

La aplicación de modelos complejos dinámicos como apoyo para el desarrollo de proyectos artísticos con trascendencia ecológica y social

Fuensanta Fernández de Velazco¹

Introducción

La necesidad de entender nuestro entorno nos ha llevado a plantear nuevas estrategias en la solución, el análisis y el estudio de los problemas. Cada día descubrimos la complejidad que implica plantearnos de alguna forma la realidad que percibimos. Especialmente en las ciencias sociales y en el arte, descubrimos que en las acciones de vida están involucrados un sinnúmero de factores, que hacen de cada momento vivido una experiencia compleja.

Las ciencias de la complejidad han abierto nuevas perspectivas para abordar problemas sociales, humanísticos y artísticos, ya que su enfoque, marco conceptual y metodologías novedosas permiten nuevos caminos hacia la identificación, comprensión, prevención y solución de problemas.

1 Docente e investigadora de tiempo completo, directora de la Facultad de Artes de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, fuensanta.fernandez@correo.buap.mx

Hemos realizado algunos proyectos artísticos con trascendencia en lo ecológico y social, donde fue necesario recurrir al marco metodológico de las ciencias de la complejidad para poder promover cambios verdaderamente significativos. Los beneficios que obtuvimos fueron enormes, tanto por la perspectiva que ofrecieron como por el uso de sus herramientas. En este texto haremos una descripción de algunos de los conceptos básicos y las fases o pasos para la realización de un proyecto con el enfoque sistémico como paradigma metodológico. A manera de ejemplo, se expondrán los planteamientos sistémicos y modelos conceptuales de dos proyectos realizados por alumnos de la Maestría en Artes: Inter y Transdisciplinariedad de la Facultad de Artes de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. El primero, llamado Bee Plant, es de corte educativo y procura la preservación del medioambiente y la ecoformación de los niños, a través de las artes plásticas; el segundo, La intervención del arte en la restauración del Bosque de Ocoyucan, Puebla, promueve la preservación de las áreas boscosas y la salud de los ecosistemas de la región, incluye el trabajo participativo y artístico con niños, jóvenes y la gente de esta zona, en busca de un proceso de concientización de la emergencia del cuidado ambiental y el inicio de un proceso de ecoformación.

Como veremos, la integración de las ciencias de la complejidad en proyectos artísticos con trascendencia ecológica y social no sólo enriquece el proceso creativo, sino que también potencia el impacto y la relevancia de los resultados al abordar problemas complejos de manera holística y colaborativa. Esta forma de emprender los problemas complejos proporciona nuevas formas de pensar, lleva a soluciones innovadoras y contribuye de manera significativa a concientizar y solucionar los desafíos más urgentes de nuestro tiempo.

El enfoque sistémico como paradigma metodológico

La teoría general de los sistemas la introdujo Ludwig von Bertalanffy en 1945 como oposición al paradigma analítico-reduccionista de la ciencia clásica. Esta teoría tiene tres aspectos principales que no son separables en cuanto a contenido, pero sí distinguibles en cuanto a su intención:

a) El marco metodológico

Proporciona un conjunto de técnicas y procedimientos interpretativos a diversas ciencias (física, biología, psicología, ciencias sociales) como totalidades complejas, es decir, es aplicable en todos los sistemas. Von Bertalanffy (1968) menciona lo siguiente:

[...] la ciencia clásica procuraba aislar los elementos del universo observado –compuestos químicos, enzimas, células, sensaciones elementales, individuos en libre competencia y tantas cosas más–, con la esperanza de que volviéndolos a juntar, conceptual o experimentalmente, resultaría el sistema o totalidad –célula, mente, sociedad– y sería inteligible. Ahora hemos aprendido que para comprender no se requieren sólo los elementos sino las relaciones entre ellos –digamos, la interacción enzimática en una célula, el juego de muchos procesos mentales conscientes e inconscientes, la estructura y dinámica de los sistemas sociales, etc.– [...] la teoría general de los sistemas es la exploración científica de “todos” y “totalidades” que no hace tanto se consideraban nociones metafísicas que salían de las lindes de la ciencia (pp. XIII-XIV).

b) La tecnología de los sistemas

Von Bertalanffy afirma en su teoría que la tecnología y la sociedad modernas se han vuelto tan complejas que los caminos y medios tradicionales no son ya suficientes y se imponen actitudes de naturaleza holista o de sistemas, y generalista o interdisciplinaria (p. XIV).

c) La filosofía de los sistemas

Crea una reordenación del pensamiento y visión del mundo al introducirse al sistema como paradigma científico (en contraste con el paradigma analítico, mecanicista, unidireccionalmente causal, de la ciencia clásica). El concepto sistema constituye un nuevo paradigma, el cual confronta la visión mecanicista del mundo (de las ciencias clásicas) con una visión nueva: “el mundo como una gran organización” (Von Bertalanffy, 1968, p. XV).

El propósito de la teoría general de sistemas es la elaboración de procesos que permitan alcanzar nuevos resultados en la investigación, dando un soporte adecuado a nuevas explicaciones que no podrían ser obtenidas mediante un enfoque disciplinar. A través de este enfoque, una porción de realidad bajo estudio se conceptualiza como un sistema, en tanto que el resto pasa a ser el entorno o ambiente del sistema. A partir de estas categorías se desarrolla un proceso de interpretación de la realidad en el que porciones de ésta se van estructurando funcionalmente como un modelo explicativo de la misma (Lara-Rosano, 1990, p. 19).

Este sistema complejo, estructurado jerárquicamente, está compuesto por entidades que a su vez están integradas por subsistemas interrelacionados en varios niveles. Cada uno de los subsistemas está también compuesto por subsistemas interconectados de nivel inferior, y éstos por otros de un nivel inferior. Las interrelaciones que se dan en todos los niveles del sistema son no-lineales y dinámicas. Un *sistema* es, por lo tanto, una totalidad compleja con múltiples y diferentes relaciones de retroalimentación entre todos sus elementos (Fernández de Velazco, 2013, p. 39).

Lara-Rosano *et al.* (2021) sostienen que el enfoque sistémico tiene tres características principales:

- a) Holístico: porque considera el problema de una forma global, tomando en cuenta todos los aspectos relevantes.
- b) Transdisciplinario: ya que para poder considerar los aspectos del problema necesita apoyarse en diferentes disciplinas.
- c) Dinámico: puesto que no sólo estudia el origen del problema, sino que propone soluciones con procesos dinámicos, con evaluaciones y adaptaciones continuas, en vez de una solución estática y fija (Fernández de Velazco, 2013, p. 19).

Para la solución de un problema complejo siempre es necesario hacer un planteamiento sistémico por medio del cual podamos entender cómo se relacionan los diferentes integrantes, o partes del sistema, y cómo estas interacciones afectan el comportamiento del sistema en su totalidad.

Planteamiento sistémico

El planteamiento sistémico es una herramienta que nos sirve para entender y gestionar la complejidad en un mundo cada vez más interconectado. Como se mencionó en el apartado anterior, para abordar problemas complejos es importante realizar un planteamiento sistémico, el cual nos ayudará en las siguientes cuestiones:

- a) Identificar problemas de raíz: entender las interconexiones y retroalimentaciones permite identificar las causas fundamentales de los problemas.
- b) Mejorar la toma de decisiones: proporciona una visión más completa y profunda en torno a las consecuencias de las decisiones, promoviendo una mejor planificación y gestión.
- c) Promover la sostenibilidad: comprender cómo las acciones en una parte del sistema pueden afectar otras partes, propicia enfoques más sostenibles y equilibrados.

Antes de pasar al planteamiento sistémico, es necesario conocer algunas de las características de la realidad compleja en donde surge el problema, que necesariamente hay que tomar en cuenta para resolverlo. Entre las características que presenta una realidad compleja, Lara-Rosano *et al.* (2021, pp. 25-29) mencionan las siguientes:

- a) *La realidad es dialéctica y está constituida por la superposición de elementos y procesos contradictorios.* Así es como coexisten, por ejemplo, procesos deterministas con procesos estocásticos o aleatorios.
- b) *Historicidad y dependencia de una realidad de su trayectoria evolutiva.* El estado en que se encuentra la realidad no surge espontáneamente en forma descontextualizada, sino que éste depende de su historia; por lo que el contexto histórico es esencial para su análisis y explicación. Para el análisis de un problema debe contemplarse siempre la naturaleza del proceso histórico que le dio origen.
- c) *Contexto del problema.* La realidad se manifiesta con toda su complejidad en el entorno de la génesis del problema, es decir, un problema no puede aislarse descontextualizándolo del entorno natural y social en el

que surgió, sino que los diferentes aspectos de dicho entorno forman parte inseparable del problema.

- d) *Diversidad, interacción y autoorganización de agentes como elementos activos constitutivos de la realidad.* En una realidad actúan un gran número y diversidad de agentes biológicos, humanos y sociales en diferentes niveles y escalas, éstos interactúan unos con otros en el mismo nivel, pero pueden también interactuar con otros agentes de distinto nivel.
- e) *Aparición de propiedades y fenómenos emergentes.* Las interacciones entre agentes dan como resultado propiedades y fenómenos emergentes que ninguno de sus integrantes aislados tiene.
- f) *Procesos y funciones emergentes por autoorganización y coevolución.* Las interacciones entre agentes dan como resultado, por autoorganización y coevolución, el desempeño de funciones emergentes complejas.
- g) *Presencia de factores teleológicos e intencionales en los agentes.* En la realidad actúan agentes animales, humanos y sociales que tienen motivos intencionales u objetivos que son complejos, dinámicos e incluso pueden ser contradictorios.
- h) *Los procesos en la realidad son no-lineales.* No hay proporcionalidad entre estímulos y respuestas. Pequeñas acciones pueden tener grandes efectos (efecto mariposa). Asimismo, grandes eventos pueden tener resultados mínimos.
- i) *Prioridad de las interrelaciones sobre las partes.* Las propiedades emergentes de una entidad compleja no surgen de sus elementos, sino de las interrelaciones entre sus elementos. No se puede comprender una entidad compleja descomponiéndola en partes, pues, al hacerlo, se destruyen las interrelaciones que dan sentido al todo.
- j) *Dinamismo de las partes y de sus interrelaciones.* Tanto las relaciones entre las partes de una entidad compleja como las relaciones entre éstas y el todo son dinámicas y cambian con el tiempo. La realidad compleja no puede comprenderse en forma sincrónica haciendo un corte en el tiempo, sino en forma diacrónica, estudiando las transiciones entre sus fases.
- k) *Necesidad de un enfoque transdisciplinario.* La realidad se manifiesta en toda su complejidad en la génesis del problema, es necesario tomar en cuenta todos los aspectos que lo afectan relevantemente, por lo que

el proceso de solución de problemas es un proceso complejo donde, generalmente, deben intervenir varias áreas del conocimiento de forma transdisciplinaria.

- l) *Características dinámicas de la realidad.* En los agentes y sus colectivos, así como en sus interrelaciones, puede haber plasticidad, aprendizaje, adaptación y evolución.

Para la construcción de un planteamiento sistémico, necesitamos tener muy claro el problema, es decir, identificar el conflicto que se da entre lo que percibimos en esta realidad, lo real y lo que se desea que exista. A veces, este conflicto o problema no es fácil de determinar, por la misma naturaleza compleja de la realidad, y lo único que percibimos es una situación negativa, aunque no tengamos claro en qué radica.

Por otro lado, la esencia de la realidad debe ser explorada mediante la investigación científica o filosófica, ya que percibimos únicamente fenómenos, tanto de la naturaleza como del entorno, que son sólo sus manifestaciones externas.

Ackoff (1971) señala que un sistema es un conjunto de individuos, llamados integrantes, los cuales cumplen tres condiciones:

- a) Los integrantes están interrelacionados.
- b) El comportamiento de cada integrante afecta el comportamiento del todo.
- c) La forma en que el comportamiento de cada integrante afecta el comportamiento del todo depende de, al menos, uno de los demás integrantes (p. 2).

Lara-Rosano *et al.* (2021) exponen que todo sistema es parte de uno mayor que lo comprende y que se denomina suprasistema, a su vez, comprende como elementos a sistemas menores que constituyen sus subsistemas (p. 34), es decir, existe una jerarquía sistémica. Los sistemas se encuentran dentro de una porción de realidad denominada entorno o ambiente del sistema, al cual pueden afectar (entorno activo) o ser perjudicados por éste (entorno pasivo). El entorno activo del sistema influye sobre éste por medio de las variables de entrada, mientras que el sistema actúa sobre el entorno pasivo mediante las variables de salida del sistema. Por otra parte, los elementos del entorno

no pueden pertenecer simultáneamente al entorno activo y al pasivo (Lara-Rosano *et al.*, 2021, p. 35).

Cada sistema es diferente y sus propiedades dependen del marco del problema. Estas propiedades se desprenden del mismo sistema o dependen del tipo de interrelaciones que se llegan a formar con otros integrantes o con el entorno. A estas propiedades se les denominan variables sistémicas porque presentan valores que varían con el tiempo y caracterizan al sistema. Las propiedades de los sistemas pueden ser resultantes o emergentes. Una propiedad es resultante si presenta cualidades similares a las propiedades de los integrantes del sistema; es emergente si no se muestra en ninguno de los integrantes por separado, sino que deriva de alguna interrelación específica entre integrantes en un contexto específico (Lara-Rosano *et al.*, 2021, pp. 35-36).

Por lo general, realizamos el planteamiento sistémico de la realidad que deseamos tener, esa realidad óptima, con los elementos necesarios y bajo los principios de la investigación realizada, pero, hay ocasiones, en las que también es necesario hacer el planteamiento sistémico de la realidad que queremos cambiar, la real, para confrontarlas una con otra.

Kosik (1967) menciona que una investigación debe iniciar con la construcción de un modelo conceptual. Éste debe realizarse con base en los hallazgos científicos y rompiendo con el conocimiento de sentido común, es decir, tiene que haber una ruptura epistemológica para comprender verdaderamente las relaciones que existen entre sus elementos (p. 43). Para poder explicar ese proceso epistemológico que nos permita realizar una interpretación de la realidad, necesitamos la mediación de uno o varios paradigmas (Kuhn, 1971, p. 35). A partir de éstos podremos construir un modelo conceptual e identificar los problemas concretamente.

Construcción del modelo conceptual

El proceso epistemológico al que se refiere Kuhn (1971) se basa en la construcción de un modelo conceptual que requiere la intervención de paradigmas teóricos o enfoques científicos que servirán de guía para realizarla (p. 86).

Un paradigma es una teoría que vamos a aplicar a la fracción de realidad que nos interesa. Esta fracción de realidad está constituida por un conjunto de conceptos primordiales, o categorías, que se encuentran enlazados por

principios básicos que delimitan relaciones entre ellos y constituyen correspondencias teóricas del paradigma (Bravo, 1980, p. 43).

El modelo conceptual de la realidad, que es producto de una construcción teórica a través del paradigma o los paradigmas elegidos, constituye el objeto de estudio o constructo teórico, por medio del cual ya se pueden definir los problemas específicos (Bravo, 1980, p. 41).

Existen algunos conceptos sistémicos fundamentales para la construcción de un modelo conceptual. El primero de ellos es el concepto de *individuo*: “la unidad de análisis básica que, para efectos del problema a resolver, no se puede dividir sin perder las propiedades características que tiene en el problema” (Lara-Rosano *et al.*, 2021, p. 33). En este sentido, un individuo puede, por ejemplo, ser una célula en un ser humano, una persona en una familia o una colonia en una ciudad. Un individuo presenta una serie de propiedades y cada una de éstas asume un valor de tipo cualitativo o cuantitativo. Así, al conjunto de propiedades que identifican a un individuo, en un momento dado y en un contexto determinado, establecen su estado, y a las propiedades respectivas de ese estado se denominan variables de estado (Lara-Rosano *et al.*, 2021, p. 34).

La elección del número y el tipo de variables sistémicas para la construcción de un modelo conceptual son muy importantes porque de esto depende el éxito de las siguientes etapas, así como su utilidad y confiabilidad.

Por medio de la descripción de la problemática, de los datos estadísticos obtenidos, a través de reportes y de estudios realizados, o mediante un taller participativo con los involucrados en el problema, podemos identificar las variables sistémicas y registrarlas en una base de datos relacional. Las variables sistémicas pueden ser de estado, de entrada y de salida del sistema (Lara-Rosano *et al.*, 2021). Las variables de estado son las que determinan el estado interno del sistema y las que integran la historia del sistema. A las variables de estado también se les denominan *stocks* o variables de nivel, porque si el sistema se detuviera en un instante, éstas mantendrían su valor y mostrarían el estado del sistema en ese momento. “Por ello, las variables de estado constituyen la memoria del sistema, y cuando el sistema es expresable matemáticamente, el número de variables de estado determina el orden del sistema, o sea, el número de ecuaciones que describen el sistema” (Lara-Rosano *et al.*, 2021, p. 36).

Las variables de estado que coloquemos en el modelo deben ser sólo las necesarias y suficientes para realizar una macrodescripción del sistema y de su

comportamiento, además de que respondan a nuestro problema. Para realizar un análisis de la dinámica de un sistema, es necesario observar en el comportamiento de sus variables de estado relevantes.

Una vez que hayamos identificado las variables de estado más importantes para nuestro sistema, se debe hacer una evaluación de los efectos que se tendrían si realizamos una intervención en la dinámica del sistema. Según Lara-Rosano *et al.* (2021), son necesarios tres pasos:

1. Determinar los valores iniciales de las variables de estado relevantes al problema antes de comenzar la intervención.
2. Definir los valores futuros deseables de las variables de estado cuando finalice el proceso de intervención.
3. Medir los valores reales de dichas variables en el momento presente en que se hace la evaluación para valorar los cambios alcanzados con la intervención respecto a los objetivos (p. 37).

Las variables de entrada son estímulos que le llegan al sistema desde su entorno activo o también desde su suprasistema. Estas variables pueden ser insumos, elementos materiales, energéticos o de información, que serán transformados en productos por el sistema. Otro tipo de variables de entrada son las entradas contingentes exógenas, que provienen del entorno en forma aleatoria y actúan sobre el sistema afectando sus variables de estado en alguna forma sin que se pueda intervenir directamente sobre ellas. También están las amenazas y las oportunidades. Las amenazas del entorno son factores provenientes de éste, que pueden dañar al sistema o al menos obstaculizarlo en el logro de sus fines; mientras que las oportunidades del entorno son acciones o propiedades de éste, que pueden favorecer al sistema (Lara-Rosano *et al.*, 2021, pp. 37-38).

Las variables de control, otro ejemplo de variables de entrada, son susceptibles de ser manipuladas directamente, de manera deliberada, con el fin de llevar al sistema a un estado predeterminado. Las salidas o variables de respuesta son aquellas generadas en el sistema, que son proyectadas al entorno como resultado de la interacción entre las variables de entrada y el estado del sistema. La característica fundamental de las variables de salida es que se pueden observar y sirven de base para la evaluación del desempeño del sistema.

Un sistema dinámico es aquel que cambia de comportamiento con el tiempo y al que se le puede aplicar un estímulo o entrada y observar una res-

puesta. Lara-Rosano *et al.* (2021) mencionan lo siguiente en relación con los sistemas dinámicos:

La relación entre las entradas y salidas en un tiempo $t \geq t_0$, donde t_0 es el tiempo inicial, depende del estado del sistema en el tiempo t . El proceso dinámico de un sistema a partir de un tiempo inicial t_0 está constituido por el conjunto de entradas que ha recibido, el conjunto de respuestas que ha dado y el conjunto de estados que ha determinado las relaciones entre entradas y salidas. Por lo tanto, el estado de un sistema contiene toda la información relevante a la dinámica del sistema (p. 40).

El estado del sistema se describe por medio de una o más variables de estado. El número mínimo de variables de estado activas para enfocar un problema dado es la dimensionalidad del sistema para ese problema. Al realizar un análisis de la dinámica del sistema, examinamos la evolución del sistema en el pasado a partir de un tiempo inicial t_0 , con el fin de conocer los determinantes de su evolución temporal, de esa manera podemos estimar sus posibilidades de comportamiento futuro, considerando diversos escenarios de su entorno (Lara-Rosano *et al.*, 2021, p. 40).

Actualmente existen algunas herramientas computacionales que nos ayudan con el proceso de modelado y simulación de sistemas. Estos *softwares* ofrecen diferentes herramientas para el modelado, editan y crean diagramas causales, diagramas de flujo-nivel y utilizan funciones matemáticas. Los más utilizados en el ámbito académico son Vensim, Simile, Powersim, Stella y Evolution.

Para la creación de nuestros modelos conceptuales hemos utilizado Stella, que nos permitió crear simulaciones con las que hemos podido explicar la dinámica del sistema creado, explorado diferentes hipótesis y observado los resultados a lo largo del tiempo de forma inmediata. A manera de ejemplo, se presentan a continuación los planteamientos sistémicos y sus respectivos modelos conceptuales de dos proyectos realizados por alumnos de la Maestría en Artes: Inter y Transdisciplinariedad de la Facultad de Artes de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.

Proyecto Bee Plant

El objetivo de este proyecto educativo interdisciplinario fue crear conciencia en los niños en torno a la importancia de la polinización y del cuidado del medio ambiente, así como promover la ecoformación en ellos. Las artes plásticas pueden jugar un papel fundamental en el proceso de ecoformación de los niños, es decir, en el desarrollo de una conciencia ecológica, profunda y duradera a través de la experiencia.

Para ello fue necesario recurrir al enfoque sistémico como paradigma metodológico e iniciar la propuesta del proyecto mediante la construcción de un planteamiento sistémico y un modelo conceptual.

A continuación, se mencionan las diferentes fases del proyecto:

- a) Se realizó una investigación, para conocer los paradigmas pedagógicos del siglo XXI enfocados en la ecoformación.
- b) Para crear el planteamiento sistémico fue necesario identificar a los integrantes que conforman el sistema denominado “ecoformación desde las artes”.
- c) Se creó un equipo colaborativo para plantear el proyecto Bee Plant conformado por dos artistas plásticos y visuales, un maestro en biología, una maestra en literatura, una arquitecta, un doctor físico-matemático y siete estudiantes de artes de distintas universidades de Puebla.
- d) Con este equipo colaborativo se llevaron a cabo talleres TKJ² para obtener propuestas y estrategias para el proyecto educativo y finalmente crear el modelo conceptual a partir del planteamiento sistémico realizado.
- e) Se capacitó a los docentes, al equipo de investigación del espacio creativo denominado Colorum y a los invitados para poder llevar a cabo las diferentes sesiones con los niños y tomar en cuenta sus propuestas.
- f) Los docentes y los alumnos asistieron a los jardines más importantes de la ciudad para realizar trabajo de campo y adquirir conocimiento de sitio.

2 La técnica Team Tawakita Jiro (TKJ) estimula la colaboración y conciliación de intereses de un grupo, los motiva a involucrarse y crear compromiso para llevar a cabo ciertas acciones para la solución de un problema.

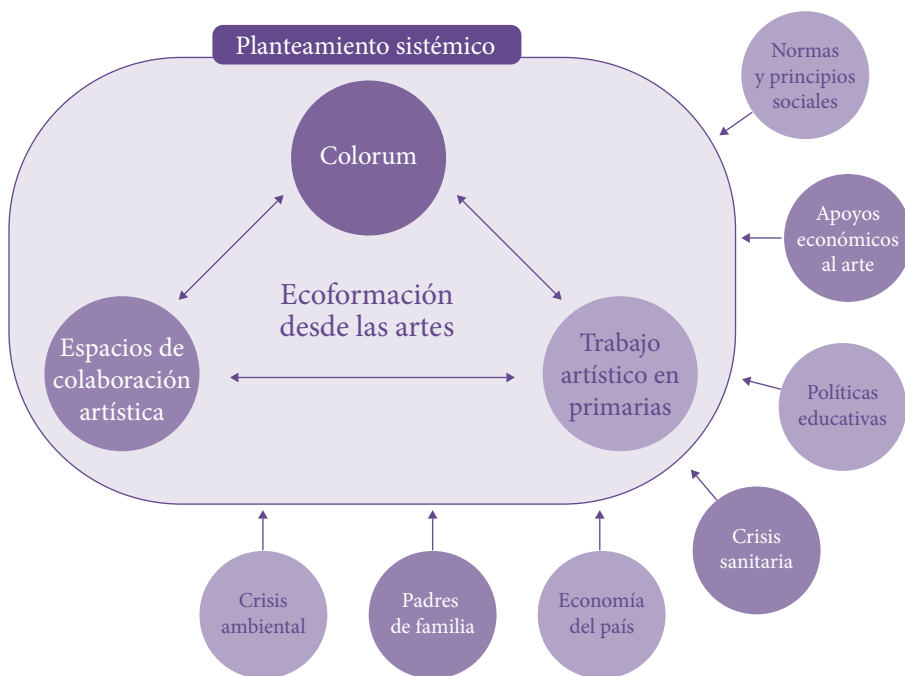
- g) Se llevó a cabo el montaje y la exposición de Bee Plantse, luego se evaluó la experiencia del público.

Planteamiento sistémico del proyecto Bee Plant

Para el proyecto Bee Plant se creó el sistema “ecoformación desde las artes”, compuesto, a su vez, por tres subsistemas: espacios de colaboración artística, Colorum y trabajo artístico en primarias.

Este sistema se encuentra dentro de un entorno en donde hallamos varios elementos que lo afectan positiva o negativamente, como las normas y principios sociales, los apoyos económicos al arte, las políticas educativas, la crisis sanitaria, la economía del país, los padres de familia y la crisis ambiental. En la siguiente figura podemos observar el planteamiento sistémico.

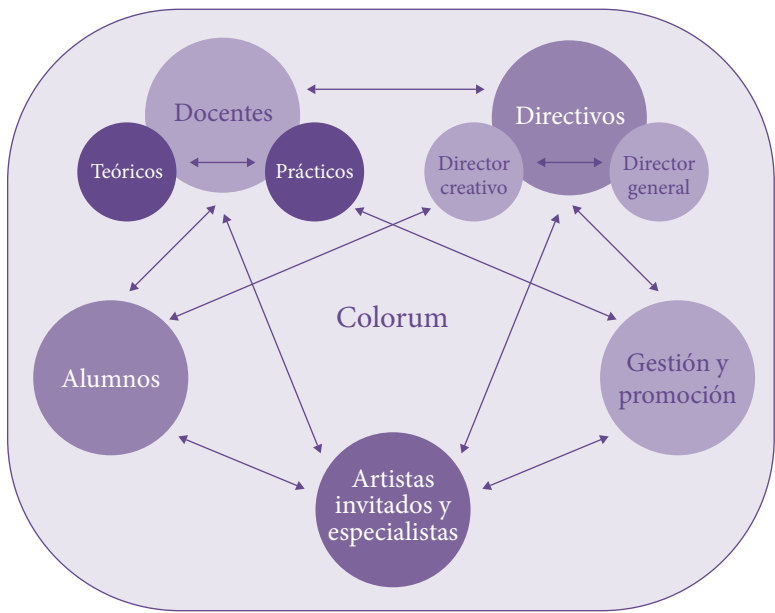
Figura 1. Planteamiento sistémico para Bee Plant



Nota. En la imagen podemos observar al sistema “ecoformación desde las artes” conformado por tres subsistemas: espacios de colaboración artística, Colorum y trabajo artístico en primarias. También se encuentran los elementos del entorno de este sistema (Porrás-Pérez-Guerrero, 2024).

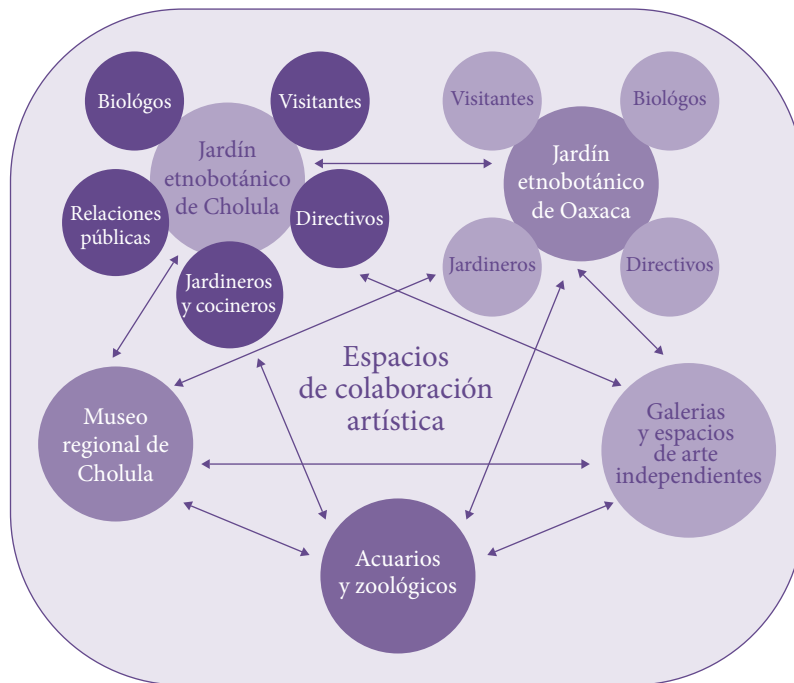
Asimismo, los subsistemas del sistema ecoformación desde las artes están compuestos por sub-subsistemas, que se muestran y explican en las siguientes imágenes.

Figura 2. Sub-subsistemas del subsistema Colorum



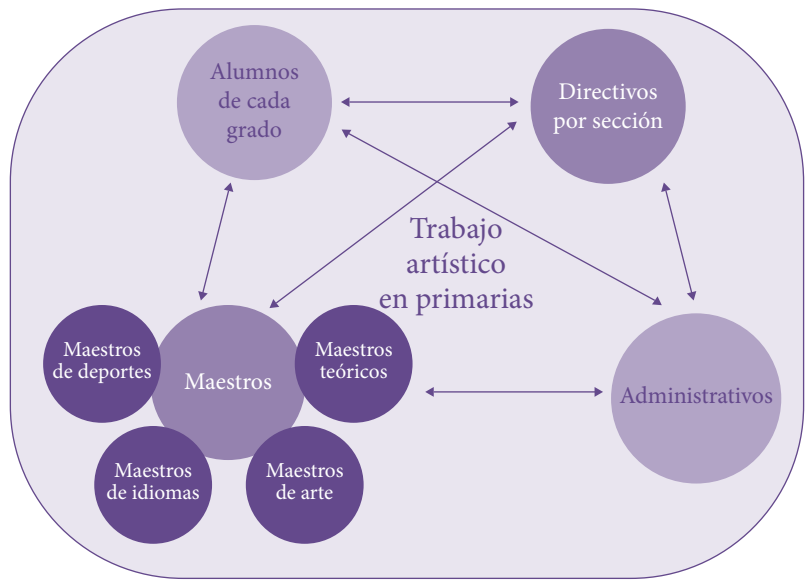
Nota. En esta figura se pueden observar los sub-subsistemas del subsistema Colorum y su relación en el subsistema (Porrás-Pérez, 2024, p. 44).

Figura 3. Integrantes del Subsistema Espacios de colaboración artística



Nota. En esta imagen se observan las interrelaciones entre los integrantes del subsistema espacios de colaboración artística (Porrás-Pérez, 2024, p. 44).

Figura 4. Integrantes del subsistema trabajo artístico en primarias



Nota. En esta figura se observan las interrelaciones entre los integrantes del subsistema trabajo artístico en primarias (Porras-Pérez, 2024, p. 48).

Modelo conceptual

El modelo está construido por tres módulos que corresponden a los tres integrantes del sistema ecoformación desde las artes: Colorum, Espacios de colaboración artística y Trabajo artístico en las primarias.

En el módulo denominado Colorum se encuentra un flujo de Propuestas activas de docentes de artes e invitados y uno de Estrategias metodológicas en técnicas y expresión artística, que se acumulan en el repositorio Proyectos artísticos de impacto en ecoformación; ésta, a su vez, retroalimenta sus propios flujos, formando bucles de retroalimentación que mejoran en su dinámica la variable dependiente *ecoconciencia*, por medio de su flujo de alimentación. La *ecoconciencia* también retroalimenta a su flujo, enfatizando de esta manera la urgencia de la problemática ambiental.

En este mismo módulo, dos flujos abastecen la variable Divulgación de proyectos artísticos en ecoformación, estos son las Publicaciones a través del uso de las TIC y la Promoción de proyectos de alumnos, maestros y directivos. Existen dos conectores en este módulo, las Conferencias de expertos y los Fundamentos teóricos para docentes en pedagogía y ecoformación con las artes, que están acoplados con algunos flujos y son fundamentales en el proceso de ecoformación.

En el módulo Espacios de colaboración artística se encuentran dos variables de estado, Adaptabilidad y respeto a las normas y reglas del espacio, que es alimentada por un flujo de Procesos de montaje creativos y la variable Experiencias significativas a través del espacio, que se nutre a través de un flujo de Recursos multisensoriales. Tanto los Recursos internos del espacio como los Apoyos de artistas y colaboradores de distintas disciplinas juegan un papel importante en los flujos antes descritos.

En el módulo Trabajo artístico en primarias, se encuentran dos variables de estado: Desarrollo de la sensibilidad hacia la bioeducación y Desarrollo de proyectos en ecoformación. La primera se alimenta por tres flujos: Creación artística por edades de los niños, Propuestas transversales entre disciplinas y Colaboraciones artísticas intercolegiales. Esta variable de estado retroalimenta también a sus tres flujos, creando nuevos bucles de retroacción en la dinámica de estados del sistema. De la variable de estado Desarrollo de la sensibilidad hacia la bioeducación, brota un flujo que alimenta la variable Desarrollo de proyectos en ecoformación.

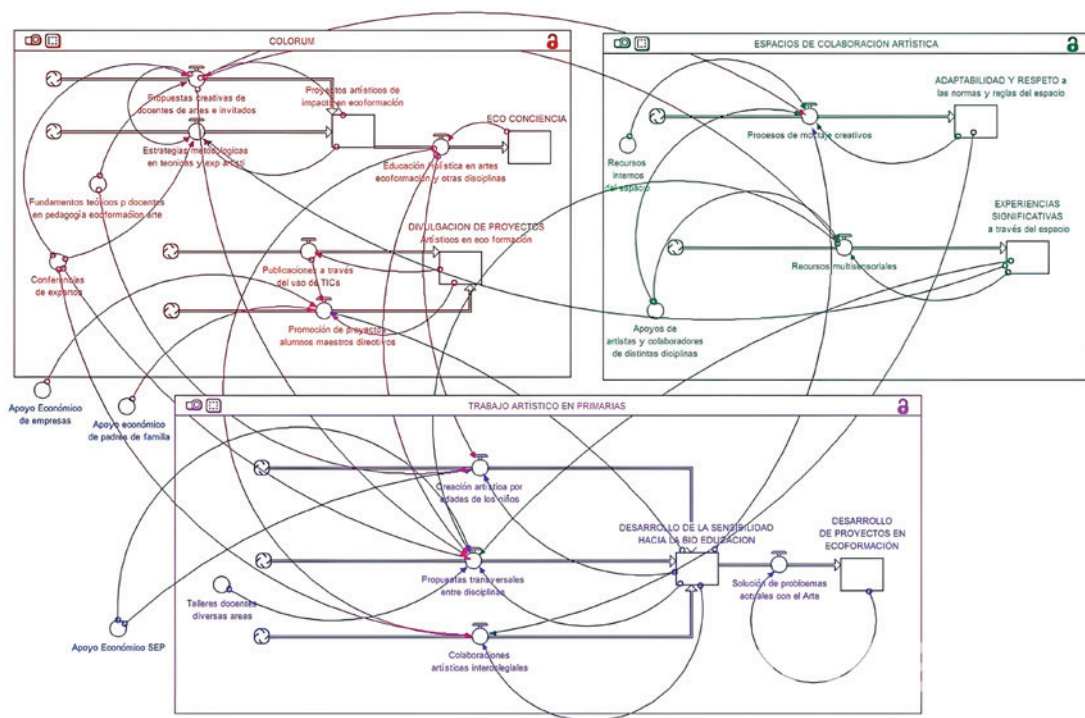
En las primarias, los Talleres de docentes de diversas áreas influyen las Propuestas transversales entre las disciplinas, por ello se encuentran conectados a este flujo. En el entorno encontramos: apoyos económicos, tanto de la Secretaría de Educación Pública (SEP) como de los padres de familia y de algunas de las empresas que contribuyeron al desarrollo del proyecto. Estos se encuentran relacionados con varios flujos en los diferentes módulos.

Cabe mencionar que el impacto de este proyecto ha sido significativo. Inició con una exposición en la galería del Jardín Etnobotánico de San Andrés, Cholula, que incluía una instalación arquitectónica en forma de un panel colectivo y pinturas en acuarela, creadas con el propósito de rescatar el cuidado de las plantas medicinales endémicas y reflexionar sobre el impacto de la labor de los polinizadores para el planeta. Posteriormente, se trasladó el proyecto al Acuario Michin de Puebla. Enseguida, se hizo una adaptación para

un Proyecto de la Facultad de Físico-Matemáticas de la BUAP en colaboración con la SEP, para la implementación de Bee Plant dentro de sus programas de Fortalecimiento de los Servicios de Educación Especial de la SEP, y finalmente se colaboró con el Museo Internacional del Barroco, de Puebla, para la exposición “Mural cromático”, la cual se compuso por 326 piezas, sobre temas del cuidado del medio ambiente, la contemporaneidad de los paisajes, las matemáticas y la vida y la muerte. Este proyecto fue creado y gestionado con la misma dirección interdisciplinaria que la de Bee Plant.

A continuación, se presenta el modelo conceptual de este proyecto.

Figura 5. Modelo conceptual del proyecto Bee Plant



Nota. En esta imagen podemos observar el modelo conceptual del proyecto Bee Plant que se conforma de tres módulos: Columum, Espacios de colaboración artística y Trabajo artístico en primarias (Porrás-Pérez-Guerrero, 2024, p. 51).

La intervención del arte en la restauración del bosque de Ocoyucan, Puebla

Este proyecto, que actualmente sigue en proceso, tiene como objetivo promover acciones en pro de la preservación de las áreas boscosas, la diversidad de plantas y la salud de los ecosistemas en la región del Bosque de Ocoyucan, Puebla. Se trata de un trabajo participativo en el que intervinieron niños, jóvenes y gente de esta región, en busca de concientizar sobre la emergencia del cuidado ambiental y el inicio de un proceso de ecoformación en ellos. Para lograr esto fue necesario interactuar con las especies que localmente ya se están extinguiendo, reproducirlas y usarlas como material para la elaboración de arte a favor de la conservación de una identidad biocultural.

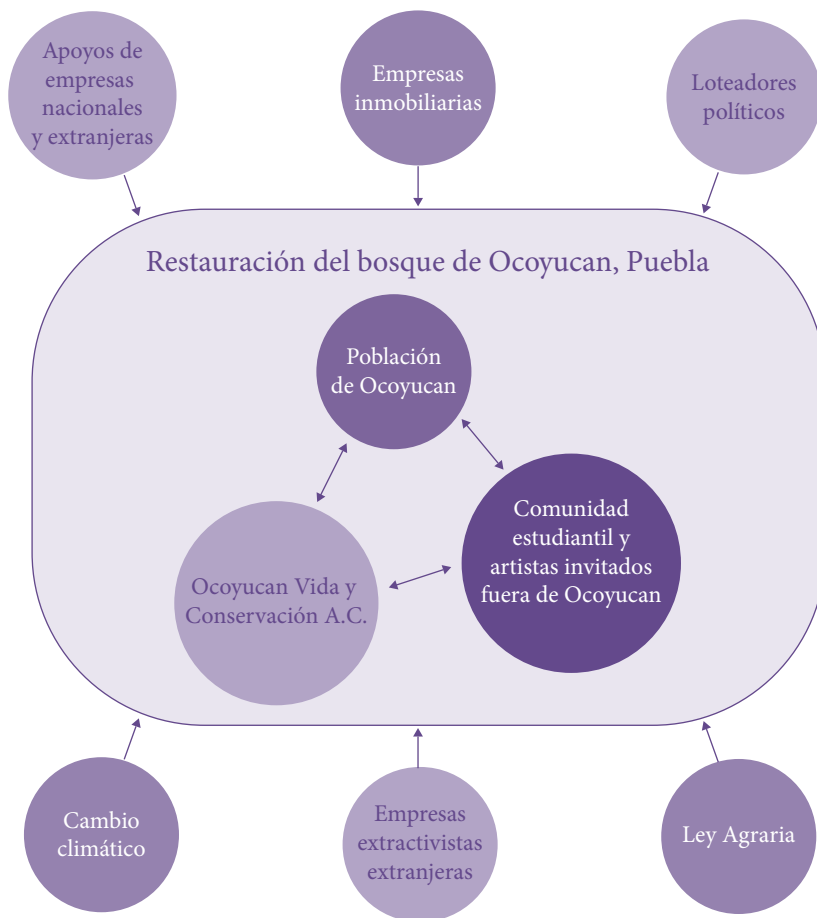
Se han tomado varias estrategias y realizado algunas acciones de las diferentes fases del proyecto, entre ellas se encuentran:

- a) Realizar una investigación profunda en torno a los antecedentes que ocasionaron el estado actual del Bosque de Ocoyucan.
- b) Estudiar la agroecología como propuesta para la restauración de los bosques de Ocoyucan.
- c) Detener la pérdida de especies nativas, la erosión de la tierra y la desertificación del bosque, utilizando tecnologías de conservación del suelo e incluyendo al arte como recurso de interacción con las plantas.
- d) Concientizar a las personas en torno a la emergencia del cuidado ambiental con capacitaciones en temas de reforestación.
- e) Evitar el ecocidio y la tasa de muerte de árboles, sustituyendo especies exóticas por especies de la región.
- f) Incrementar la información de la imagen visual biocultural, por medio de diversos medios de comunicación. Crear una noción del cuidado del medio ambiente con actividades para la población local y cercana de conocer el bosque para identificar las especies.
- g) Invitar a las autoridades a formar parte de la restauración ecológica activa.
- h) Proyectar a futuro actividades de aprovechamiento ambiental sustentable, para recuperar las poblaciones de especies nativas en el territorio, e incrementar la presencia de fauna y flora.

Planteamiento sistémico del proyecto

Se creó un sistema denominado Restauración del bosque de Ocoyucan, Puebla, el cual está compuesto por tres integrantes: Población de Ocoyucan, la ONG Ocoyucan vida y conservación A.C. y la Comunidad estudiantil y artistas invitados fuera de Ocoyucan. Estos tres elementos que integran el sistema se encuentran relacionados con el propósito de crear planes de acción y proyectos interdisciplinarios para concientizar a la población de Ocoyucan en torno de la emergencia del cuidado ambiental.

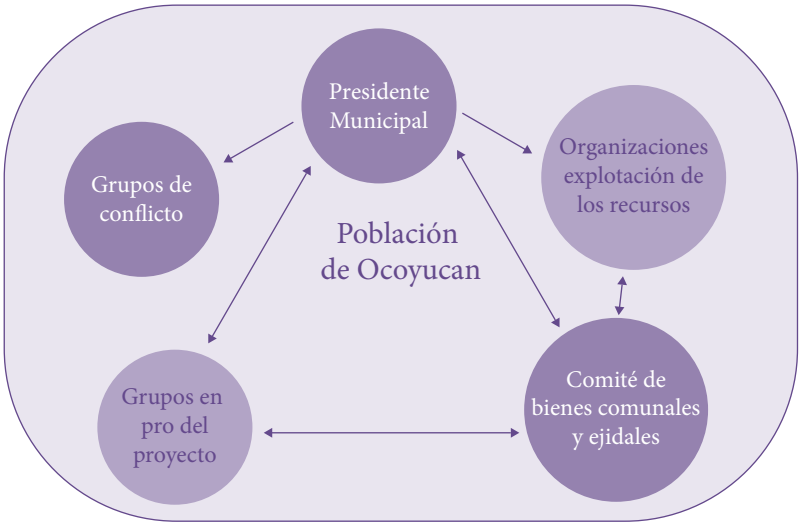
Figura 6. Planteamiento sistémico denominado restauración del Bosque de Ocoyucan, Puebla



Nota. En la imagen podemos observar el sistema Restauración del Bosque de Ocoyucan, Puebla, conformado por tres subsistemas: Población de ocoyucan, Comunidad estudiantil y Artistas invitados fuera de Ocoyucan y Ocoyucan Vida y Conservación A.C.; también se encuentran los elementos del entorno de este sistema. Elaboración propia con base en la propuesta del proyecto.

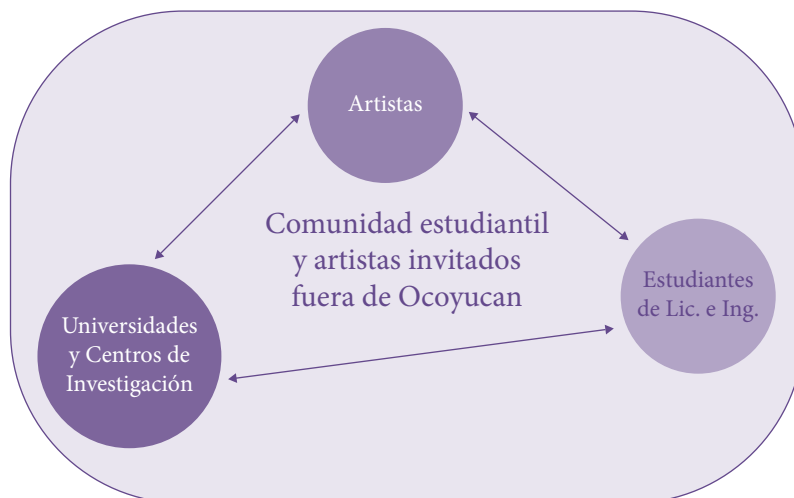
Los subsistemas del sistema Restauración del Bosque de Ocoyucan, Puebla también están compuestos por sub-subsistemas, que se muestran y explican en las siguientes imágenes.

Figura 7. Subsistema población de Ocoyucan



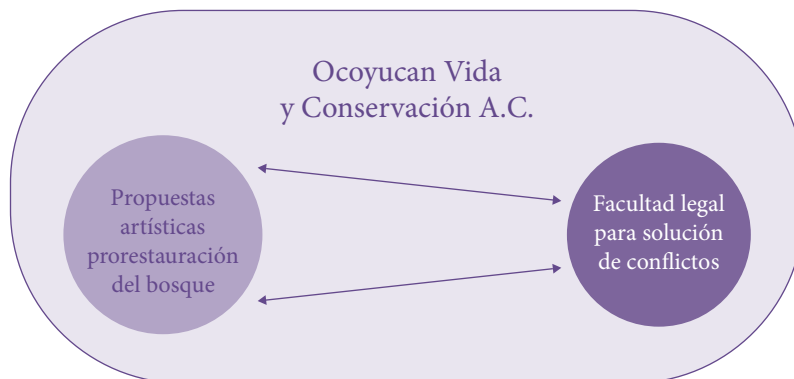
Nota. En esta figura se pueden observar los sub-subsistemas del subsistema Población de Ocoyucan y su interrelación entre los sub-subsistemas. Elaboración propia con base en la propuesta del proyecto.

Figura 8. Subsistema Comunidad estudiantil y artistas invitados fuera de Ocoyucan



Nota. En esta imagen se observan los sub-subsistemas del subsistema Comunidad Estudiantil y Artistas invitados fuera de Ocoyucan y su interrelación entre sub-subsistemas. Elaboración propia con base en la propuesta del proyecto.

Figura 9. Subsistema Ocoyucan Vida y Conservación A.C.



Nota. En esta imagen se observan los sub-subsistemas del subsistema Ocoyucan Vida y conservación A.C. y su interrelación entre sub-subsistemas. Elaboración propia con base en la propuesta del proyecto.

Modelo conceptual

El modelo está construido por tres módulos que corresponden a los tres integrantes del sistema Restauración del Bosque de Ocoyucan, Puebla: Ocoyucan Vida y Conservación A.C., Población de Ocoyucan y Comunidad estudiantil y artistas invitados fuera de Ocoyucan.

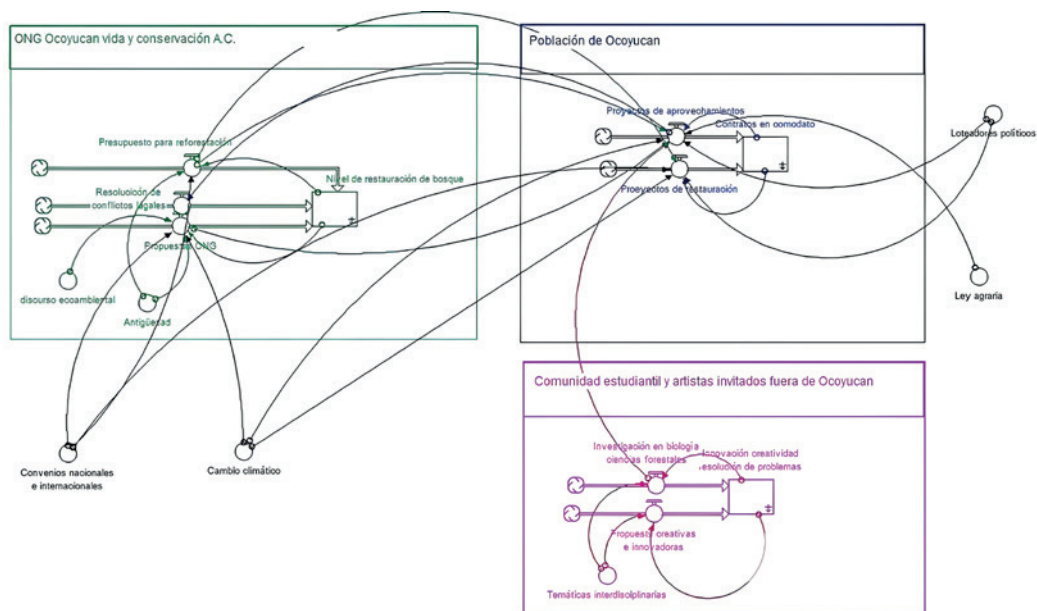
En el módulo Ocoyucan Vida y Conservación A.C., se encuentran tres flujos que alimentan la variable de estado denominada Nivel de restauración del Bosque. Estos flujos son el Presupuesto para reforestación, Resolución de conflictos legales y Propuestas de la ONG que apoyarán a detener la pérdida de especies nativas. Asimismo, la variable de estado, Nivel de restauración del Bosque de Ocoyucan retroalimenta los flujos Presupuesto para la reforestación y Propuestas de la ONG, creando bucles recursivos dentro de la dinámica del sistema. Los cursos ecoambientales, así como la antigüedad de la ONG inciden en las Propuestas de la ONG y en el Presupuesto para la reforestación.

Dentro del módulo Población de Ocoyucan encontramos la variable de estado Contratos en comodato, que se alimenta por dos flujos, Proyectos de aprovechamiento y Proyectos de restauración. También aquí se da una retroalimentación entre la variable de nivel y sus flujos. Tanto los Loteadores políticos como la Ley Agraria influyen directamente en estos flujos.

En el módulo Comunidad estudiantil y artistas invitados fuera de Ocoyucan se encuentra una variable de estado denominada Innovación y creatividad para la resolución de problemas que se incrementa a través de la Investigación en biología y ciencias forestales y las Propuestas Creativas e Innovadoras. Esta variable de estado retroalimenta a sus dos flujos, los cuales se ven influidos por las Temáticas interdisciplinarias. Tanto el cambio climático, como los convenios nacionales e internacionales influyen decisivamente en los proyectos de investigación y restauración, así como en las propuestas de la ONG.

Cabe mencionar que este proyecto se encuentra en proceso, pero ya se han alcanzado algunos de los principales objetivos. También quisiera mencionar que, dentro de las actividades artísticas propuestas, se busca involucrar a la población en proyectos de intervención-acción con tendencias artísticas como el *landart* y el arte ecológico.

Figura 10. Modelo conceptual Restauración del Bosque de Ocoyucan, Puebla



Nota. En esta imagen se aprecia el modelo conceptual Restauración del Bosque de Ocoyucan, Puebla constituido por tres módulos: la ONG Ocoyucan Vida y Conservación A.C., Población de Ocoyucan y Comunidad estudiantil y artistas invitados fuera de Ocoyucan. Elaboración propia con base en la propuesta del proyecto.

Conclusiones

Abordar los problemas ecológicos y sociales mediante el enfoque de las ciencias de la complejidad permite una comprensión profunda y eficaz en torno de los sistemas que se encuentran interconectados. Este enfoque holístico es esencial para desarrollar soluciones sostenibles que promuevan el bienestar ambiental y social.

Las herramientas de visualización, el modelado y la simulación permiten comunicar de manera efectiva datos complejos, sensibilizando al público y a los responsables sobre la toma de decisiones y la gravedad y urgencia de los problemas.

Los proyectos artísticos y educativos realizados con el enfoque de las ciencias de la complejidad pueden aumentar la conciencia y el compromiso de la sociedad con la sustentabilidad y la justicia social. El análisis de modelos dinámicos y sistémicos genera puentes de entendimiento con la lógica y funcionamiento de la inteligencia artificial.

La integración de las ciencias de la complejidad en proyectos artísticos con trascendencia ecológica y social no sólo enriquecen el proceso creativo, sino que también potencia el impacto y la relevancia de los resultados, al abordar problemas complejos de manera holística y colaborativa. Esta forma de emprender los problemas complejos proporciona nuevas formas de pensar, soluciones innovadoras y a contribuir de manera significativa para concientizar y solucionar los desafíos más urgentes de nuestro tiempo.

Referencias

- Ackoff, R. L. (1971). Towards a System of Systems Concepts. *Management Science*, 17(11), 661–671. <http://www.jstor.org/stable/2629308>
- Bravo, V., Díaz-Polanco, E. y Michel, M. A. (1997). *Teoría y realidad en Marx, Durkheim y Weber*. Juan Pablos.
- Fernández de Velazco, F. (2013). *La expresión en la interpretación musical como performance compleja multimodal* [Tesis doctoral. Posgrado en Música.] Universidad Nacional Autónoma de México. <https://hdl.handle.net/20.500.14330/TES01000701832>
- Kosik, K. (1967). *Dialéctica de lo concreto*. Grijalbo.
- Kuhn, T. S. (1971). *La estructura de las revoluciones científicas*. Fondo de Cultura Económica.
- Lara-Rosano, F. J. (1990). *Metodología para la planeación de sistemas: un enfoque prospectivo*. Dirección General de Planeación, Evaluación y Proyectos Académicos, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Lara-Rosano, F. J., Gallardo-Cano A. y Almanza-Márquez, S. (2021). *Teorías, métodos y modelos para la complejidad social: un enfoque de sistemas complejos adaptativos*. Ediciones Comunicación Científica.
- Porras-Pérez-Guerrero, D. (2024). *Bee Plant. Proyecto educativo interdisciplinario que procura la preservación del medio ambiente y la ecoformación de los niños, a través de las artes plásticas* [Tesina, Maestría en Artes: Inter y

Transdisciplinariedad, Facultad de Artes]. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.

Von Bertalanffy, L. (1968). *Teoría general de los sistemas. Fundamentos, desarrollo, aplicaciones*. Fondo de Cultura Económica.

