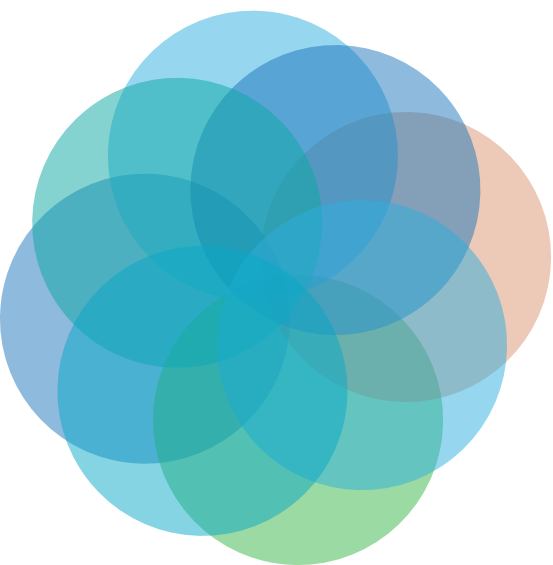


DESDE LA DISCIPLINA A LA INTER Y TRANSDISCIPLINA: UNA MIRADA DESDE LOS RECURSOS HÍDRICOS

EDITORES:
Gladys Vidal y Sergio Lavandero



**DESDE LA DISCIPLINA
A LA INTER Y TRANSDISCIPLINA:
UNA MIRADA DESDE LOS RECURSOS
HÍDRICOS**

Gladys Vidal y Sergio Lavandero
Editores

© Universidad de Concepción

ISBN:978-956-227-587-3
Editorial Universidad de Concepción

Primera edición, abril 2024
Concepción, Chile

Diseño editorial:
Okey Comunicaciones

Impresión:
Trama Impresores S.A.

Prohibida la reproducción total o
parcial de esta obra por cualquier
medio

Agradecimientos:
Centro de Recursos Hídricos para la
Agricultura y la Minería (CRHIAM)
ANID/FONDAP/15130015
ANID/FONDAP/1523A0001
Victoria 1295, Barrio Universitario
Concepción, Chile

Centro Avanzado de Enfermedades Crónicas
(ACCDiS)
ANID/FONDAP/15130011
ANID/FONDAP/1523A0008

www.crhiam.cl





Universidad de Concepción

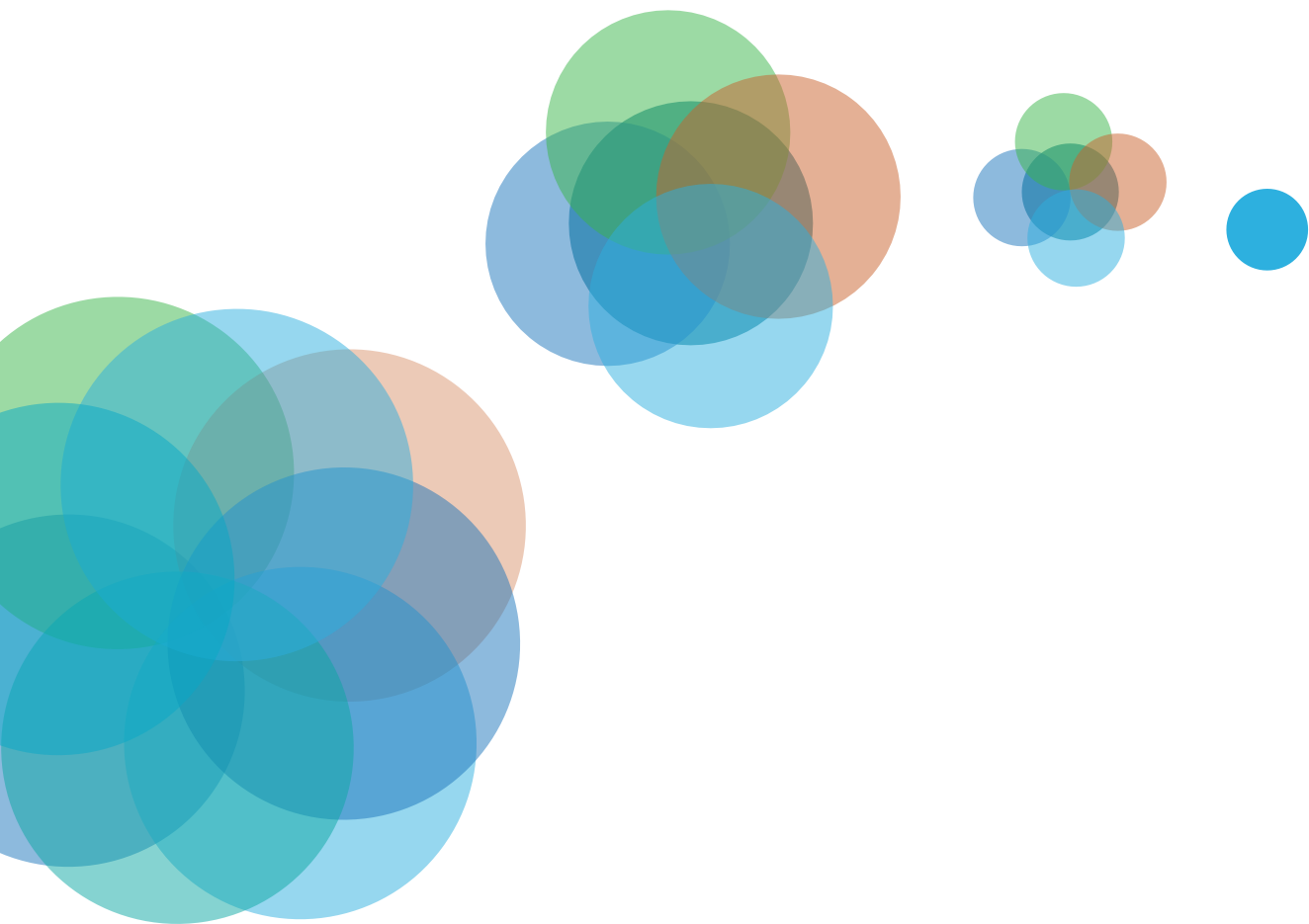


DESDE LA DISCIPLINA A LA INTER Y TRANSDISCIPLINA: UNA MIRADA DESDE LOS RECURSOS HÍDRICOS

EDITORES:

Gladys Vidal y Sergio Lavandero





**DESDE LA DISCIPLINA
A LA INTER Y TRANSDISCIPLINA:
UNA MIRADA DESDE LOS RECURSOS HÍDRICOS**

CONTENIDO

CAPÍTULO 1	Sobre disciplinas e indisciplinas	9
	Referencias	18

CAPÍTULO 2	Desde la disciplina hacia la inter y transdisciplina para aportar a la solución de problemas de la sociedad actual	23
	1. Perspectiva histórica de la ciencia y la tecnología.....	24
	2. Definiciones de inter, multi y transdisciplina.....	30
	3. ¿Cómo transitar entre la disciplina, inter-multi-transdisciplina?.....	35
	4. ¿Por qué es relevante promover la investigación inter/transdisciplina? ..	35
	5. La investigación por misión	36
	Bibliografía	38

CAPÍTULO 3	Reflexiones en torno a la formación interdisciplinaria en ciencias en la educación superior	41
	1. Necesidad de una formación interdisciplinaria	41
	2. ¿Qué es la formación interdisciplinaria?	43
	3. Desafíos para la formación interdisciplinaria en la educación superior	46
	4. Un paso más allá: la formación transdisciplinaria	47
	5. Un ejemplo de formación interdisciplinaria en la Universidad de Concepción	47
	6. Conclusiones	48
	Referencias	49

CAPÍTULO 4	El agua es interdisciplinaria	53
	1. Prólogo	53
	2. Interdisciplinariedad: la convergencia en torno a un campo congruente	54
	3. El agua como campo de investigación: conexiones interdisciplinarias	55
	4. Algunas reflexiones	63
	Bibliografía	65

PRESENTACIÓN

Cuando me propusieron prologar este libro sobre interdisciplinariedad, mis dos sentimientos principales fueron honor y responsabilidad. Honor porque no es poco que un grupo de excelentes miembros de la comunidad científico-técnica de un país tan único, original y destacado desde muchos puntos de vista como Chile te elijan para presentar su trabajo. Y responsabilidad, porque la interdisciplinariedad es un tema tan complejo e interesante, y el libro lo explica tan bien, que es todo un reto añadir algo útil y pertinente al conjunto. Y, además, enfocado a recursos hídricos, un tema en el que la interdisciplinariedad no es una opción más, sino la única viable.

Trabajo en el Instituto de Diagnóstico Ambiental y de Estudios del Agua - IDAEA, uno de los pocos Institutos enfocados al estudio del agua del CSIC (Consejo Superior de Investigaciones Científicas), la mayor organización científica española, y una de las mayores de Europa. En mi Instituto trabajamos biólogos naturalistas, moleculares, ambientólogos, químicos (sobre todo analíticos, orgánicos e inorgánicos), hidrogeólogos, ingenieros, estadísticos e informáticos, entre otros. Pero eso no lo hace automáticamente interdisciplinar, sino "solo" multidisciplinar, lo cual es mucho, pero no suficiente.

Desde los inicios de operación del IDAEA nos hemos dado cuenta de la dificultad de abordar cualquier tema de manera "auténticamente

interdisciplinar". Es muy fácil terminar haciendo cada uno trabajos y ejecutando proyectos de su propia especialidad, sin preguntar a los compañeros de otras disciplinas cómo resolverían un problema o cómo efectuarían una determinada acción. Y esto es así porque los científicos estamos entrenados de esta manera. El conocimiento humano ha avanzado a base de separar los componentes de un problema para resolverlos individualmente (lo que llamamos disciplina). Es lo que denominamos "análisis", una palabra griega que significa "separación". Sin embargo, la aplicación de este conocimiento tan penosamente obtenido al mundo real, y particularmente a problemas complejos, como la gestión hídrica, requiere del aporte conjunto de conocimientos de muchos campos, necesita de la "síntesis" (otra palabra griega, "composición"). La capacidad de abordar un mismo problema simultáneamente desde diversos campos del conocimiento, y hacerlo de manera coordinada y unitaria, es la marca de fábrica de la interdisciplinariedad.

El trabajo interdisciplinar requiere al menos tres cualidades: Humildad, Generosidad y Ambición. Humildad para reconocer que tu propio campo de estudio, tus conocimientos tan arduamente conseguidos al cabo de largos años no son sino un aspecto, más o menos relevante, en la comprensión del problema total. Generosidad para trabajar con todas tus fuerzas sabiendo que tu trabajo se aplicará a campos que prácticamente

desconoces y que el reconocimiento científico y social que recibas por ello será mucho menor del que recibirías si sólo te dedicases a “tu” campo. Y Ambición, para superar todas estas dudas y contribuir a ampliar el conocimiento y resolver problemas de un alcance muchísimo mayor del que se conseguiría si cada miembro del equipo hubiese seguido trabajando en su propio y restringido campo, por muy relevante que sea.

Corresponde a la sociedad civil el entender el esfuerzo personal y colectivo que requiere el trabajo interdisciplinar. Es muy difícil adjudicar proyectos, valorar currícula o, ya puestos, aceptar artículos científicos auténticamente interdisciplinarios. Y esto es así sencillamente, porque los evaluadores también están, en general, confinados en su especialidad, y les es muy difícil entender el esfuerzo requerido para armar ese proyecto, levantar ese currículum o escribir ese artículo. Pero ese esfuerzo es necesario si queremos resolver los titánicos retos que debemos enfrentar sobre una época marcada claramente por los efectos del cambio climático, en el cual “business as usual” ya no es una opción, en el que seguir como siempre es una ruta segura al desastre, y el que temas como el agua (junto con la energía) tienen que resolverse de una manera holística (más griego, integral) y considerando multitud de puntos de vista: geológico, ingenieril, biológico, sociológico, económico, legal, entre otros. En un concepto que debe tratarse desde la

interdisciplinariedad para la conservación del ciclo del agua y la conservación de los servicios ecosistémicos. Para ello, es necesario que la comunidad académica sea consciente del problema y, a la vez, sea capaz de explicarlo al resto de la sociedad. Y de esto va este más que oportuno libro: “Desde la disciplina a la inter y transdisciplina: Una mirada desde los recursos hídricos”, De Humildad, Generosidad y, sobre todo, de Ambición.



Dr. Benjamín Piña

Instituto de Diagnóstico Ambiental y de
Estudios del Agua (IDAEA)
Consejo Superior de Investigaciones
Científicas (CSIC)
Barcelona (España)

PREFACIO DE LOS EDITORES

La “sociedad del conocimiento” es un concepto referido a la transformación de la sociedad hacia una economía y cultura basada en la generación, distribución y uso del conocimiento. En ella, el conocimiento se convierte en un recurso fundamental para el progreso social, económico y tecnológico. La universidad ha sido un activo protagonista de esta sociedad al generar conocimiento y formar capital humano especializado en el último siglo, muchas veces vinculando la investigación, innovación, tecnología y creación artística y educación en la formación de pregrado y postgrado.

La producción de conocimiento ha sido sistematizada e institucionalizada, reforzando la creencia de que, por ejemplo, los problemas sociales, de cambio climático, ambientales podrían resolverse mediante más producción de conocimiento. Sin embargo, este concepto está bajo el escrutinio de una sociedad más exigente y empoderada que comprueba que mayor conocimiento no redunde en mejor calidad de vida, sociedades más saludables, ciudades sostenibles, disponibilidad de agua, ecosistemas sustentables, niveles económicos más estables, entre otros. Todo lo antes indicado, pone en tela de juicio la creación de conocimiento por curiosidad o indagación y se fortalece la necesidad de la generación de “conocimiento por misión”

para satisfacer la necesidad de investigación específica para un territorio, por ejemplo, un país. Esta última corresponde a un enfoque de investigación centrado en abordar problemas y desafíos específicos y bien definidos.

La inter y transdisciplinariedad sostiene que tiene un papel clave que desempeñar a la hora de abordar los grandes desafíos que enfrenta la sociedad actual. Entre otras cosas, porque puede conectar claramente la producción y el uso del conocimiento, y poner fin a la mala infinidad de producción de conocimiento. En este contexto, los financiadores del conocimiento pueden desempeñar un papel catalizador clave para fomentar la investigación inter y transdisciplinaria estableciendo y articulando los “grandes desafíos” que requieren soluciones de este tipo. Por todo esto, la investigación inter y transdisciplinaria debe ser vista como un medio para alcanzar un fin y no es un fin en sí mismo. Varias agencias de financiamiento han subrayado que las prácticas y políticas encaminadas a la inter y transdisciplina deben estar impulsadas por los resultados requeridos y demanda de conocimiento científico.

El presente libro “Desde la disciplina a la inter y transdisciplina: una mirada desde los recursos hídricos”, tiene como objetivo entregar

un documento general de fácil lectura a partir de la experiencia de la ejecución de dos Centros Fondap de la Agencia Nacional de Investigación y Desarrollo (ANID), que han trabajado por más de diez años en consolidar investigación inter y transdisciplinaria entre sus investigadores, para aportar al país en la resolución de problemas relacionados con los recursos hídricos y enfermedades crónicas no transmisibles de la población. El contenido del libro está dividido en cuatro capítulos: a) el primero trata en términos generales “sobre disciplinas e interdisciplinas” y su

conexión con la academia; b) el segundo de ellos trata los conceptos básicos “Desde la disciplina hacia la inter y transdisciplina para aportar a la solución de problemas de la sociedad actual”; c) el tercero, muestra la experiencia nacional de la formación interdisciplinaria a través de “Reflexiones en torno a la formación interdisciplinaria en ciencias en la educación superior”; d) y por último, el capítulo cuarto, aborda el tema de los recursos hídricos mostrando como este tema debe ser abordado de forma interdisciplinaria, debido a que “El agua es interdisciplinaria”.

Editores



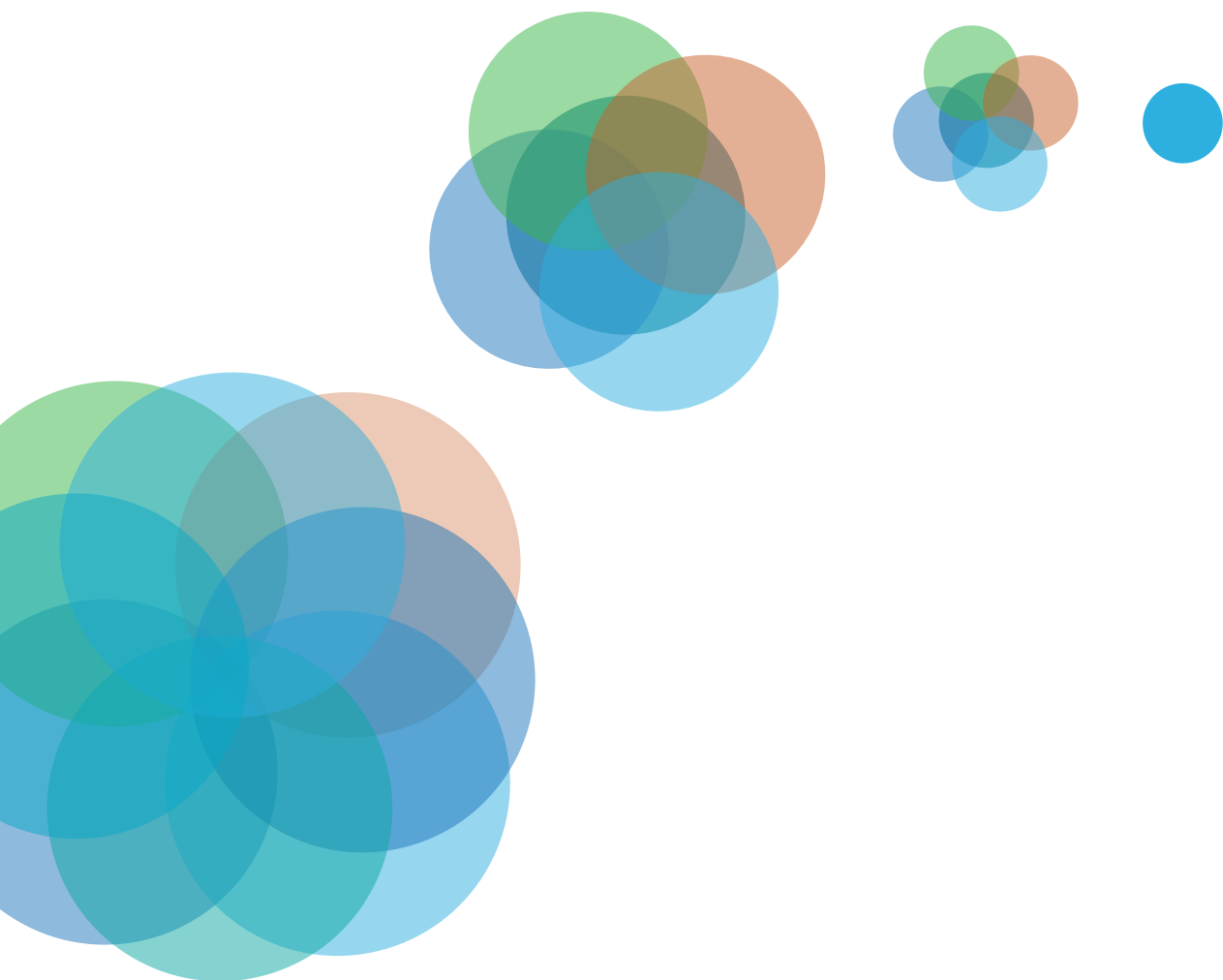
Dr. Sergio Lavandero

Director Centro Avanzado de
Enfermedades Crónicas (ACCDiS)



Dra. Gladys Vidal

Directora Centro de Recursos Hídricos
para la Agricultura y Minería (CRHIAM)



**DESDE LA DISCIPLINA
A LA INTER Y TRANSDISCIPLINA:
UNA MIRADA DESDE LOS RECURSOS HÍDRICOS**



CAPÍTULO 1 | SOBRE DISCIPLINAS E INDISCIPLINAS

José Joaquín Brunner

Profesor Emérito. Facultad de Educación,
Universidad Diego Portales

En el “gran” mundo del conocimiento—donde la “sociedad global del conocimiento” es su expresión cúlmine (Frank y Meyer, 2020)—la multidisciplinaria (MD), la interdisciplinaria (ID) e incluso la transdisciplinaria (TD) tienen en común sólo un elemento fundamental: las disciplinas; es decir, aquellos “pequeños mundos”, “mundos diferentes”, que forman la base de las organizaciones académicas y de la universidad en particular (Clark, 1989).

Desde sus orígenes, las universidades congregan saberes que poseen, cada uno, una identidad propia, lenguajes especializados distintivos, ritos y tradiciones en común y un armazón teórico conceptual que les otorgan legitimidad y un relativo cierre frente a los demás saberes. Así se forman las primeras cuatro facultades de las nacientes universidades europeas a partir del siglo XII en adelante (de Ridder-Symoens, 1992); aquellas llamadas superiores, con teología a la cabeza y, tras ella, disputándose el segundo y tercer lugares en la jerarquía del conocimiento de la época, medicina y derecho, y aquella inferior, de la facultad de artes liberales, por donde los estudiantes ingresaban a la universidad y donde se preparaba a los futuros maestros o bien se obtenía una formación de base antes de ingresar a una de las facultades superiores.

La facultad inferior, a su vez, impartía las enseñanzas de las artes sermocinales (Covington, 2005), de la lengua o el discurso, consistentes en el trivium (tres vías)—gramática, dialéctica (lógica) y retórica—y el quadrivium o artes matemáticas (cuatro vías): aritmética, geometría, astronomía y música. Estas vías constituían una clasificación formal de los saberes eruditos—es decir, de las disciplinas—que se hallan a la base de la educación universitaria durante los primeros siglos de su existencia.

También desde antiguo hay conflictos de delimitación entre las disciplinas, primero entre las vías representadas por las artes liberales, entre sus agrupaciones y dentro de ellas (González, 1983); enseguida entre las cuatro facultades originales, su importancia relativa y jerarquía dentro del orden general del conocimiento erudito. La disputa entre derecho y medicina por el segundo lugar en el ranking de los prestigios cognitivos de la emergente cultura académica, a continuación de la facultad de teología, se libró apasionadamente—por varios siglos—en la Europa de las universidades. Unos decían que la medicina, por tratar de la substancia, debía presidir sobre las leyes que, a fin de cuenta, sólo se ocupaban de los accidentes. Los argumentos iban y venían. Los juristas reclaman prioridad por ocuparse ellos de las naciones mientras la medicina solo de los individuos; ésta responde hallarse interesada por el bienestar de la persona completa y no meramente de sanar cuerpos físicos. Y la facultad jurídica coronaba su propio alegato con un argumento bíblico: la ley existía antes de la caída del hombre y de la corrupción física que ella provoca y los médicos intentan curar (Füssel, 2024).

Asimismo, las metáforas empleadas antiguamente para justificar las cuatro facultades originales y el peso relativo de sus disciplinas resultan aleccionadoras. Por ejemplo, San Buenaventura (doctor seráfico), compara la arquitectura de las facultades con las de un edificio: las artes ponían las fundaciones, derecho y medicina las paredes y la teología coronaba con la cúpula divina. Un famoso jurista galo del siglo XV explica la jerarquía de las facultades según la importancia de las materias que tratan. Teología preside por la especial dignidad de su objeto de conocimiento, Dios, el más excelso de todos en una cultura enteramente empapada por la religión. Luego seguían juristas y médicos en disputa y las artes liberales, estas últimas con su propia jerarquía interna: poética, historia, gramática, dialéctica, matemática, geometría, música y astronomía o astrología. Todavía a mediados del siglo XVII, un hombre de saber proclamaba que las cuatro facultades corrían como los cuatro ríos del paraíso (Brunner, 2024).

Un punto de inflexión en el desenvolvimiento de los saberes académicos y su ordenamiento universitario se produce a inicios del siglo XIX, con la aparición de la universidad humboldtiana o prusiana de investigación. Kant la caracteriza en su obra *La contienda entre las facultades de filosofía y teología* como una universidad de la razón autónoma, representada en la facultad de filosofía y ciencias (Wissenschaft). Esta venía ahora a coronar el edificio del conocimiento académico, adquiriendo primacía respecto de la teología y superioridad epistemológica respecto de las facultades de formación profesional (Kant, 1798).

Puede decirse pues que la universidad moderna trae consigo un nuevo arreglo institucional en las disputas entre las disciplinas; territorios cognitivos cada uno con su proyección hacia la sociedad y en permanente competencia por el prestigio académico, social y cultural. Wilhelm von Humboldt y su grupo de reformadores neohumanistas sentaron las bases de la moderna "universidad de investigación". Ella suele caracterizarse por una combinación de rasgos: (I) ante todo, la enseñanza de las disciplinas, (II) que se alimenta constantemente por la generación de nuevos conocimientos provenientes de una labor sistemática de investigación, (III) enseñanza e investigación organizadas a través de seminarios donde un catedrático situado en la frontera del conocimiento de su disciplina imparte un saber reflexivo, (IV) en un medio ambiente de silencio y ensimismamiento (principio de la "torre de marfil") y (V) con una visión unitaria de las ciencias filosóficamente inspirada (Nybom, 2003).

Sin embargo, en vez de esa concepción orgánica, idealista y comprensiva del conocimiento, como un gran edificio compacto que debía crecer a partir de las disciplinas—portadoras de una visión filosófica de la unidad de las ciencias—lo que emergió durante los dos siglos siguientes, cada vez más aceleradamente, fue una aparente "torre de babel" de las disciplinas y sus especialidades. Cada una se hallaba en la búsqueda de fijar su propio territorio cognitivo singular y simbólicamente cercado, con muros y zanjas a la manera de fronteras, aunque siempre atenta a la posibilidad de poder "colonizar" territorios disciplinares vecinos. Al mismo tiempo, cada disciplina

aspira a proyectarse productivamente hacia el resto de la sociedad, en beneficio de la racionalización científico-técnica de su entorno natural, socioeconómico y cultural. También a este fenómeno podemos llamar "sociedad del conocimiento" (Schoffer et al., 2021).

Nace así el mundo contemporáneo de las ciencias y las profesiones que cubre una vasta gama de áreas del conocimiento, las que, en un momento, figuraban como dos culturas separadas y opuestas (Snow, 1959)—de las ciencias y las humanidades, respectivamente—y, en otros momentos, como ciencias "duras" y "blandas", "puras" y "aplicadas", "paradigmáticas" o "sin consenso teórico o de fundamentos" y así por delante. Cada una ocupando un territorio académico y acariciando la expectativa de proyectarse hacia las demás esferas de la sociedad. Por lo mismo, regidas, cada una, por diferentes lógicas de producción y comunicación, enseñanza y aprendizaje, vinculación con su entorno, cultura introspectiva o extravertida, centrípeta o centrífuga, con tradiciones centenarias o más recientes, carácter más o menos empresarial, impacto utilitario directo o solo indirecto. Constituidas, además, en torno a un núcleo de teorías, un paradigma, que conduce a una ciencia normal o bien, en ausencia de ese core, lleva a querellas intestinas, de escuelas y enfoques, de conceptos contestados y competencia por imponer, cada una, su propia narrativa teórico-metodológica, como ocurre, por ejemplo, con la sociología (Schwemmer y Wieczorek, 2020).

El resultado de esta evolución de los saberes académicos hacia una multiplicidad de

disciplinas, subdisciplinas y especialidades, cada una con su "campo" más o menos definido, desarrollos conceptuales más o menos convergentes, diversidad de métodos y técnicas de investigación, modalidades de socialización e integración, sentido de identidad y continuidad, maneras de organizar el trabajo, ejercer la autoridad, asociarse y establecer los medios preferidos de comunicación. La expresión de estos campos, como maneras de dividir y organizar el trabajo con conocimiento avanzado, y las formas de vida y cultura que cada uno encierra, se resume en la feliz expresión de Clark (1989): "pequeños mundos", "mundos diferenciados".

En efecto, cada disciplina es una entidad epistemológica y social, con su peculiar estructura de producción y comunicación, una cultura particular del "colegio invisible" que forman sus miembros, los cuales dominan unos aparatos conceptuales y metodológicos distintivos y reconocen ciertas filiaciones con las figuras de referencia de su campo, símbolos de legitimidad e identidad. Los miembros de cada colegio se congregan en torno a tópicos o temas de investigación, publican de preferencia en determinadas revistas indexadas, tiene un sentido de su propia estima y poder, y disputan y negocian las fronteras de sus dominios con los demás territorios cognitivos contiguos.

En la huella de Becher (1989, 1994a) y Becher y Trowler (2001), que por primera vez emplearon el término de "tribus" para estudiar etnográficamente a estas comunidades epistémicas, las disciplinas son vistas contemporáneamente como "reservorios de formas de conocimiento

que, en combinación dinámica con otros fenómenos estructurales, pueden condicionar prácticas de comportamiento, conjuntos de discursos, formas de pensar, procedimientos, respuestas emocionales y motivaciones. En conjunto, esta constelación de factores da lugar a disposiciones estructuradas para los profesionales de la disciplina que, en combinación con fuerzas externas, las remodelan. Aunque dentro de una misma disciplina pueden competir prácticas alternativas recurrentes, existe un conocimiento de fondo común sobre las figuras clave, los conflictos y los logros. Las disciplinas adoptan una forma organizativa, tienen jerarquías internas y otorgan poder de forma diferenciada, lo que les confiere ventajas y desventajas" (Trowler, 2014:24-25).

Con todo, este abigarrado o variegado mundo de las disciplinas con su proliferación de nuevos especialismos de la razón científico humanista, no ha llevado propiamente a una torre de babel (Becher, 1994b; Phillips, 2005), como se proclama o lamenta habitualmente. Un lugar, por tanto, donde reinarían el desorden de las lenguas y, eventualmente, la incomunicación o a una guerra cultural de todos contra todos.

Ya lo vimos: hay un orden de los territorios, de su segmentación y clasificación, y canales de comunicación, y una lingua franca de las comunidades epistémica, al igual que unas complejas estructuras de comunicación entre los territorios locales, nacionales, regional y globales ("glonacales"), donde prevalecen efectos geopolíticos, socioeconómicos y culturales de todo tipo: norte /sur y sus epistemologías (Guzmán-Valenzuela et al., 2021), redes de dominación y subordinación,

revistas indexadas y mediciones de impacto, índices H y altmétricas, desplazamientos de fronteras entre especialismos, alianzas, luchas por recursos y prestigios. En breve, se trata de anarquía organizadas (Cohen et al., 1972, 2012), con dinámicas cognitivas internas. a cada disciplina, auto expansivas y a veces invasivas (piénsese en la economía o la informática) y sujetas a fenómenos de entornos que, a su vez, afectan aquellas dinámicas internas.

En el lenguaje del campo de estudios de la educación superior, la manera más sintética de entender esos fenómenos, es mediante fórmulas que buscan dar cuenta de las transformaciones claves que experimenta la relación entre ciencia y sociedad, tales como empresarialización de las ciencias, triple y cuádruple hélices, gerencialismo institucional, mercantilización del conocimiento, industrialización de la enseñanza terciaria, difusión de la idea norteamericana de world class universities, nuevos modos híbridos de producción del conocimiento, etc.

En suma, estaríamos transitando de la universidad de la razón autónoma e incondicionada de Kant (recuperada a fines del siglo XX por Derrida (2010) en una famosa conferencia) a la racionalización (empresarialización y burocratización) de la universidad, que se incorpora así al movimiento global del capitalismo académico en alguna de sus numerosas variedades nacionales (Brunner et al., 2019, 2021). A su turno, de una universidad altamente racionalizada se espera efectividad en el cumplimiento de sus funciones, eficiencia en el uso de los recursos y, sobre todo, que ella

produzca vis-a-vis a la sociedad y el Estado “value for money”, fórmula atribuida a una ex primera ministra británica de reconocida “fama neoliberal”.

Desde el punto de vista de las disciplinas, el ingreso a este nuevo orden de conocimiento significa, adicionalmente, una suerte de cuestionamiento de su status puramente académico se dice, a la manera de silos separados vueltos sobre sí mismos, ensimismados, en una nueva versión—ahora negativa—de la torre de marfil. Las disciplinas, en breve, se habrían vuelto un obstáculo que impediría “funcionalizar” a la universidad al servicio de la solución de los mayores problemas que enfrentan nuestras sociedades, tales como el calentamiento global, el crimen organizado, las desigualdades étnicas y de clase social, la transición energética, la eliminación del hambre y la miseria, etc.

Es decir, se estaría produciendo un inadvertido cambio de marea: desde una concepción académica descentralizada y plural de disciplinas que trabajan con conocimiento avanzado, mediante arreglos flexibles y de múltiples traslapes y entrecruzamientos, sobre todo en su proyección hacia el entorno de sociedad, hacia una concepción que supone que la complejidad de los problemas, sobre todo aquellos denominados como “tóxicos” (Lawrence et al., 2022), ya no podría ser abordada disciplinariamente (por una sola disciplina, en singular), ni siquiera multidisciplinariamente (entre varias disciplinas convergentes), sino que necesitaría un tratamiento interdisciplinario o transdisciplinario (Schroeder, 2022).

La investigación multidisciplinar, ampliamente reconocida en la literatura contemporánea, es la cooperación de investigadores de varias disciplinas diferentes, cada uno trabajando en su propio contexto académico (“pequeño mundo”) con poca fertilización cruzada entre disciplinas, compartiendo información y resultados al final de la investigación para apoyar los hallazgos generales combinados. Un paso ulterior de la investigación multidisciplinaria es la convergencia de investigadores de distinto origen disciplinar en un mismo campo de estudio que desarrolla sus propios marcos conceptuales o teorías, métodos de trabajo, lenguaje cuasi disciplinar, revistas indexadas separadas, congresos y asociaciones de investigadores, etc., como ocurre con el campo de estudios de la educación superior (Tight, 2020).

En cuanto a la investigación interdisciplinaria, si bien no hay una única definición en la literatura para ella, suele emplearse aquella provista por la Academia Nacional de Ciencias (2004) de los Estados Unidos: “un modo de investigación por equipos o individuos que integra información, datos, técnicas, herramientas, perspectivas, conceptos y/o teorías de dos o más disciplinas para avanzar en la comprensión fundamental o para resolver problemas cuyas soluciones están más allá del alcance de una disciplina o área de práctica de investigación” (National Academy of Sciences, 2004). Este último aspecto es esencial, al punto que la mayor parte de la literatura que promueve este enfoque señala a la resolución de problemas como la principal promesa de la investigación interdisciplinaria, sea básica o aplicada; o sea, problemas que las disciplinas individuales no podrían resolver por sí solas.

De modo que esta investigación, distinta de la investigación multidisciplinar, requiere una interpenetración profunda entre varias disciplinas, incluyendo la comprensión de las respectivas terminologías y métodos por parte de los participantes y, se supone, una transformación de las culturas previas de las respectivas comunidades de origen para asumir una nueva perspectiva epistémica (Shanableh et al., 2022). En concreto, implicaría una interacción que incluye la transferencia de métodos y conocimientos entre disciplinas académicas, pudiendo a veces conducir, incluso, al desarrollo de lo que con el tiempo se consideran nuevas disciplinas académicas, con sus propios conocimientos, enfoques y delimitaciones respecto a otras disciplinas (Jacobs y Frickel, 2009).

Como sea, la investigación interdisciplinaria permanece aún dentro del universo de las disciplinas, singulares o convergentes; sería por tanto un paso más avanzado de integración, llevada a cabo, como dijimos, en función de mejor comprender y actuar sobre problemas complejos de la sociedad, en vistas a su resolución.

Distinta es la transdiscipliniedad, que suele considerarse un modo de investigación y producción de conocimiento que resulta del trabajo con partes interesadas ajenas al sistema académico.

Según señalan Lawrence et al. (2022), un examen cuidadoso de la literatura sobre la investigación transdisciplinaria permite identificar siete características clave de la misma:

- Un enfoque centrado en la unidad teórica del conocimiento, en un esfuerzo por trascender las fronteras disciplinarias, o sea, podemos agregar por nuestra parte, un regreso a la idea de una ciencia unificada bajo una filosofía común, en este caso, la filosofía pragmática de la relevancia y del resolver problemas complejos.
- La inclusión dentro de la investigación transdisciplinar, de la investigación académica multidisciplinar e interdisciplinar.
- La participación de agentes sociales (no académicos) o partes interesadas externas en los procesos de indagación, quizá el rasgo más fundamental de la investigación transdisciplinaria.
- Un centramiento en situaciones o problemas concretos, complejos del mundo real y relevantes para la sociedad.
- Un trabajo transformador con y sobre los conocimientos aportados por la academia yendo más allá de ellos hacia los problemas del “mundo real” para apoyar proactivamente la intervención y resolución de los problemas.

En el campo de la sociología de la educación superior, este movimiento hacia la investigación transdisciplinaria, sea que ocupe el conocimiento proveniente de disciplinas STEM o de las ciencias sociales, humanidades y artes, se conoce—y ha sido estudiado ampliamente—bajo la designación de modo de producción dos (MP2). O sea, uno distinto al MP1, típicamente académico, mono disciplinar (singular), y a la investigación multidisciplinar (plural, convergente), y también a la investigación de campos de estudio que nacen de aproximaciones multidisciplinarias, como el

campo de estudios de la educación superior, mencionado más arriba.

Según los autores que han contribuido a conceptualizar el MP2, entre sus rasgos fundamentales se encuentra el hecho de operar en contextos de aplicación a problemas existentes en el “mundo real”; ser transdisciplinario, es decir, no depender de la estructura cognitiva y la división del trabajo académico para volcarse más allá de las disciplinas a trabajar en colaboración con otras fuentes de saberes; es por lo mismo heterogéneo, pues el conocimiento se genera no únicamente desde la vertiente académica sino desde múltiples lugares como comunidades del entorno, industrias, movimiento sociales, minorías étnicas, etc. Además, sería más reflexivo al considerar diversas perspectivas de los grupos participantes y usa nuevas formas de comunicación y de control de calidad, distintos de la revisión por pares y las publicaciones en revistas indexadas, al estar sujeto a una diversidad de intereses y expectativas propias de los grupos que intervienen en cada caso de MP2 (Gibbons et al., 1994; Nowotny et al., 2001).

Si bien existen diversas formulaciones y modulaciones de la idea de que no solo sería posible sino necesario trascender y liberarse de las disciplinas, sus silos y del volcamiento hacia el interior de las comunidades epistémicas, e independiente de cuán sólidamente fundadas ellas estén, no se repara suficientemente, sin embargo, en los problemas que traería consigo el reemplazo o debilitamiento de estas estructuras cognitivas y sociales. Conviene pues, antes

de terminar, ofrecer algunos indicios de esos riesgos.

Primero, cabe reiterar que actualmente las disciplinas gozan, de hecho y derecho, de una buena salud institucional. Proporcionan un orden interno al sistema universitario, sirven como base para la división y organización del trabajo académico, articulan los currículos de la docencia universitaria, constituyen la estructura colegial de la academia, proporcionan una clasificación del conocimiento a nivel mundial y guían la asignación de recursos fiscales a las labores de investigación. Además, regulan la carrera de los académicos, las comunicaciones entre pares y con el público, otorgan el vínculo asociativo principal del colegio invisible, constituyen la plataforma de asociación de las correspondientes sociedades científicas y marcan el ethos y la identidad de las comunidades disciplinares.

Segundo, estos “pequeños mundos”, “mundos diferentes” continúan por su lado siendo la base principal de sustentación de las universidades que han alcanzado un grado mayor complejidad. En efecto, estos grupos construyen “de abajo hacia arriba” a la institución, dotándola de una autoridad legítima dentro de la sociedad del conocimiento. Dan lugar a la lógica colegial—de trabajo y comunicación—que, en el espíritu de Humboldt, da sustento a las comunidades epistémicas y alimenta el ethos la universidad que la separa de otras organizaciones.

Tercero, la pregunta de qué lógicas institucionales podrían reemplazar el espíritu y las prácticas colegiales de suprimirse

o disolverse las disciplinas, no ha sido respondida satisfactoriamente hasta ahora. ¿Acaso no quedaría librada la universidad a una atomización de sus “pequeños, diferentes mundos”, pasando a regirse, hacia dentro por lógicas burocráticas y, hacia fuera, por lógicas de emprendimiento orientadas al intercambio de servicios por recursos? (Knuuttila, 2013).

Cuarto, a su turno, en ausencia del tejido basal proporcionado actualmente por las disciplinas a la universidad, sostén también de su densidad cognitiva, ¿cómo podría asegurarse una educación que satisfaga los tres fines señalados por Biesta (2020) para la educación? Al contrario, una universidad atomizada internamente y dedicada de preferencia a la investigación transdisciplinaria en contextos de aplicación, ¿qué educación podría ofrecer, que no fuese la adquisición de habilidades prácticas carentes de una base disciplinaria de teorías y conceptos? De manera similar, las aproximaciones multidisciplinarias, interdisciplinarias y transdisciplinaria al currículo y la enseñanza no encuentran fácilmente acomodo en la organización universitaria, incluso en sus versiones más flexibles. No hay cursos para esas tres disciplinaridades; son prácticas de trabajo y deben enseñarse como tales, en el desarrollo de proyectos, laboratorios y módulos de experimentación (Spelt et al., 2009).

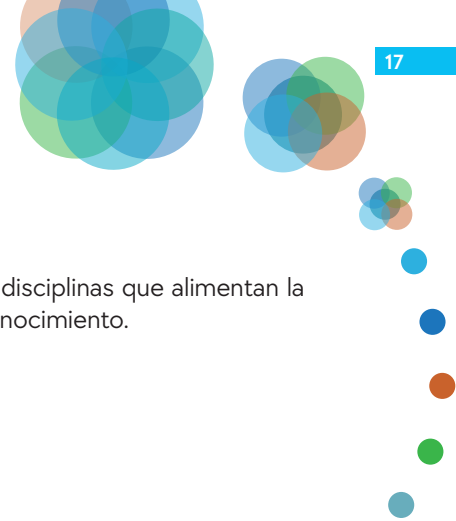
Quinto, por lo demás, el alegato de que las disciplinas necesitan sustituirse por emprendimientos de tipo transdisciplinario, dado que aquellas impiden a la universidad acercarse y abordar problemas complejos del “mundo real” parece infundado. En

efecto, está a la vista que las disciplinas académicas, tal como en la actualidad se hallan estructuradas, junto con iniciativas de carácter multidisciplinar e interdisciplinarias, generan abundante conocimiento e instrumental para identificar problemas de la sociedad e intervenir sobre ellos directamente o a través de iniciativas de tipo MP2 que ocupan un lugar cada vez mayor en la interfase entre ciencia y sociedad.

Sexto, por último, las disciplinas son necesarias si se desea que la universidad subsista como un componente institucional robusto frente al Estado y a los mercados, como tercer vértice del Triángulo de Clark (1986). Esto supone que la investigación pueda desenvolverse dentro de un amplio registro, respondiendo tanto a problemas internos de las disciplinas y a los intereses cognitivos de los investigadores guiados por la curiosidad. Y no solo a las prioridades de la investigación con misión, o a demanda de partes interesadas externas, o en términos de servicios, sea de bien público o de relevancia privada. Por importante que aparezcan las misiones, prioridades y objetivos externos a la universidad, su último sustento continúa siendo las disciplinas y sus comunidades, las que deben servir, asimismo, como palanca para levantar iniciativas multidisciplinarias, interdisciplinarias y de tipo MP2.

Dicho, en otros términos, la colegialidad de las disciplinas no debe subordinarse nunca completamente, ni ser racionalizada íntegramente, en beneficio de prioridades político-estatales o por motivos de capitalización en el mercado. En cambio, ambos propósitos poseen un legítimo espacio en organizaciones que mantienen

en su centro las disciplinas que alimentan la expansión del conocimiento.



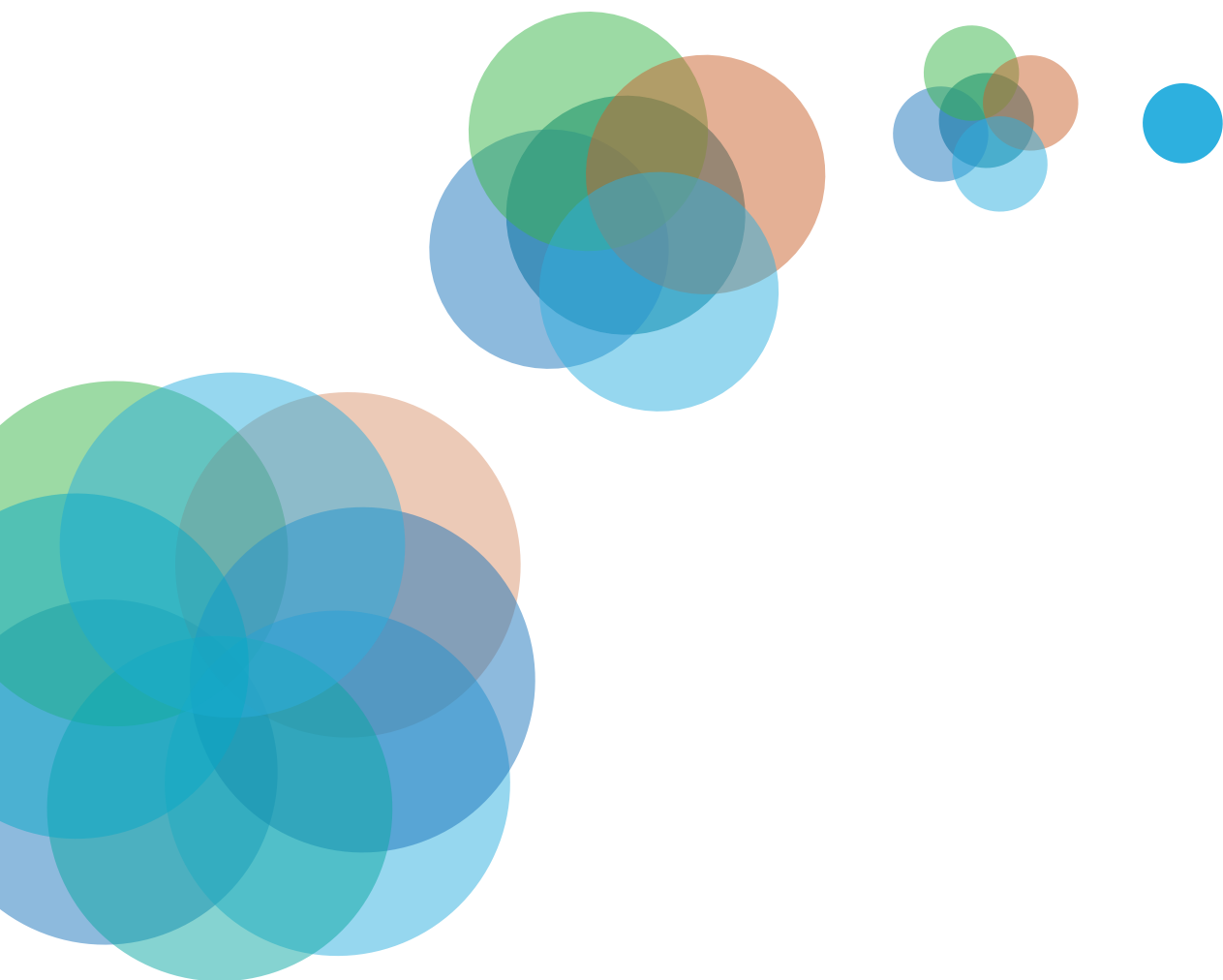
REFERENCIAS

- Becher, T. (1994a). The significance of disciplinary differences, *Studies in Higher education*, 19(2), 151-161.
- Becher, T. (1994b). Esperantists in a Tower of Babel, *Issues in Integrative Studies* 12, 23-41.
- Becher, T. (1989). *Academic Tribes and Territories: Intellectual Enquiry and the Cultures of Disciplines*, SRHE and Open University Press, Buckingham, UK.
- Biesta, G. (2020). Risking ourselves in education: Qualification, socialization, and subjectification revisited. *Educational Theory*, 70(1), 89-104.
- Brunner, J.J. (2024). Facultades de derecho: hitos sociohistóricos de una jerarquización disputada. Alejandro Vergara Blanco (ed.), *Grandes juristas - su aporte a la construcción del derecho*, Ediciones UC, Santiago.
- Brunner, J. J., Labraña, J., Rodríguez-Ponce, E. & Ganga, F. (2021). Variedades de capitalismo académico: un marco conceptual de análisis. *Education Policy Analysis Archives*, 29, 35-35.
- Brunner, J. J., Labraña, J., Ganga, F. & Rodríguez-Ponce, E. (2019). Circulación y recepción de la teoría del "capitalismo académico" en América Latina. *Archivos Analíticos de Políticas Educativas* 27(79), 2.
- Clark, B.R. (1986), *The Higher Education System: Academic Organization in Cross-National Perspective*, *Review of Education*, 8 (3), 229-237
- Clark, B. R. (1989). The academic life: Small worlds, different worlds. *Educational Researcher* 18(5), 4-8.
- Cohen, M. D., March, J. G., & Olsen, J. P. (2012). A Garbage Can Model at forty: a solution that still attracts problems. In *The garbage can model of organizational choice: Looking forward at forty*, Emerald Group Publishing Limited, 19-30.
- Cohen, M. D., March, J. G., & Olsen, J. P. (1972). A garbage can model of organizational choice. *Administrative Science Quarterly*, 1-25.
- Covington, M.A. (2005). *Scientia Sermocinalis: Grammar in Medieval Classifications of the Sciences*. Nicola McLelland and Andrew Linn (eds.), *Flores Grammaticæ: Essays in Memory of Vivien Law*, Nodus Publikationen, Münster, 49- 54.

- de Ridder-Symoens, H. (Ed.). (1992). A history of the university in Europe: Volume 1, Universities in the Middle Ages, Cambridge University Press.
- Derrida, J. (2010). La universidad sin condición, Trotta, Madrid. <https://www.ses.unam.mx/curso2010/pdf/M3S1-DerridaJacques.pdf>
- Frank, D.J. & Meyer, J. W. (2020). The university and the global knowledge society. Princeton university Press, Princeton. SBN: 9780691202051, 200p
- Füssel, M. (2011). The conflict of the faculties: Hierarchies, values and social practices in early modern German universities. M. Füssel, History of Universities, Volume XXV/2, Oxford University Press, Oxford, UK, 80-110.
- Gibbons, M., Limoges C., Nowotny, H., Schwartzman, S., Scott, P. & Trow, M. (1994). The new production of knowledge, Sage Publications, London.
- González, E. G. (1983). Humanistas contra escolásticos. Repaso de un capítulo de la correspondencia de Vives y Erasmo. Revista de Filosofía DIÁNOIA, 29(29), 135-161.
- Guzmán-Valenzuela, C., Queupil, J. P. & Ríos-Jara, H. (2021). Global and peripheral identities in the production of knowledge on higher education reforms: The Latin American case, Higher Education Policy, 34, 321-343.
- Jacobs, J.A. & Frickel, S. (2009). Interdisciplinarity: a critical assessment. Annu. Rev. Sociol. 35, 43–65. doi.org/10.1146/annurev- soc-070308-115954.
- Kant, I. (1798, 1999). La contienda entre las facultades de filosofía y teología, Editorial Trotta.
- Knuuttila, T. (2013). Science in a new mode: good old (theoretical) science versus brave new (commodified) knowledge production?. Science & Education, 22, 2443-2461.)
- Lawrence, M. G., Williams, S., Nanz, P. & Renn, O. (2022). Characteristics, potentials, and challenges of transdisciplinary research. One Earth, 5(1), 44-61.
- National Academy of Sciences (2004). Facilitating Interdisciplinary Research, Washington DC, Natl. Acad.
- Nowotny, H., Scott, P. & Gibbons, M. (2001). Re-thinking science: knowledge and the public in an age of uncertainty, Cambridge: Polity Press.

- Nybom, T. (2003). The Humboldt Legacy: Reflections on the Past, Present, and Future of the European University. *Higher Education Policy*, 16(2), 141-159.
- Phillips, B. (2001). *Beyond Sociology's Tower of Babel: Reconstructing the Scientific Method*, Aldine, New York.
- Shanableh, A., Aderibigbe, S., Omar, M. & Shabib, A. (2022). Challenges and Opportunities of Multi-Disciplinary, Inter-Disciplinary and Trans-Disciplinary Research. In A. Badran, E. Baydoun, J.R. Hillman (eds) *Higher Education in the Arab World: Research and Development*, Springer, Cham. doi.org/10.1007/978-3-030-80122-9_18
- Schofer, E., Ramirez, F. O. & Meyer, J. W. (2021). The societal consequences of higher education. *Sociology of Education*, 94(1), 1-19.
- Schroeder, M. J. (2022). Multidisciplinarity, interdisciplinarity, and transdisciplinarity: The tower of Babel in the age of two cultures. *Philosophies*, 7(2), 26.
- Schwemmer, C. & Wieczorek, O. (2020). The methodological divide of sociology: Evidence from two decades of journal publications. *Sociology*, 54(1), 3-21.
- Snow, C.P. (1959, 1993). *The two cultures and the scientific revolution*, with an introduction by Stefan Collini. Originally published by Cambridge University Press, Cambridge University press, UK.
- Spelt, E. J., Biemans, H. J., Tobi, H., Luning, P. A. & Mulder, M. (2009). Teaching and learning in interdisciplinary higher education: A systematic review. *Educational Psychology Review*, 21, 365-378.
- Tight, M. (2020). Higher education: discipline or field of study?. *Tertiary Education and Management*, 26(4), 415-428.
- Trowler, P. (2014). Academic Tribes and Territories: the theoretical trajectory, *Österreichische Zeitschrift für Geschichtswissenschaften*, 25(3), 17–26. doi.org/10.25365/oezg-2014-25-3-2





**DESDE LA DISCIPLINA
A LA INTER Y TRANSDISCIPLINA:
UNA MIRADA DESDE LOS RECURSOS HÍDRICOS**



CAPÍTULO 2

DESDE LA DISCIPLINA HACIA LA INTER Y TRANSDISCIPLINA PARA APORTAR A LA SOLUCIÓN DE PROBLEMAS DE LA SOCIEDAD ACTUAL

Gladys Vidal

Centro de Recursos Hídricos para la Agricultura y Minería (CRHIAM).

Grupo de Ingeniería y Biotecnología Ambiental (GIBA-UdeC). Facultad de Ciencias Ambientales. Universidad de Concepción.

Sergio Lavandero

Centro Avanzado de Enfermedades Crónicas (ACCDiS), Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas/Facultad de Medicina, Universidad de Chile.

RESUMEN

La “sociedad del conocimiento” es un concepto referido a la transformación de la sociedad hacia una economía y cultura basada en la generación, distribución y uso del conocimiento. En ella, el conocimiento se convierte en un recurso fundamental para el progreso social, económico y tecnológico. La universidad ha sido un activo protagonista de esta sociedad al generar conocimiento y formar capital humano especializado en el último siglo, muchas veces vinculando la investigación y educación en la formación de postgrado.

Por mucho tiempo esta aproximación de generación de conocimiento por indagación o curiosidad ha sido deseada, premiada y considerada suficiente para el desarrollo de

la humanidad. Sin embargo, la producción de conocimiento ha sido sistematizada e institucionalizada, reforzando la creencia de que, por ejemplo, los problemas sociales y ambientales podrían resolverse mediante más producción de conocimiento. Sin embargo, este concepto está bajo el escrutinio de una sociedad más exigente y empoderada que comprueba que mayor conocimiento no redunde en mejor calidad de vida, sociedades más saludables, ciudades sostenibles, niveles económicos más estables, entre otros.

Todo lo antes indicado, pone en tela de juicio la creación de conocimiento por curiosidad o indagación y se fortalece la necesidad de la generación de “conocimiento por misión”. Esta última corresponde a un enfoque de investigación centrado en abordar problemas y desafíos específicos y bien definidos. En lugar de llevar a cabo investigaciones sin una orientación clara, la investigación por misión se dirige hacia objetivos concretos y orientados a la solución de problemas. Sus principales características son: a) Establecer objetivos claros y específicos que se relacionan con la resolución de un problema o desafío particular; b) Relevancia y aplicación práctica y directa; c) Inter y trans disciplinariedad: Requiere la colaboración de expertos de diversas disciplinas para abordar un problema complejo desde diferentes ángulos y perspectivas. Bajo esta aproximación, el abordaje del conocimiento deberá movilizarse desde la disciplina a la inter y transdisciplina, con el objetivo de generar evidencia científica colaborando con las partes interesadas que están fuera del mundo académico; d) Financiamiento dirigido: Los proyectos de investigación por misión a menudo reciben financiamiento de or-

ganizaciones gubernamentales, fundaciones o empresas que están interesadas en resolver un problema específico; e) Evaluación de resultados en función de su capacidad para abordar el problema planteado y producir soluciones efectivas. Se espera que los resultados tengan un impacto medible y positivo en la resolución del problema.

En resumen, la investigación por misión es un enfoque que se ha vuelto cada vez más relevante en un mundo en el que los problemas globales y locales requieren soluciones específicas y efectivas.

Este enfoque permite que los recursos se asignen de manera más eficiente para abordar desafíos críticos y mejorar la calidad de vida de las personas.

1. PERSPECTIVA HISTÓRICA DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA

El desarrollo de la ciencia y la tecnología se entiende mejor cuando se advierten los cambios de las sociedades, junto con los cambios en los paradigmas del conocimiento. Para entender mejor este tema es posible darse cuenta de que las ciencias -físicas, naturales y sociales- nacieron de la preocupación de pensadores de disciplinas humanísticas, fundamentalmente filósofos e historiadores.

Por su parte, el desenvolvimiento de la tecnología puede analizarse en dos grandes etapas. La primera podemos llamarla mecánica, y viene de tiempos remotos, probablemente prehistóricos, en la que los seres humanos

fueron diseñando con sus manos, algunas herramientas para su defensa, el procesamiento de sus alimentos, la manufactura de sus vestidos y para la caza o domesticación de animales. La segunda etapa está vinculada a las ciencias experimentales y exactas y se da como aplicación de principios científicos. Esta segunda tecnología, empieza a darse paralelamente al desarrollo de estas últimas ciencias, pero no se abandona totalmente el diseño mecánico de herramientas y utensilios que viene de la primera etapa. Así pues, sí puede afirmarse que la tecnología de la segunda etapa es mucho más poderosa y permite la solución de problemas humanos y sociales de gran magnitud. La revolución industrial se beneficia notablemente de las nuevas tecnologías. La llamada era de la información, en la que el desarrollo de las sociedades se va perfeccionando con el uso de la informática, los medios masivos y el proceso de globalización, están notablemente marcados por la intensa utilización de tecnologías informáticas basadas en principios científicos obtenidos de las matemáticas, la física, la química, la óptica y otras.

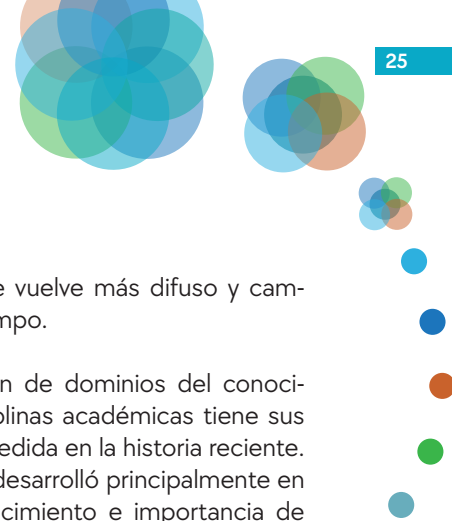
Una vez que las ciencias empíricas se han consolidado como tales, por haber desarrollado sus objetos propios de estudio, sus metodologías y estrategias de investigación, empiezan a presentar con mayor firmeza sus hallazgos, sus principios y leyes. Es posible indicar que las disciplinas académicas son producto de la forma en que los científicos en su campo de estudio organizan sus conocimientos para obtener una mejor comprensión del mundo (Rutting et al., 2016). Según Rutting et al (2016) la estructura disciplinaria no proporciona una representación perfecta del mundo que habitamos y los límites entre

las disciplinas se vuelve más difuso y cambiante con el tiempo.

La actual división de dominios del conocimiento en disciplinas académicas tiene sus raíces en gran medida en la historia reciente. Esta división se desarrolló principalmente en respuesta al crecimiento e importancia de las actividades y la educación científica, junto con el rápido crecimiento de las comunidades científicas (en universidades, academias, empresas comerciales y otras asociaciones) desde el siglo XIX en adelante. Para poder organizar estas comunidades, se propusieron clasificaciones y otros sistemas (Abma, 2011; Frodeman, 2011).

A pesar de su creación relativamente reciente, las disciplinas que surgieron han sido muy dominante en la organización del sistema científico y la aplicación de sus resultados para la sociedad. El desarrollo de disciplinas ha tenido ventajas para el desarrollo del conocimiento, principalmente porque las disciplinas permiten la producción y transferencia de conocimientos más específicos y profundos. Las leyes y regularidades se vuelven más evidentes cuando los científicos los estudian de forma aislada de otras características de un objeto de investigación. Este permite a los científicos dedicarse por completo a una causa particular y su efecto.

Los proyectos de investigaciones en Chile son organizados de acuerdo con las disciplinas definidas por la OCDE (Organización para la Cooperación de Desarrollo Económico). El año 2002 se realizó una revisión de la clasificación del campo de ciencia y tecnología (CCT). En particular fue necesario



reexaminar la clasificación del CCT y buscar una adecuación a la investigación y desarrollo (I+D) en el sector público, a fin de reflejar los últimos cambios en el ámbito de la ciencia y la tecnología, especialmente en lo que respecta a campos tecnológicos emergentes como las TIC (Tecnologías de la información y la Comunicación), la biotecnología y la nanotecnología. El Grupo de Trabajo de Expertos Nacionales en Ciencia y Indicadores Tecnológicos (NESTI) decidió crear un grupo de trabajo para trabajar en la revisión de la clasificación de CCT. El Grupo de Trabajo (2002) de la OCDE estuvo dirigido por Jan C. G. van Steen (Países Bajos) e incluyó Australia, Noruega, Portugal, así como EUROSTAT (Oficina Europea de Estadística) y UNESCO (United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization) (OECD, 2007). La Figura 1 muestra una clasificación revisadas del campo de ciencia y tecnología según la OCDE.

1. Ciencias Naturales

- 1.1 Matemáticas
- 1.2 Ciencias de la información y la informática
- 1.3 Ciencias físicas
- 1.4 Ciencias químicas
- 1.5 Ciencias de la Tierra y ciencias ambientales
- 1.6 Ciencias biológicas
- 1.7 Otras ciencias naturales

2. Ingeniería y Tecnología

- 2.1 Ingeniería civil
- 2.2 Ingeniería eléctrica, ingeniería electrónica, ingeniería informática
- 2.3 Ingeniería mecánica
- 2.4 Ingeniería química
- 2.5 Ingeniería de materiales
- 2.6 Ingeniería médica
- 2.7 Ingeniería ambiental
- 2.8 Biotecnología ambiental
- 2.9 Biotecnología industrial
- 2.10 Nanotecnología
- 2.11 Otras ingenierías y tecnologías

3. Medicina y Ciencias de la Salud

- 3.1 Medicina básica
- 3.2 Medicina clínica
- 3.3 Ciencias de la salud
- 3.4 Biotecnología sanitaria
- 3.5 Otras ciencias médicas

4. Ciencias Agrícolas

- 4.1 Agricultura, silvicultura y pesca
- 4.2 Ciencia animal y láctea
- 4.3 Ciencias veterinarias
- 4.4 Biotecnología agrícola
- 4.5 Otras ciencias agrícolas

5. Ciencias Sociales

- 5.1 Psicología
- 5.2 Economía y negocios
- 5.3 Ciencias de la educación
- 5.4 Sociología
- 5.5 Leyes
- 5.6 Ciencias políticas
- 5.7 Geografía social y económica
- 5.8 Medios y comunicaciones
- 5.9 Otras ciencias sociales

6. Humanidades

- 6.1 Historia y arqueología
- 6.2 Lenguas y literatura
- 6.3 Filosofía, ética y religión
- 6.4 Arte (artes, historia del arte, artes escénicas, música)
- 6.5 Otras humanidades

FIGURA 1. Clasificación revisada del campo de ciencia y tecnología según la OECD.

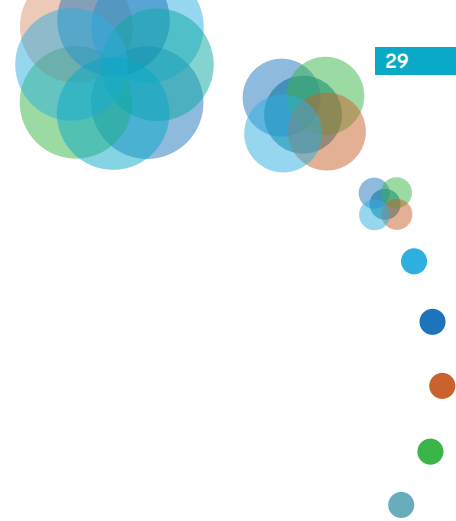
En muchas disciplinas, la ciencia reduccionista (que sostiene que un sistema complejo puede entenderse mediante la investigación de sus partes constitutivas) ha tenido éxito para lograr los avances que conocemos en el mundo actual. Por ejemplo, habilitó científicos para identificar las leyes primarias de la naturaleza. Sin embargo, en el siglo XX, los científicos comenzaron a darse cuenta de que muchos (pero no todos) fenómenos y problemas podrían no se pueden entender estudiando sólo sus partes más simples y su comportamiento en ambientes de aislamiento. La lógica del “todo es más que la suma de sus partes” se ha convertido en un eslogan anti-reduccionista y ha demostrado ser correcto en numerosos campos de las ciencias como la biología, la medicina y la sociología (Mitchell, 2009).

Es importante indicar que, tanto la ciencia reduccionista como la holística son valiosas, dependiendo del tipo de problemas estudiados. Por lo tanto, la investigación interdisciplinaria normalmente involucra tanto reduccionismo (extraer ideas de diversas disciplinas) y holismo (integrar conocimientos de diversas disciplinas hacia una comprensión más amplia). A medida que el conocimiento se genera, almacena y transfiere dentro de disciplinas separadas, las disciplinas también desempeñan funciones de socialización. Es decir, estudiantes de una determinada disciplina pueden aprender no sólo sobre el tema de esa disciplina en particular, sino también sobre las costumbres, métodos más comunes, convenciones y supuestos que son inherentes a esa disciplina. A través del proceso de

compartir estas ideas con estudiantes desde su introducción a la disciplina, a través de la educación y a través de revisión por pares de publicaciones en revistas y libros académicos; de esta forma las disciplinas son continuamente evaluadas y reforzadas. En resumen, a través de la institucionalización de las diferentes disciplinas, se ha creado un sistema estructurado de ciencia en el que la calidad del conocimiento es monitoreado y garantizado. Sin embargo, este sistema también puede limitar innovaciones interdisciplinarias (Abma, 2011, Frodeman, 2011, Rutting et al., 2016).

A finales del siglo XX, los seres humanos empezaron a experimentar una serie de cambios vertiginosos en la sociedad y dificultades cada vez mayores para que los estados o naciones controlen a sus poblaciones. Las migraciones se intensifican y alojan a miembros de distintas culturas, costumbres y religiones, en sociedades avanzadas o desarrolladas. Los migrantes invaden estas ciudades de países que se han llamado metropolitanos, en busca de trabajo y mejores condiciones de vida, saturando sus sistemas de salud y educativos. También plantean los migrantes retos a esas sociedades para respetar sus creencias y, más todavía, para asimilarlas. Vivimos cada vez más en sociedades “líquidas” como dice Bauman, en las que las instituciones se desvanecen o se muestran impotentes para cumplir sus objetivos. Los estados nacionales no son ya los que ejercen el poder en ellas, sino que se han desarrollado poderes globales, que toman decisiones por encima de sus autoridades (Paoli Bolio, 2018).

A pesar de todo lo indicado anteriormente, como resultado de los avances tecnológicos y la globalización, los problemas se están volviendo tan complejos que sólo pueden resolverse mediante la cooperación entre científicos de diferentes disciplinas. La atención sanitaria, el cambio climático, la seguridad alimentaria, la globalización y la calidad de vida son sólo algunos ejemplos de cuestiones que requieren que los científicos trabajen en todas las disciplinas. En diversos casos, es necesario involucrar a partes interesadas extra-académicas para llegar a soluciones sólidas. Se está pidiendo a los jóvenes académicos que vayan más allá de los límites de las disciplinas tradicionales para contribuir a abordar problemas fundamentales, a menudo sociales. Como resultado de estos avances, un enfoque interdisciplinario se está volviendo cada vez más necesario y popular en la educación superior. Los estudiantes que se están formando en el siglo XXI necesitan aprender más sobre cómo integrar y aplicar conocimientos, métodos y habilidades de diferentes campos.



2. DEFINICIONES DE INTER, MULTI Y TRANSDISCIPLINA

Una forma de definir es por medio del objeto de estudio, y la forma en que la interacción de disciplinas, y de éstas con otros sectores, producen nuevo conocimiento.

2.1. Multidisciplina

La multidiscipliplina está relacionada con tópicos de investigación de una disciplina con el soporte de otras disciplinas; todas juntas generan múltiples dimensiones, pero siempre al servicio de una disciplina que lidera la investigación. Los elementos disciplinares retiene la identidad original de la disciplina. La multidiscipliplina genera fomenta conocimientos, información y métodos más amplios (European Peer Review Guide, 2011, www.esf.org). Dicho de otro modo, la investigación multidisciplinaria involucra más de una disciplina, pero sin integración. Los resultados de las disciplinas involucradas se comparan y posteriormente se extraen conclusiones de cada una de las disciplinas individuales, pero no hay integración de las ideas disciplinares (Ritting et al., 2016).

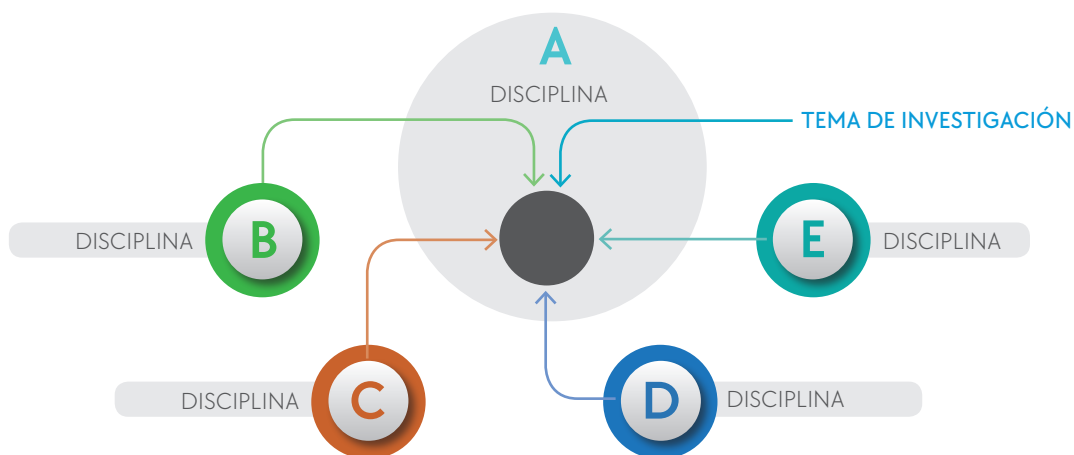


FIGURA 2.

Investigación de un tópico considerando una mirada multidisciplinaria.

Los problemas más complejos como pueden ser el funcionamiento del cerebro que implica una serie de procesos químicos, fisiológicos y biológicos combinados; o en otro ámbito, la operación de las megaciudades que requieren de conocimientos matemáticos, administrativos, sociológicos, económicos, políticos, jurídicos, psicológicos, comunicacionales y varios más. Los problemas generados por el cambio climático que exige conocimientos de física, biología, química y otras, requieren la participación y cooperación de personas conocedoras de esas disciplinas y de procedimientos para su aplicación, a fin de lograr un buen diagnóstico y recomendaciones adecuadas. Los que conocen y practican la multidisciplinaria tienen que sumar esfuerzos para entender y dar solución a esos complicados fenómenos o sistemas (Paolio Bolio, 2018).

La investigación sobre la obtención de un fármaco específico necesita que la farmacología pueda trabajar con otras disciplinas complementarias como la bioquímica, química y medicina.

Muchos temas o asignaturas, como las llamamos en el ámbito de la educación formal, tienen un contenido multidisciplinario. Por ejemplo, el estudio del Estado que normalmente se ve en carreras de Derecho, Ciencias Políticas, Antropología, Economía o Sociología, requiere de conocimientos de varias disciplinas. Todas ellas estudian el fe-

nómeno de la organización del Estado para gestionar a una sociedad. Los elementos filosóficos que concurren a explicar al Estado son de tipo económico, para financiar a sus órganos (contribuciones o impuestos); históricos, para ver la formación de sus órganos y aparatos; derecho para entender su estructuración u organización jurídica. Sin la concurrencia de esas disciplinas no se puede entender, ni explicar el funcionamiento del Estado.



2.2. Interdisciplina

La interdisciplina está relacionada con el estudio de tópicos de investigación con múltiples disciplinas y con la transferencia de métodos de una a otra disciplina. Los tópicos de investigación integran diferentes aproximaciones disciplinarias y métodos (European Peer Review Guide, 2011, www.esf.org).

La investigación interdisciplinaria combina conceptos, teorías y/o metodologías de diferentes disciplinas académicas, así como los resultados o los conocimientos que generan estas disciplinas están integrados (Rutting et al., 2016).

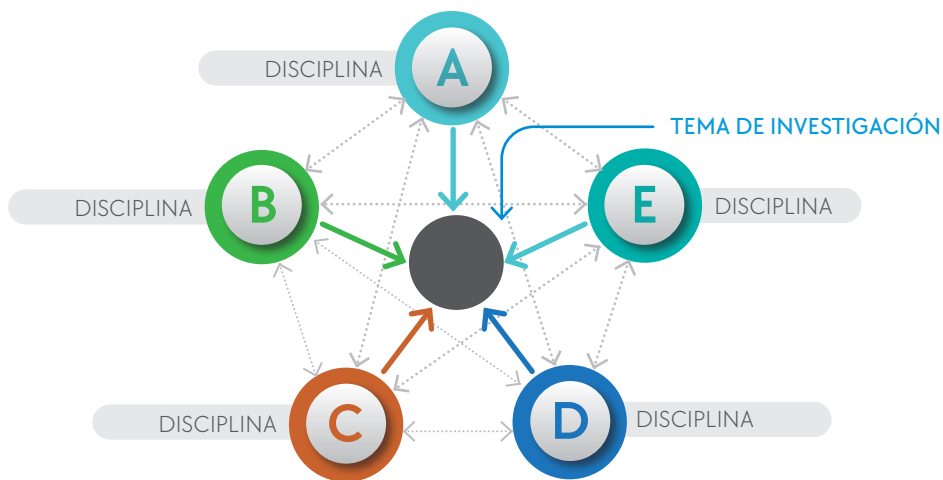


FIGURA 3.

Investigación de un tópico de investigación a través de la interdisciplina.

Ejemplos de lo interdisciplinario, que puede partir de dos disciplinas son: la Astrofísica, la Físicoquímica, la Sociobiología, la robótica o la Bioética. La integración puede ser de ciencias exactas, con físicas, sociales y filosofía. Logros como los viajes a otros planetas, que implicaron el funcionamiento de las naves y la cooperación de equipos de científicos y técnicos de las más diversas especies, se deben a la acción concertada de la multidisciplinaria y en algunos aspectos a la integración disciplinaria.

2.3. Crossdisciplina

Esta se refiere a la investigación relativa a la intersección de múltiples disciplinas y con la comunalidad a través de las disciplinas involucradas.

Entre los ejemplos de la crossdisciplina están las ingenierías de inspiración biológica, como la Bioingeniería, Ingeniería Biomédica, Ingeniería Ambiental, Ingeniería Forestal, entre otras. Las principales disciplinas son la ingeniería y las ciencias de los materiales. Debido a lo antes indicado entre las disciplinas complementarias esta la biología, zoología. Las interacciones son muy fuertes con puntos comunes en la vía de sistemas biológicos.

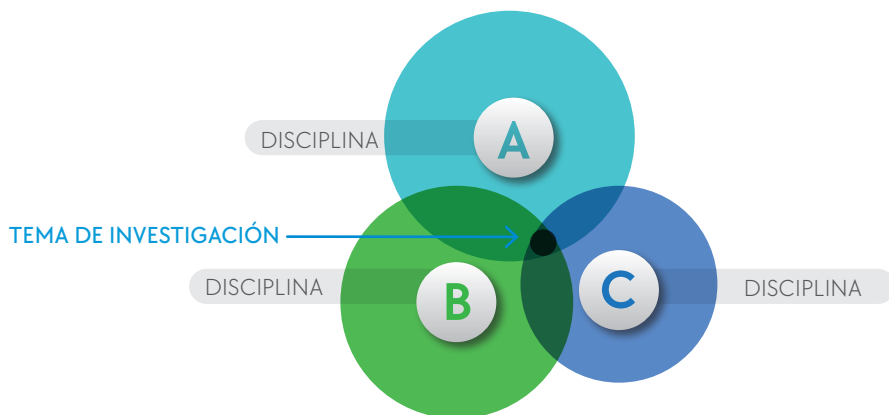


FIGURA 4.

Investigación de un tópico a través de la crossdisciplina.

2.4. Transdisciplina

La transdisciplina se ocupa a la vez por lo que está entre, a través y más allá de todas las disciplinas con el objetivo de comprender el mundo actual bajo un imperativo de unidad del conocimiento. La investigación transdisciplinaria ocurre cuando los investigadores colaboran con las partes interesadas que están fuera del mundo académico. Los conocimientos ajenos al mundo académico, así como los valores de las partes interesadas, se integran con el conocimiento académico para dar paso a soluciones a los problemas reales complejos (Rutting et al., 2016).

Entre los ejemplos están la biología sintética, cognición, inteligencia artificial.

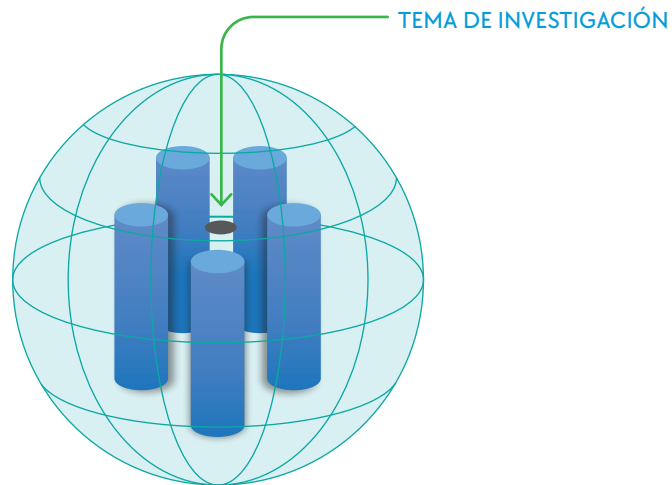


FIGURA 5.

Abordaje de un tópico de investigación a través de la transdisciplina.

3. ¿CÓMO TRANSITAR ENTRE LA DISCIPLINA, INTER-MULTI-TRANSDISCIPLINA?

Aunque en teoría se puede distinguir la multidisciplinariedad, la interdisciplinariedad y la transdisciplinariedad, en la práctica a menudo los investigadores cambian entre estos enfoques, dentro de la misma línea de investigación.

Rutting et al. (2016) ejemplifica lo antes indicado con el caso de un grupo de investigación multidisciplinario que trabaja sobre el problema del alcohol y la agresión, podrían concluir que los factores determinantes son los genéticos, neuroquímicos y psicológicos específicos; y, por tanto, para entender mejor el problema estudiar estos factores involucrados, realizando investigaciones disciplinarias individuales altamente especializadas. Por otra parte, un paso más consiste para entender el problema del "alcohol y la agresión" podría ser la integración interdisciplinaria del conocimiento mediante la determinación de un factor genético específico que modula la actividad neuroquímica vía a lo cual el alcohol afecta un proceso inhibitorio en los sujetos. Esto podría luego conducir a un proyecto de investigación transdisciplinario que involucra a los alcohólicos y sus familias, encaminadas a desarrollar una intervención socialmente robusta que prevenga la agresión.

4. ¿POR QUÉ ES RELEVANTE PROMOVER LA INVESTIGACIÓN INTER/TRANSDISCIPLINARIA?

La interdisciplinariedad es un término en auge hoy en día. El término aparece en cada plan estratégico universitario. Por otra parte, hay un crecimiento en la comunidad académica dedicada a describir la producción de conocimiento que cruza o une límites disciplinarios (interdisciplinariedad) y hace que el conocimiento sea más pertinente para los actores no académicos (transdisciplinariedad) (Frodeman, 2011).

Sin embargo, toda esta nueva preocupación por producir evidencia científica interdisciplinaria, se pone énfasis en la metodología de "cómo" hacerlo, en lugar de que el "por qué" de la interdisciplinariedad, atendiendo a las preguntas de método y técnica en lugar de luchar por articular el impulso de la necesidad de generación de evidencia científica utilizando un enfoque interdisciplinario. La interdisciplinariedad cae así en una trampa común: centrarse sobre medios, en lugar de fines, y debatir sobre metodología, en lugar de los grandes objetivos (Frodeman, 2011).

Los grandes desafíos que la sociedad actual enfrenta hoy requieren de soluciones desarrolladas a través de la investigación interdisciplinaria y transdisciplinaria para desarrollar nuevas tecnologías, apoyar la economía y generar soluciones novedosas para los desafíos sociales, entre otros.

Desde el punto de vista del impacto, este tipo de investigación es necesaria para responder preguntas a problemas complejos, por ejemplo, de cambio climático, recursos hídricos, ciudades resilientes, enfermedades crónicas no transmisibles, envejecimiento o sustentabilidad, ya que entrega una base teórica y metodología sólida, empujando las barreras disciplinarias conocidas al surgimiento de nuevas líneas de conocimiento.

Por ejemplo, en el caso de la investigación de las ciudades, cuyo objetivo es complejo, algunos investigadores observan su forma, otros su gente, sus animales, su ecología, sus políticas, sus infraestructuras, sus edificios, su historia, su arte o sus redes técnicas. Algunos otros investigadores analizan la movilidad social; otros, evolución biológica, flujos de tráfico o desarrollo espacial. Muchos combinan estos temas o agregan aún más temas más allá de esta lista. Algunos proyectos cruzan los límites de la investigación y la práctica y se involucran en la investigación-acción, mientras que otros persiguen el conocimiento por curiosidad. Debido a la complejidad de este objeto de estudio, se hace necesario tener múltiples metodologías para estudiar la ciudad desde perspectivas interdisciplinarias y transdisciplinarias para tener resultados que provean respuestas conectando e integrando estos enfoques (Verloo and Bertolini, 2020).

5. LA INVESTIGACIÓN POR MISIÓN

Un ejemplo de lo que nuestro país ha desarrollado en las dos últimas décadas respecto a la investigación por misión es el Programa FONDAP (Fondos para Áreas Prioritarias) de la Agencia Nacional de Investigación y Desarrollo (ANID) del Ministerio de Ciencias, Tecnología, Conocimiento e Innovación. El acrónimo FONDAP originalmente correspondió al “Fondo de Fomento al Desarrollo Científico y Tecnológico” y que posteriormente se modificó al “Fondo de Financiamiento de Centros de Investigación en Áreas Prioritarias”. Este programa gubernamental está destinado a promover y financiar la investigación científica y tecnológica de frontera en el país y la formación de recursos humanos avanzados. Sus características y objetivos claves son: a) Proporcionar fondos para la ejecución de proyectos de investigación científica y tecnológica en diversas áreas prioritarias del conocimiento, desde las ciencias naturales hasta las ciencias sociales y humanidades. A modo de ejemplo, algunas de estas áreas son: agricultura y/o acuicultura sustentable, cambio climático, desarrollo urbano sustentable, desastres naturales, energía solar, pueblos originarios, conflicto y convivencia en el Chile actual, medicina para las enfermedades crónicas del siglo XXI, recursos hídricos y geotermia. Estos proyectos son seleccionados a través de un proceso competitivo en el que se evalúan la calidad científica y el impacto potencial de las propuestas. FONDAP promueve la colaboración entre investigadores de diferentes instituciones, fomentando así la interdisciplinariedad y la creación de redes de

investigación. Uno de los objetivos del programa es asegurar que los resultados de la investigación financiada tengan un impacto real en la sociedad y la economía chilenas. Para lograrlo, se fomenta la transferencia de tecnología y conocimiento a través de la vinculación con el sector productivo y otras instituciones relevantes. FONDAP ha buscado apoyar el desarrollo científico y tecnológico en todo el país, incluyendo regiones menos desarrolladas, contribuyendo así a la descentralización de la investigación en Chile. Los Centros FONDAP están mandatados a contribuir al desarrollo de políticas públicas, al generar y disponibilizar información con una base científica sólida a los tomadores de decisiones.

Los centros actuales son:

- Centro de Investigación. Dinámica de Ecosistemas Marinos de Altas Latitudes (IDEAL)
 - Centro de Gerociencia, Salud Mental y Metabolismo (GERO)
 - Center for Cancer Prevention and Control (CECAN)
- Centro de Excelencia en Geotermia de Los Andes (CEGA)
 - Centro Interdisciplinario de Estudios Interculturales e Indígenas (CIIR)
 - Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia (CR2)
 - Centro Nacional de Investigación para la Gestión Integrada de Desastres Naturales (CIGIDEN)
 - Centro de Investigación en Energía Solar (SERC-Chile)
 - Centro de Desarrollo Urbano Sustentable (CEDEUS)
 - Centro Interdisciplinario de Investigación en Acuicultura Sustentable (INCAR)
 - Centro de Estudios para el Conflicto y la Cohesión Social (COES)
 - Centro de Estudios Avanzados en Enfermedades Crónicas (ACCDIS)
 - Centro de Recursos Hídricos para la Agricultura y Minería (CRHIAM)

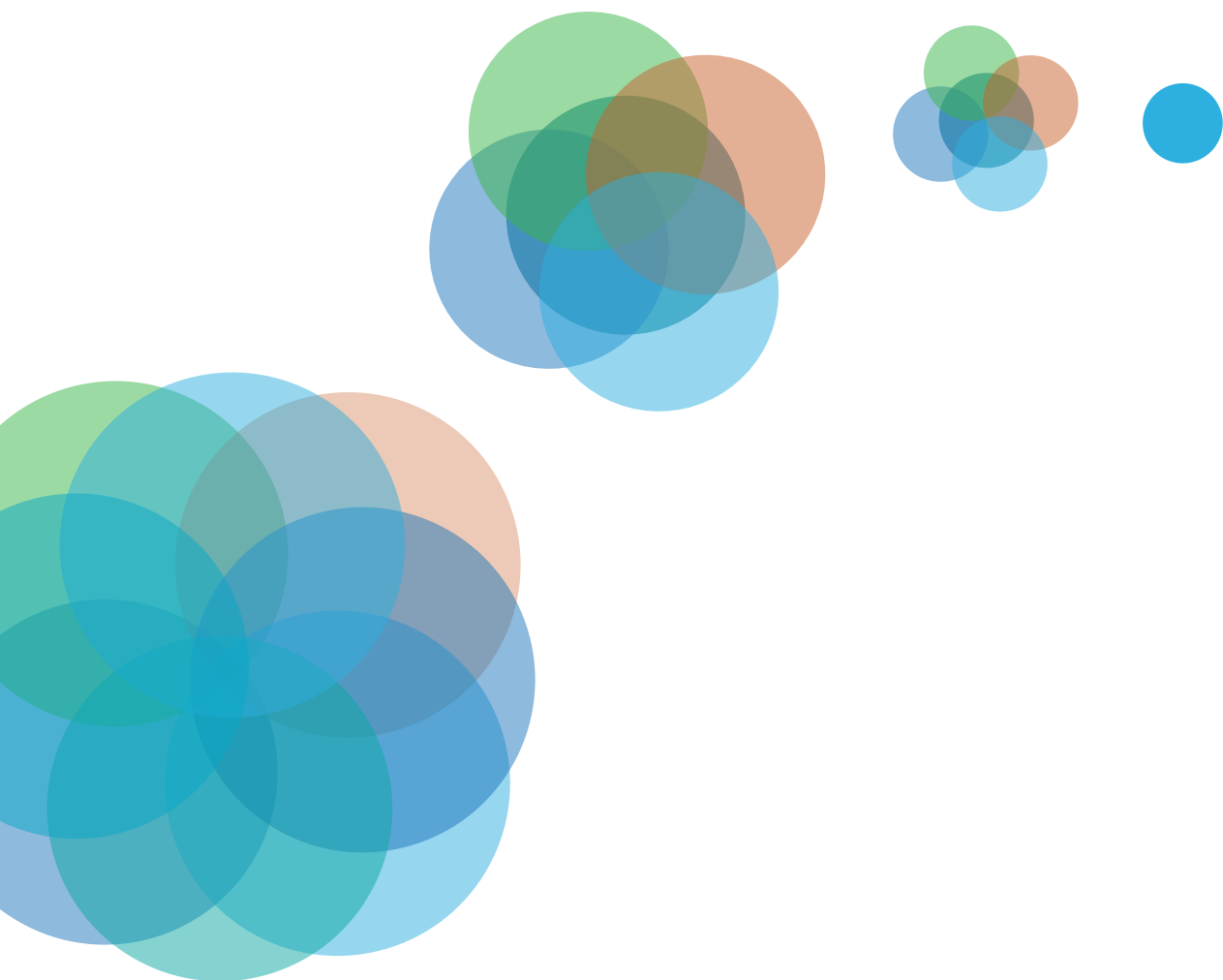
AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue realizado gracias al financiamiento de ANID/FONDAP/15130015 y ANID/FONDAP/1523A0001 ANID/FONDAP/15130011 y ANID/FONDAP/1523A0008

BIBLIOGRAFÍA

- DJS Research, Interdisciplinarity. Survey Report for the Global Research Council 2016 Annual Meeting, May 2016, (Report was commissioned by both Research Councils UK (RCUK) and the Science and Engineering Research Board (SERB) on behalf of the Global Research Council).
- Frodeman, R. 2011. Interdisciplinary research and academic sustainability: managing knowledge in an age of accountability. *Environmental Conservation* 38 (2): 105–112. Foundation for Environmental Conservation. <https://www.researchgate.net/publication/231884167>.
- Lyall, C. King, E. 2013. International good practice in the peer review of interdisciplinary research, october 2013, Report of a scoping study for the RCUK Research Group, The University of Edinburgh.
- The Oxford Handbook of Interdisciplinarity, Ed. Robert Frodeman. Associate Editors J. Thompson Klein, C. Mitchan, 2010.
- European Science Foundation, European Peer Review Guide, Integrating policies and practices into coherent procedures, 2011 (www.esf.org).
- Boix Mansilla, V., Feller, I. & Gardner, H. 2006. Quality assessment in interdisciplinary research and education, *Research Evaluation* vl. 15, 2006.
- OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development) 2007. Revised field of science and technology (FOS) classification in the frascati manual. Directorate for science, technology and industry committee for scientific and technological policy. <https://www.oecd.org/science/inno/38235147.pdf>
- Paoli-Bolio, F. J. 2019. Multi, inter y transdisciplinarietà. *Problema anuario de filosofia y teoría del derecho*, núm. 13, enero - diciembre, 2019, pp. 347-357. <https://doi.org/10.22201/ijj.24487937e.2019.13>.

- Rutting, L., Post, G., Keestra, M., de Roo, M., Blad, S. and de Greef, L. 2016. An introduction to interdisciplinary research: Theory and Practice. Edited by Steph Menken and Machiel Keestra, Amsterdam University Press, 130 p.
- Verloo, N., Bertolini, L. (eds). 2020. Seeing the City. Interdisciplinary perspectives on the study of the urban. Series perspectives on interdisciplinarity, Amsterdam University Press, ISBN 9789463728942, 292 p.



**DESDE LA DISCIPLINA
A LA INTER Y TRANSDISCIPLINA:
UNA MIRADA DESDE LOS RECURSOS HÍDRICOS**



CAPÍTULO 3

REFLEXIONES EN TORNO A LA FORMACIÓN INTERDISCIPLINARIA EN CIENCIAS EN LA EDUCACIÓN SUPERIOR

Evelyn Habit

Departamento de Sistemas Acuáticos,
Facultad de Ciencias Ambientales y
Centro EULA-Chile, Universidad de Concepción.
Barrio Universitario s/n, Concepción.

1. NECESIDAD DE UNA FORMACIÓN INTERDISCIPLINARIA

Uno de los desafíos actuales en la educación superior es cómo lograr una verdadera formación interdisciplinaria. Cada vez más, los distintos ámbitos del saber consideran necesario otorgar tal aproximación en sus procesos de formación académica. Sin embargo, la formación interdisciplinaria no es necesaria *a priori* para todos los estudiantes universitarios. Dilucidar cuándo lo es realmente depende fundamentalmente del tipo de problemas que se estudian o abordan. La causa esencial de la necesidad de interdisciplina es la complejidad de los problemas que se estudian y desean resolver (Tromp, 2018). Los problemas complejos son propios de los sistemas naturales y sistemas sociales que cumplen con las características de sistemas complejos adaptativos (Carmichael & Hadžikadić, 2019). Vale decir, sistemas multinivel, auto-organizantes, con propiedades emergentes y resilientes (Tromp, 2018). Algunos ejemplos de problemas complejos son el cam-

bio climático, la escasez hídrica o la pérdida de la biodiversidad, en conjunto con todas sus interrelaciones y retroalimentaciones. Estos problemas no solo no son “simples”, sino que además, se caracterizan por no poder ser completamente comprendidos, dado que existen demasiadas variables en interacción (Morin, 2008). Es decir, son muy difíciles de manejar y predecir, ya que las intervenciones que se puedan hacer sobre ellos pueden llevar a resultados inesperados. Así, las ciencias monodisciplinarias no son suficientes para abordarlos. Consistentemente, la teoría de la complejidad postula la necesidad de organizar los conocimientos de una forma distinta a la ciencia clásica (Morin & Pakman, 1994; Urteaga, 2010).

Contrario a este contexto de complejidad, la tendencia de las ciencias ha sido a la hiper especialización, buscando comprender el “todo” de fenómenos cada vez más particulares. Por ejemplo, de acuerdo con Song et al. (2020) la ciencia de la comunicación está cada vez más fragmentada, lo que ha llevado a generar un número creciente de pequeños nichos de investigación que carecen de coherencia intelectual en su conjunto. Lo mismo ocurre en muchas otras ciencias sociales y también en las ciencias naturales. En la formación de educación superior, la hiper especialización se refleja en una diversidad de asignaturas de un gran nivel de profundidad, lo cual incrementa a medida que se avanza desde el pregrado al postgrado. Así por ejemplo, se espera que en el máximo nivel académico (doctorado) un Doctor en Ciencias, sea un “especialista”. En ese contexto, los programas de doctorado ponen un fuerte énfasis en el desarrollo de una tesis doctoral (Phillips & Johnson, 2022).

Lo anterior, se traduce en una aparente contradicción: las ciencias se hiper especializan en tanto que los problemas se hacen cada vez más complejos y, por ende, imposibles de ser resueltos a través de la monodisciplina. El corolario hasta aquí es que la complejidad es el principal forzante de la interdisciplina (Menken & Keestra, 2016).

No obstante, el aprendizaje interdisciplinar no equivale a la ignorancia disciplinar (Stentoft, 2017) y el conocimiento profundo de los fenómenos sigue siendo plenamente necesario, aunque, en el contexto de la complejidad, no por sí solo. De hecho, el estudio y solución de problemas complejos requiere que incluso los hiper especialistas, mantengan una visión del “todo”, es decir, una visión holística.

Así, tratándose de problemas complejos, como por ejemplo el cambio climático, ninguna disciplina por sí sola, aun cuando mantenga la visión holística, podrá abordarlos en su totalidad. Más aún, la sola concurrencia de especialistas de diversas disciplinas o subdisciplinas no asegura abordar correctamente los problemas complejos. Cuando estamos frente a dicha situación, nos encontramos en un ámbito multidisciplinario. Lamentablemente, la multidisciplina se confunde frecuentemente con la interdisciplina en la formación universitaria. Así, asignaturas colegiadas en las que debutan una serie de docentes o especialistas sin ninguna conexión entre ellos, no logran la interdisciplina. Solo la combinación e integración de diferentes dominios y perspectivas del conocimiento hace surgir la interdisciplina (Tromp, 2018). Entonces, volviendo al ejemplo de la formación de doctorados, el énfasis

sis interdisciplinario cambia desde la formación de un especialista a la formación de un científico con habilidades o competencias que le permitan abordar la complejidad (Phillips & Johnson, 2022).

2. ¿QUÉ ES LA FORMACIÓN INTERDISCIPLINARIA?

Considerando lo anterior, la formación interdisciplinaria se debe plantear como la consecución de habilidades (o competencias) más que contenidos de asignaturas. La formación interdisciplinaria debe comenzar con la comunicación a través de las distintas disciplinas como primer paso a la integración (Menken & Keestra, 2016). Igualmente, debe considerar la formación de habilidades subjetivas o “blandas” (de estudiantes y profesores), tales como la empatía, alteridad, cooperación y reciprocidad. Vale decir, una persona que desee hacer interdisciplina debe estar dispuesto a ponerse en el lugar del otro, a tener voluntad de diálogo y de relaciones pacíficas, a sustituir la competencia por la cooperación y a la correspondencia mutua. Además, es necesario formar habilidades innovadoras, tales como reconocer la complejidad de los problemas a resolver; lograr la capacidad de distanciarse de su visión disciplinaria; y adquirir la aptitud para un trabajo creativo que permita la emergencia de nuevos conceptos y métodos (Darbellay, 2015). Otras competencias necesarias son la adaptabilidad a las situaciones cambiantes y el trabajo en equipo.

La interdisciplina ha sido definida como la *habilidad de pensar a través de las disciplinas* (Darbellay, 2015). Por ello, la formación interdisciplinaria debe incorporar habilidades de pensamiento de alto orden, tales como el pensamiento reflexivo, creativo, crítico, analítico, prospectivo, sistémico y metacognitivo (pensar sobre el pensar), (Edelbroek et al., 2018). Estos tipos de pensamiento son reconocidos por la psicología (Robertson, 1999) y para su formación deben desarrollarse actividades específicas por profesionales adecuados. De acuerdo con Edelbroek et al. (2018) esto se logra en la intersección del pensamiento crítico, la capacidad de colaboración y la reflexión (Figura 1). El Pensamiento Crítico puede subdividirse en: (1) la capacidad de discernir apropiadamente los temas fundamentales de los colaterales y representar la información de una manera lógica y clara; (2) razonar, es decir, lograr la habilidad de fundamentar con argumentos, referir evidencias y hacer inferencias; y (3), en analizar conceptualizando el problema de manera concisa. La Colaboración requiere de habilidades de formulación de objetivos comunes, estar consciente del contexto y de las visiones monodisciplinarias, así como aceptar los liderazgos compartidos. Por último, la Reflexión es una competencia que soporta el pensamiento crítico y la colaboración, ya que permite mantener la perspectiva y hacer frente a los sesgos cognitivos (Edelbroek et al., 2018).

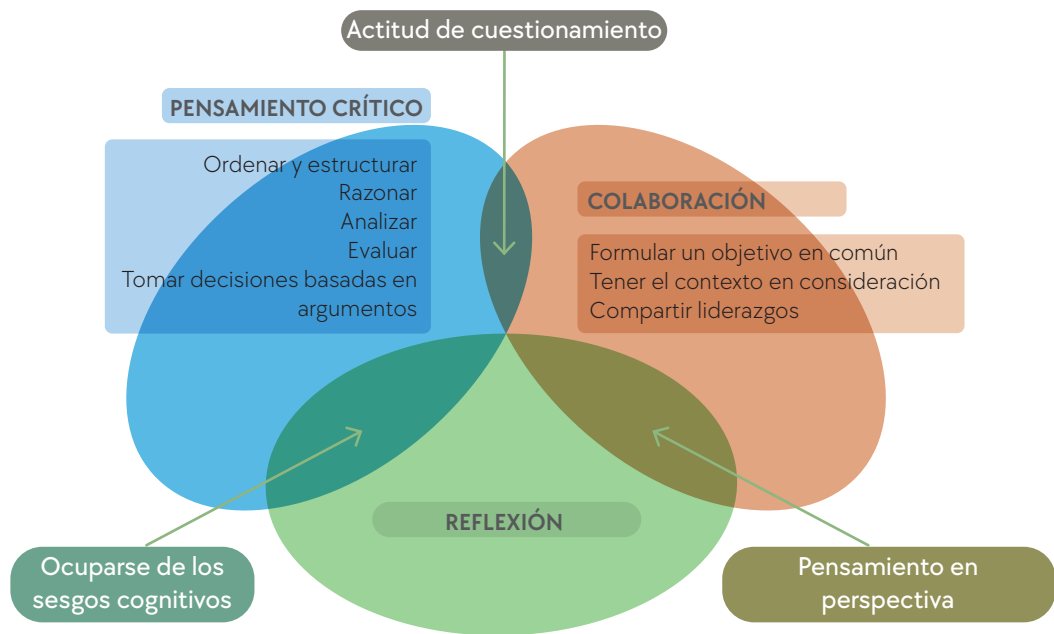


FIGURA 1.

Habilidades que fomentan la comprensión interdisciplinaria. Figura modificada de Edelbroek et al (2018).

En conclusión, la competencia o habilidad de hacer interdisciplina o ser interdisciplinario se logra a través del desarrollo de múltiples competencias subjetivas de alto orden y en este sentido, deben ser propiciadas desde la formación de pregrado.

2.1 Asignaturas y programas interdisciplinarios

Basado en lo anterior, cualquier asignatura o programa (pre o postgrado) que se

defina como interdisciplinario debiese abordar problemas complejos y fomentar las competencias antes descritas. Para ello, deben contar con un grupo de docentes de las distintas disciplinas involucradas, todos ellos con formación interdisciplinaria. Nuevamente, la sola participación de profesores de distintas disciplinas no asegura la interdisciplina (sí, la multidisciplinaria). Se requiere que tanto los docentes como los estudiantes provengan de diferentes disciplinas y que la interacción

sea permanente. Es decir, contar con asignaturas colegiadas en las que participen en la sala de clases al menos dos o tres profesores de las diferentes disciplinas involucradas, promoviendo el pensamiento crítico, la capacidad de colaboración y la reflexión en torno a los problemas complejos abordados. En estas asignaturas, los estudiantes deben combinar las diversas disciplinas para llegar a alcanzar nuevas formas de pensar sobre un tópico y resolver problemas.

Los problemas relacionados con los recursos hídricos y ecosistemas acuáticos, que son sistemas complejos adaptativos, se encuentran en la interfaz de la naturaleza y lo humano, por lo que tanto las ciencias naturales como las ciencias sociales son pertinentes en su estudio. La integración entre ambos tipos de áreas disciplinares es particularmente difícil, ya que sus aproximaciones teóricas son diferentes (Tromp, 2018). Así, en el ámbito de la formación interdisciplinaria, es importante comprender la diferencia entre dos enfoques: la interdisciplina amplia y la interdisciplina angosta (Kelly, 1996). Estos términos se refieren a la amplitud de la integración entre diversas disciplinas en la resolución de problemas complejos. La Interdisciplina Amplia implica la integración de paradigmas y enfoques de múltiples disciplinas, abarcando un espectro muy diverso de conocimientos. Un ejemplo es la Ciencia de Ríos, la cual no solo involucra las ciencias naturales, sino también ciencias sociales, económicas, psicología, medicina, y artes y humanidades. Aquí, se busca una fusión integral de diversas perspectivas para abordar la complejidad

de los ecosistemas fluviales como socio-ecosistemas. La Interdisciplina Angosta en contraste, se centra en la integración dentro de áreas específicas o subdominios de una disciplina más amplia. Un ejemplo es una asignatura que combine el estudio de ríos, incorporando solo disciplinas de las ciencias naturales tales como la geomorfología, hidrología, química y ecología, vale decir abordando los ríos como ecosistemas. En este caso, aunque la integración se produce dentro de las ciencias naturales, aún será interdisciplina si efectivamente se produce la integración de los diferentes enfoques disciplinarios.

En resumen, la elección entre una interdisciplina amplia o angosta depende de la naturaleza del problema y los objetivos de la asignatura o programa. Ambos enfoques son valiosos, y su distinción clarifica cómo se están integrando las disciplinas para abordar la complejidad. Sin embargo, es crucial no confundir la interdisciplina con la multidisciplinaria. Mientras que la multidisciplinaria involucra la colaboración de expertos de diferentes disciplinas sin necesariamente integrar sus enfoques, la interdisciplina requiere la combinación e integración activa de diferentes dominios y perspectivas del conocimiento.

Para lograr la formación interdisciplinaria existen diversas metodologías didácticas. Buenos ejemplos se encuentran en el manual 'Interdisciplinary learning activities' de Edelbroek et al. (2018), el que proporciona una recopilación detallada de métodos, incluyendo análisis de escenarios, paneles de discusión y escritura de ensayos reflexivos. Una técnica didáctica clásicamente citada



para el aprendizaje interdisciplinario es el método basado en análisis de problemas, en el cual se pone el problema a resolver antes que las herramientas para hacerlo (Stentoft, 2017). Ese y otros métodos como el análisis de casos o métodos basados en análisis de proyectos pueden quedar en el ámbito disciplinar o multidisciplinar si no se propician las habilidades mencionadas anteriormente. Otras propuestas metodológicas postulan que los estudiantes, más que trabajar en torno a problemas, casos o proyectos, deberían reflexionar en torno a las contribuciones y limitaciones de cada disciplina para abordar o resolver un determinado problema (Mansilla, 2010).

En conclusión, existen métodos didácticos propuestos para lograr el aprendizaje interdisciplinario, donde el objetivo fundamental debe ser que los estudiantes alcancen nuevas formas de pensamiento.

3. DESAFÍOS PARA LA FORMACIÓN INTERDISCIPLINARIA EN LA EDUCACIÓN SUPERIOR

La educación superior aun enfrenta diversos desafíos para lograr la formación interdisciplinaria efectiva de sus estudiantes. El primero de ellos es que los propios docentes de asignaturas o programas interdisciplinarios deben contar con dicha formación, lo cual implica capacitación de académicos, quienes frecuentemente están sometidos a altas cargas horarias.

Igualmente, la dedicación horaria a asignaturas interdisciplinarias es superior a aquella de una asignatura colegiada multidisciplinaria e implica involucrarse no sólo en las temáticas propias, sino que en la asignatura completa, compartiendo responsabilidades (Meeuwissen et al., 2021). Por lo tanto, estas asignaturas requieren de un gran esfuerzo de coordinación, organización y también de financiamiento (Wright et al. 2009; Welch-Devine et al., 2018). Si a esto se suma la falta de incentivos institucionales por este tipo de formación, habrá gran resistencia por parte de los académicos en involucrarse en ella (Tarrant & Thiele, 2017).

Otro desafío lo representan las normativas académicas que no cuentan con la flexibilidad para que la dirección de asignaturas esté a cargo de más de un docente proveniente de diferentes reparticiones universitarias o que exista más de un profesor guía de una tesis. Así por ejemplo, una tesis de postgrado interdisciplinaria no solo debiese contar con la guía de académicos de diferentes disciplinas, sino que además, debiese ser conocida y discutida en su proceso de formulación por un comité interdisciplinario. Así, se ha propuesto que el incentivo a la interdisciplina no solo debe incluir la flexibilidad de normativas, sino que también financiamiento, apoyo logístico y contrataciones conjuntas (Tarrant & Thiele, 2017).

Por último, una deficiencia frecuente de las asignaturas o programas interdisciplinarios es no incluir científicos de la comunicación y profesionales de la psicología con formación interdisciplinaria que profundicen en las

habilidades de pensamiento de alto orden y comunicación a través de las diversas disciplinas. Esto podría ser subsanado si en la formación de pregrado se fomentaran estas habilidades.

4. UN PASO MÁS ALLÁ: LA FORMACIÓN TRANSDISCIPLINARIA

Cuando se logra una formación interdisciplinaria, el paso a la transdisciplina no debiese ser considerablemente difícil. La transdisciplina consiste en la inclusión del conocimiento no académico, para lograr la cogeneración de nuevo conocimiento y formas de pensar, donde no existe jerarquía del conocimiento científico. Cuando una persona ha alcanzado el orden de pensamiento interdisciplinario, tiene grandes posibilidades de lograr hacer transdisciplina, ya que habita en el pensamiento complejo y cuenta con habilidades de comunicación.

El paso siguiente es comprender que las fuentes de conocimiento que existen fuera de lo académico son necesarias para la resolución de problemas complejos. Dicho paso, debería ser casi una consecuencia del pensamiento interdisciplinario. Así, la formación transdisciplinaria debiese surgir de la inclusión de los diversos grupos no académicos involucrados en el problema que se aborda. Aquí, las habilidades de comunicación son particularmente importantes, ya que es necesario que los estudiantes o científicos sean capaces de “traducir” y reproducir los resultados producidos en beneficio de un público no

especializado dentro y fuera del mundo académico (Di Giulio & Defila, 2017).

5. UN EJEMPLO DE FORMACIÓN INTERDISCIPLINARIA EN LA UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN

Un ejemplo de formación interdisciplinaria en la Universidad de Concepción relacionado con recursos hídricos es el Doctorado en Ciencias Ambientales con mención en Sistemas Acuáticos Continentales de la Facultad de Ciencias Ambientales. Este programa, pionero en formar graduandos interdisciplinariamente, cuenta con 35 años de existencia y actualmente, con 7 años de acreditación. Se caracteriza por recibir graduandos de una amplia diversidad de disciplinas, desde abogados, biólogos, geógrafos, ingenieros y bioquímicos, entre otros. En su primer semestre cursan dos asignaturas fundamentales, una en el ámbito de las ciencias naturales y de la ingeniería, y la segunda en el ámbito de las ciencias sociales. Estas fomentan la interdisciplina mediante evaluaciones conjuntas y una salida a terreno conjunta en la cual participan al menos cuatro docentes de las distintas disciplinas. En todas estas actividades, se abordan análisis de problemas complejos asociados a la sustentabilidad de ecosistemas acuáticos. Además, los graduandos cursan asignaturas de unidad de investigación y proyecto de tesis con un conjunto de docentes que propician las competencias subjetivas de alto orden y fomentan la reflexión sobre los problemas ambientales que cada uno aborda en sus tesis de doctorado. Las comisiones de tesis deben estar constituidas por do-



centes de diversas procedencias disciplina-
rias que aporten una diversidad de visiones
de los temas a abordar.

De este doctorado han resultado
numerosas tesis interdisciplinarias, pero
también tesis transdisciplinarias como
la titulada "Resiliencia de los ríos como
socio-ecosistemas en el sur de Chile: el
caso del río Queuco en Alto Biobío", en la
cual se articularon conocimientos locales
(mapuche-pehuenche) y científicos a través
de la investigación-acción participativa
(Bañales, 2023).

El éxito de este programa ha llevado a
la creación de un Magíster en Ciencias
Ambientales, el cual se articula con
el doctorado. Ambos son programas
reconocidos por la Comisión Nacional
de Acreditación como interdisciplinarios y
marcan un precedente en Chile de cómo
lograr esta formación a nivel de postgrado.
Parte de este logro se explica porque
son programas alojados en una Facultad
interdisciplinaria con tres Departamentos
de diversas procedencias disciplina-
rias como Planificación Territorial, Sistemas
Acuáticos e Ingeniería Ambiental. Además,
trabaja de manera conjunta con numerosos

académicos de las más diversas Facultades
de la Universidad.

6. CONCLUSIONES

La formación interdisciplinaria en la
educación superior es un desafío que
obliga a reformular paradigmas arraigados
firmemente en las aproximaciones
monodisciplinarias y en normativas
que dificultan la flexibilidad necesaria
para alcanzarla. Es frecuente confundir
la formación multidisciplinaria con la
interdisciplinaria, pero existen ejemplos
exitosos que demuestran su factibilidad,
la cual debe estar basada en lograr
competencias asociadas a pensamiento
de alto orden, comunicación a través de las
disciplinas y en la teoría de la complejidad.
Estas competencias debiesen ser
promovidas desde pregrado para facilitar
los postgrados interdisciplinarios y lograr la
necesaria transdisciplina en la resolución de
problemas complejos.

REFERENCIAS

- Bañales-Seguel, C. (2023). Resiliencia de los ríos como socio-ecosistemas en el sur de Chile: el caso del río Queuco en Alto Biobío. Tesis presentada a la Facultad de Ciencias Ambientales de la Universidad de Concepción para optar al grado de Doctor en Ciencias Ambientales con mención en Sistemas Acuáticos Continentales. Concepción, Chile. 298 pp.
- Carmichael, T., & Hadžikadić, M. (2019). The Fundamentals of Complex Adaptive Systems. In T. Carmichael et al. (Eds.), *Understanding Complex Systems*. Springer Nature Switzerland AG. https://doi.org/10.1007/978-3-030-20309-2_1
- Di Giulio, A. and Defila, R. (2017). Enabling university educators to equip students with inter- and transdisciplinary competencies. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 8(5), 630-647. <https://doi.org/10.1108/IJSHE-02-2016-0030>
- Edelbroek, H., Mijnders, M., Post, G. (2018). *Interdisciplinary Learning Activities*. Amsterdam University Press. 172 pp.
- Gilvear, D. J., Greenwood, M. T., Thoms, M. C., & Wood, P. J. (Eds.). (2016). *River Science: Research and Management for the 21st century*. John Wiley & Sons.
- Kelly, J. S. (1996). Wide and narrow interdisciplinarity. *The Journal of General Education*, 45(2), 95-113.
- Mansilla, V. B. (2010). Learning to synthesize: The development of interdisciplinary understanding. In *The Oxford Handbook of Interdisciplinarity*, 288-306.
- Meeuwissen, S. N. E., Gijsselaers, W. H., Wolfhagen, I. H.A.P. & Egbrink, M.G.A. (2021). Working beyond disciplines in teacher teams: teachers' revelations on enablers and inhibitors. *Perspectives on Medical Education*, 10, 33-40.
- Menken, S., Keestra, M., Rutting, L., Post, G., de Roo, M., Blad, S., & de Greef, L. (2016). *An introduction to interdisciplinary research: theory and practice*. 130 pp.
- Morin, E. (2008). *On Complexity (Advances in Systems Theory, Complexity, and the Human Sciences)*. Hampton Press.
- Morin, E., & Pakman, M. (1994). *Introducción al pensamiento complejo*. Barcelona: Gedisa.

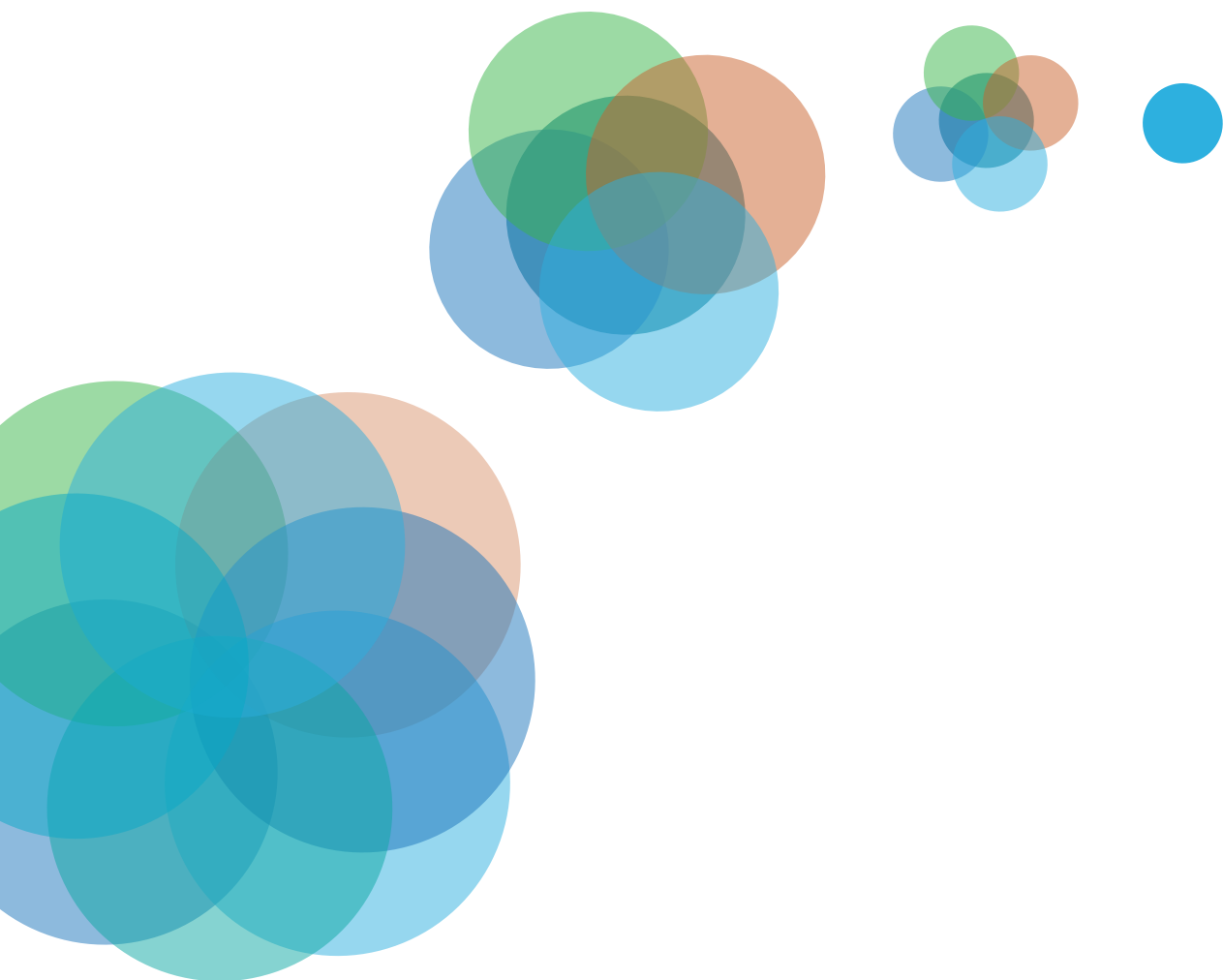
- Phillips, E., & Johnson, C. (2022). Ebook: How to Get a PhD: A Handbook for Students and Their Supervisors (7th ed.). McGraw-Hill Education (UK).
- Robertson, I. (1999). Types of Thinking. London Routledge. 184 pp.
- Song, H., Eberl, J.-M., Eisele, O. (2020). Less Fragmented Than We Thought? Toward Clarification of a Subdisciplinary Linkage in Communication Science, 2010–2019. *Journal of Communication*, 70(3), 310–334. <https://doi.org/10.1093/joc/jqaa009>.
- Stenoft, D. (2017). From saying to doing interdisciplinary learning: Is problem-based learning the answer? *Active Learning in Higher Education*, 18(1), 51-61. <https://doi.org/10.1177/1469787417693510>.
- Tarrant, S. P., & Thiele, L. P. (2016). Enhancing and promoting interdisciplinarity in higher education. *Journal of Environmental Studies and Sciences*, 7(3), 355-360. <https://doi.org/10.1007/s13412-016-0402-9>.
- Tromp, C. (2018). Wicked philosophy: Philosophy of science and vision development for complex problems. *Wicked Philosophy*, 240 pp.
- Urteaga, E. (2010). La teoría de la complejidad de Edgar Morin: contribuciones y límites. *Diálogo Filosófico* 78, 477-490.
- Welch-Devine, M., Shaw, A., Coffield, J., & Heynen, N. (2018). Facilitating Interdisciplinary Graduate Education: Barriers, Solutions, and Needed Innovations. *Change: The Magazine of Higher Learning*, 50(5), 53-59. <https://doi.org/10.1080/00091383.2018.1510268>.
- Wright, S.J., Habit, E., Adlerstein, S., Parra, O. & Semrau, J.D. 2009. Graham Scholars Program: Sustainability education through an interdisciplinary international case study. *Sustainability Science*, 4, 29 – 36. <https://doi.org/10.1007/s11625-009-0067-3>.

DESDE LA DISCIPLINA
A LA INTER Y TRANSDISCIPLINA:
UNA MIRADA DESDE
LOS RECURSOS HÍDRICOS

CAPÍTULO 3

REFLEXIONES EN TORNO A LA FORMACIÓN
INTERDISCIPLINARIA EN CIENCIAS EN LA
EDUCACIÓN SUPERIOR





**DESDE LA DISCIPLINA
A LA INTER Y TRANSDISCIPLINA:
UNA MIRADA DESDE LOS RECURSOS HÍDRICOS**



CAPÍTULO 4 | EL AGUA ES INTERDISCIPLINARIA

Valdir Fernandes,
Dayane Martins Salles

Universidade Tecnológica Federal do Paraná -
UTFPR. Av. Sete de Setembro, 3165 - Rebouças
CEP 80230-901 - Curitiba - PR Brasil.

1. PROLOGO

En las clases de interdisciplinariedad, un ejemplo que siempre resulta esclarecedor, que hace brillar los ojos de los alumnos, es el del agua. El ejemplo es: ¡el agua es interdisciplinaria! ¿Por qué? Porque resulta de distintos elementos de la naturaleza, formando una sustancia, cuyo estado y características son diferentes de los elementos que la generaron.

Sin embargo, si el ejemplo del agua induce fácilmente a la construcción cognitiva y a la comprensión poética de lo que es la interdisciplinariedad, su proceso de construcción, como el de la formación del agua, no es tan fácilmente comprensible y ejecutable.

Aunque se sabe que el gas hidrógeno diatómico ingresa por un lado de la celda, el gas oxígeno diatómico ingresa por el otro lado; que a partir de esto, las moléculas de hidrógeno pierden sus electrones y quedan cargadas positivamente mediante un proceso llamado

oxidación, mientras que las moléculas de oxígeno ganan cuatro electrones y quedan cargadas negativamente mediante un proceso llamado reducción; que los iones de oxígeno cargados negativamente se combinan con iones de hidrógeno cargados positivamente para formar agua y liberar energía; reproducir este proceso natural no es sencillo. El agua no se crea simplemente añadiendo dos moléculas de hidrógeno a una molécula de oxígeno, en un proceso de laboratorio que simplemente copia la naturaleza. No es posible crear agua simplemente combinando elementos, sin comprender sus procesos iónicos. El agua no es interdisciplinaria sólo porque combina dos sustancias diferentes, es interdisciplinaria porque la combinación de diferentes elementos crea algo nuevo, consistente y vital.

2. INTERDISCIPLINARIEDAD: LA CONVERGENCIA EN TORNO A UN CAMPO CONGRUENTE

De la misma manera que no se puede crear agua simplemente uniendo dos gases, la interdisciplinarietàad no se puede construir simplemente poniendo en cooperación diferentes dominios disciplinarios, como se encuentra erróneamente en la literatura. La cooperación entre dominios disciplinarios es una condición importante, pero no suficiente.

La condición fundamental de la interdisciplinarietàad reside en sus temas y campos generadores, en el fenómeno de la investigación.

Las heurísticas interdisciplinarias requieren fenómenos o campos de investigación interdisciplinarios. Si el fenómeno o campo de investigación no es interdisciplinario, no hay interdisciplinarietàad, ya que no existen las condiciones para la cooperación con intercambios epistemológicos, metodológicos y procedimentales.

La interdisciplinarietàad presupone un fenómeno, un campo o problema común, que genera coproducción. Es de esta condición que surgen los procesos de intercambio de conocimientos y metodologías entre disciplinas e investigadores, que pueden generar nuevos métodos, nuevos enfoques e incluso interdisciplinas.

De hecho, hoy en día no faltan fenómenos y campos de investigación interdisciplinarios. Los principales problemas contemporáneos, como la sostenibilidad urbana, el cambio climático y las cuestiones de salud pública global, no son sólo campos interdisciplinarios, sino que también tienen interrelaciones. El cambio climático, por ejemplo, afecta la calidad del medio ambiente, el confort térmico y la salud pública; la falta de saneamiento interfiere con la sostenibilidad y la salud urbanas; los problemas de salud colectiva global tienen efectos directos en la economía, etc. El agua puede verse afectada por todos estos procesos y al mismo tiempo afectarlos también.

El surgimiento de la interdisciplinarietàad está en estos campos. No es incorrecto afirmar que la interdisciplinarietàad, ontológicamente, consiste en la convergencia coordinada de diferentes disciplinas, en las que la colaboración provoca en ellas cambios epistemoló-

gicos y metodológicos. Sin embargo, esto es sólo una parte importante del proceso. Es la parte que considera la interdisciplinariedad como una opción para que los científicos colaboren. Pero esta visión es limitada. Es casi una visión disciplinaria de la interdisciplinariedad. Sin embargo, necesitamos avanzar hacia una visión transdisciplinaria de la interdisciplinariedad. Una visión desde la cual la inter y transdisciplinariedad son emergencias, en el sentido de urgencias, que surgen de nuevos escenarios socioambientales, socioculturales, sociopolíticos y socioeconómicos. Una perspectiva desde la que la ciencia se reestructura en el mundo contemporáneo, de una manera más progresista y menos enclaustrada y conservadora en relación a los nuevos contextos y a sí misma.

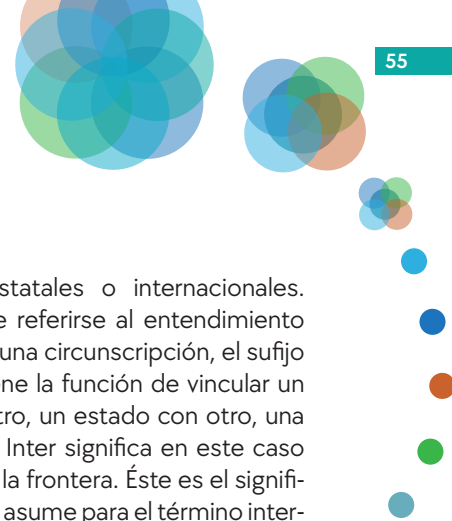
En este escenario, la coproducción de conocimiento interdisciplinario no debería surgir sólo del deseo de los científicos, sino de la naturaleza de los campos y problemas de investigación. Preservando los dominios de las ciencias básicas, para las ciencias que se ocupan de los principales problemas contemporáneos, como las cuestiones ambientales, la interdisciplinariedad no es una opción. Es una condición impuesta de existencia, que, como resultado, provoca una redefinición de las formas de organizar y producir conocimiento.

El sufijo inter, por tanto, remite automáticamente a una noción que altera el sentido de pertenencia. En otras palabras, trasciende de una circunscripción específica a una circunscripción más amplia y compleja. Tomando como ejemplo la circunscripción de un territorio o una frontera geopolítica, un municipio, un estado o una nación, con la adición de este sufijo pasan a ser intermu-

nicipales, interestatales o internacionales. Pero, además de referirse al entendimiento de ir más allá de una circunscripción, el sufijo inter también tiene la función de vincular un municipio con otro, un estado con otro, una nación con otra. Inter significa en este caso un encuentro en la frontera. Éste es el significado que aquí se asume para el término interdisciplinario. Un encuentro entre disciplinas en una frontera que conecta una disciplina con otra sin distorsionarlas, aumentando su alcance y ampliando su campo de acción. El conocimiento interdisciplinario es, por tanto, aquel que involucra necesariamente a dos o más disciplinas en un campo de convergencia recíproca, con intercambios efectivos de conocimientos, métodos y visiones del mundo. La materia prima de la convergencia es la actitud interdisciplinaria y el motivo de su construcción es el campo común de investigación. Un problema de investigación real que exige conocimientos más allá del de una sola disciplina o más allá del conocimiento fragmentado de varias disciplinas. Exige un interconocimiento, ubicado en el espacio tramado de la congruencia, eje común alrededor del cual gravitan todos, motivados por la conexión que establece el problema.

3. EL AGUA COMO CAMPO DE INVESTIGACIÓN: CONEXIONES INTERDISCIPLINARES

El agua no es sólo un elemento compuesto, una metáfora de la interdisciplinariedad. Es vital para los seres vivos, genera energía, imprescindible para la producción de



alimentos, para el equilibrio climático, en definitiva, el agua es uno de los elementos más fundamentales y básicos de la vida. Por tanto, el agua es un campo de investigación relevante para muchas disciplinas. Pero no solo es un tema generador, que exige un enfoque interdisciplinario porque también es un nexo entre otros grandes temas interdisciplinarios, como la salud, el clima, la agricultura, la energía, entre otros. En la visión interdisciplinaria, el agua de un río no separa dos territorios, sino que los une. Es el espacio de pertenencia más noble para ambos.

Como ejercicio, para ilustrar estos aspectos, se realizó una búsqueda en la base de datos Scopus considerando únicamente los documentos que contenían la combinación agua e interdisciplinariedad o agua e interdisciplinariedad en sus respectivos títulos. La búsqueda arrojó 177 documentos, publicados entre 1971 y 2023. De estos, 112 se incluyeron en la búsqueda (Anexo 1) y 65 se descartaron (Anexo 2) debido a acceso restringido o insuficiencia del tema. Los documentos fueron analizados partiendo del supuesto de que no sólo muchas áreas trabajan el tema del agua, con muchos enfoques, sino que algunos enfoques ya son comunes a diferentes áreas. Manteniendo la coherencia de lo defendido en los apartados anteriores, más que observar las coautorías como un indicador de interdisciplinariedad, examinamos en qué medida este campo es un espacio de convergencia que produce congruencia, un campo de convergencia, entre diferentes dominios que comparten el campo de la investigación del agua y los enfoques resultantes.

En estos estudios se identificaron sus enfoques, conexiones y bases disciplinarias. Esta información no siempre se muestra directamente en los textos, por lo que es necesario leer e interpretar la propuesta para crear las categorías. Entre los enfoques, se priorizaron cinco categorías para los propósitos de este ensayo: gestión y gobernanza del agua; contaminaciones y calidad del agua; aspectos filosóficos y humanos y su correlación con el agua; educación e interdisciplinariedad; Aspectos interdisciplinarios del agua.

En muchos de los estudios analizados se correlacionaron más de dos elementos interdisciplinarios, lo que aquí llamamos nexo. El análisis de los 112 documentos arrojó como resultado 88 enlaces encontrados, los cuales serán presentados dentro de los enfoques identificados.

En el enfoque “gestión y gobernanza del agua” se encontraron 38 enlaces que se relacionan con el tema “agua”. Este enfoque dio como resultado la mayor cantidad de estudios y la mayor cantidad de conexiones (Figura 1). Las bases disciplinarias de los estudios que abordaban la “gestión y gobernanza del agua” variaban entre medio ambiente, geografía, sociología, ecología, ingeniería de riego, ingeniería de tecnologías de la información, ingeniería agrícola, ingeniería civil, ingeniería ambiental, ingeniería de biosistemas, ingeniería de suelos, economía, ciencias hidrológicas, ecohidrología, ciencias ambientales, química, ingeniería de seguridad, cultura, política y sociedad, filosofía, antropología y política.



FIGURA 1.

Enfoque de “Gestión y gobernanza del agua” y vínculos encontrados

En el enfoque “educación e interdisciplinariedad” se identificaron 20 nexos, que también abarcan diferentes áreas del conocimiento (Figura 2). En los estudios se encontraron un total de 12 bases disciplinarias, entre ellas: administración, economía y finanzas climáticas; ciencias de los ecosistemas, ciencias de la tierra, ingeniería civil, ingeniería ambiental, geología, química, ciencias ambientales, ciencias hidrológicas, biología y agricultura.



FIGURA 2.

Enfoque “Educación e interdisciplinariedad” y conexiones encontradas.

En el enfoque “contaminaciones y calidad del agua” se encontraron 17 vínculos (Figura 3). Entre las bases disciplinarias encontradas se encuentran: oceanografía, química, justicia y sociedad, ciencias biológicas, ciencias marinas, salud ambiental, geografía, gobernanza, gestión ambiental, ingeniería civil, ciencias ambientales, estadística, epidemiología, ciencias de la tierra, política, economía, sociología y agricultura.



FIGURA 3

Enfoque “Contaminaciones y calidad del agua” y vínculos encontrados.

En el abordaje “aspectos filosóficos y humanos y su correlación con el agua” aparecen seis conexiones (Figura 4). En cuanto a las bases disciplinarias, se identificaron las siguientes: geografía y ciencias ambientales, psicología, ciencias del agua, la tierra y el aire, ciencias políticas.



FIGURA 4

Enfoque “Aspectos filosóficos y humanos y su correlación con el agua” y las conexiones encontradas.

En el enfoque de “aspectos interdisciplinarios del agua”, presentó siete vínculos (Figura 5). Se identificaron nueve áreas de investigación y bases disciplinarias, a saber: economía, agrohidrología, antropología, ciencias del agua y del suelo, geociencias, ingeniería civil y ambiental, e historia.

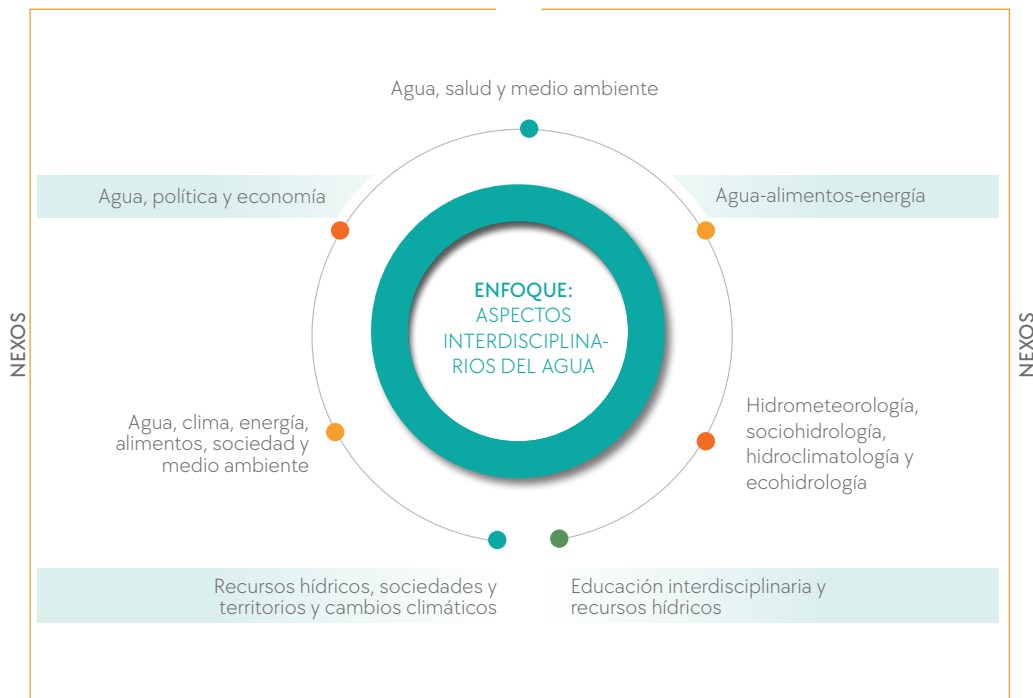


FIGURA 5

Enfoque de los “aspectos interdisciplinarios del agua” y las conexiones encontradas.

La interdisciplinariedad aparece de diferentes formas en los estudios analizados. Aún así, los diferentes enfoques y nexos presentados se correlacionan en múltiples escalas. Incluso existen vínculos comunes entre los enfoques. Si bien algunos estudios abordan el agua desde una perspectiva interdisciplinaria buscando correlaciones entre disciplinas, todavía surgen preguntas elementales en estudios que buscan comprender el punto de convergencia entre agua e interdisciplinariedad.

La interdisciplinariedad existe en un espacio de intercambio y cooperación. En todos los documentos analizados esto se evidencia en los diferentes objetivos, metodologías y propósitos que estos estudios presentan en torno a este elemento común. El agua no sólo interfiere en diversas disciplinas, sino que también recibe esta interferencia en un proceso que se retroalimenta a sí mismo. Los problemas relacionados con la distribución del agua, las enfermedades transmitidas por el agua, el desplazamiento de comunidades, la inseguridad hídrica, la contaminación del agua y las inundaciones urbanas configuran un escenario que se ve reforzado por la falta de planificación y gestión del agua, que no se da de manera integrada, desconociendo su condición interdisciplinaria.

En todos los estudios analizados, la relación entre agua e interdisciplinariedad surge por la necesidad de resolver problemas que trasciendan las barreras disciplinarias. Investigadores de diversos lugares del mundo que se reúnen en torno a este objetivo común utilizan la investigación experimental, la

investigación de campo, los estudios de casos, la investigación cualitativa, cuantitativa y participativa, las revisiones de la literatura y una serie de otros métodos y enfoques.

A partir de 1973, cuando comenzaron a publicarse estudios que abordaban el agua y la interdisciplinariedad, las cuestiones relacionadas con el agua dejaron de ser tratadas por la ciencia de manera restringida al campo de las ciencias exactas y naturales. En algunos de los estudios presentados, los autores tienen su formación y realizan sus investigaciones en diferentes áreas. Esto se notó en todos los nexos analizados, ya que las bases disciplinares de los estudios fueron consideradas a partir de las áreas de investigación de los investigadores. Estas nuevas visiones, que surgen de las interacciones, atribuyen al agua otras perspectivas más allá de la de un "recurso natural". Se incorporan cuestiones culturales, políticas, económicas, sociológicas y filosóficas, no sólo en la elaboración conceptual sobre el recurso, sino en el campo práctico que involucra la toma de decisiones.

En términos cuantitativos, los estudios que abordan la gestión del agua fueron más numerosos. Sin embargo, en la relación "agua" e "interdisciplinariedad", las cuestiones relacionadas con la educación ambiental ocupan un lugar considerable. Muchos estudios surgen para abordar estos temas en el ámbito de la investigación de posgrado. Con un mayor enfoque en la educación superior, los investigadores encontraron este vacío en la construcción del conocimiento sobre el agua y estudian ese elemento desde la perspectiva de la interdisciplinariedad.

Se sostiene que las correlaciones aquí presentadas entre agua, enfoques, conexiones y bases disciplinarias, cambian los entornos de investigación y formación, a través de un proceso que se establece en tres fases interdependientes: interacción, transformación y formación. La “interacción” se produce a través de la cooperación disciplinaria, en la que es necesaria la participación de varias disciplinas para abordar problemas de investigación de carácter interdisciplinario. La segunda, “transformación”, corresponde a los efectos de esta interacción, que en ocasiones añade nuevas perspectivas y enfoques a las bases disciplinares; y finalmente, la “formación”, en la que nuevas áreas interdisciplinarias emergen de las fronteras disciplinarias. Esta formación cubre innovaciones tecnológicas y metodológicas.

La selección aquí realizada resalta el vínculo entre agua e interdisciplinariedad y, a partir de ello, los argumentos que sustentan la asunción del agua como un objeto de carácter interdisciplinario. A pesar de contener en el título la combinación que relaciona “agua” e “interdisciplinariedad”, la mayoría de los estudios no abordaron cuestiones conceptuales ni señalaron esta relación. Si bien no hay discusión sobre la naturaleza del objeto y la interdisciplinariedad, ésta surge en los estudios por la necesidad de resolver las interrogantes planteadas, sin necesariamente abordar conceptos teóricos. La interdisciplinariedad es, por tanto, anterior a la combinación disciplinaria. Así, las disciplinas no se unen y forman la interdisciplinariedad de algo, sino que se unen a partir de la interdisciplinariedad de algo, en este caso específico es el agua.

4. ALGUNAS REFLEXIONES

En la búsqueda de elementos que conecten los estudios del agua con diferentes áreas, las percepciones que resultaron del análisis de las publicaciones pueden contribuir no sólo a comprender la dinámica entre agua e interdisciplinariedad, sino también a las diferentes miradas sobre cómo se aborda la interdisciplinariedad en la investigación. De lo abordado en las discusiones sostenidas en este capítulo se pueden inferir cuatro temas de reflexión:

- Existen diferentes interpretaciones sobre la relación entre agua e interdisciplinariedad; en los estudios analizados, el término interdisciplinariedad fue colocado en ocasiones en diferentes contextos. Sin embargo, la interdisciplinariedad de un objeto no se caracteriza únicamente por su correlación con elementos disciplinares. Si bien las conexiones encontradas en los estudios explican la correlación de los elementos disciplinares con el agua, lo que hace que estos estudios sean interdisciplinarios no son sólo las posibles conexiones con diferentes áreas, sino la propia naturaleza del elemento agua y sus diversas consecuencias, y esto aún no ha sido explorado en cualquiera de los estudios que conformaron la búsqueda.
- Hay un avance en el conocimiento de los estudios sobre el agua y la interdisciplinariedad; la interdisciplinariedad en su correlación con el agua ha sido abordada en estudios científicos y trabajada en campos epistemológicos y pedagógicos desde la década de 1970. Las publicaciones más antiguas se centraron más en la dis-

cusión de la interdisciplinariedad como un concepto relacionado con el agua, y con el paso de los años los estudios abarcaron de manera más sólida una serie de disciplinas que buscan elementos más prácticos. Sin embargo, pocos estudios profundizan las discusiones teóricas sobre la interdisciplinariedad como enfoque. Si bien el rigor metodológico de la investigación y otros elementos que caracterizan un estudio científico están presentes en los estudios analizados, las discusiones conceptuales son necesarias. Es necesario que la interdisciplinariedad sea explorada más profundamente dentro de la propia comunidad científica, para comprender, por un lado, la aparición cada vez más frecuente de complejos problemas inter y transdisciplinarios y, por el otro, cómo estas emergencias requieren repensar y reorganizar. ciencia.

- Los estudios muestran cada vez más una adhesión a cuestiones prácticas; La mayoría de los estudios analizados tocan temas de desarrollo y urbanismo, donde destaca el lastre en el ámbito físico. El término "interdisciplinariedad" surgió de un movimiento real, de una demanda científico-social, una vez que se comprendió que la forma en que se estaban tratando ciertos elementos no era suficiente para afrontar los problemas presentados.
- La interdisciplinariedad se puede ver a partir de la combinación de tres elementos; En la literatura, la interdisciplinariedad generalmente está ligada a la combinación de disciplinas. Las discusiones aquí sostenidas abordan la interdisciplinariedad desde la naturaleza de un cam-

po de investigación común. Ante esto, un tercer elemento sustenta la perspectiva interdisciplinaria: la lente. Ésta es la necesidad de una perspectiva de enfoque interdisciplinario. La combinación disciplinaria y la naturaleza de un problema interdisciplinario, sin un actor que vea esta combinación de manera interdisciplinaria, imbuido teóricamente, no es suficiente para avanzar en la construcción del conocimiento.

Así, si bien el agua tiene un carácter interdisciplinario, y muchas disciplinas pueden estar involucradas en estudios que discutan este elemento, sin una visión interdisciplinaria no habrá acción reflexiva y aplicación del conocimiento y, en consecuencia, transformación social efectiva.

BIBLIOGRAFÍA

ANEXO 1: Artículos analizados en el estudio

- Sandhu G., Weber O., Wood M.O., Rus H.A., Thistlethwaite J. 2023. An interdisciplinary water risk assessment framework for sustainable water management in Ontario, Canada. *Water Resources Research*, e2022WR032959.
- Mukherjee S., Sundberg T. 2023. A transdisciplinary and collaborative urban water security framework: Developed through an interdisciplinary study in Kolkata, India. *World Water Policy*, 9(3), 519-549.
- Krueger T., Alba R. 2022. Ontological and epistemological commitments in interdisciplinary water research: Uncertainty as an entry point for reflexion. *Frontiers in Water*, 4, 1038322.
- Lalinská-Voleková B., Majerová, H., Kautmanová, I., Brachtýr, O., Szabóová, D., Arendt, D., Brčeková J., Šottník, P. 2022. Hydrous ferric oxides (HFO's) precipitated from contaminated waters at several abandoned Sb deposits–Interdisciplinary assessment. *Science of The Total Environment*, 821, 153248.
- Dzierzbicka-Glowacka L., Dybowski D., Janecki M., Wojciechowska E., Szymczycha B., Potrykus D., Nowicki A., Szymkiewicz A., Zima P., Jaworska-Szulc B., Pietrzak S., Pazikowska-Sapota G., Kalinowska D., Nawrot N., Wielgat P., Dembska G., Matej-Łukowicz K., Szczepańska K., Puszkarczuk, T. 2022. Modelling the impact of the agricultural holdings and land-use structure on the quality of inland and coastal waters with an innovative and interdisciplinary toolkit. *Agricultural Water Management*, 263, 107438.
- Richards N., Gutierrez-Arellano C. 2022. Effects of community-based water management decisions at catchment scale, an interdisciplinary approach: the case of the Great Ruaha River Catchment, Tanzania. *Water Practice & Technology*, 17(2), 598-611.
- Carralero P. 2022. Geontopower as a feminist analytic: an interdisciplinary triangulation of women, water and feminist politics in India. *Feminist Theory*, 14647001221143102.
- Thaler T. 2022. Human–water research: discussion of “Guiding principles for hydrologists conducting interdisciplinary research and fieldwork with participants”. *Hydrological Sciences Journal*, 67(14), 2205-2210.

- Höllermann B., Rangecroft S., Rohse M., Banks E.W., Day R., Di Baldassarre G., Frommen T., Hayashi Y., Lebek K., Mondino E., Rusca M., Wens M., Van Loon A.F. 2022. Go together, to go further! Reply to "Human–water research: discussion of 'Guiding principles for hydrologists conducting interdisciplinary research and fieldwork with participants'". *Hydrological Sciences Journal*, 67(14), 2211-2213.
- Hamidov A., Daedlow K., Webber H., Hussein H., Abdurahmanov I., Dolidudko A., Seerat A.Y., Solieva U., Woldeyohanes T., Helming K. 2022. Operationalizing water-energy-food nexus research for sustainable development in social-ecological systems: an interdisciplinary learning case in Central Asia. *Ecology and Society*, 27(1).
- Voinea S., Nichita C., Burchiu E., Diac C., Armeanu I. 2022. Study case of potable water from wells in the metropolitan bucharest area. influences on human health-interdisciplinary lab. *Romanian Reports in Physics*, 74, 902.
- Siebert S., Ganeshiaiah K.N., Buerkert A. 2021. Water use in human civilizations: an interdisciplinary analysis of a perpetual social-ecological challenge. *Frontiers of Agricultural Science and Engineering*, 8(4), 512-524.
- Seijger C., Kleinschmit D., Schmidt-Vogt D., Mehmood-Ul-Hassan M., Martius C. 2021. Water and sectoral policies in agriculture–forest frontiers: An expanded interdisciplinary research approach. *Ambio*, 50, 2311-2321.
- He Y. 2021. Current and future transboundary water cooperation over the YarlungZangbo/Brahmaputra River basin: from an interdisciplinary perspective. *Water Policy*, 23(5), 1107-1128.
- Hormel L., Wardropper C.B., Scott C.B., Gallardo M.V.I., Roon D., Armijos C.I. 2021. Factors influencing water quality perceptions in an urban and rural watershed in southern Ecuador: a case study of applied interdisciplinary research training in Ecuador. *Case Studies in the Environment*, 5(1), 1434937.
- Oshun J., Keating K., Lang M., Miraya-Oscco Y. 2021. Interdisciplinary Water Development in the Peruvian Highlands: The Case for Including the Coproduction of Knowledge in Socio-Hydrology. *Hydrology*, 8(3), 112.
- Zare F., Guillaume J.H.A., ElSawah S., Croke B., Fu B., Iwanaga T., Merritt W., Partington D., Ticehurst J., Jakeman A.J. 2021. A formative and self-reflective approach to monitoring and evaluation of interdisciplinary team research: An integrated water resource modelling application in Australia. *Journal of Hydrology*, 596, 126070.

- Bopegedera A.M.R.P., Coughenour C.L. 2020. An interdisciplinary, project-based inquiry into the chemistry and geology of alkaline surface lake waters in the general chemistry laboratory. *Journal of Chemical Education*, 98(4), 1352-1360.
- Daus M., Koberger K., Koca K., Beckers F., Encinas-Fernández J., Weisbrod B., Dietrich D., Gerbersdorf S.U., Glaser, R., Haun S., Hofmann H., Martin-Creuzburg D., Peeters F., Wieprecht S. 2021. Interdisciplinary reservoir management—a tool for sustainable water resources management. *Sustainability*, 13(8), 4498.
- Costa M.L.M., Silva T.C.D., Limeira M.C.M. 2021. Research on interinstitutional and interdisciplinary relations for the integrated planning of water resources in the Gramame River Basin, Brazil. *Engenharia Sanitaria e Ambiental*, 26, 291-299.
- Wurtsbaugh W.A., Paerl H.W., Dodds W.K. 2019. Nutrients, eutrophication and harmful algal blooms along the freshwater to marine continuum. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Water*, 6(5), e1373.
- Morales D., Molares S., Epele L., Ladio A., Manzo P., Alday G. 2020. An interdisciplinary approach to perception of water quality for human consumption in a Mapuche community of arid Patagonia, Argentina. *Science of the Total Environment*, 720, 137508.
- Dingemans M.M., Smeets P.W., Medema G., Frijns J., Raat K.J., van Wezel A.P., Bartholomeus R.P. 2020. Responsible water reuse needs an interdisciplinary approach to balance risks and benefits. *Water*, 12(5), 1264.
- Chaparro M.A., Ramírez-Ramírez M., Chaparro M.A., Miranda-Avilés R., Puy-Alquiza M.J., Böhnel H.N., Zanor G.A. 2020. Magnetic parameters as proxies for anthropogenic pollution in water reservoir sediments from Mexico: An interdisciplinary approach. *Science of the Total Environment*, 700, 134343.
- Mollinga P.P. 2020. Knowledge, context and problemsheds: a critical realist method for interdisciplinary water studies. *Water International*, 45(5), 388-415.
- Lewandowski J., Meinikmann K., Krause S. 2020. Groundwater–surface water interactions: Recent advances and interdisciplinary challenges. *Water*, 12(1), 296.
- Rusca M., Di Baldassarre G. 2019. Interdisciplinary critical geographies of water: Capturing the mutual shaping of society and hydrological flows. *Water*, 11(10), 1973.

- Jia X., Li Z., Tan R.R., Foo D.C., Majozi T., Wang F. 2019. Interdisciplinary contributions to sustainable water management for industrial parks. *Resources, Conservation and Recycling*, 149, 646-648.
- Piol M.N., Saralegui A., Orero G., Boeykens S., Basack S., Vullo D.L. 2019. Improvement of laboratory skills of Chemical and Civil Engineering students using an interdisciplinary service-learning project for water quality and supply assessment in low-income homes. *FEMS Microbiology Letters*, 366(12), fnz143.
- Rogaski R. 2019. Introduction to "Air-Water-Land-Human: Interdisciplinary Approaches to Health and Environment in East Asia". *Cross-Currents: East Asian History and Culture Review*, 1(30).
- Romagny B., Simonneaux V., Boujrouf S., Er-Raki S., Riaux J. 2019. Mediterranean water resources, societies and territories. Interdisciplinary dialogue as a response to climate change challenges. *Natures Sciences Societes*, 27(2), 219-224.
- Murgida A.M., Castro M.D.P., Kazimierski M.A., Membribe A. 2019. Modelos de trabajo en la interdisciplina: un análisis relacional de colaboración para el planeamiento hídrico en la Patagonia Norte (Argentina). *Universidad Autónoma de Barcelona, Redes*, 30(1), 25-43
- Tignino M., Bréthaut C. 2018. Introduction: an interdisciplinary inquiry into the relationship between fresh water, the rule of law and international relations: In Research Handbook on Freshwater Law and International Relations. Edward Elgar Publishing, Cheltenham, UK.
- Penna D., Hopp L., Scandellari F., Allen S.T., Benettin P., Beyer M., Geris J., Klaus J., Marshall J.D., Schwendenmann L., Volkmann T.H.M., von Freyberg J., Amin A., Ceperley N., Engel M., Frentesz J., Giambastiani Y., McDonnell J.J., Zuecco G., Llorens P., Siegwolf R.T.W., Dawson T.E., Kirchner J.W. 2018. Ideas and perspectives: Tracing terrestrial ecosystem water fluxes using hydrogen and oxygen stable isotopes—challenges and opportunities from an interdisciplinary perspective. *Biogeosciences*, 15(21), 6399-6415.
- Viljoen G., van der Walt K. 2018. South Africa's water crisis-an interdisciplinary approach. *Tydskrif vir Geesteswetenskappe*, 58(3), 483-500.
- Grant D.B., Elliott M. 2018. A proposed interdisciplinary framework for the environmental management of water and air-borne emissions in maritime logistics. *Ocean & Coastal Management*, 163, 162-172.

- Gauvain M. 2018. From developmental psychologist to water scientist and back again: The role of interdisciplinary research in developmental science. *Child Development Perspectives*, 12(1), 45-50.
- Crawford S.E., nee Cofalla C.B., Aumeier B., Brinkmann M., Classen E., Esser V., Ganal C., Kaip E., Häussling R., Lehmkuhl F., Letmathe P., Müller A.-K., Rabinovitch I., Reicherter K., Schwarzbauer J., Schmitt M., Stauch G., Wessling M., Yüce S., Hecker M., Kidd K.A., Altenburger R., Brack W., Schüttrumpf H., Hollert, H. 2017. Project house water: a novel interdisciplinary framework to assess the environmental and socioeconomic consequences of flood-related impacts. *Environmental Sciences Europe*, 29(1), 1-10.
- James L.D., Shafiee-Jood M. 2017. Interdisciplinary information for achieving water security. *Water Security*, 2, 19-31.
- Barron N.J., Kuller M., Yasmin T., Castonguay A.C., Copa V., Duncan-Horner E., Gimelli F.M., Jamali B., Nielsen J.S., Ng K., Novalia W., Shen P.F., Conn R.J., Brown R.R., Deletic A. 2017. Towards water sensitive cities in Asia: an interdisciplinary journey. *Water Science and Technology*, 76(5), 1150–1157.
- Howarth C., Monasterolo I. 2017. Opportunities for knowledge co-production across the energy-food-water nexus: Making interdisciplinary approaches work for better climate decision making. *Environmental Science & Policy*, 75, 103-110.
- Rusca M., Boakye-Ansah A.S., Loftus A., Ferrero G., van der Zaag P. 2017. An interdisciplinary political ecology of drinking water quality. Exploring socio-ecological inequalities in Lilongwe's water supply network. *Geoforum*, 84, 138-146.
- Kumazawa T., Hara K., Endo A., Taniguchi M. 2017. Supporting collaboration in interdisciplinary research of water–energy–food nexus by means of ontology engineering. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 11, 31-43.
- McCurley K.L., Jawitz J.W. 2017. Hyphenated hydrology: Interdisciplinary evolution of water resource science. *Water Resources Research*, 53(4), 2972-2982.
- Tipaldo G., Allamano P. 2017. Citizen science and communitybased rain monitoring initiatives: an interdisciplinary approach across sociology and water science. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Water*, 4(2), e1200.
- Hagemann N., Kirschke S. 2017. Key issues of interdisciplinary NEXUS governance analyses: Lessons learned from research on integrated water resources management. *Resources*, 6(1), 9.

- Li F., Du C.L. 2017. On the interdisciplinary nature of water-related programs in American public universities. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 52, 012093.
- Silva D., Candido G., Baracuhy J., Chaves H., Curi W. 2017. Water resources management in Brazil and interdisciplinarity: A reflection around contemporary notes this relationship. *Revista Espacios*, 38(1).
- Bakalar G. 2016. Comparisons of interdisciplinary ballast water treatment systems and operational experiences from ships. *SpringerPlus*, 5, 1-12.
- Howarth C., Monasterolo I. 2016. Understanding barriers to decision making in the UK energy-food-water nexus: The added value of interdisciplinary approaches. *Environmental Science & Policy*, 61, 53-60.
- Lanier A.L., Sukop M.C. 2016. Interdisciplinary projects require an adaptive and agile management approach: South Florida Water, Sustainability, and Climate project experience: In World Environmental and Water Resources Congress 2016, American Society of Civil Engineers, Reston, Virginia.
- Pacetti T., Caporali E., Federici G. 2015. "History and geography of water": An online interdisciplinary course on water value: In 2015 International Conference on Interactive Collaborative Learning, Firenze, Italy.
- Anacleto R.G., Bilotta P. 2015. An Interdisciplinary Approach about Water Quality as Strategy for Science Education. *Revista Virtual de Quimica*, 7(6), 2622-2634.
- Vogel R.M., Lall U., Cai X., Rajagopalan B., Weiskel P.K., Hooper R.P., Matalas N.C. 2015. Hydrology: The interdisciplinary science of water. *Water Resources Research*, 51(6), 4409-4430.
- Wen B., van der Zouwen M., Horlings E., van der Meulen B., van Vierssen W. 2015. Transitions in urban water management and patterns of international, interdisciplinary and intersectoral collaboration in urban water science. *Environmental Innovation and Societal Transitions*, 15, 123-139.
- Foran T. 2015. Node and regime: Interdisciplinary analysis of water-energy-food nexus in the Mekong region. *Water Alternatives*, 8(1).
- Maia R., Pereira L.S. 2015. Water resources management in an interdisciplinary and changing context. *Water Resources Management*, 29, 211-216.

- Barthel R. 2014. HESS Opinions" Integration of groundwater and surface water research: an interdisciplinary problem?". *Hydrology and Earth System Sciences*, 18(7), 2615-2628.
- Bakalar G. 2014. Review of interdisciplinary devices for detecting the quality of ship ballast water. *SpringerPlus*, 3, 1-8.
- Jaumann R., Tirsch D., Hauber E., Erkeling G., Hiesinger H., Le Deit L., Sowe M., Adeli S., Petau A., Reiss D. 2014. Water and Martian habitability: Results of an integrative study of water related processes on Mars in context with an interdisciplinary Helmholtz research alliance "Planetary Evolution and Life". *Planetary and Space Science*, 98, 128-145.
- Ioris A.A. 2013. The value of water values: Departing from geography towards an interdisciplinary synthesis. *Geografiska Annaler: Series B, Human Geography*, 95(4), 323-337.
- Baveye P. 2013. Addressing key challenges to interdisciplinary research on water-related issues: biologists' engagement and funding structure. *Biologia*, 68(6), 1087-1088.
- Seo Y., Coburn K.M., Chase D.V. 2013. Interdisciplinary approach to address the dynamics of water distribution systems for engineering student education: In 2013 ASEE Annual Conference & Exposition, Atlanta, Georgia.
- Júnior J.A.S., Júnior G.B., Santos J.K.L., Brito E.T.F.S. 2013. Rational use of water: interdisciplinary actions in a rural school in the Brazilian semiarid. *Ambiente e Agua-An Interdisciplinary Journal of Applied Science*, 8(1), 263-271.
- Kraatz S., Hunstock U., Libra J.A., Drastig K. 2012. Modelling water use intensity at farm scale—an interdisciplinary study of agriculture and hydrology (AgroHyd): In 6th International Congress on Environmental Modelling and Software, Leipzig, Germany.
- Ensign S.H., Noe G.B., Hupp C.R., Fagherazzi S. 2012. A meeting of the waters: Interdisciplinary challenges and opportunities in tidal rivers. *Eos, Transactions American Geophysical Union*, 93(45), 455-456.
- Blöschl G., Carr G., Bucher C., Farnleitner A.H., Rechberger H., Wagner W., Zessner M. 2011. Promoting interdisciplinary education--the Vienna Doctoral Programme on Water Resource Systems. *Hydrology & Earth System Sciences Discussions*, 8(6).

- Mahaut V., De Bondt K., Deligne C. 2011. Interdisciplinary methodological approach for urban water management in densely urbanized areas within Brussels: In Architecture & Sustainable Development, Conference Proceedings of the 27th International Conference on Passive and Low Energy Architecture, Presses Universitaires de Louvain.
- Deines P., Sekar R., Jensen H.S., Tait S., Boxall J.B., Osborn A.M., Biggs C.A. 2010. MUWS (Microbiology in Urban Water Systems)—An interdisciplinary approach to study microbial communities in urban water systems. *Drinking Water Engineering and Science*, 3(2), 91-99.
- Richter-Egger D.L., Hagen J.P., Laquer F.C., Grandgenett N.F., Shuster R.D. 2010. Improving student attitudes about science by integrating research into the introductory chemistry laboratory: Interdisciplinary drinking water analysis. *Journal of Chemical Education*, 87(8), 862-868.
- Saito L., Fiedler F., Cosens B., Kauneckis D. 2010. Interdisciplinary Graduate Education in Water and Environmental Resources in 2050: In World Environmental and Water Resources Congress 2010: Challenges of Change, American Society of Civil Engineers, Reston, Virginia.
- Rodriguez-Mozaz S., Weinberg H.S. 2010. Meeting report: pharmaceuticals in water—an interdisciplinary approach to a public health challenge. *Environmental Health Perspectives*, 118(7), 1016-1020.
- Castro J.E. 2010. The interdisciplinary challenge in water policy: the case of “water governance”: In Water Engineering and Management Throughout the Times (Learning from History), CRC Press, Boca Raton, Florida.
- Bridgeman J. 2009. Water: An International and Interdisciplinary Scientific Open Access Journal. *Water*, 1(1), 1.
- Tyler A.N., Hunter P.D., Carvalho L., Codd G.A., Elliott J.A., Ferguson C.A., Hanley N.D., Hopkins D.W., Maberly S.C., Mearns K.J., Scott E.M. 2009. Strategies for monitoring and managing mass populations of toxic cyanobacteria in recreational waters: a multi-interdisciplinary approach. *Environmental Health*, 8, 1-8.
- Saito L. 2009. Coordinating and Implementing a Graduate Course on Interdisciplinary Modeling for Water-Related Issues: In World Environmental and Water Resources Congress 2009, Great Rivers.

- Batterman S., Eisenberg J., Hardin R., Kruk M.E., Lemos M.C., Michalak A.M., Mukherjee B., Renne E., Stein H., Watkins C., Wilson M.L. 2009. Sustainable control of water-related infectious diseases: a review and proposal for interdisciplinary health-based systems research. *Environmental Health Perspectives*, 117(7), 1023-1032.
- Riskowski J.L., Todd C.D., Wee B., Dark M., Harbor J. 2009. Exploring the effectiveness of an interdisciplinary water resources engineering module in an eighth-grade science course. *International Journal of Engineering Education*, 25(1), 181.
- Sampford C. 2007. Water rights and water governance: A cautionary tale and the case for interdisciplinary governance. *Water Ethics*, 45.
- Papelis C. 2008. Challenges and Opportunities of Interdisciplinary Programs: A Water Resources Management Perspective. In World Environmental and Water Resources Congress 2008, Ahupua'A.
- Sorensen D.L., Goddard J.V., Muradyan S.G., Hill R.W. 2008. Training an Interdisciplinary Team for Village Water Resources Development in Armenia. *Journal of Environmental Assessment Policy and Management*, 10(03), 291-306.
- Chadwick D., Fish R., Oliver D.M., Heathwaite L., Hodgson C., Winter M. 2008. Management of livestock and their manure to reduce the risk of microbial transfers to water—the case for an interdisciplinary approach. *Trends in Food Science & Technology*, 19(5), 240-247.
- Braimoh A.K., Craswell E.T. 2008. Quantitative assessment of interdisciplinarity in water science programs. *Water Resources Management*, 22, 473-484.
- Dixon J., Sharp L.I.Z. 2007. Collaborative research in sustainable water management: issues of interdisciplinarity. *Interdisciplinary Science Reviews*, 32(3), 221-232.
- Connelly S., Anderson C. 2007. Studying water: reflections on the problems and possibilities of interdisciplinary working. *Interdisciplinary Science Reviews*, 32(3), 213-220.
- Hodgson S.M., Smith J.W. 2007. Building a research agenda on water policy: an exploration of the Water Framework Directive as an interdisciplinary problem. *Interdisciplinary Science Reviews*, 32(3), 187-202.
- Hiwasaki L., Arico S. 2007. Integrating the social sciences into ecohydrology: facilitating an interdisciplinary approach to solve issues surrounding water, environment and people. *Ecohydrology & Hydrobiology*, 7(1), 3-9.

- Sanford W.E., Caine J.S., Wilcox D.A., McWreath H.C., Nicholas J.R. 2006. Research opportunities in interdisciplinary ground-water science in the US Geological Survey. *US Geological Survey Circular*, 1293, 21.
- Giertz S., Diekkrüger B., Jaeger A., Schopp M. 2006. An interdisciplinary scenario analysis to assess the water availability and water consumption in the Upper Ouémé catchment in Benin. *Advances in Geosciences*, 9, 3-13.
- Jöborn A. 2005. Summing up: A 10-y interdisciplinary research venture on sustainable water management. *AMBIO: A Journal of the Human Environment*, 34(3), 270-270.
- Lemberg B., Mjelde J.W., Conner J.R., Griffin R.C., Rosenthal W.D., Stuth J.W. 2002. An interdisciplinary approach to valuing water from brush control. *JAWRA Journal of the American Water Resources Association*, 38(2), 409-422.
- Bernknopf R.L., Dinitz L.B., Loague K.M. 2001. An interdisciplinary assessment of regional-scale nonpoint source ground-water vulnerability: theory and application. US Geological Survey.
- Jeffrey P., Seaton R.A., Parsons S.A., Judd S.J., Stephenson T. 2000. An interdisciplinary approach to the assessment of water recycling technology options. *International Journal of Water*, 1(1), 102-117.
- Smith M.C., Gattie D.K. 1999. A multi disciplinary fifth year certification program in water resources for biological and agricultural engineering students with a capstone interdisciplinary project course: In 1999 Annual Conference.
- Elpiner L.I., Zektser I.S. 1999. Interdisciplinary approach to assessing the conditions of groundwater use as a source of potable water. *Water Resources*, 26(4), 341-348.
- Frosina C.J., Mathews E. 1999. How is your water? An interdisciplinary approach to management of biofilm in dental unit waterlines. *Probe (Ottawa, Ont.)*, 33(3), 15-21.
- Bel F., Lacroix A., Mollard A., David C., Beaudoin N., Mary B., Vachaud G., Vauclin M., Garino B. 1999. An interdisciplinary, pluriscale and pluripartner approach of water non-point-source pollutions: the La Côte Saint-André experience. *La Houille Blanche*, (6), 72-79.
- Juhl L., Yearsley K., Silva A.J. 1997. Interdisciplinary project-based learning through an environmental water quality study. *Journal of Chemical Education*, 74(12), 1431.

- Khosla M.R., Heath A.G., Angermeier P.L. 1995. Assessing water quality: Interdisciplinary problems and approaches. *Interdisciplinary Science Reviews*, 20(3), 229-240.
- Judd L., Steele K., Katz S., McCreary S. Involving the public to reach consensus in water resources projects-an interdisciplinary perspective: In *Water Policy and Management: Solving the Problems*.
- Freeze R.A. 1990. Water resources research and interdisciplinary hydrology. *Water Resources Research*, 26(9), 1865-1867.
- Cole R.A., Ward F.A., Ward T.J., Wilson R.M. 1990. Development of an interdisciplinary planning model for water and fishery management. *JAWRA Journal of the American Water Resources Association*, 26(4), 597-609.
- Miller W.W., Ching C.T., Yanagida J.F., Jakus P. 1985. Agricultural water pollution control: an interdisciplinary approach. *Environmental Management*, 9, 1-6.
- Boulding K., Butler J.H. 1984. Interdisciplinary trends in water resource management: In *Papers and Proceedings of Applied Geography Conferences*.
- Crusberg T.C., Hoffman A.H., Morse L.J. 1983. The water quality resource study group: An interdisciplinary community effort in Worcester, Massachusetts, USA. *Environmental Professional*, 5(2), 162-167.
- Shahane A.N. 1976. Interdisciplinary models of water systems. *Ecological Modelling*, 2(2), 117-145.
- Perkins P.C. 1973. Interdisciplinary study of lake Powell, USA: consequences of water management decisions in an arid region: In: *Water for the human environment, Volume I, Congress Papers*.
- Bedrosian A.J., Bennett W.O., Berry J.E., Ditton R.B., Kolka J.W., Thompson T.W. 1972. Cooperative communityuniversity water resource planning: An interdisciplinary approach. *JAWRA Journal of the American Water Resources Association*, 8(5), 887-899.
- Engman E.T., Gburek W.J., Parmele L.H., Urban J.B. 1971. Scale problems in interdisciplinary water resources investigation. *JAWRA Journal of the American Water Resources Association*, 7(3), 495-505.

ANEXO 2: ARTÍCULOS NO INCLUIDOS EN EL ESTUDIO, REFERENTES AL TEMA

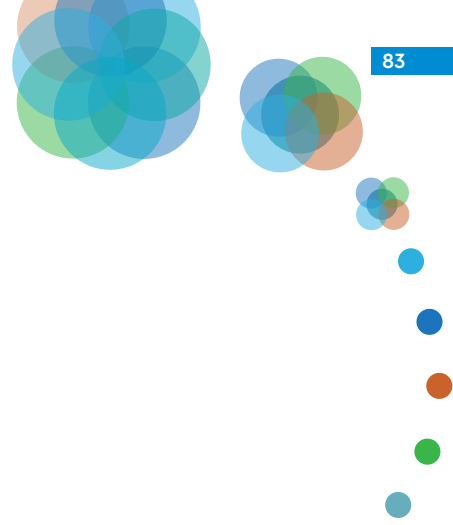
- López-Leyva J.A., Murillo-Aviña G.J., Mellink-Méndez S.K., Ramos-García V.M. 2023. Energy- and water-integrated management system to promote the low-carbon manufacturing industry: an interdisciplinary Mexican case study. *Environment, Development and Sustainability*, 1-20.
- Wan R., Ni M. 2022. Energy-water-climate governance from interdisciplinary perspectives. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(48), 72087-72089.
- Falkenmark M. 2021. Early focus on water strategies for the twenty-first century: IWRA as an interdisciplinary forerunner. *Water International*, 46(1), 10-15.
- Buser M., Leeson L., Rathore M., Roy A., Sabnani N. 2020. Interdisciplinary research in Rajasthan, India: exploring the role of culture and art to support rural development and water management. *Water Alternatives*, 13(3), 822-842.
- Lewandowski J., Meinikmann K., Krause S. 2020. Correction: Lewandowski, J., et al. Groundwater-Surface Water Interactions: Recent Advances and Interdisciplinary Challenges. *Water*, 12(4), 988.
- Marasović K., Margeta J. 2021. An interdisciplinary study of the water supply and drainage system of Diocletian's palace in Split. *Antiquité Tardive*, 28, 69-84.
- Орлова М.И., Родионов В.А. 2021. Биообращение, морские и континентальные воды: теория, практика, перспективы региональных междисциплинарных исследований. *Фундаментальная и прикладная гидрофизика*, 13(4), 121-136.
- Zhou L., Lv F., Liu L., Wang S. 2019. Water-soluble conjugated organic molecules as optical and electrochemical materials for interdisciplinary biological applications. *Accounts of Chemical Research*, 52(11), 3211-3222.
- Weiss N.D., Felby C., Thygesen L.G. 2019. Enzymatic hydrolysis is limited by biomass-water interactions at high-solids: improved performance through substrate modifications. *Biotechnology for Biofuels*, 12, 1-13.
- Szwedo P. 2018. Cross-border water trade: legal and interdisciplinary perspectives. Brill Nijhoff, Leiden, The Netherlands.

- Lanier A.L., Drabik J.R., Heikkila T., Bolson J., Sukop M.C., Watkins D.W., Rehage J., Mirchi A., Engel V., Letson D. 2018. Facilitating integration in interdisciplinary research: Lessons from a South Florida water, sustainability, and climate project. *Environmental Management*, 62, 1025-1037.
- Burluson G., MacCarty N., Sharp K., Tilt B. (2018). An interdisciplinary mixed-method approach to the evaluation of a novel water treatment technology in eastern Uganda: In International Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering Conference, American Society of Mechanical Engineers.
- Basu D., Lohani V., Muffo J. 2018. Analysis of undergraduate research experiences in an interdisciplinary water science and engineering program. *International Journal of Engineering Education*, 34(1), 155-170.
- Button C., Croft J.L. 2017. Sports science needs more interdisciplinary, constraints-led research programmes: the case of water safety in New Zealand. *Human Movement Science*, 56, 157-159.
- Burian S.J., Jha M.K., Richard G.A., Shepherd M., Taber J. 2017. An Interdisciplinary Learning Module on Water Sustainability in Cities: In 2017 ASEE Annual Conference & Exposition.
- Zhang K., Hong Y., AghaKouchak A. 2022. Interdisciplinary perspectives on remote sensing for monitoring and predicting water-related hazards: In Remote Sensing of Water-Related Hazards, AGU Publications, Hoboken, USA.
- Willermet C., Mueller A., Alm D. 2017. Transforming awareness into activism: teaching systems and social justice in an interdisciplinary water course: In Promoting Social Justice through the Scholarship of Teaching and Learning, Indiana University Press, Bloomington, Indiana.
- Goyal M.R., Sivanappan R.K. 2017. Engineering practices for agricultural production and water conservation: an interdisciplinary approach, CRC Press, Waretown, USA.
- Schneier-Madanes G., Valdes J.B., Curley E.F., Maddock T., Marsh S., Hartfield K.A. 2017. Water and urban development challenges in the Tucson metropolitan area: An interdisciplinary perspective, CRC Press/Balkema, Leiden, The Netherlands.
- Andronova L.A., Bleikher O.V., Rogaeva I.E., Savkovich E.V., Trubnikova N.V. 2016. Interdisciplinary model for Russia and China transboundary water management in the Amur-Heilong River region. *Advanced Science Letters*, 22(5-6), 1601-1605.

- Kong N., Li Q., Sangwan N., Kulzick R., Matei S., Ariyur K. 2016. An interdisciplinary approach for a water sustainability study. *Papers in Applied Geography*, 2(2), 189-200.
- Sherchan S., Pasha F., Weinman B., Nelson F.L., Sharma F.C., Therkelsen J., Drexler D. 2016. Seven faculties in search of a mission: A proposed interdisciplinary course on water literacy. *Applied Environmental Education & Communication*, 15(2), 171-183.
- Hüttl R.F., Bens O., Bismuth C., Hoehstetter S., Frede H.G., Kümpel H.J. 2016. Introduction: A critical appraisal of major water engineering projects and the need for interdisciplinary approaches: In *Society-Water-Technology: A Critical Appraisal of Major Water Engineering Projects*, Springer, Cham.
- Sindik J., Briški M. 2016. Diversity in the Perceptions of the Symbolic Values of Water (An Interdisciplinary Approach). *Anali Zavoda za povijesne znanosti Hrvatske akademije znanosti i umjetnosti u Dubrovniku*, (54/2), 453-468.
- Henke-Laura A.S.V.F., Jackson T.F.S.M.D. 2016. *Hydraulische Mörtel. Interdisziplinäres Projekt zu Wasseranlagen auf dem Palatin*, Verlag Schnell und Steiner.
- Grigg N.S. 2016. *Integrated water resource management: an interdisciplinary approach*. Springer.
- *Interdisciplinary Perspectives on Infectious Diseases*. 2016. Retracted: Contamination of hospital water supplies in Gilan, Iran, with *Legionella pneumophila*, *Escherichia coli*, and *Pseudomonas aeruginosa*. *Interdisciplinary Perspectives on Infectious Diseases*, 2016, 4801509.
- Knüppe K. 2016. Project WaterNeeds is a milestone of interdisciplinary water research. *GWF, Wasser – Abwasser*, 157(4), 354 – 355 2016.
- Nobert S., Krieger K., Pappenberger F. 2015. Understanding the roles of modernity, science, and risk in shaping flood management. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Water*, 2(3), 245-258.
- Gilissen H.K., Alexander M., Beyers J.C., Chmielewski P., Matczak P., Schellenberger T., Suykens C. 2016. Bridges over troubled waters: an interdisciplinary framework for evaluating the interconnectedness within fragmented flood risk management systems. *Journal of Water Law*, 25(1), 12-26.
- Cutright T.J. 2015. Use of an undergraduate, interdisciplinary design team to address the remediation of fracking water and acid mine drainage: In 2015 ASEE Annual Conference & Exposition.

- Zemeckis D.R., Martins D., Kerr L.A., Cadrin S.X. 2014. Stock identification of Atlantic cod (*Gadus morhua*) in US waters: an interdisciplinary approach. *ICES Journal of Marine Science*, 71(6), 1490-1506.
- Lohani V.K. 2014. Experiences in implementing an NSF/REU site on interdisciplinary water sciences and engineering during 2007-13. In 2014 ASEE Annual Conference & Exposition.
- Kibaroglu A., Kirschner A., Mehring S., Wolfrum R. 2013. Water Law and Cooperation in the Euphrates-Tigris Region: A Comparative and Interdisciplinary Approach. Martinus Nijhoff Publishers, Leiden, The Netherlands.
- Rivera M.W., Sheer D.P., Miller A.J. 2013. Computeraided negotiations of water disputes: An interdisciplinary roleplaying course. *JAWRA Journal of the American Water Resources Association*, 49(3), 700-714.
- Fiki C.O., Amupitan J., Dabi D., Nyong A. 2007. From disciplinary to interdisciplinary community development: The Jos-McMaster drought and rural water use project in Nigeria. *Journal of Community Practice*, 15(1-2), 147-170.
- Higgins P., Wattchow B. 2013. The water of life: creative non-fiction and lived experience on an interdisciplinary canoe journey on Scotland's River Spey. *Journal of Adventure Education & Outdoor Learning*, 13(1), 18-35.
- Higgins P., Wattchow B. (2013). Corrigendum: The water of life: creative non-fiction and lived experience on an interdisciplinary canoe journey on Scotland's River Spey. *Journal of Adventure Education & Outdoor Learning*, 13(1), 18-35.
- Saito L., Fiedler F., Cosens B., Kauneckis D. 2012. A vision of interdisciplinary graduate education in water and environmental resources in 2050: In Toward a Sustainable Water Future: Visions for 2050. American Society of Civil Engineers, Reston, Virginia.
- Castro J.E. 2012. In search of meaningful interdisciplinarity: understanding urban water conflicts in Mexico. *Urban Water Conflicts*, Boca Raton, Florida.
- Falkenmark M. 2011. Early focus on water strategies for the twenty-first century: IWRA as an interdisciplinary forerunner. *Water International*, 36(7), 776-781.
- Deines P., Sekar R., Jensen H.S., Tait S., Boxall J.B., Osborn A.M., Biggs C.A. 2010. MUWS (Microbiology in Urban Water Systems)—An interdisciplinary approach to study microbial communities in urban water systems. *Drinking Water Engineering and Science*, 3(2), 91-99.

- Borchardt D., Pusch M. 2009. An integrative, interdisciplinary research approach for the identification of patterns, processes and bottleneck functions of the hyporheic zone of running waters. *Advances in Limnology*, 61, 1-7.
- Nastar M., Allman P. 2009. An interdisciplinary approach to resolving conflict in the water domain: In *Information Technologies in Environmental Engineering: Proceedings of the 4th International ICSC Symposium Thessaloniki, Greece*. Springer Berlin Heidelberg.
- Schreiber W. 2008. Realizing the right to water in international investment law: An interdisciplinary approach to bit obligations. *Natural Resources Journal*, 48, 431.
- Oladipo F.C., Amupitan J., Dabi D., Nyong A. 2007. From disciplinary to interdisciplinary community development. *Journal of Community Practice*, 15(1-2), 147-170.
- Merkel W., Zullei-Seibert, N. Hein D. 2007. Interdisciplinary strategies for minimizing medicaments in the water cycle. *Gas Und Wasserfach Wasser Abwasser*, 148(1), 71.
- Koundouri P., Karousakis K. 2006. Water management in arid and semi-arid regions: interdisciplinary perspectives. Edward Elgar Publishing, Massachusetts, USA.
- Zimmer G.B., Tissot P.E., Flores J., Bowles Z., Sadovski A.L., Steidley C. 2005. Water level forecasting along the Texas coast: Interdisciplinary Research with Undergraduates: In 2005 Annual Conference, Portland, Oregon.
- Tabbutt F.D. 2000. Water: A powerful theme for an interdisciplinary course. *Journal of Chemical Education*, 77(12), 1594.
- Ambroise B. 1995. Topography and the water cycle in a temperate middle mountain environment: the need for interdisciplinary experiments. *Agricultural and Forest Meteorology*, 73(3-4), 217-235.
- Kustas W.P., Goodrich D.C., Moran M.S., Amer S.A., Bach L.B., Blanford J.H., Chehbouni A., Claassen H., Clements W.E., Doraiswamy P.C., Dubois P., Clarke T. R., Daughtry C.S.T., Gellman D.I., Grant T.A., Hipps L.E., Huete A.R., Humes K.S., Jackson T.J., Keefer T.O., Nichols W.D., Parry R., Perry E. M., Pinker R. T., Pinter, Jr. P. J., Qi J., Riggs A.C., Schmugge T.J., Shutko A.M., Stannard D.I., Swiatek E., van Leeuwen J.D., van Zyl J., Vidal A., Washburne J., Welt M.A. 1991. An interdisciplinary field study of the energy and water fluxes in the atmosphere–biosphere system over semiarid rangelands: description and some preliminary results. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 72(11), 1683-1706.
- Falkenmark M. 1986. Report on the Fifth IWRA Congress in Brussels on water resources for rural areas and their communities: International take-off on interdisciplinary water discussions. *Water International*, 11(1), 2-4.





Universidad de Concepción



DESDE LA DISCIPLINA A LA INTER Y TRANSDISCIPLINA: UNA MIRADA DESDE LOS RECURSOS HÍDRICOS



ISBN: 978-956-227-587-3



9 789562 275873