finalmente, el uso de herramientas multicriterio debe contemplarse a la hora de establecer metodologías de evaluación de impacto ambiental en el marco de normativas actualizadas en cuanto a sus procedimientos de implementación, como parte de los estudios de evaluación de impacto ambiental.

Referencias



Albarracín, L. R. (2019). El cambio climático y el desarrollo energético sostenible en América Latina y el Caribe al amparo del Acuerdo de París y de la Agenda 2030. (15), 1.

Altomonte, H. (2017). La evolución del concepto de energía y desarrollo sostenible al de planificación energética sostenible. 1(2), 10-23.

Arboleda J. (2005) Manual de Evaluación de Impacto Ambiental de Proyectos, Obras o Actividades, Medellín. 58-94.

Bitre Y. (2020) Evaluación de Impactos Ambientales para Proyectos de Ingeniería Civil Empleando el Método de Battelle - Columbus y Desarrollo de un Software Metodológico, UMSA, La Paz, 73-133.

Castro M., Meyén G. y Ospina J. (2019) Impactos Ambientales, Sociales y Culturales de Hidroeléctricas, KONRAD ADENAUER STIFTUNG e.V., Plural Editores, La Paz, 15.

Coneza V. (2009) Guía Metodológica para la Evaluación del Impacto Ambiental, 4 Ed, Mundi - Prensa, Madrid, 420-787.

Declève, B. (2000). Trabajo urbano, espacio público y democracia local. *Urbano*, 2(2), 47-49. Recuperado a partir de <https://revistas.ubiobio.cl/index.php/RU/article/view/691>

Garmendia A., Salvador A., Crespo C. y Garmendia L. (2005) Evaluación de impacto ambiental, PEARSON EDUCACIÓN S.A., Madrid, 226 - 279.

Gómez D. (2002) Evaluación de impacto ambiental, 2ed, Mundi - Prensa, Madrid, 521-652.

Gudynas (2011) Ensayo Desarrollo y sustentabilidad ambiental: Diversidad de posturas, tensiones persistentes, Universidad de granada, 2011.

Hartley R. (2010) Aplicación de un análisis de múltiples criterios en gestión hídrica local, *Revista Iberoamericana de Economía Ecológica* Vol. 14: 13-32.

Joint Research Centre - EC, ISPRA SITE (1996) NAIAD E Manual y Tutorial, Italy.5-40.

López O., Fernández R., Magro S., Sopeña A. (2016) La Jerarquía de Mitigación como Buena Práctica en la Gestión Empresarial de la Biodiversidad, *CONAMA*, 27-41.

Loza, A. (2009) Permanencias y transformaciones territoriales: La construcción histórica del territorio en la micro región de los valles interandinos de Cochabamba, Publicaciones PRAHC-UMS, Cochabamba, Bolivia.

Loza, A. (2015) Propuesta metodológica para el Ordenamiento Territorial en áreas con actividad industrial de pequeña escala.

Macoun, P., & Prabhu, R. (1999). Guidelines for applying multi-criteria analysis to the assessment of criteria and indicators (Vol. 9). CIFOR.

Moscoso D., Oleas A. (2006) Economía Ambiental y Economía Ecológica: Aplicaciones en Herramientas Participativas para la toma de Decisiones en el uso del Páramo de las Comunidades Nueva Tondolique e Illagua Grande, Universidad del Azuay Facultad de Ciencia y Tecnología, Azuay, Ecuador, 30-37.

Oficina de las Naciones Unidas contra la Droga y el Delito (2016). Investigación acción, una estrategia, un proceso en marcha. Informe Mundial sobre las Drogas.

Riascos E. (2010) El Análisis multicriterio en la Gestión de la Biodiversidad, Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia, 81-90.

Salas A., Colomo C., Argandoña W. (2020) Memoria institucional del desarrollo de la Jerarquía de Mitigación en el Sector Eléctrico de Bolivia Gestiones 2017,2018,2019 y 2020. Ministerio de Energías - Wildlife Conservation Society, Bolivia, 3-19.

Sturich, M. (2011), Programa integral de rehabilitación áreas históricas Cochabamba, PRAHC - UMSS, Bolivia

Swisscontact Bolivia (2015). Propuesta metodológica para el Ordenamiento Territorial en áreas con actividad industrial de pequeña escala.

Vallejo, M. C. (2013). Seguridad Energética y Diversificación en América Latina: el caso de la hidroenergía. *Retos: Revista de Ciencias de la Administración y Economía*, 3(6), 152-169.

Wildlife Conservation Society (WCS), Conservation Strategy Fund (CSF) y Servicio Nacional de Áreas Protegidas (SERNAP). (2019) Guía técnica para la Aplicación de la Jerarquía de Mitigación en Áreas Protegidas. La Paz, Bolivia, 10-40.

WWF Bolivia, (2020), Análisis preliminar de proyectos hidroeléctricos en Bolivia, sus impactos ambientales y la complementariedad energética.

