

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL LITORAL
FACULTAD DE HUMANIDADES Y CIENCIAS**

**LAZOS Y TRAZOS ENTRE CIENCIA Y ARTE
Un intento de (re)pensar la construcción del conocimiento
entramando miradas**

**Tesis para optar al grado de
Doctor en Sentidos, Teorías y Prácticas de la Educación**

Doctoranda: Lic. Silvia Martínez

Directora: Dra. Paola Quaino

**Septiembre 2022
República Argentina**

LAZOS Y TRAZOS ENTRE CIENCIA Y ARTE
Un intento de (re)pensar la construcción del conocimiento
entramando miradas



Gauchepatte (2014). O'vent. [Acrílico] gauchepatte.fr/ovent/

A Fabián.

A mis hijos Facundo, Francisco y Tomás.

A mis padres.

AGRADECIMIENTOS

Intentaré expresar mi más sincero agradecimiento a todas aquellas personas que de una u otra manera han contribuido a que este trabajo de investigación fuera posible. Sin temor a equivocarme puedo afirmar que esta tesis les debe mucho más de lo que puedo manifestar con palabras, más allá de la emoción que me embarga al pensarlos.

Al Prof. Claudio Lizárraga, quien no solo impulsara la creación de este doctorado, sino también, por incentivar a la participación de quienes él creía que poseían potencialidades para emprenderlo.

A la Decana de la Facultad de Humanidades y Ciencias de la Universidad Nacional del Litoral, Prof. Laura Tarabella, y en su persona a los miembros del Comité Académico, por acompañarnos en todo el desarrollo del doctorado.

A la directora de carrera del Doctorado en Sentidos, Teorías y Prácticas de la Educación (Primera Cohorte), Dra. Graciela Frigerio, maestra de “los oficios del lazo”, por su escucha y su palabra, su comprensión y su entrega afectiva al momento de disfrutar de mis logros (mi salto al cerco cognitivo).

A Sara Scaglia, por su esencial aporte en la gestión del dictado de los Seminarios y muy especialmente por su calidez al responder cada uno de nuestros requerimientos.

A la Dra. Paola Quaino (Pao), por aceptar dirigir mi trabajo de tesis; por creer en mí para enfrentar este desafío. Muy especialmente por su escucha atenta, por su tiempo, su guía y estímulo constantes.

Al Dr. Adrián Pérez Rubín, por compartir (con Pao y conmigo) tantos interrogantes frente a esta realidad tan esquiva, tan compleja; y por autorizarme a mostrar parte de su obra artística.

A la Lic. Virginia Trevignani, por recibir mis consultas, dedicarles tiempo y asesorarme afectuosa y generosamente.

A Yanina Lamboglia (Yani) con quien compartimos la pasión por trabajar interdisciplinariamente, entrecruzando nuestras disciplinas, por su apoyo incondicional y aportes exquisitos, pero fundamentalmente por su amistad.

A Jimena Fernández y Gabriela Minotti, mis entrañables hijas académicas, por la comunión en nuestros pequeños logros, por su compañía y aliento permanentes y los memorables momentos compartidos en el laboratorio.

A Elisa, mi hermana, por acercarme con su biblioteca al mundo de la imagen al momento de comentarle mi tema de investigación.

A mi madre, mi primera maestra, por su amor, su ejemplo y por legarme su pasión por el oficio docente. Y a mi padre, por su amor incondicional que me acompañará siempre a pesar de su ausencia.

A Facundo por compartir noches de escrituras silenciosas, a Francisco por calmarme con la luz de su sonrisa y a Tomás por su valentía y complicidad.

Y finalmente, a él, a Fabián, mi sostén en la vida, por su amor, su entrega, su paciencia, sus consejos y por, sobre todo, pensarnos juntos siempre.

RESUMEN

En el desarrollo de esta tesis nos centramos en (re)conocer los cambios epistemológicos que fueron surgiendo en la historia de la construcción del conocimiento y sus efectos en los ámbitos de transmisión. Todo ello como modo de comprender el paso desde un saber considerado único, inmutable, hacia otro dinámico, multifacético. Observamos un acercamiento hacia un cambio de visión en ámbitos académico-científicos, reconociendo la complejidad inherente del universo, para dejar de verlo “como una máquina”, a entenderlo “como una red”. Esta visión sistémica implica una renovación de vínculos entre el ser humano y la naturaleza. Se exploraron, además, campos que, desde el paradigma moderno, carecían de alguna relación, como arte y ciencia, señalando a artistas que se valieron de teorías y principios científicos como motivos de inspiración. Delineamos como alternativas de encuentro y diálogo de saberes, el cruce de umbrales entre disciplinas en busca de lo común, impulsando un corrimiento desde las certezas hacia lo novedoso en sentidos. Además, establecimos que los cambios en los paradigmas científicos implican cambios en la concepción del conocimiento, lo cual lleva a redefinir la ciencia, pensándola como práctica humana y cultural siempre en diálogo con la naturaleza. Esta visión epistemológica permitiría una representación compleja del universo más cercana a la realidad. Finalmente, consideramos que esta tesis se constituye en un intento de hallar nuevos lenguajes para la enseñanza de las ciencias -hasta hoy dogmática- que permitan trascender la matriz hipotética-deductiva con la que históricamente fueron abordadas, concibiendo también válidas otras formas de producir el conocimiento.

ABSTRACT

In order to comprehend the shift from a conception of Knowledge considered exclusive and unchanging into a more dynamic and multifaceted one, this thesis is focused on (re)acknowledging the epistemological changes arising in the history of knowledge building and their effects on their communication environments. A change of perspective in the scientific and academic fields was observed, as an approach into recognising the complexity of the Universe in its being and into understanding it as a network instead of as a machine. This systemic view implies a renewal of the bonds between Nature and the human being. The Arts and Science, fields which seemingly lacked a relationship in the modern paradigm, were explored, highlighting artists that found in scientific theories and principles a source for their inspiration. The moving through boundaries between areas of study in the search of what is shared was outlined as an alternative to the encounter and dialogue between forms of knowledge, encouraging a movement from known certainties into what is new in meanings. In addition, it was established that changes in scientific paradigms entail changes in the conception of Knowledge, which lead into a redefinition of Science as a human and cultural practice in continuous dialogue with Nature. This epistemological perspective would allow for a complex representation of the Universe closer to reality. Finally, this thesis is thought of as an attempt into finding new languages for teaching Sciences -to this day dogmatic-. Languages that allow to transcend the hypothetical-deductive matrix from which sciences were historically addressed, perceiving other ways of producing knowledge as valid.

Índice

Capítulo Zero	10
Iniciación	27
Capítulo I	
El viaje	33
Levando anclas	36
Capítulo II	
La fragmentación	44
Capítulo III	
La nueva racionalidad	64
La manzana de Newton no es imperecedera	66
Dos flechas en el tiempo dieron con ella	67
Capítulo IV	
Experiencia, experimento y método	76
Nociones de Experiencia	77
Dialogando con Dewey sobre la experiencia estética	81
El retorno a la experiencia	85
Experimento y método	87
Capítulo V	
Ciencia y escuela	92
Capítulo VI	
La química como caso	104
Capítulo VII	
La otra mirada	117

Capítulo VIII

Ciencia, caos, arte 129

Capítulo IX

Encontrando la trama 157

Capítulo X

Rodeos, las huellas del viaje 169

Bibliografía 179

Glosario 188

Anexo de entrevistas y *focus group* 205

Capítulo **Zero**

“Escribir- plantea Hebe Uhart- es una artesanía extraña donde es necesaria e imprescindible la conexión con uno mismo, ya que el que va a escribir debe aprender a acompañarse, a desdoblarse de alguna manera siendo a un tiempo el personaje que siente y el otro, el que observa a ese que siente o que está viviendo algo (...)”

Villanueva, L (2020)

Sentarse a escribir se ha vuelto progresivamente más y más difícil. Más aun cuando en realidad se ha comenzado a escribir hace un tiempo y no precisamente desde el capítulo Cero. Éste aparece en escena cual Principio Cero de la termodinámica¹; incluso como el mismísimo número Cero², bautizado así en Europa por Fibonacci. Fue este matemático italiano quien popularizó en Occidente el sistema decimal nacido en la India y quien comenzó a usar la palabra Zero para designar el símbolo de la nada.

El término *Sifr* (vacío, en árabe) derivó en el latín *Zephyrum*, que acabó convirtiéndose en el *Zefiro* italiano y contraído en el *Zero* veneciano, con el que Fibonacci decidió nombrar al “0”.

¡He aquí el sentido del nombre de este capítulo!

El descubrimiento de verdades científicas, tarea propia del científico, es una de las actividades válidas de este artesano del pensar, y mi tarea se centró en intentar conocer cuál era el estado actual de la ciencia en el viaje sinuoso que supone comprender cómo generamos el conocimiento, esto que pareciera tan sencillo de hacer, pero tan difícil de entender, porque claramente es más fácil pensar en cómo pensamos, que conocer cómo conocemos.

Con el transcurrir del tiempo en esta carrera, y al iniciar mi periplo por los intersticios que cada seminario dejaba, se fueron exponiendo, aclarando y consolidando diversas inquietudes e intereses -que me han acompañado desde siempre y siguen siendo fundamentales en muchas discusiones sobre la ciencia- acerca del conocimiento, de sus métodos, sus

¹ Este principio fundamental, aun siendo ampliamente aceptado, no fue formulado formalmente hasta después de haberse enunciado las otras tres leyes de la termodinámica. De ahí que recibiese el nombre de “principio cero”, llamado también “ley de equilibrio térmico” o a veces “ley de igualación de temperaturas”. Entre las leyes de la termodinámica, ésta fue propuesta en 1930 por Guggenheim y Fowler y la última en consolidarse.

² Hasta hace poco tiempo se desconocía el verdadero origen del cero, uno de los mayores inventos de la humanidad. El enigma fue develándose a lo largo del siglo XX, y una reciente datación arqueológica de 2017 mediante la técnica del carbono-14 sobre el manuscrito Bakhshali, no deja lugar a dudas: el cero nació en la India. Fueron los sabios indios los primeros en dibujar un símbolo para representar el cero, un dígito que no aparece en los escritos griegos, ni entre los números romanos. Los indios no solo usaron el cero como una simple cifra, sino que lo convirtieron en un número independiente y con entidad propia, que comenzaron a emplear en operaciones aritméticas (suma, resta, multiplicación y división).

estructuras y criterios de validación, incluyendo además la no consideración de la percepción del sujeto, de su subjetividad, de lo sensible, de la experiencia, de lo estético.

Estas intranquilidades, adquiridas en parte en mi formación académica y que permean hasta hoy mi profesión docente, todavía no habían encontrado un cauce para ser abordadas.

Esta tesis, en consecuencia, se constituye en un intento serio y comprometido, dominado por mis preocupaciones, de encontrar nuevos lenguajes que permitan trascender los contenidos disciplinares de las ciencias y considerar otras formas de concebir el conocimiento, lo cual implica hallar también nuevos sentidos.

En este camino es que hemos explorado, también, campos que aparentemente carecían de alguna relación -como el arte y la ciencia- haciendo foco en artistas que utilizaron y utilizan teorías y principios científicos -tales como la cuarta dimensión, la teoría del caos, los fractales, la flecha del tiempo- como motivos de estudio e inspiración.

Mi encuentro con una traducción de la Conferencia que en 1995 pronunciara Ilya Prigogine³ en el Fórum Filosófico de la UNESCO llamada “*¿Qué es lo que no sabemos?*”, fue la punta del ovillo que me permitió iniciar un entamado de miradas.

El trabajo que hoy presento se articula en una sucesión de diez capítulos donde se toma como punto de partida la disgregada generación del conocimiento en la cultura occidental, desde la separación de la apariencia y la realidad de Platón y Aristóteles, proceso dicotómico que no solo fue una característica de ese período, sino que atravesó la modernidad y contribuyó a la fragmentación del conocimiento.

Para entender las profundas transformaciones del pensamiento contemporáneo creemos preciso conocer cuál fue el inicio y cuáles los cambios cruciales que permiten ir de un

³ Ilya Prigogine fue un fisicoquímico sistémico, catedrático universitario de origen ruso, nacionalizado belga. En el año 1977 fue galardonado con el Premio Nobel de Química por sus investigaciones que lo llevaron a crear el concepto, en 1967, de estructuras disipativas. El principal tema de su trabajo científico ha sido una mejor comprensión del papel del tiempo en las Ciencias Físicas y en Biología, como así también su contribución significativa a la comprensión de los procesos irreversibles. Fue autor de más de treinta trabajos que han sido ampliamente difundidos y traducidos, entre los que se destaca “La Nueva Alianza”, escrito en compañía de Isabelle Stengers.

conocimiento entendido como producto y concebido como representación del mundo a un saber dinámico y multidimensional que tiene como característica la inclusión del sujeto como hacedor de conocimiento.

A fin de poder llevar adelante esta tesis elaboramos un marco teórico definiendo un *corpus* que refleja aquellos giros epistemológicos de la ciencia y sus repercusiones.

Además, por el hecho de intentar entretejer lazos entre ciencia y arte, hemos dedicado un destacado espacio a cuestionar las tradicionales distinciones entre estos campos, incluyendo las dimensiones estético-creativas de la experiencia, para luego analizar sus implicancias epistemológicas.

En el **Capítulo Zero**, en la sección llamada **Iniciación**, se esboza una contextualización de donde han ido surgiendo nuevos modelos teóricos, metodológicos y, por ende, una nueva epistemología, que permitieron a la comunidad científica elaborar teorías más ajustadas de la realidad. Aun así, el pensamiento sistémico no desbanca el pensamiento analítico de la ciencia clásica y moderna. Al mismo tiempo, se delinearán las rupturas de fronteras disciplinares como alternativa de diálogo de saberes con un giro hacia la experiencia, motivando así un corrimiento de las certezas hacia lo novedoso en sentidos. En este diálogo encarnado de pluralidad es donde también planteamos los pensares de diferentes autores -con quienes coincidimos- respecto del binomio arte/ciencia y los modos otros de acercamiento al conocimiento.

Cada uno de los puntos aquí mencionados tendrán su tratamiento en profundidad en su capítulo correspondiente, mientras que, al final de este así llamado Capítulo Zero, se detallan los objetivos de la presente investigación.

Hay cosas indecibles a las que solo las alumbró un lenguaje hecho de metáforas, dándoles un sentido nuevo en la tensión mental entre identidad y diferencia. Así, en el **Capítulo I** se toma como inicio el “*Camino a Ítaca*” -poema de Constantino Cavafis, inspirado en “La Odisea” de Homero- expandiendo el lenguaje argumental de la ciencia hacia el lenguaje

poético, lo cual nos permite abrir el horizonte hacia otras posibilidades que implícitamente implican conocimiento, saber. Un conocimiento y un saber que no tienen poco que ver con el logos racional, sino que, basándonos en él, proponemos un corrimiento hacia lugares que alteran el confort de lo creído sabido, reconociendo así que hay algo ignorado, inexplorado, que nos incita a des-dogmatizar esos saberes y reavivar el deseo de conocer.

El viaje de Ulises refleja mi propio viaje, no solo en busca de otras perspectivas por donde mirar la ciencia, sino también como motivo metafórico del viaje de vida.

Laurence Cornú -en “Saberes Alterados” (2010)- evoca, también usando la metáfora, las transformaciones a las que nos exponemos y alcanzamos en esa búsqueda, con la expresión **“nos altera, nos metamorfosea como sujetos”**.

Allí comienza mi aventura, quizás una de aquellas historias que merecen ser contadas y que según Joseph Campbell⁴ se podría integrar al “periplo del héroe”. En las etapas de este periplo irán apareciendo ideas de la Grecia clásica y aquellos modos de saber, de percibir, de pensar. Comienzan a tensionarse ciertas bifurcaciones: mundo inteligible versus mundo sensible; ideas versus sensaciones; modelos versus copias; inmutabilidad versus cambios. Lo anterior tendrá sus ecos no solo en los modos de expresión que toman arte y ciencia, sino también en la pluralidad de sus efectos.

Se plantea la apertura de la visión griega sobre la racionalidad y los espacios para la dialéctica, la retórica, la poética y la sofística; de este modo se habilitaba a que ellas podrían conducir a la verdad, quizá donde la razón demostrativa no lograba llegar.

Se traza el perfil masculino de la educación y la figura netamente accesoria de la mujer en la educación formal, aunque esencial en la enseñanza hogareña, ya que se las prefería como educadoras de los niños de cada familia.

⁴ Joseph Campbell (1904-1987), un profesor y mitólogo estadounidense presentó un esquema narrativo conocido como El viaje del Héroe, en 1949 en “El héroe de las mil caras”. Este texto presentaba 17 etapas, que tratan una historia circular en la que un protagonista inicia un viaje que le cambiará la vida, pasando por dificultades para conseguir un objetivo y poder volver a casa.

Se expresa que en la cúspide del pensamiento griego están Platón y Aristóteles, influenciados por sus antecesores Parménides y Heráclito

En esta historia, se estableció una relación entre la realidad y la razón, cobrando esta última mayor fuerza como el camino para llegar al conocimiento; empezaron allí a emerger las diferencias entre el conocimiento sensible, proporcionado por los sentidos, y el inteligible proporcionado por la razón.

En el **Capítulo II, La Fragmentación**, se trata de poner en evidencia que en los siglos XV, XVI y XVII la concepción del Universo dio un vuelco -contundente- debido a la consagración de la ciencia como único camino válido para llegar al conocimiento.

Se destaca aquí la fragmentación o fractura entre lo sensible y lo inteligible que profundizan los binarismos, característicos de la cultura occidental, y se señala que “el arte fue separado radicalmente de la técnica, y ambos de la ciencia, la cual fue la única reconocida como conocimiento. En tanto que la técnica fue devaluada a mera práctica y el arte fue exaltado como expresión subjetiva, pero desvalorizado como modo de saber” (Najmanovich, 2019).

Se plantean también los innumerables dualismos, entre los que la filosofía no fue una excepción.

Galileo propone la unión, en la física -la nueva ciencia- de la matemática y la filosofía, argumentando que elementos tales como razón y experiencia debían ser aunados en una síntesis, reconciliando lo teórico y lo práctico, dando así solución -sin rupturas internas- al problema del conocimiento. En esta sección compartimos lo que Wallerstein (2006) señala “que antes del siglo XVII se concebía entrelazadas a las ciencias naturales con las humanísticas; y que a fines del Siglo de las Luces, la ciencia comenzó a definirse por su contenido empírico y a ser entendida ante todo como una búsqueda de la verdad a través de la investigación”.

Se señala que, en la ciencia moderna, el hombre será considerado un observador separado en un universo que le es ajeno, donde, el principal objetivo del científico debía ser arrancarle a la naturaleza sus secretos. Mientras, la cultura humanística se reserva para sí la literatura, la pintura, la filosofía, el sufrimiento, pero también el goce; todos separados del que, en adelante, se denominará conocimiento objetivo del Universo.

Mostramos, además, que la revolución científica iniciada en el Renacimiento por Copérnico y continuada en el siglo XVII por Galileo y Kepler tuvo su culminación en la obra de Isaac Newton que junto a René Descartes marcaron la impronta de la ciencia moderna. A su vez, señalamos la afirmación de Descartes cuando plantea que el mundo material puede ser descrito objetivamente, y que todo problema se puede fragmentar en tantos elementos simples como sea posible para conocerlos mejor. Esta segmentación, alcanza a las características del todo, principio que dará sostén a las especializaciones dentro de la ciencia. Toman sustento así los enfoques positivistas, inductivistas, reduccionistas, deterministas, con científicos que cultivan la imparcialidad y la neutralidad, como cualidades imprescindibles de la modernidad.

Queda claro, entonces, que el arco científico de la ciencia moderna tenía como objetivo alcanzar la verdad a través de una teoría unificada, donde la descripción del universo respondiera a un modelo geométrico que les permitiera deducir todos los aspectos de la naturaleza.

A pesar de todo lo hasta aquí señalado, queremos marcar que a finales del siglo XIX y principios del siglo XX se comenzaron a escuchar disonancias frente al paradigma moderno; voces que cuestionaban las nociones de espacio/tiempo, las cuantificaciones de variables en simultáneo (velocidad/posición de partículas), la búsqueda de solución a problemas irresolubles de Poincaré, el efecto mariposa de Lorenz, entre otros, que hicieron sus aportes al desencadenamiento de la creatividad tanto en el arte como en la ciencia que marcó el tenor de la segunda mitad del siglo XX.

En el **Capítulo III** llamado **La Nueva Racionalidad**, se señala como hecho sobresaliente que el siglo XIX fue atravesado por la sorpresiva aparición de dos flechas del tiempo: una lanzada desde la teoría de la evolución de la biología y la otra desde la ciencia del calor, la termodinámica -una de las ramas de la física-, y que ambas proposiciones favorecieron y visibilizaron el surgimiento de otras miradas en la ciencia que ayudarían a superar la fragmentación mediante el dialogo de saberes y destacando la importancia de lo perceptible. En este sentido se subrayan las aportaciones de Maurice Merleau Ponty sobre la percepción, la experiencia, la complejidad y la transdisciplinariedad y se remarcan las coincidencias con uno de nuestros referentes en este trabajo de investigación, Ilya Prigogine.

Se comenta, además en este apartado, los caminos que tuvo que surcar la termodinámica hasta establecer sus principios y llegar a dar con el concepto de Entropía y entrelazarse con la irreversibilidad del tiempo, incluso llegando a afirmar que en la naturaleza el camino de ida tiene una direccionalidad definitivamente establecida, mientras que el de regreso es incierto.

Se describe también cómo surgen los conceptos sobre estructuras disipativas como producto de los cambios y fluctuaciones en la evolución de sistemas⁵ vivos, siempre hablando de estructura lejos del equilibrio, representando todo ello una nueva concepción de la ciencia, en palabras de Prigogine y Stenberg “la metamorfosis de la ciencia”.

Finalmente, y a modo de cierre de este capítulo podríamos afirmar que se han trabajado las nuevas perspectivas del conocimiento, las cuales permiten inferir un proceso general de cambio de paradigma y el surgimiento de uno o varios nuevos paradigmas epistémicos, con un cambio de mirada y formas de contemplar la naturaleza y la actividad humana.

Considerando lo expresado por Merleau Ponty “[...] si queremos pensar rigurosamente la ciencia, apreciar exactamente su sentido y alcance, tendremos, primero, que

⁵ Entiéndase por sistemas vivos, físicos, biológicos, entre otros, al conjunto de entidades materiales entre cuyas partes existe una conexión o interacción.

despertar esta experiencia del mundo del que ésta es expresión segunda.” (Ponty, 1945, p. 8); colocando a la percepción en el centro de la escena y por ende al cuerpo, al cual erige como punto “cero” desde donde se abre y significa el mundo, el **Capítulo IV** de esta tesis está dedicado a desplegar las nociones de experiencia, experimento y método desde las miradas de Giorgio Agamben, Jorge Larrosa, Carlos Skliar y John Dewey. Estas palabras usadas en las ciencias naturales casi como sinónimos, desde el paradigma positivista de la modernidad, cobran otros sentidos desde la visión de las ciencias humanísticas y sociales. Nuestra intención es poner en diálogo esta polisemia que roza la controversia.

Se suma a la discusión la postura de las ciencias duras que han trabajado bajo la matriz deductiva del método experimental y por ende han aportado a la separación, muy clara, del sujeto que investiga del objeto investigado. Comentamos cómo, lentamente, se fueron destituyendo la sensibilidad y la imaginación como vehículos de conocimiento y señalamos la transformación o paso del lenguaje narrativo al de la información, por consiguiente, en la actualidad es el lenguaje y no el conocimiento el que ocupa la atención principal del pensamiento, por cuanto, también allí se lleva a cabo la destrucción de la experiencia.

Resaltar o dejar de lado la experiencia son, por tanto, la cara y contracara de una época que a partir de la modernidad convierte la experiencia particular, que no se puede sino tener, en la experiencia general que sólo se puede hacer, es decir, convierte la praxis en teoría.

En definitiva, desde Benjamin y Agamben, la experiencia es esencialmente movimiento; cabe esperar que, desde la “destrucción” de la experiencia descrita por ellos, pueda abrirse para nuestro presente una nueva posibilidad que, más acá del giro copernicano y del lingüístico de la filosofía, alumbré un nuevo vuelco hacia las prácticas y acciones productivas generadoras de voces diferentes. Quizá por esta vía se pueda “reencontrar” la experiencia.

Pasamos luego a dialogar con John Dewey desde su obra “El arte como experiencia”, donde presenta una noción de experiencia estética que relaciona el arte con lo cotidiano, con el cuerpo, con la actividad y con la creación.

En este sentido y tratando de reafirmar lo que Dewey decía: “todas las personas están en condiciones de participar de experiencias estéticas”, se propone un acercamiento, en ámbitos educativos, de disciplinas distantes del arte hacia experiencias estéticas, lo cual implica la unión del intelecto con la emoción, lo inteligible con lo sensible, vinculando el arte con la experiencia humana en sus ritmos más cotidianos.

La postura de Dewey trasluce una aproximación entre sujeto y objeto -respecto a la modernidad- que los (re)enlaza tomando a la experiencia como proceso de mediación, donde lo estético no es una intromisión forzada o externa, sino el desarrollo de rasgos que ya están presentes en cualquier experiencia normal y completa. Su concepto se basa en (re)descubrir el vínculo con la experiencia estética en los procesos normales de la vida y comprender que el carácter espiritual del arte no es más que una idealización de cualidades que se encuentran en la experiencia común. Resumiendo, tratamos de explicar de qué manera puede la experiencia intelectual ser estética según Dewey.

El capítulo continúa con las consideraciones y nociones de Larrosa respecto a la reivindicación de la experiencia, pero ya desde un perfil más próximo a lo pedagógico, bajo otros esquemas de pensamiento que generan efectos otros de verdad y de sentido, pero remarcando su desvinculación con lo empírico y experimental, no pensarla científicamente ni producirla técnicamente. En síntesis, Larrosa propone evitar hacer de la experiencia un concepto, evitar que todo se convierta en experiencia y que la palabra quede así desactivada.

Junto a Skliar, en su obra compartida “Experiencia y Alteridad” hablan de la experiencia como lo que no está controlado, y (re)aparece la metáfora del viaje o del pasaje en los que aparecen situaciones imprevistas, riesgosas, incluso inciertas.

En el último apartado se plantea que el experimento y el trabajo experimental, siempre están ligados al paradigma epistémico y la imagen de la naturaleza de la ciencia que posee quien los intenta transmitir. Esta imagen, la mayoría de las veces alejada de lo que supone la construcción de conocimientos científicos, ha generado y genera diferentes visiones que caen con facilidad en deformaciones que distorsionan la visión sobre las ciencias experimentales.

Ciencia y Escuela es el título del **Capítulo V**. Aquí al emplear el término ciencia se lo hace desde el campo de las ciencias naturales como la física, la biología y la química; y cuando se habla del ámbito universitario y sus profesionales, se lo hace también desde carreras afines a las mismas ciencias.

Se plantea que la complejidad de la educación no podría ser analizada desde una única mirada, desde una sola disciplina, sino que es necesario algo de lo que hoy carecen los diferentes modelos educativos: el diálogo.

Además, se menciona la persistencia en el tiempo del enfoque positivista en la enseñanza de las ciencias de todos los niveles educativos, al igual que en los contextos investigativos. Una forma de cambiar esta posición es introducir una postura que considere la complejidad como modo de apertura hacia otras estructuras de pensamiento. En este sentido hablamos del pensamiento estético como una de tantas alternativas posibles para incrementar las potencialidades cognitivas de los estudiantes, en base a la imaginación, a la visión de conjunto, al uso de una lógica deductiva y diferentes formas de la comunicación.

Escotet, con quien coincidimos, propone que las universidades debieran contribuir a los cambios de paradigmas del conocimiento con esquemas interdisciplinarios en áreas como el arte, las humanidades, impulsando la diversificación de los aprendizajes. Así, estaríamos propiciando el desarrollo integral de la persona, no solo del desarrollo intelectual, sino también del afectivo.

Se señala, en esta sección parafraseando a Escotet, que ante la situación de cada vez más conocimientos especializados, lo ineludible es la construcción de más puentes entre ellos, teniendo como horizonte la interdisciplinariedad educativa basada en una enseñanza de las relaciones recíprocas de unas y otras disciplinas o especialidades, en definitiva apuntando a una “entre-educación”

En este punto es donde el pensamiento estético permite identificar las relaciones entre las partes. Este modo de pensamiento se puede aplicar a todos los objetos teóricos o prácticos construidos. Una narración, un discurso argumentativo, una teoría científica, todas ellas formas de creación humana que se benefician de prestar atención a la manera en que están configurados los elementos que los conforman.

Hablar de pensamiento estético o de arte, no se limita a hablar de poesías, esculturas, pinturas, ya que consideramos que las bellas artes no tienen el monopolio de lo artístico; también la educación es parte de esta categoría si la concebimos como la preparación de individuos que desarrollen ideas que provoquen modificaciones, sensibilidades productoras de relaciones socio-estéticas, habilidades que impulsen la creación; sujetos que cultiven la imaginación para afrontar trabajos de investigación, independientemente del área en la que se desempeñe. En definitiva, se trata de tener una mirada a través del arte y de la educación con una propuesta pedagógica que implique individuos cuya subjetividad los habilite a pensar en formas potentes de construcción del conocimiento, formas que permitan comprender que los sujetos no han sido nunca homogéneos y no lo serán.

En el siguiente **Capítulo, VI, La química como caso**, describimos las diferentes épocas que, desde el inicio de la ciencia como tal, se han ido presentando en el campo de la química. Hacemos un recorrido histórico partiendo desde la Edad de Bronce y la producción de herramientas, pasamos por las artes de la fermentación y la elaboración de alimentos, seguimos su rumbo hacia las tradiciones de Grecia, Egipto y Oriente Medio y las primeras traducciones

al árabe de textos de alquimia. Esta multiplicidad de legados logra ensamblarse, a lo largo del tiempo, en un solo dominio, la química que hoy conocemos.

El carácter polifónico de esta ciencia -la química- contrasta con el paradigma reduccionista de la modernidad. Cabe señalar que la historicidad de nuestro análisis no implica una comprensión sencilla de las transformaciones en los enfoques epistémicos de las diferentes épocas como la rectificación de unas ideas por otras mejores a lo largo del tiempo, sino una visión dialógica de saberes de diferentes épocas con una perspectiva crítica.

Se hace mención en este capítulo a los obstáculos epistémicos o pedagógicos de los que habla Bachelard y cómo el establecimiento de un perfil epistémico por parte del docente o su posicionamiento ayuda a sortear la valla de la enseñanza dogmática -aún predominante en los diferentes niveles educativos-, ya que devela las rupturas que se han dado a lo largo del tiempo en producción de conocimiento y revela su carácter esencialmente dinámico.

Seguimos luego con una sucinta descripción de los diferentes modelos de enseñanza de las ciencias, específicamente de la química, y de los efectos que estos acercamientos producen en quienes interactúan en las instituciones educativas, los que continúan enfocados en lo disciplinar bajo la epistemología de la ciencia moderna, albergado en el positivismo pragmático propio de una concepción mecanicista., no considerando la percepción del sujeto, su subjetividad, lo humano, lo sensible.

En el mismo sentido, se señala, que estimamos absolutamente necesarios cambios que posibiliten el pasaje desde un saber fragmentado hacia un conocimiento multidimensional, donde se rescate al sujeto humano como hacedor de este. Esta mirada compleja de la realidad nos permite considerar al mundo en términos de contextos -naturales y sociales- dinámicos. Ello implica una enseñanza que contempla un aprendizaje promotor de la integración de saberes -buscando modos otros en la construcción del conocimiento-, que incorpora al sujeto

cognoscente, su emocionalidad, sus experiencias, junto al entorno donde se produce el acto de conocer y sus contextos, es decir, complementando las percepciones con los hechos.

Se habla entonces de lo nuevo, de lo inesperado -propuesto por Ilya Prigogine- haciendo eje en estructuras inestables bajo la acción de procesos de autoorganización y auto-poiéticos, demostrando el papel que juega la flecha del tiempo en los modelos de Maturana, Varela y Fritjof Capra.

Comenzamos el **Capítulo VII**, manifestando la existencia de una tendencia hacia la búsqueda de alternativas renovadas en las prácticas educativas, apelando a la suma de otros soportes, más cercanos a lo sensibilidad del sujeto, para complementar la formación académica disciplinar, más allá de observar todavía en vigencia la separación entre razón y emoción propia de la ciencia moderna. Aquella propensión solo contribuyó al ya manifiesto escepticismo frente a la ciencia y la tecnología y condujo a reivindicar enfoques hermenéuticos que ayudan en la reflexión epistemológica de las disciplinas sobre sí mismas.

Retomamos y hacemos referencia, luego, a los objetivos de esta tesis, para lo cual se toma como fuentes de comprobación de las transformaciones epistemológicas del conocimiento, al material empírico que surge del análisis histórico de teorías y conceptualizaciones propias de la ciencia.

Para continuar explicitamos la visión desde la cual asumimos este fenómeno de historicidad de la metamorfosis de la ciencia y el conocimiento, y sus vínculos y efectos en contextos educativos contemporáneos haciendo propia una de las ideas de Prigogine quien expresaba que la ciencia es un elemento más de la cultura.

Por lo tanto, la ciencia, la cultura, el mundo resultan ser multireferenciales y complementarios, por lo que no pueden ser enfocados desde una única perspectiva, sino abriendo la mirada hacia un diálogo entre ciencias, un espacio inter y transdisciplinario, donde sea posible pensar la ciencia como práctica humana y cultural abierta en un mundo abierto

productivo e inventivo, propiciando la formación de otras representaciones que requieren de otros lenguajes.

En este sentido, destacamos especialmente una de las voces que fueron apareciendo en disidencia con el paradigma determinista, como es el caso de Henri Poincaré que en 1905 brindó sus aportes sobre la cuarta dimensión que motivó la creatividad tanto en el arte como en la ciencia. Se comentan las aportaciones de este talentoso matemático al aventurarse al análisis de las percepciones visuales y explorar las representaciones en el pensamiento bajo la lente de la geometría, dándole a la misma la posibilidad de ser uno de los lenguajes capaces de conectar con el sentido profundo del arte. Estas conceptualizaciones no solo sedujeron a científicos, sino también a artistas como Picasso, Apollinaire, Marcel Duchamp, entre otros, llevándolos a crear nuevas formas de arte abstracto, creaciones que transformaron “el arte” a partir de entonces, que se convierten en una especie de código místico, empleado para justificar la experimentación vanguardista de principios del siglo XX.

Ciencia, Caos, Arte, es el título del **Capítulo VIII**. En él se profundiza el análisis de la percepción e interpretación de la cuarta dimensión dada por el arte, trascendiendo el ámbito científico matemático. Se señala, que lo sensible y estético está implícito en esta perspectiva, logrando con ella superar las normas euclidianas de representación espacial. Es el momento en el que esta tesis pone de manifiesto la complementariedad, las características de la interconexión que la ciencia y el arte comparten, que vistos como hilos dejan al descubierto un entramado que persigue un mismo fin: expresar, conceptualizar, y transmitir una idea.

Se señalan analogías entre el trabajo científico y el del artista, donde los procesos creativos comparados muestran gran similitud. Un ejemplo más que evidente de ello es el caso del manuscrito de Dimitry Mendeléyev de su Tabla Periódica y el manuscrito de William Blake del poema Tiger. Con este ejemplo pretendemos dejar en claro que, tanto en la ciencia como en el arte, la mente vacila, titubea, experimenta dudas, se mueve en aproximaciones sucesivas

hasta que resplandece en algo cercano a la estructura intuida o deseada. Es una búsqueda, un andar a tientas que, sin embargo, arroja luces, describe la aventura del espíritu humano, el temblor y la grandeza de nuestra inteligencia y creatividad.

En este apartado comienzan a aparecer conceptos comprendidos y explicados por la ciencia, aunque intuidos y expuestos por el arte, y no siempre en este orden. Tales son los casos de Borges y las realidades que se bifurcan, anticipándose a la física cuántica y sus mundos paralelos; la relatividad de Einstein y un *Zeitgeist* que marca una nueva manera de entender el espacio y el tiempo en todas las artes; los fractales de Mandelbrot con sus dimensiones fraccionarios y su relación con los paisajes escherianos; las figuras y cuerpos imposibles de Oscar Reutersvärd y Roger Penrose; entre muchos otros.

De esta manera creemos que queda claro -a través de los ejemplos comentados- que el uso de la metáfora en la construcción del conocimiento científico favorece creativamente a inteligir y matematizar ciertos procesos naturales de una manera interesante y significativa.

El desarrollo que planteamos en la última parte de este capítulo pretende argumentar que ninguno de los pensamientos -sea el proveniente de las ciencias o el que expresa el mundo de las artes- desborda uno sobre el otro, sino que ambos expresan con sus propios lenguajes un entramado epistémico que cada sociedad va construyendo.

El **Capítulo IX**, llamado **Encontrando la trama**, lo comenzamos exponiendo el paulatino acercamiento hacia un cambio de visión del conocimiento que hoy se plantean los científicos reconociendo su evolución y transformación hacia la complejidad, lo cual se traduce en un cambio en los vínculos que enlazan el ser humano con el mundo. Esta nueva concepción de la naturaleza, supera la división cartesiana entre mente y cuerpo y constituye una visión sistemática de la naturaleza que plantea un cambio fundamental de metáfora, de “ver el mundo como una máquina”, a “entenderlo como una red”.

El análisis bajo esta visión -sistémica- busca comprender el funcionamiento desde el conjunto de las partes como un todo, a través del método científico e implica un cambio de perspectiva, que puede ser expresado con la frase: “el conjunto es más que la suma de sus partes”.

Lo anterior nos permite plantear que los cambios en los paradigmas científicos implican también cambios en la concepción del conocimiento, conocimiento que no surge del aislamiento sino de lo implicado y colectivo, de la exploración e interacción con el mundo como organismos vivos afectados y en permanente transformación.

Hacemos mención, a modo de antecedente destacado, a la visión que Baruch Spinoza propone sobre el modo de concebir la naturaleza y el lugar que el hombre ocupaba en ella; además incluimos un rodeo a la idea dialéctica que plantea Althusser -entre teoría y *praxis* como modo de ruptura de la hegemonía occidental-, para el caso del paradigma epistemológico de la modernidad y los enfoques emergentes de finales del siglo XX en adelante. Y coincidimos con él cuando afirma que el cambio de perspectiva filosófica no implica negar las anteriores, sino que de alguna manera las contiene.

El rodeo, por nosotros propuesto, apunta a concebir la realidad como una organización de elementos con dinámica y significado propios que debe ser estudiada desde una perspectiva dialéctica que analice, ante todo, el conjunto y sus interrelaciones.

Los enfoques que hasta este momento hemos presentado tienen como común denominador una visión totalizadora, en contraposición a la visión atomista y reduccionista de la ciencia clásica.

En este nuevo contexto, la ciencia se redefine al pensarla como un diálogo con la naturaleza, donde el tiempo no es una ilusión, sino un proceso de creación, de mutación, de cambio.

Este proceso de naturaleza creativa, la *poiesis*, no se circunscribe a lo establecido, sino que gesta lo impensado, lo inimaginado, la novedad.

Este sería el nodo donde los senderos del arte y la ciencia se entrecruzan (re)produciendo la realidad a través de lenguajes, de símbolos, cada uno a su modo, Allí se debería encontrar el enlace que permita a la ciencia desbordar sus certezas, permitiéndose trazar un rodeo a sus límites, trascenderlos.

Al hablar de lenguajes y símbolos - lingüísticos, visuales, plásticos, corporales, musicales-, aludimos a las representaciones, esas miradas otras esbozadas en el capítulo VII, con las que se ha construido la historia del conocimiento.

Sumamos a este diálogo a Dewey, quien proponía que la interacción cotidiana entre un mundo dinámico y rítmico -que pierde y recupera el equilibrio- y su entorno, convierte a la experiencia en un proceso que se aproxima a lo estético.

En el marco del **Capítulo final**, planteamos que el desafío está en vencer la ansiedad de anticipación, la ansiedad de certeza, la ansiedad de predictibilidad lineal. Pero tal vez, se deba reflexionar sobre el hecho que sin desorden no hay energía creativa, sin desorden nada vivo evoluciona; que el excesivo control bloquea la capacidad de los sistemas de tener la oportunidad de autoorganizarse y en definitiva no se enfrenta con el hecho de que el camino hacia cualquier nivel de certezas implica un largo recorrido de incertidumbre.

INICIACIÓN

Las múltiples corrientes de pensamiento científico junto a un sinnúmero de desarrollos de la ciencia actual, desde la comprensión de la evolución y la naturaleza del universo, hasta los postulados de la física cuántica, pasando por la cuarta dimensión, la teoría de la relatividad

restringida, los sistemas disipativos y la teoría del caos, indican la emergencia de un “nuevo” paradigma, holístico, sistémico y autoorganizativo.

Se podría hablar de un corrimiento del pensamiento lineal -refiriéndonos con ello al pensamiento lógico y racional característico de la ciencia clásica y moderna-, hacia el surgimiento de una conciencia creciente de la no linealidad que va más allá de la razón, con una aparente restauración de la intuición y la percepción subjetiva. De esta forma se plantea la necesidad de diálogo entre estas posturas, además de una vuelta reflexiva sobre la experiencia como forma de ayudar al ser humano en la construcción del conocimiento.

Este enfoque no solo ha tenido sus efectos en ciencias como la Química, la propia Física, la Biología, inclusive la Matemática -con los cambios introducidos a principios del siglo XX, además de los descubrimientos de Edward Lorenz⁶ y su aporte a la teoría de sistemas complejos-, sino también de las ciencias Humanas y Sociales, dando origen a cierta racionalidad otra.

En la cultura contemporánea se superponen lenguajes, tiempos y problemáticas presentando un entramado complejo con múltiples ejes, donde la experiencia se vuelve interesante, cuando “*a priori*” su intención es descartar de plano la inmovilidad que se genera entre quienes hablan un mismo idioma -disciplinar- y se promueve la interacción, el intercambio, el pasaje, instaurándose la pluralidad, la posibilidad de dudar, de cuestionar, de pensar en comunidad. Al mismo tiempo se estimula correrse de la tentación de la certidumbre dando lugar a significados novedosos, tratando de no resentir la rigurosidad de cada disciplina

Denise Najmanovich plantea que:

⁶ Matemático y meteorólogo estadounidense, desarrolló ideas innovadoras sobre la rotación de los fluidos y realizó importantes contribuciones que ayudaron a comprender las dinámicas atmosféricas y las predicciones climatológicas. Fue pionero en el desarrollo de la teoría del caos y descubridor del efecto mariposa. El artículo en el que presentó sus resultados en 1963 constituye uno de los grandes logros de las ciencias físicas del siglo XX, aunque pocos científicos que no fueran meteorólogos repararon entonces en él.

“Desde su nacimiento, la cultura occidental se ha caracterizado por un modo disociado de conocimiento. En este proceso, el arte fue separado radicalmente de la técnica, y ambos de la ciencia. Sólo esta última fue reconocida como conocimiento, mientras que la técnica fue devaluada a mera práctica, y el arte fue exaltado como expresión subjetiva y desvalorizado como modo de conocimiento”. (Najmanovich, 2019, p. 4)

En este mismo sentido, creemos que ceñir el conocimiento a un único modo argumentativo -el de la ciencia-, ha sido una de las formas de disminuir el valor cognitivo del arte.

Ilya Prigogine señaló con claridad el peligro que entraña este divorcio entre, podríamos decir, dos culturas: *“Se encuentra así acentuada una tendencia al enclaustramiento general que, en particular, corta a la filosofía de una de sus fuentes tradicionales de reflexión, y a la ciencia de los medios de reflexionar sobre su práctica”*. (Prigogine, 1983, p. 124)

Tanto el arte como la ciencia parten de un mismo estímulo: la curiosidad y el asombro, lo que supone “ver con extrañeza” (admitiendo que no se conoce) alguna dimensión o segmento de aquello que está naturalizado. En este sentido, ambas buscan intersticios en la superficie de la “realidad” y, en cierta forma, detienen su curso para interrogarla, pero lo hacen de diferente modo y con diversos propósitos. Allí donde la ciencia intenta comprender, saciando la curiosidad inicial y produciendo respuestas sobre las que se formulan nuevos problemas, el arte arroja preguntas sin respuestas y multiplica el asombro trasladándolo a los otros. Desde este piso inicial compartido, las diferencias son menos rígidas de lo que parecieran a primera vista.

Movidos por la inquietud y el deseo de escapar de esa pequeña cápsula, de ese espacio de protección y confort que nos genera la propia disciplina, que en cierto punto puede obstaculizar o inhabilitarnos para ir al encuentro de lo novedoso, es que intentamos esbozar las convergencias entre ciencia y arte, para reencontrarnos con la sorpresa, con el descubrimiento con otros ojos, desde otra mirada, en el sentido más puro de la palabra.

Estamos en la creencia de que, para la ciencia, lo que genera el arte es sentido crítico, espíritu crítico. Realmente dentro de un campo especializado de la ciencia, como lo son las ciencias duras, las disciplinas adoctrinan de alguna manera a tomar un determinado camino; mientras que lo artístico, en cambio, siempre predispone a romper estructuras.

Como la ciencia es más bien constructiva, el arte la ayuda a generar un tipo de conocimiento altamente innovador, de allí lo de ruptura. Más allá que los planteamientos científicos han sustentado posturas o movimientos artísticos, el aporte del arte a la ciencia es el de la generación de la duda, la crítica, el desconcierto, el derrumbamiento permanente de conformaciones dentro de una práctica del conocimiento que creíamos conocida. Poincaré diría “es preciso destruir para luego construir”, ya que un buen científico es aquel que desestructura, bombardea y detona el conocimiento, para intentar armar el puzzle de otra forma, buscando el “Eureka!” continuamente.

En tal sentido, se abordará un análisis centrado en la compleja trama que tejen ciencia y arte en la producción y transmisión del conocimiento haciendo lugar a formas otras de pensar y valorar los diversos modos de acercamiento al saber, propios del ser humano.

Planteamos un análisis de los procesos de cambios epistemológicos ocurridos al interior del campo científico, en particular en las ciencias duras⁷ desde su emergencia hasta la actualidad; además se pretende alcanzar la comprensión del proceso de consolidación del pensamiento científico como la única forma válida del conocimiento mediante una exploración de la situación actual de la ciencia, a la luz del cambio de paradigma científico operado en el

⁷ Generalmente, suele hablarse de ciencias duras para referirse a las matemáticas y la física, debido a que tradicionalmente han logrado alcanzar un alto grado en la formalización matemática de sus teorías. A las ciencias ya nombradas, se le suman las químicas y la biología, las cuales dan lugar a constructos teóricos que “suelen” ser más fáciles de corroborar o refutar que los de las dos primeras.

Al dividir nuestros conocimientos científicos en clases, solemos utilizar una categorización que segmenta un continuo en entidades discretas. Otra clasificación que suele utilizarse es el de ciencias naturales, las que incluyen las químicas, la física y biología, quedando las matemáticas como ciencia formal dedicada al análisis y relaciones de entidades abstractas como los números.

último siglo dando lugar a una percepción e interpretación de la realidad muy diferentes a las imperantes en los siglos XVIII y XIX.

Para entender las profundas transformaciones del pensamiento contemporáneo es preciso conocer cuál fue el inicio y cuáles los cambios cruciales que permiten ir de un conocimiento entendido como producto y concebido como representación del mundo, a un saber dinámico y multidimensional que tiene como característica la inclusión del sujeto como hacedor de conocimiento.

La metodología de trabajo de esta tesis estuvo íntimamente ligada a la construcción de un marco teórico que nos motivó a trascender la investigación bibliográfica, sumando a la misma, entrevistas a docentes investigadores y *focus group*. De esta manera se llegó a la elaboración de un *corpus* que refleja los giros epistemológicos de la ciencia y sus repercusiones en la construcción del conocimiento.

Además, el hecho de intentar entretejer lazos entre ciencia y arte ha implicado dedicar un destacado espacio a cuestionar las tradicionales distinciones, incluyendo las dimensiones estético-creativas de la experiencia y del conocimiento para luego analizar sus implicancias epistemológicas.

Esta tesis surge de considerar dos aspectos fundamentales en la construcción del conocimiento: por un lado, los cambios de paradigmas epistemológicos que se fueron presentando a lo largo de la historia en las ciencias, y por otro, la riqueza que aportan al saber las aproximaciones a otros campos como el arte.

Las nuevas racionalidades, nos están planteando como problemática la búsqueda de otras formas de hacer ciencia y de asumir una mirada compleja sobre la construcción del conocimiento.

Para dar cuenta de las proximidades y lejanías entre la racionalidad moderna, las dimensiones estética-creativas, los cambios epistemológicos y sus efectos en la construcción del conocimiento, nos propusimos los siguientes objetivos:

- **(Re)conocer** los cambios epistemológicos que se fueron presentando a lo largo de la historia del conocimiento.
- **Indagar** si las conceptualizaciones científicas renovadas son tenidas en cuenta en los contextos educativos.
- **Analizar** las implicancias que han tenido y tienen los cambios epistemológicos epocales, no solo al interior del campo científico, sino también en la enseñanza de las ciencias y en el arte.
- **Comprender** el proceso de consolidación del pensamiento científico, al constituirse como único productor del conocimiento válido para explicar el mundo.
- **Construir** una perspectiva que permita comprender el mundo, ya no desde la ilusión de la objetividad -imponiendo un punto de vista- sino desde el encuentro con un mundo afectivo, sensible, inteligente.
- **Cuestionar** las tradicionales distinciones arte/ciencia, incluyendo las dimensiones estético-creativas de la experiencia en la construcción del conocimiento.

Capítulo I

El viaje

Camino a Ítaca

*Cuando emprendas tu viaje a Ítaca
pide que el camino sea largo,
lleno de aventuras, lleno de experiencias.
No temas a los lestrigones ni a los cíclopes
ni al colérico Poseidón,
seres tales jamás hallarás en tu camino,
si tu pensar es elevado, si selecta
es la emoción que toca tu espíritu y tu cuerpo.
Ni a los lestrigones ni a los cíclopes
ni al salvaje Poseidón encontrarás,
si no los llevas dentro de tu alma,
si no los yergue tu alma ante ti.*

*Pide que el camino sea largo.
Que muchas sean las mañanas de verano
en que llegues -¡con qué placer y alegría!-
a puertos nunca vistos antes.
Detente en los emporios de Fenicia
y hazte con hermosas mercancías,
nácar y coral, ámbar y ébano
y toda suerte de perfumes sensuales,
cuantos más abundantes perfumes sensuales puedas.
Ve a muchas ciudades egipcias
a aprender, a aprender de sus sabios.*

*Ten siempre a Ítaca en tu mente.
Llegar allí es tu destino.
Mas no apresures nunca el viaje.
Mejor que dure muchos años
y atracar, viejo ya, en la isla,
enriquecido de cuanto ganaste en el camino
sin aguantar a que Ítaca te enriquezca.*

*Ítaca te brindó tan hermoso viaje
Sin ella no habrías emprendido el camino.
Pero no tiene ya nada que darte.*

*Aunque la halles pobre, Ítaca no te ha engañado.
Así, sabio como te has vuelto, con tanta experiencia
entenderás ya qué significan las Ítacas.*

Costantino Cavafis (1911)

En “Ítaca” (1911), el poema inspirado en “La Odisea” de Homero, Cavafis nos propone una interpretación metafórica del viaje, incorporando elementos del relato original: la geografía de Ítaca, la travesía, los peligros y las riquezas de los mares, las aguas y costas por descubrir.

El viaje de Ítaca no es el viaje del regreso, no es un viaje de vuelta; es un viaje de ida, el primer viaje, *el viaje*, en el cual se produce el reconocimiento. Una experiencia tomada como anagnórisis, como transición desde la oscuridad hacia la luz.

Este es mi viaje, mi aventura de (re)enfocar, (re)ver, (re)pensar, (re)orientar mi saber. Y aquí evoco lo propuesto por Laurence Cornú en “Saberes Alterados”:

“Saber siempre es reconocer que hay algo desconocido -una forma de lo otro- antes de conocerlo. Pero también es convertirse en otro. Saber es estar alterado: tener sed de saber, soñar con el agua clara que nos calma, con una poderosa ilusión que nos impulsa hacia la deseada fuente”. (Cornú, 2010, pp. 51-52)

Entonces nos preguntamos ¿*el saber*, tomado como sustantivo o deslizándolo hacia el verbo?; ¿*el saber*, desde el lado de lo imperturbable, eterno, invariante o desde el lado del cambio, de la perturbación, de lo inquietante? ¿En qué orilla se cimenta nuestro saber, nuestros conocimientos?

Siguiendo el faro encendido por Cornú, se esbozaría que, en la búsqueda del saber, el camino nos transforma, nos forma, nos arranca de las familiaridades de lo mismo, “nos altera, nos metamorfosea como sujetos” (Cornú, 2010, p. 55).

Se desliza allí una invitación a des-dogmatizar esos saberes y reactivar el deseo de conocer.

En nuestro caso, la motivación está en querer llegar hasta ellos, arribando por nuevos puertos, con una visión renovada, reflexiva, abierta a experiencias otras, bajo la metáfora de la travesía que nos recuerda que la forma última del conocimiento es siempre la de un viaje.

Y al momento de zarpar, siempre se deja algo -¿la comodidad de lo conocido?, ¿lo creído sabido?-, más embarga al viajero el ánimo de atravesar mares, reconocerse extranjero en busca de nuevas e incómodas preguntas que invitan a pensar lo impensado, a imaginar lo inimaginado, a no estar calmos, a cruzar umbrales, a arriesgarse.

Levando anclas

Si se comienza el viaje recorriendo ciertas ideas de la Grecia clásica y las batallas de Epicuro en su filosofía materialista, se puede visualizar un horizonte de dislocación de “la episteme moderna” donde los modos de saber, de conocer, de percibir, de pensar, de hacer, se transforman a partir de relaciones de fuerzas y potencias que invaden una zona “entre”.

Esta visión epistémica coloca a los polos en tensión, los plantea bajo un binarismo jerarquizado. Las tensiones así planteadas se fracturan y a partir de ellas surgen fuerzas captadas y/o usadas desde los polos dislocados, dando lugar a cambios en todos los órdenes, en lo político, en lo económico, en lo estético. Se bifurcan los interrogantes, se quiebra la fractura propia de los legados griegos ‘clásico’ y ‘judeocristiano’: mundo inteligible versus mundo sensible; ideas versus sensaciones; modelos versus copias; inmutabilidad versus cambios.

El arte capta las fuerzas⁸ del mundo de la naturaleza -concepto tomado de la Física que piensa la materia como fuerzas en tensión- dándoles forma y emitiendo su mensaje materializado en una producción que podría traducirse en una obra de arte.

Del mismo modo, si se toma por el camino de la ciencia -del razonamiento, de lo verificable o refutable-, las fuerzas cobran sentido bajo la forma de un lenguaje bello de símbolos y modelos a lo largo de los tiempos.

⁸ Fuerza. Magnitud vectorial que representa toda causa capaz de modificar el estado de movimiento o de reposo de un cuerpo o de producir una deformación en él.

Los mundos microscópico⁹ y macroscópico¹⁰, hoy mezclados en las mentes de los científicos -químicos, físicos, matemáticos, biólogos-, se integran dando sustento a las explicaciones sobre los fenómenos naturales, emitiendo su propio mensaje con multiplicidad de efectos.

A primera vista pareciera que no hay formas de conocimiento más diferentes entre sí que las provenientes de la razón por un lado y de lo sensible por otro; en definitiva, de la ciencia y del arte. Una se asocia con la previsión y el cálculo, el instrumento, la serie y la reproducibilidad; la otra con sensaciones, emociones, con la singularidad. Sin embargo, ambas tienen una raíz común en la *technè* de los griegos, ambas tienen como factor común la creatividad y ambas producen efectos.

Los griegos pensaban la *technè* como las técnicas o complejo entramado de prácticas, procedimientos y saberes que producen un resultado. En tanto técnica como arte, un artificio que produce algo, una tecnología que sigue viva.

Es posible también relacionar *technè* con *rhètorique*, entendida como el arte del bien hablar, de sostener un argumento, del cual el mundo científico hace una de sus herramientas fundamentales.

La concepción de la razón que tenían los griegos permite ver que se preguntaban por “la totalidad de la realidad y por un sentido íntegro”, una razón orientada tanto a indagar sobre las realidades naturales como a indagar sobre la inmortalidad del alma.

Así mismo, dicha racionalidad estaba abierta a una pluralidad de recorridos: adyacente a la demostración científica, había espacio para la dialéctica, la retórica, la poética y la sofística.

⁹ Microscópico. En física, el nivel microscópico es el nivel de descripción en que fenómenos que ocurren a escalas no visibles a simple vista son relevantes. Un cuerpo microscópico es un objeto que por su tamaño es imposible verlo a simple vista; se necesitan instrumentos ópticos para poder verlo o detectarlo.

¹⁰ Macroscópico. Hablamos de objeto o fenómeno macroscópico cuando las dimensiones geométricas o la magnitud física sobrepasan de un cierto tamaño. Normalmente todos los objetos visibles a simple vista son a todos los efectos macroscópicos, en oposición a los objetos microscópicos.

“Esto significa que el pensamiento griego consideraba que el simbolismo estético, la intuición, las tradiciones, la fe y otros tantos caminos, podían conducir válidamente a la verdad, quizá allá donde la razón demostrativa no lograba llegar” (Vitoria, 2011, p. 54).

Además, agrega que:

“es claro que entre el concepto de razón griega y el de razón de la modernidad dominante actual, hay una diferencia notoria pues, en esta última, la razón se impone una autolimitación que le impide buscar otros fundamentos que no se enmarquen en la realidad empírica y el sentido de todo, sin que le produzca una sensación de abatimiento” (Vitoria, 2011, p. 55).

Los griegos veían a la educación como uno de los principios mediante el cual la humanidad conserva y transmite su peculiaridad física y espiritual.

“De aquí que la razón griega concebía la naturaleza en un sentido innato y las cosas del mundo desde una perspectiva tal que ninguna de ellas estaba separada y aislada del resto, sino como un todo ordenado en una conexión viva, en la cual y por la cual cada cosa alcanzaba su posición y su sentido” (Jaeger, 2001, p. 15).

Para conocer la educación griega, se puede tomar como inicio el período que va del siglo VIII al siglo V a. C. En este período, conocido como arcaico, se recupera la escritura, ya que en la época conocida como Oscura estuvo totalmente ausente.

Recurriendo a las dos fuentes principales de la época, Homero y Hesíodo, se puede afirmar que revitalizaron los valores de la cultura arcaica, asentando sobre sus escritos los cimientos de la primitiva educación griega, instaurando la llamada *paideia* arcaica.

Tal y como deja ver Platón en su obra “La república”, Homero habría sido el gran educador de la Hélade, a la vez que Hesíodo trató de imponer y afirmar aún más la conformación de una identidad griega, básicamente masculina, no tanto heroica como sí trabajadora.

Cabe destacar que el sujeto de la educación formal siempre fue el niño masculino, excluyendo al género femenino, relegándolo según cada *polis*, al ámbito económico, familiar y a una educación del tipo informal basada principalmente en las tareas del hogar, al cuidado familiar o como correa de transmisión cultural de una tradición masculina. Es decir, que el papel de la mujer era puramente accesorio, pero de gran importancia en su única función, la reproductiva.

En el mismo sentido, el menosprecio a lo femenino estaría muy presente tanto en Hesíodo como en Homero. El papel de la mujer es el de la culpable de todos los males y pesares para los hombres. Es preciso señalar que esta pedagogía “hesiodiana”, tiene un peso muy importante a lo largo de la historia griega y en la futura historia de la educación occidental.

La escritora española Irene Vallejo (BBVA Aprendemos juntos, 2021) ha compartido algunos hallazgos sobre el papel de la mujer en la historia de los libros y señala que en la educación y en la transmisión de conocimientos en la Grecia antigua, las mujeres han sido un eslabón esencial ya que, a pesar de las imposibilidades de la época, ellas han sido quizás las primeras narradoras de historias mientras cosían.

Vallejo opina que es muy llamativo que haya tantos términos en común entre los textos y lo textil, como hablar del nudo de una historia, del desenlace de la narración, del hilo del relato, de bordar un discurso, de urdir una trama. De allí que su hipótesis sea que las mujeres fueron las narradoras por antonomasia en los primeros momentos de la oralidad, lo cual justificaría el uso de las metáforas de la costura. La escritora sostiene que toda esa historia borrada sobre las aportaciones intelectuales de las mujeres como maestras, narradoras y enseñantes es sumamente difícil de rastrear.

A pesar de la cultura misógina de los griegos, los hombres preferían que las mujeres se educaran, pero no por el hecho en sí mismo, sino solamente como una herramienta instrumental para enseñar a otros, en particular a los niños de sus familias. De esta manera llegaban a ser

buenos oradores, incluso abogados y líderes políticos, gracias a que fueran educados por aquellas mujeres formadas.

Entre los siglos VIII y IV a. C se tejió una delicada trama entre la oralidad y el lenguaje escrito, aunque nunca hubo una ruptura absoluta, ya que los griegos nunca abandonaron su deleite por la oratoria y fueron persuadidos por la retórica.

“Aristóteles, que reunió una amplia colección de libros -inspiradora de la biblioteca de Alejandría-, fue seguramente el primer hombre de letras europeo en sentido estricto”. (Vallejo, 2019, p.105)

Platón, junto con Aristóteles, representan la cumbre del pensamiento griego. Platón recuperó de Parménides no solo la razón y el pensamiento como método para descubrir quién es el Ser, sino también, la teoría de los dos mundos: el sensible y el inteligible; compartió, asimismo, el pensamiento de Heráclito, sobre todo las ideas del cambio constante.

En esta historia, el pensamiento adquirió un carácter dialéctico con Parménides y se estableció una relación entre la realidad y la razón, cobrando esta última mayor fuerza como el camino para llegar al conocimiento; empezó allí a aparecer la diferencia entre el conocimiento sensible, proporcionado por los sentidos, y el inteligible proporcionado por la razón.

Cabe mencionar que Platón niega que el conocimiento pueda identificarse con la percepción sensible, ya que la verdad se expresa en el juicio y no en la sensación. Para él, la ciencia, en sí, tiene por objeto todo aquello que puede o debe ser conocido. Sin embargo, no reside en las sensaciones, sino en el razonamiento sobre ellas, puesto que, sólo por el razonamiento, puede descubrirse la ciencia y la verdad y es imposible conseguirlo por otro rumbo. En este sentido, dice “[...] estas ciencias en otras manos es lo que llamamos enseñar; recibirlas, es aprender. Tenerlas, en tanto que se está en posesión de ellas [...]” (Platón, 2001a, p. 478).

Por su parte, Aristóteles, discípulo de Platón, advierte que todos los hombres tienen naturalmente el deseo de saber y ellos reciben de la naturaleza la facultad de conocer por medio de los sentidos. Este conocimiento originado por los sentidos produce la memoria y de ésta proviene la experiencia, lo cual significa que el hombre que más recuerdos tenga acumula más experiencia, ya que muchos recuerdos de una misma cosa constituyen una experiencia. “La experiencia, al parecer, se asimila casi a la ciencia y al arte. Por la experiencia progresan la ciencia y el arte.” (Aristóteles, 2001, p. 25).

Aristóteles afirma que el hombre conoce por medio de los sentidos, es decir, todo conocimiento comienza en los sentidos; mediante ellos, toma contacto con las cosas, no obstante, el conocimiento no se agota en la experiencia.

Si bien, el conocimiento sensible es el punto de partida de todo conocimiento que culmina en el saber, para Aristóteles el saber contemplativo o teórico es la forma de conocimiento más elevado que conduce a la sabiduría y, en este proceso, queda representado por la actividad del entendimiento, dando lugar al verdadero conocimiento de las sustancias por sus causas y principios.

Un punto esencial para considerar es también la concepción de tiempo propuesta por Aristóteles, pues esos antecedentes son parte fundamental del cristal con el cual miramos y experimentamos el tiempo hoy.

Si bien el tiempo es algo que se conoce y experimenta, la gran dificultad se presenta al intentar conceptualizarlo. Ya lo decía San Agustín, (Libro 11, cap. 14)

“[...] ¿Qué es, pues, el tiempo? ¿Quién podrá explicar esto fácil y brevemente? ¿Quién podrá comprenderlo con el pensamiento, para hablar luego de él? Y, sin embargo, ¿qué cosa más familiar y conocida mentamos en nuestras conversaciones que el tiempo? Y cuando hablamos de él, sabemos sin duda qué es, como sabemos o entendemos lo que

es cuando lo oímos pronunciar a otro. ¿Qué es, pues, el tiempo? Si nadie me lo pregunta, lo sé; pero si quiero explicárselo al que me lo pregunta, no lo sé” (Agustín, 2002)

Aristóteles impone una definición donde impera la representación del tiempo como “series de horas”, como “número” ligado al movimiento.

Para Aristóteles el “ahora” debe entenderse desde un doble sentido, y para su mejor comprensión decide reforzar la idea estableciendo una analogía con el “móvil” de un determinado movimiento. Así, dicha analogía la expone de la manera siguiente: el ‘ahora’ es al tiempo, lo que el ‘móvil’ es al movimiento. Esto, claro está, en el sentido en que el ‘móvil’ permanece siendo el mismo como sustrato del movimiento, pero se constituye siempre como algo distinto en cada fase del movimiento.

La manera más clara en la que podemos visualizar esto es atendiendo en especial al movimiento de traslación, pues el ‘móvil’, por ejemplo, una flecha, sigue siendo siempre una y la misma mientras va en el aire, pero es distinta en cada instante que consideremos, en el sentido que ocupa una porción distinta de espacio en cada momento.

Esta concepción, sobre la cual luego se desarrollarán las ciencias modernas, se diferencia notablemente de las enseñanzas de Platón, su maestro, para quien el tiempo es una imagen que refleja una esencia inasible en sí misma; es la “imagen de la eternidad” o “imagen del alma”.

Sin embargo, el estagirita se aleja de esta concepción y le atribuye carácter de “ente”, de objeto que puede ser numerado. El tiempo para Aristóteles es “número del movimiento desde un antes a un después”.

Esta nueva visión del tiempo incluye dos aspectos relevantes: la linealidad (del tipo “pasado-presente-futuro”) y la externalidad (el tiempo como objeto o como medida, pero siempre como algo externo al ser humano). De esta manera, comienza la historia del tiempo

del reloj, del “tiempo mundano”. Esta idea se va fortaleciendo, toma forma y prevalece hasta nuestros días.

La concepción aristotélica dominó nuestra civilización entre los siglos XII y XVI y se derrumbó con gran estrépito mediante un proceso que cambió radicalmente nuestra manera de concebir el mundo. Esta gran modificación conceptual es conocida como “la revolución copernicana” y marcó un hito en la historia del pensamiento occidental.

Capítulo II

La fragmentación

*“La finalidad de la ciencia, y su valor,
son los mismos que los de cualquier
otra rama del conocimiento humano.
Ninguna de ellas por si sola tiene finalidad y valor.
Solo los tienen todas a la vez”*

Erwin Schrödinger (1950)

En el curso de los siglos XV, XVI y XVII se produce una transformación radical en el campo conceptual; de la concepción de un Universo poético y espiritual, armónico y pletórico de sentido, bello de contemplar y posible de comprender, se pasó a pensar que habitamos en un mundo mecánico, inodoro, incoloro e insípido pero manipulable eficazmente gracias al poder que nos da la ciencia.

Alberto Durero¹¹, en una de sus obras “*Peón haciendo un dibujo en perspectiva de una mujer*” (Fig,1), refleja el resultado de la modernidad.

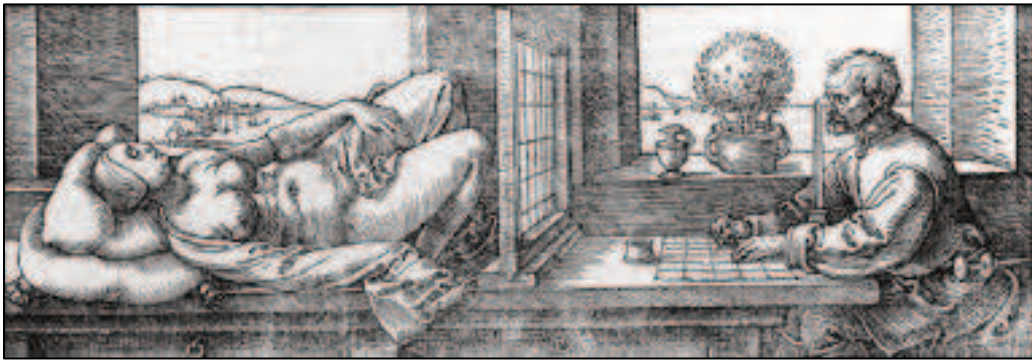


Figura 1. Alberto Durero. Grabado (1525). “*Peón haciendo un dibujo en perspectiva de una mujer*” The Metropolitan Museum of Art

En este grabado, muestra a un hombre que dibuja -mirando a través de un bastidor donde se entrecruzan hilos horizontales y verticales- a una mujer. Este damero transparente divide la imagen que se pretende dibujar en segmentos o fragmentos, de esta forma toma distancia de un objeto que puede ser extraído del mundo y puede ser conocido. La propuesta era mirar la realidad a través de la cuadrícula creyendo que ésta era una lente neutra que no

¹¹ Uno de los artistas más famosos del Renacimiento alemán. En su producción abundan pinturas, dibujos, grabados y escritos teóricos sobre arte. Su obra refleja una enorme calidad en el trazado del dibujo y una minuciosa observación del detalle. Ejerció una enorme influencia como transmisor de las ideas y el estilo renacentistas.

introducía distorsión alguna en lo que el artista o el espectador veían. Como si mirar a través de la cuadrícula fuera igual a mirar el mundo a través de un cristal perfectamente transparente.

Fue en 1543 que Nicolás Copérnico (1473-1543), con su obra “Las revoluciones de los orbes celestes”, revoluciona los orbes intelectuales de la época, imprimiéndoles un giro raiocéntrico. Durante un período de casi doscientos años el mundo intelectual pudo aspirar a recuperar la unidad del conocimiento.

Sin embargo, cuando Galileo Galilei (1564-1642) llega a la Universidad de Pisa y luego a la de Padua, matemáticos y filósofos no hablaban en modo alguno un lenguaje común. Pero supo reconocer que en adelante el protagonismo formal correspondería a la matemática. Galileo propuso que, en la física -la nueva ciencia- debían unirse matemática y filosofía, defendiendo que ambos elementos, razón y experiencia, debían ser aunados en una síntesis ponderada, reconciliando lo teórico y lo práctico, dando una solución sin rupturas internas al problema del conocimiento.

El intento de unificación fracasó, ya que la matemática era una ciencia sumamente abstracta para ser albergada por el empirismo y a la vez demasiado concreta para ser considerada como esqueleto del saber universal.

Al realizar un sucinto recorrido histórico propuesto por Wallerstein (2006), éste señala que antes del siglo XVII no se establecía una diferencia tajante entre las ciencias naturales y las humanísticas, ambas significaban conocimiento y se las concebía entrelazadas, o dicho de otra manera empalmadas de algún modo, no independientes, no intercambiables, pero si relacionadas. Y agrega que a fines del llamado “Siglo de las Luces”, la ciencia comenzó a definirse por su contenido empírico y a ser entendida ante todo como una búsqueda de la verdad a través de la investigación.

En la ilustración europea del siglo XVIII, se consolida el pensamiento científico, por cuanto la razón se constituyó en el punto central para explicar el mundo. Esto implicaba una fe

en el orden de la naturaleza y por tanto en la búsqueda de las leyes que la rigen para comprenderla tal como si fuera una máquina.

En la ciencia moderna, el hombre será considerado un observador separado en un universo que le es ajeno; donde, según Francis Bacon (1561-1626), el científico debía “torturar a la naturaleza hasta arrancarle sus secretos”, porque “saber es poder”.

En la Modernidad se ha roto la vieja alianza entre el conocimiento científico y filosófico, entre el alma y el cuerpo, entre el arte y la ciencia. La cultura humanística se reserva para sí la literatura, la pintura, la filosofía, el sufrimiento, pero también el goce; todos separados del que en adelante se denominará conocimiento objetivo del Universo.

El conocimiento científico va en busca de la verdad pura y abstracta, la filosofía clama por el sentido. En palabras de Pardo:

El intento mismo de “naturalizar el espíritu” se confunde, para nosotros, con el proyecto de la razón moderna, privilegiadamente matemática (o, como otros prefieren decir, “físico-geométrica”) y rígidamente positivista. Ante el tribunal de esta razón despiadada se ha presentado siempre una misma reclamación: que toda la verdad del mundo [...] no puede sino despreciar la Historia y los datos culturales singulares como contingencias extrañas a ese orden, [...]; pero, al hacer esto, tampoco puede evitar exponerse al reproche —que el romanticismo elevó a su máxima expresión— de “carencia de sentido” (Pardo, 2001, p. 10).

Se trasluce así la separación del *sujeto*, en adelante observador imparcial, y el *objeto*, realidad independiente del sujeto. La expresión de esta dicotomía en el campo del conocimiento es la separación entre la cultura científica objetivista, que se ocupa de la materia y sus leyes, y la cultura humanista subjetivista, que se ocupa del alma y sus expresiones.

La física se constituye en rectora de la epistemología y la metodología científicas, es desde ésta que se analiza el paradigma¹² que sentó sus bases a partir de la aparición de la ciencia moderna.

El marco teórico conformado a lo largo de los más de doscientos años de Revolución Científica es llamado Newtoniano-cartesiano, ya que fueron Isaac Newton, desde la física, y René Descartes, desde la filosofía, quienes acuñaron sus características esenciales.

La teoría desarrollada por Isaac Newton se basó en un enfoque matemático que describía un mundo mecánico, esta idea introdujo relaciones entre causas de cambio y fuerzas.

A partir de ello fue habitual describir, mediante ecuaciones diferenciales lineales¹³, diferentes fenómenos naturales donde los cambios se relacionan con las fuerzas de manera proporcional, puesto que este tipo de ecuaciones expresan que: "...pequeños cambios producen pequeños efectos y los grandes efectos se obtienen mediante la suma de muchos cambios pequeños" (Briggs y Peat, 1990, p. 17).

De esta manera se estableció una teoría bajo un concepto mecanicista de la naturaleza que abrazó las explicaciones de Copérnico, Kepler, Bacon, Galileo y Descartes.

La clave de su teoría fue comprender que la misma fuerza que atrae a una manzana hacia la Tierra, atrae a los planetas hacia el Sol; es decir, mediante estas premisas, infirió que las leyes a las que obedecen los cuerpos de tamaño relativamente grande son las mismas que rigen a cada partícula de materia, sea cual fuera su tamaño.

¹² La Real Academia Española define al término paradigma como: la teoría o conjunto de teorías cuyo núcleo central se acepta sin cuestionar y que suministra la base y modelo para resolver problemas y avanzar en el conocimiento. Para Thomas S. Kuhn -de manera muy escueta- un paradigma es lo que los miembros de una comunidad científica comparten, y, recíprocamente, una comunidad científica consiste en hombres que comparten un paradigma.

¹³ Una ecuación diferencial es una ecuación matemática que relaciona una función con sus derivadas. Las funciones usualmente representan cantidades físicas, las derivadas representan sus razones de cambio y la ecuación define la relación entre ellas. Las ecuaciones diferenciales juegan un rol primordial en diversas disciplinas como la física, la química, la economía y la biología. La ecuación diferencial lineal es aquella cuyas soluciones se obtienen por combinaciones lineales de otras soluciones.

En este punto es preciso recordar las proposiciones que se deben presentar en el universo mecanicista de Newton: el espacio es tridimensional a la manera euclidiana¹⁴, es absoluto, inmutable y se encuentra en reposo; el tiempo es absoluto, autónomo e independiente del mundo material y se manifiesta como un flujo constante del pasado al futuro; el universo se asemeja a un gigantesco mecanismo de relojería y se explica a través de vínculos interdependientes de causas-efectos.

Descartes, por su parte, propone una concepción de la mente en la que predomina el entendimiento, en cuanto fuente del criterio de verdad, sobre los sentidos, que funcionan como receptores pasivos, y sobre la memoria, escindida entre memoria sensible y memoria intelectual. Interpreta el gobierno del alma sobre el cuerpo; además instala la creencia de que el mundo material puede ser descrito objetivamente; y la idea rectora de fragmentar todo problema en tantos elementos simples y separados como sea posible para conocerlos mejor.

Cuando René Descartes propone el sistema de ejes cartesianos se fortalece aquella idea de cuadrícula -señalada al comienzo del capítulo-, como elemento que permite crear orientación, razón y lógica en el espacio -otra metáfora del damero o el cuadrado iterado- en donde líneas verticales y horizontales ortogonales entre sí dividen el plano o el espacio. Esta segmentación, alcanza a las características del todo, principio que dará sostén a la especialización dentro de la ciencia.

Las leyes newtonianas de mecánica celeste y posteriormente los aportes de Descartes en las Reglas y posteriormente en el Discurso del método, establecieron la idea de que todo se podía describir en términos matemáticos o mecánicos.

Si tuviéramos que sintetizar en pocos conceptos el modelo o paradigma newtoniano-cartesiano, señalaríamos que valora, privilegia, defiende y propugna la objetividad del

¹⁴ La geometría euclidiana, es la rama de las matemáticas desarrollada en entornos que cumplen los postulados del matemático griego Euclides. Este tipo de geometría analiza tanto elementos unidimensionales (como rectas y puntos), bidimensionales como polígonos (triángulos, cuadrados, pentágonos, etc) e incluso se pueden analizar figuras de tres dimensiones, siempre que se cumplan los postulados de Euclides.

conocimiento, el determinismo de los fenómenos, la experiencia sensible, la cuantificación aleatoria de las medidas, la lógica formal y la verificación empírica (Martínez, 1998).

Así mismo, el positivismo se caracteriza por la seguridad en la validez absoluta de la ciencia; la admisión de leyes naturales constantes y necesarias; la uniformidad de las estructuras de la realidad; la continuidad en el tránsito de una ciencia a otra y la tendencia a la matematización y al mecanicismo.

Podríamos afirmar entonces, que la ciencia es positiva, considera la experiencia, las leyes que rigen el acontecer de los hechos y sus interrelaciones, manteniendo una visión empírica que deriva las verdades de la observación del mundo físico.

Recogiendo lo expresado hasta aquí, podemos caracterizar de una manera muy resumida al paradigma positivista como aquel que plantea la objetividad del conocimiento, la experiencia sensible como fuente de saber, la posibilidad de verificación mediante la experiencia, el determinismo de los fenómenos, la lógica formal como garantía de un procedimiento correcto y la posibilidad de separar el todo en partes para su estudio.

Por lo tanto, la idea central de este paradigma¹⁵ es entonces la existencia de una realidad acabada, plena, externa y objetiva, que puede reflejarse tal cual en el interior del observador tomando como base el modelo empirista o materialista del conocimiento.

Más allá de esta visión, en la realidad no podemos negar la existencia de fenómenos que escapan a la posibilidad de una verificación objetiva; éstos son las emociones, también llamados aspectos metafísicos, que para el paradigma positivista no pertenecen al campo de estudio de la ciencia.

¹⁵ La generalidad de esta noción de paradigma no solamente es visible en este contexto, sino que, además, es la que hoy sigue en vigencia en la mayoría de los ámbitos universitarios cuando se afirma que son parte de la “cultura occidental” o de la “modernidad” o del “determinismo”.

El objetivo de la ciencia es, para los positivistas, conocer la naturaleza objetivamente sin deformarla, y para alcanzar esa objetividad, se ha echado mano a un análisis con base en lo sensorial a modo de verificación de hipótesis y validación del conocimiento científico.

Tomando como inicio a la experiencia sensible, se presenta la mente del científico como una tabula rasa -donde se han derribado todas las construcciones conceptuales preexistentes- que registra todo el entorno, y de esta acumulación de datos surgirán principios generales que expliquen las experiencias registradas, hasta formar teorías o leyes.

Esta es la postura que se ha dado en llamar “inductiva o inductivista” según la cual el investigador, libre de cualquier prejuicio teórico, es capaz de acercarse a la realidad a través del recurso metodológico de la observación, registrar los datos que ésta le entrega, a partir de los cuales, mediante el razonamiento inductivo, puede establecer leyes generales del comportamiento del mundo.

En tal sentido, la objetividad implica no sólo el sustento puro en la experiencia sensible sino también un estado privilegiado de neutralidad teórica y cultural por parte del científico, para no prejuzgar el producto de sus observaciones y la capacidad lógica de desprender, de un cúmulo de datos sin aparente organización, un patrón común que le permita encontrar cuáles son las leyes a las que obedecen los fenómenos naturales analizados.

Cabe señalar que el paradigma positivista plantea, entre otras cosas, la imparcialidad y neutralidad del científico.

El concepto de neutralidad científica, arraigada en este paradigma, podría interpretarse como el desinterés de los científicos por cuestiones filosóficas, originado especialmente a partir de la fragmentación de la ciencia en disciplinas y especialidades desde las cuales los especialistas rehúyen enfrentar problemas globales, generales, cuando su campo de acción es muy específico.

Otro de los íconos del paradigma epistémico moderno es la posibilidad de verificación de la experiencia mediante “el método”. Por ende, una concepción del conocimiento científico basado en una construcción lógica de procesos racionales trae consigo la aplicación de “su método”.

La preponderancia que en el mundo moderno occidental se le ha dado a este modo de conocer, se basa en que no solo el método científico, sino también el conocimiento, se vuelven válidos y ambos obtienen así un lugar de privilegio.

Tanto la racionalidad científica como el pensamiento racional -que permiten mediante la elaboración de argumentos inferir hechos o fenómenos y exteriorizar sus representaciones por medio de palabras- se ven reflejados en la ciencia y su método, en la construcción de un sistema conformado por leyes, teoremas, postulados que parten de hechos o fenómenos particulares y luego serán tomados en términos generales si la repetitividad posibilita su verificación y validación en la experiencia.

La importancia de la racionalidad en la ciencia también se manifiesta en su fundamentación matemática -lo que se decía más arriba sobre la exteriorización de las representaciones mediante palabras, un lenguaje propio, su lenguaje- y la visión cuantitativa, analítica y abstracta que ella genera. De igual manera se presenta en la búsqueda de la objetividad en el conocimiento, tratada anteriormente.

La matemática tiende a la cuantificación de los fenómenos para su análisis e interpretación. Dicha cuantificación es una traducción-representación simbólico-abstracta de las realidades que estudia. Las formas matemáticas son, entonces, de naturaleza ideal, por ello no todas las realidades pueden reducirse a las propiedades cuantitativas con que la matemática opera.

Se podría afirmar, por tanto, que la ciencia busca poseer a través de su carácter racional, verificable, lógico-analítico, sistemático y riguroso, exento de emotividad, un conocimiento confiable del mundo.

Muchos de los principios fundamentales del paradigma moderno han sido cuestionados por los filósofos de la ciencia a partir de los avances y descubrimientos más novedosos en las diferentes disciplinas especialmente en la física que, como ya se ha señalado, es la ciencia que ha marcado el rumbo de la epistemología, principalmente en el siglo XX.

Es en los comienzos del siglo XX, que se comienza a hablar de la curvatura del espacio-tiempo, y se conocen además una diversidad de posturas -que consideramos no han encontrado aún un profundo y cabal eco dentro de la comunidad científica- que producen ciertos movimientos sísmicos de conceptos tradicionales de la física clásica, como por ejemplo la teoría clásica del tiempo basada en su linealidad.

Einstein irrumpe en el mundo de la ciencia con su Teoría Especial de la Relatividad¹⁶ dejando abierto un camino para el desarrollo de nuevas teorías sobre el cosmos y el origen del Universo.

Más tarde es Ilya Prigogine, quien afirma la existencia, no ya de un tiempo natural, lineal¹⁷, propio de las teorías clásicas, ni de un “tiempo relativo” o ilusorio como afirmara Einstein, sino de un “tiempo creativo” como fundamento de una “evolución irreversible”.

Cuestión indisociable de otra: el significado del tiempo. Para nosotros, tiempo y existencia humana y, en consecuencia, la realidad, son conceptos indisociables. Pero ¿lo son necesariamente?

¹⁶ La teoría especial de la relatividad de Einstein trata de sortear las inconsistencias de la mecánica newtoniana y de las leyes de electrodinámica de Maxwell y se basa en dos postulados. El primer postulado de la relatividad especial de Einstein dice: “Todas las leyes de la naturaleza son las mismas en todos los marcos de referencia con movimiento uniforme”.

La idea central del segundo postulado de la relatividad especial es: “La rapidez de la luz en el vacío siempre tendrá el mismo valor sin importar el movimiento de la fuente ni el movimiento del observador”.

¹⁷ El tiempo lineal se presentó como oposición a la teoría del tiempo cíclico. Esta manera de entender el tiempo fue fundamental para el desarrollo de Occidente y lo que conocemos como modernidad.

En este sentido, Prigogine cita la correspondencia que mantenían Albert Einstein y su viejo amigo Michelle Besso, quien, en sus últimos años, insiste constantemente en la cuestión del tiempo. ¿Qué es el tiempo, qué es la irreversibilidad? A lo que Einstein, paciente, no se cansa de contestarle, la irreversibilidad es una ilusión, una impresión subjetiva, producto de condiciones iniciales excepcionales.

En su última carta dirigida a la hermana de Besso, ya que éste había muerto, Einstein escribió: “Michele me ha precedido de poco para irse de este mundo extraño. Eso no tiene importancia. Para nosotros, físicos convencidos, la diferencia entre pasado y futuro no es más que una ilusión, aunque sea tenaz” (Prigogine, 1982)

La carta expresaba lo que durante siglos dominaría el pensamiento científico de Occidente y fuera el credo de la ciencia: el universo es infinito, eterno, inmóvil, , permanente, inmutable. “Entonces, ¿cómo entender esa naturaleza sin tiempo que excluye al hombre de la realidad que describe?” (Prigogine, 1982)

Se hace evidente que uno de los temas fundamentales para Prigogine era el tiempo. Su planteamiento se centra en la interpretación de un tiempo irreversible, que cree más adecuado para el mundo biológico y no exclusivamente mecánico, admitiendo que aquel tiene sus propias leyes. La consideración del papel que cumple el tiempo, lo vincula más a una concepción filosófica o metafísica, que a los racionalistas de la mecánica clásica como pudieran ser Descartes o Newton. Incluso teniendo en cuenta los aportes de Carnot, Clausius y Kelvin para su interpretación del Segundo Principio de la Termodinámica -concepto que retomaremos más adelante-, cuando plantea:

“(…) No podemos prever el porvenir de la vida, o de nuestra sociedad, o del Universo...La lección del segundo principio es que este porvenir permanece abierto, ligado como está a procesos siempre nuevos de transformación y de aumento de la complejidad. Los desarrollos recientes de la termodinámica nos proponen por tanto un

universo en el que el tiempo no es ni ilusión, ni disipación, sino creación. Las demás teorías son: “historia natural del tiempo”. Prigogine (1998)

Aún hoy, desde el campo de las humanidades, se conserva una visión de las ciencias propia de los tiempos del positivismo, se la mira con lentes de una perspectiva mecanicista, planteamiento que, en cierta medida, se ha tratado de ir abandonando desde el propio campo científico.

Sin embargo, si bien la ciencia del siglo XXI no es la ciencia del siglo XIX y a pesar de los hallazgos citados más arriba, aún existen posturas científicas que aparecen usando modos de producir el conocimiento de manera “tradicional”, entendiéndose como tal a aquel que estudia al objeto como algo separado del sujeto, con pretensiones de explicación objetiva por parte del sujeto que lo observa.

“La permanencia del modelo reduccionista de las ciencias como el modo de ser de la ciencia hasta nuestros días, deriva del predominio del paradigma de disyunción, reducción, simplificación y exclusión” (Morin, 1998, p. 219).

La causa de tal vigencia, para Morin, se debe a que los individuos y los grupos tienen culturalmente sellos que determinan su actuar, pensar y hablar, según una lógica que los dirige, es decir, un paradigma que define las reglas del juego según una matriz organizacional.

El holismo, que ha preservado la idea de la complejidad como enfoque de los fenómenos naturales, ha sido el rival del reduccionismo científico a lo largo del tiempo.

Desde esta perspectiva, el discurso científico reduccionista, no solo tiene escasa relevancia en la solución de los grandes problemas de la humanidad (la degradación omnímoda de todo lo existente, las desigualdades, la exclusión progresiva de sectores mayoritarios de la población y la devastación de ecosistemas), sino que hace contribuciones decisivas (casi siempre involuntarias) al mantenimiento del “*statu quo*”.

Un ejemplo válido del modelo reduccionista que la ciencia aplica cuando analiza un determinado fenómeno puede ejemplificarse con la serie “El Toro” (Figura 1) compuesta por 11 litografías que Picasso realizara entre 1945 y 1946. Se parte de un dibujo realista y a medida que se avanza en la secuencia, se ven reducidos los trazos y los detalles sin impedir que reconozcamos en los restantes el ser del animal, tal como lo refleja el último grabado de la serie.

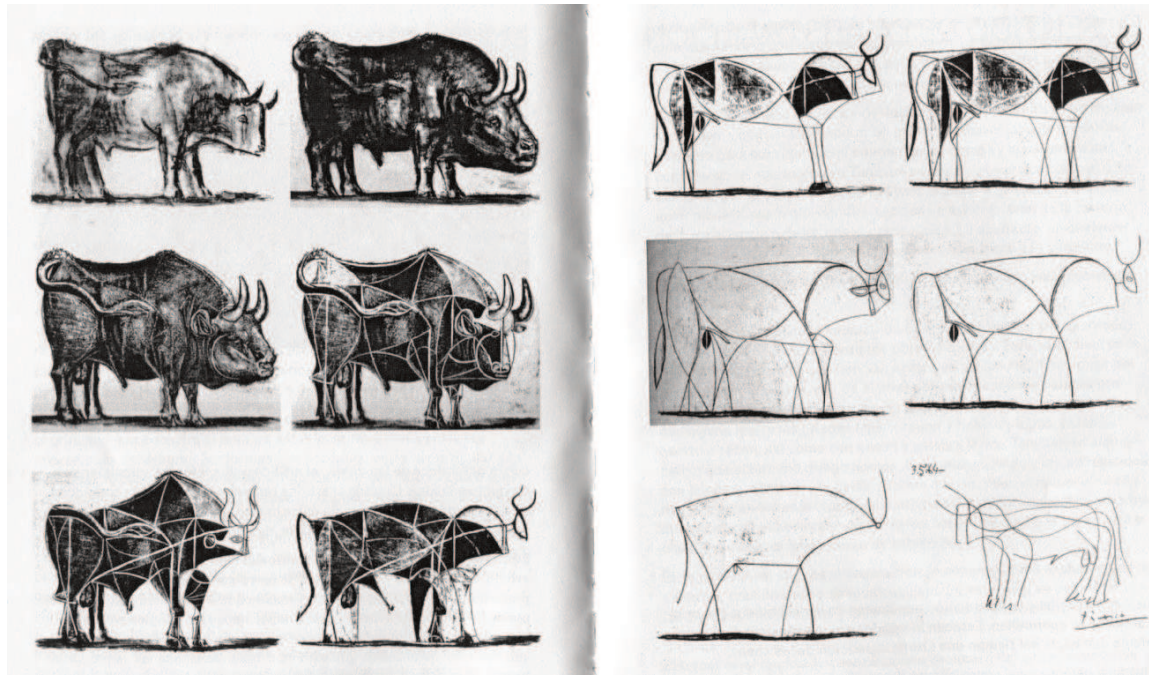


Figura 2. “El Toro”.
Litografías de Picasso, 1945-1946

A partir de ello, podemos hacer una analogía de cómo los científicos van eliminando de sus observaciones los detalles -para ellos- considerados superfluos. Así, las hipótesis y teorías que construyen se basan en un resumen, una deconstrucción, una síntesis del fenómeno.

La idea de síntesis, de abstraerse de los detalles, lo expresa la pintora Georgia O’Keeffe cuando dice: “Nada es menos real que el realismo. Los detalles confunden. Solo por selección, por eliminación, por énfasis, es que llegamos al significado real de las cosas”¹⁸.

¹⁸ La frase está en una de las galerías del museo Georgia O’Keeffe en Santa Fe (Nueva México) y está citada en J. R. Leibowitz (2008), *Hidden Harmony, The connected worlds of Physics and Art*, Baltimore: The Johns Hopkins University Press, p. 4.

Siguiendo con el análisis de la disyunción de las ciencias, la sucesión de generaciones dio lugar a una lógica de pensamiento y de acción que desunió los mundos de la cultura científica y de la humanística, configurando así dos universos separados: uno, pragmático, utilitario, predecible, técnico, objetivo, aséptico, empírico; otro, poético, artístico, filosófico, subjetivo, que no deja de soslayo valores, sentimientos, amor y pasión.

Hasta aquí se ha presentado de manera acotada el camino que ha tomado la construcción del conocimiento, desde la cosmovisión griega hasta las nociones que caracterizan al paradigma epistémico de la modernidad, en el cual una de sus características principales es la separación del sujeto cognoscente y el objeto por conocer, como una de las consecuencias de la aplicación de su famoso método, además de propiciar la división de la realidad en fragmentos casi inconexos.

De cierta forma, se ratifica en este momento lo planteado por Charles Percy Snow¹⁹ en su emblemática conferencia de 1959: el tema de “*las dos culturas*”, la científica y la humanística, donde fundamenta que estas dos ramas de la ciencia están muy alejadas y separadas por una especie de muro que dificulta la comunicación entre los integrantes de cada una. Diez años antes, Roy Lewis y Angus Maude lo habían hecho notar en *The English Middle Class*²⁰ (1949) y fuera de Gran Bretaña Jacob Bronowski había señalado lo mismo en su conferencia “*Science and Human Values*”, brindada en el MIT a comienzos de la década de 1950.

¹⁹ C. P. Snow -especialista en física y química formado en Cambridge- en 1959 dio una de las conferencias Rede que tituló: *The two cultures and the scientific revolution* (las conferencias Rede son lecturas públicas que se hacen una vez al año en la Universidad de Cambridge y que llevan el nombre de Sir Robert Rede, un importante jurista británico muerto en 1519). En ella señaló con alarma una división en el mundo occidental entre una "cultura literaria" y una "cultura científica", separadas por una infranqueable barrera de ignorancia y prejuicios recíprocos. Snow iba mucho más allá de la denuncia de esta separación y de sus tesis se extraía la idea de una mayor importancia de la cultura científica, ignorada o menospreciada por los literatos y sin suficiente peso en el sistema educativo británico de la época.

²⁰ Un estudio crítico de la historia, las condiciones actuales y las perspectivas de las clases medias, de quienes proviene la mayor parte de la inteligencia, el liderazgo y la capacidad organizativa de la nación.

Si bien Percy Snow adquirió notoriedad gracias a su célebre conferencia, ya era un personaje conocido en Gran Bretaña²¹. Allí subrayó que las políticas universitarias de la época tendían al “barbarismo de la especialización”. Como resultado de ello, señalaba Snow, la formación científica había adquirido un carácter técnico que alejaba al científico de la literatura y las artes en general. Esta lectura del impacto de la especialización de la formación científica no fue en absoluto una innovación de Snow.

Las dicotomías han proliferado desde los orígenes de la historia y seguramente arrancan desde tiempo atrás. La Antigüedad quedó partida entre lo dionisiaco y lo apolíneo; la teoría de la doble verdad dividió a la Edad Media; en la Modernidad las rupturas son demasiadas para destacar una sola. Los dualismos son innumerables, los matemáticos se bifurcan en puros y aplicados, o en geómetras y algebristas; entre los físicos tenemos a los teóricos y los experimentales, o a los relativistas y los cuánticos; en la salud los hay médicos clínicos y cirujanos. La filosofía no fue una excepción, aparecen las discrepancias desde sus orígenes e incluso suelen tener nombres y apellidos: Parménides y Heráclito, Platón y Aristóteles, Descartes y Locke, Hegel y Schopenhauer...

La tendencia a la desunión nos acompaña como si fuese una secuela del segundo principio de termodinámica, tan implacable como el aumento de la entropía²². “*Eppur...*” no

²¹ Como resultado de la tesis de las “dos culturas” Snow recibió más de 20 menciones honorarias en el transcurso de los años ‘60. Asimismo, fue designado en 1964 jefe del recientemente establecido Ministerio de Tecnología británico y portavoz gubernamental sobre asuntos tecnológicos en la Casa de los Loes.

²² Para comprender el concepto de entropía debemos cruzar el umbral que separa la termodinámica de la física estadística y dejar de visualizar los sistemas como un todo para pasar a considerar los infinitos elementos que los componen. La entropía es una propiedad de los macroestados, que obedecen a una descripción macroscópica de un sistema. A un macroestado con pocos microestados posibles se le llama un estado de baja entropía, mientras que a un macroestado con muchos microestados posibles se le denomina un estado de alta entropía. Un estado de baja entropía tiende a evolucionar a uno de alta entropía. La entropía siempre aumenta simplemente porque los sistemas tienden a ir a su macroestado más probable, lo cual nada tiene que ver con el orden y el desorden. La entropía es una propiedad de los macroestados no de los microestados. Usemos el siguiente ejemplo: Cuando las esferas duras de un sistema se organizan y optimizan el espacio a su alrededor, van a cristalizar y en ese momento es cuando el número de microestados estalla. Cuanto mayor sea el volumen al que puede acceder cada esfera sin chocarse con otra, mayor será el número de configuraciones posibles y eso se consigue con orden. Una cristalización inducida solamente por la entropía, sin fuerzas ni energía de interacción, es toda consecuencia de la probabilidad.

todo se mueve o se divide. Parece como si discretamente actuara una fuerza reconciliadora, un poco como en cosmología se supone que hace la atracción gravitatoria de la materia oscura. Sea cual fuere ese principio agregante, amortigua los resortes de la fragmentación, más ubicuos y visibles.

Husserl en su obra “La crisis de las ciencias europeas y la fenomenología trascendental” (1954) denuncia que la ciencia moderna muestra una tendencia a fragmentarse en especialidades (basta con sólo ver la oferta académica de una universidad en donde se encuentran muchas divisiones, lo mismo que en el interior de cada disciplina). Pero, a su vez estos fragmentos toman vida propia, es decir, se vuelven autónomos y sucede que las discusiones sobre el conocimiento, ciencia y verdad devienen en otras tantas especialidades, a excepción de la filosofía que se dedica a la reflexión y discusión de las cuestiones del conocimiento y la ciencia, pero no rige a las demás disciplinas e incluso ésta se transforma en otro departamento más.

Este auge de la ciencia que “solo” se validará en términos de utilidad material le dio menos peso o validez a aquello que pudiera preocuparse o aportar a la reflexión filosófica e histórica, tanto de su propio quehacer como desde las condiciones donde se producía.

Durante más de dos siglos, las leyes de Isaac Newton reinaron como la descripción suprema y definitiva de la naturaleza. Estas leyes del movimiento, expuestas a fines del siglo XVII -hasta hoy enseñadas-, implican que si se conoce la fuerza que se aplica sobre una partícula se puede conocer la trayectoria que ésta seguirá, siempre y cuando se especifiquen su posición y su velocidad en el instante inicial del movimiento. Es decir, si se pueden precisar las condiciones iniciales de la partícula, las leyes de Newton permiten conocer por completo su futuro, lo cual resultará válido para cualquier sistema que tenga cualquier número de partículas.

Tomando estas leyes como base, Pierre Simon de Laplace uno de los matemáticos más importantes del siglo XVIII, en 1776 en su “Ensayo filosófico sobre las probabilidades” expuso que:

“Un ser inteligente que en un instante dado conociera todas las fuerzas que animan la naturaleza y las posiciones de los seres que la forman, y que fuera lo suficientemente inmenso como para poder analizar dichos datos, podría condensar en una única fórmula el movimiento de los objetos más grandes del universo y el de los átomos más ligeros: nada sería incierto para dicho ser, y tanto el futuro como el pasado estarían presentes ante sus ojos.” (Laplace, 1776, p. 4)

Sin embargo, tanto en los dominios microscópicos del átomo, como en las vastas extensiones del espacio interestelar, se comenzaron a conocer discrepancias, por ejemplo, de la mano de Henri Poincaré en 1905, entre la naturaleza según la física newtoniana y la naturaleza según ella misma. En tales campos, durante la primera parte del siglo XX, Newton había sido desplazado por la mecánica cuántica y la relatividad; y durante la segunda parte del siglo, la física, al igual que otros campos, como la meteorología, en que la constatación matemática de la no linealidad es posible, es nuevamente removida por la noción de “caos”.

La relatividad cuestionó las nociones de espacio/tiempo; la mecánica cuántica unió en un solo concepto ondas/partículas y demostró la imposibilidad teórica de realizar ciertas medidas simultáneas; y la teoría del caos ataca el determinismo y la posibilidad de prever en detalle la evolución de ciertos fenómenos.

Fue Edward Lorenz, uno de los pioneros en el desarrollo de la teoría del caos, en la década de 1960, quien descubrió los primeros atractores extraños²³ y se le atribuye la creación

²³ Los atractores extraños son un tipo de atractor que corresponden a la formación de fractales o de nuevos determinismos en los sistemas complejos. Un atractor es una figura matemática compleja que repite sus detalles en las pequeñas y grandes estructuras. Representa una misma solución para una ecuación interactiva que implica retroalimentación.

de la metáfora “el efecto mariposa”²⁴. Si se traduce la metáfora en términos de sistemas complejos²⁵, se podría decir que, si existen cambios, aunque sean muy pequeños, en las condiciones iniciales de un sistema determinista²⁶ como el que él analizaba -sistema climático- los comportamientos variarán hasta alcanzar, tal vez, momentos de impredecibilidad.

Lorenz explica, detalle a detalle, las razones de los cambios que tienen los patrones atmosféricos, en virtud de los resultados que obtuvo. Esto le permitió darse cuenta de que pequeñas perturbaciones en las condiciones iniciales podían provocar cambios drásticos en el comportamiento del sistema no lineal. Él se enfrentó con el problema de la sensibilidad a las condiciones iniciales, el mismo al que Henri Poincaré se había enfrentado años atrás.

A Henri Poincaré, se lo puede considerar el último matemático verdaderamente universalista. Sus aportaciones abarcan desde los fundamentos de las matemáticas, formulándose preguntas muy profundas sobre la epistemología de la matemática, hasta su interés por encontrar la solución a un desafío matemático planteado en 1885 llamado el “problema de los tres cuerpos”²⁷, llegando a la conclusión de que era imposible resolverlo. También le interesaban, entre otras tantas cosas, las bases filosóficas de la física, los

²⁴ Efecto mariposa. En 1963, Lorenz estaba realizando una investigación sobre previsiones climatológicas a través de ecuaciones con ordenador y decidió repasar algunos de los datos que había obtenido. Para simplificar las operaciones el ordenador simuló los resultados de dos meses que en nada se parecían a los que ya tenía, pues Lorenz había reducido de seis a tres los decimales de uno de los parámetros con los que calculaba las predicciones. De esta manera una pequeña perturbación inicial, mediante un proceso de amplificación, puede generar un efecto considerable a medio y corto plazo; de allí que surge la metáfora del efecto mariposa: *El aleteo de las alas de una mariposa se puede sentir al otro lado del mundo*. Lorenz publicó las conclusiones de su descubrimiento en el *Journal of the Atmospheric Sciences* bajo el título «Flujo determinista no periódico»

²⁵ Sistemas complejos son aquellos cuyos elementos o subsistemas interactúan y se interdefinen sin que el comportamiento de cada subsistema y de sus variables, características, funciones y relaciones permita generalizaciones y explicaciones sobre el mismo, sin tomar en cuenta a los demás, en especial a los subsistemas cuyas relaciones, interacciones e interdefiniciones son más significativas para definir el comportamiento y la coevolución del conjunto o totalidad considerados.

²⁶ Sistema determinista Aquél en que los estados sucesivos evolucionan a partir de los anteriores de acuerdo con una ley invariable. Las nuevas ciencias se ocupan especialmente de acotar este tipo de sistemas.

²⁷ Problema de los tres cuerpos: ¿Se puede establecer matemáticamente si el Sistema Solar continuará girando como un reloj, o es posible que, en algún momento futuro, la Tierra se salga de órbita y desaparezca de nuestro sistema planetario?

fundamentos geométricos del arte cubista -que recién se iniciaba-, la termodinámica y la teoría del caos.

Se debe señalar que su exceso de perfeccionismo y de escrúpulos científicos, le impidieron publicar -por meses de diferencia- antes que Einstein en 1905, las bases de la dinámica relativista.

El mismo Albert Einstein escribió años después: "Poincaré se dio cuenta de la verdad [de la relación de la experiencia cotidiana con los conceptos científicos] en su libro Ciencia e hipótesis".

Para Édouard Toulouse, psicólogo especializado en creatividad de la época que lo entrevistó en 1897, el pensamiento de Poincaré estaba más cercano al de un artista que al de un científico, por lo cual no es de extrañar que Picasso también se haya inspirado en su trabajo.

Una vez escribió: "Es sólo a través de la ciencia y el arte que la civilización tiene valor".

Fue el primero en hablar sobre la existencia de comportamientos anómalos de sistemas que clásicamente habían sido considerados como inmutables y perfectamente periódicos. Por ejemplo, las órbitas de los planetas, demostrando que el Sistema Solar carecía de la estabilidad que todo el mundo pensaba que tenía. A partir de estas soluciones aperiódicas, es decir, sistemas que aparentemente regresan al punto de partida, pero cuando uno ve de cerca no coinciden, entabla las bases para que luego Lorenz planteara el famoso "efecto mariposa".

En definitiva, sus incontables aportaciones fueron no solo fundamentales para las ciencias de la complejidad y la teoría del caos, sino también para el desencadenamiento de la creatividad tanto en el arte como en la ciencia que marcó el tenor del siglo XX.

Otras de las voces a escuchar es la de Erwin Schrödinger en su obra Ciencia y Humanismo (1951), para quien ya era importante que aquellos que desarrollaban una disciplina mantuvieran el contacto con la vida, no solo con la vida práctica. Su idea sobre el sentido de lo que se hace y para qué sirve el conocimiento científico sólo quedaba en evidencia cuando se lo

podía explicar a una gran mayoría de gente, pues la ciencia no solo sirve para inventar o ayudar a inventar nuevas y mejores máquinas o técnicas con el fin de optimizar las condiciones de vida, sino que la ciencia es parte del legado cultural humano y de la cotidianeidad del vivir.

Schrödinger mencionaba que aún en los tiempos modernos se produce un espejismo:

[...] “que se sitúa hacia la segunda mitad del siglo XIX, período de un auge científico sin igual, en el que la industria y la ingeniería ejercieron tan marcada influencia en los aspectos materiales de la vida que la mayoría de las personas olvidó todas las demás relaciones. Pero lo que es peor es que el tremendo desarrollo material produjo una perspectiva materialista, supuestamente derivada de los nuevos descubrimientos científicos” (Schrödinger, 1951, p. 20).

Luego de un largo camino recorrido, las ciencias naturales empezaron a virar hacia “procesos que destacaban la no linealidad por encima de la linealidad, también la complejidad sobre el reduccionismo, la imposibilidad de eliminar al que mide de la medición, e incluso, para algunos matemáticos, la superioridad de una amplitud interpretativa cualitativa por encima de una precisión cuantitativa cuya precisión es más limitada” (Wallerstein, 2006, p. 67).

Así, las ciencias naturales se acercaban a aquellas calificadas como ciencias blandas, en el sentido de que ya no concebían a la naturaleza como pasiva sino más bien como activa y creativa, es decir que la mayoría de los científicos comenzaron a reconocer que este mundo es mucho más complejo y en él las perturbaciones desempeñan un papel muy importante, por lo que se hace necesario dar cuenta de esa complejidad rompiendo así con la idea exclusiva de que lo macroscópico pueda ser en principio deducido de un mundo microscópico más simple.

Capítulo **III**

La nueva racionalidad

*El acto real del descubrimiento
no consiste en encontrar nuevas tierras
sino en ver con otros ojos*

Marcel Proust

Existen caminos que orientan hacia la búsqueda de la relación entre ciencia y humanismo como vías de superación de aquella fragmentación, tales como aperturas a otras racionalidades, revisión de los límites de las disciplinas, el uso de la metáfora, consideración de la complejidad, la transdisciplinariedad, el dialogo de saberes, la importancia de lo perceptible.

En este punto se podría citar la gran contribución que Maurice Merleau Ponty hace a la transdisciplina en su obra "*Phénoménologie de la perception*" (1945), allí plantea que la percepción no es el resultado de átomos causales de sensaciones -tal como lo expresaran los conductistas- sino que, para él, la percepción es una dimensión activa, una apertura primordial al 'mundo vivido. Por ello encuentra plenamente su lugar a la hora de hablar de la complejidad y más precisamente de la transdisciplina. Decía él: "Todo el universo de la ciencia está construido sobre el mundo vivido y, si queremos pensar rigurosamente la ciencia, apreciar exactamente su sentido y alcance, tendremos, primero, que despertar esta experiencia del mundo del que ésta es expresión segunda." (Ponty, 1945, p. 8). Es decir, la ciencia siempre estará antecedida por la experiencia.

La apertura de la que habla Merleau Ponty es la que coloca a la percepción en el centro de la escena y por ende al cuerpo, al cual erige como punto "cero" desde donde se abre y significa al mundo, es condición de posibilidad, es medio posibilitante, es vehículo y apertura al mundo.

En este punto es preciso destacar que la posición de Merleau Ponty se asemeja a la idea de estructuras abiertas y de sistemas disipativos²⁸ que propone Ilya Prigogine, salvando las diferencias.

²⁸ Sistemas o estructuras disipativas. Son sistemas que desarrollan estructuras de comportamiento autoorganizado en condiciones lejanas al equilibrio o equivalentes. Las estructuras disipativas dependen de metabolismos o de medios de construir patrones, organismos y organizaciones mediante consumo de energía y cambios estructurales. Los metabolismos sostienen los procesos de organización manteniendo la energía

Ilya Prigogine -hombre que viene de la Química y de la Física- realiza un aporte más que destacable con su intención de construir puentes entre las llamadas ciencias duras y las ciencias sociales para pensar de una manera diferente y proponer una visión del mundo, una imagen del universo y una concepción de la vida, distintas.

Prigogine e Isabelle Stengers en su libro “La Nueva Alianza. La metamorfosis de la ciencia”, nos dicen:

“Partiendo de una naturaleza semejante a un autómatas, sujeta a leyes matemáticas que tranquila y orgullosamente determinan para siempre su futuro, del mismo modo que determinaron su pasado, hoy nos encontramos en una situación teórica totalmente diferente, en una descripción que sitúa al hombre en el mundo que él mismo describe e implica la receptividad de dicho mundo. No es ninguna exageración hablar de esta transformación de conceptos como de una verdadera **metamorfosis de la ciencia**” (Prigogine y Stengers, 1983, p. 29).

La manzana de Newton no es imperecedera

En la ciencia clásica lo ideal era que la naturaleza toda operase como el sistema planetario, como un gigantesco aparato de relojería donde todo puede ser cuantificable, formalizable, predecible. Además, se expulsó, se anuló al tiempo, concibiéndolo como un enemigo, donde la diversidad de los procesos temporales debía ser negada, reducida a una mera apariencia, sosteniendo, a como dé lugar, la concepción de un universo inmutable, inalterable.

Uno de estos reacomodos del paradigma clásico radica en el hecho de que la ciencia newtoniana aún es aceptada en física como una verdad aplicable a las realidades de los objetos físicos de dimensiones “normales”, mientras que en el ámbito de lo muy pequeño y de lo muy

relativamente constante. A ellos se añaden factores internos y externos de adaptación al entorno (homeostáticos) o del entorno, y procesos de creación de estructuras en el sistema y el entorno (morfogenéticos).

grande se aplican otro tipo de explicaciones como las de la Teoría Cuántica²⁹ y la Teoría de la Relatividad respectivamente.

“Los únicos objetos cuyo comportamiento es verdaderamente «simple» pertenecen a nuestro propio mundo, a nuestra escala macroscópica. Son los primeros objetos que fueron escogidos por la ciencia newtoniana: planetas, cuerpos que caen, péndulos. La ciencia clásica había elegido, cuidadosamente, sus objetos en este rango intermedio. Ahora sabemos, sin embargo, que esta simplicidad no es el sello distintivo de lo fundamental y que no puede ser atribuida al resto del mundo” (Prigogine y Stengers, 1983, p. 247).

Dos flechas en el tiempo dieron con ella

El siglo XIX fue atravesado por la sorpresiva aparición de las flechas del tiempo lanzadas desde la Teoría de la evolución en biología y la Termodinámica en física, imprimiendo, ambas proposiciones, un vuelco en las miradas de la ciencia.

El lenguaje de la ciencia del calor -o del fuego como muchos llaman a la termodinámica- es el de los cambios, las transformaciones, y el primer obstáculo que debió sortear fue el de las concepciones newtonianas de universalidad, unidad y reversibilidad. El Primer principio de la Termodinámica -que plantea la conservación de la energía- no tuvo mayores inconvenientes, ya que encontró un encuadre en la tradición de conservación de la dinámica, donde la transformación es solo aparente.

²⁹ La Teoría Cuántica es una teoría netamente probabilista: describe la probabilidad de que un suceso dado acontezca en un momento determinado, sin especificar cuándo ocurrirá. Max Planck (1858-1947), padre de esta teoría, fue galardonado en 1918 con el Premio Nobel de Física "por su papel en el avance de la física debido al descubrimiento de la teoría cuántica". La mecánica cuántica surge en 1922 a partir de la teoría y estudia la naturaleza a escalas espaciales muy pequeñas, los sistemas atómicos, subatómicos, sus interacciones con la radiación electromagnética y otras fuerzas, en términos de cantidades observables.

El problema se presentó cuando se analizó una máquina térmica, cuya función es convertir calor en trabajo mecánico³⁰, que realiza una serie de transformaciones termodinámicas de forma cíclica para que la máquina funcione en forma continua; se descubre en forma empírica que “no es posible ninguna transformación cíclica que convierta íntegramente el calor absorbido en trabajo”. Este principio, enunciado por Planck-Kelvin, es luego desarrollado desde la concepción corpuscular de la materia por Ludwig Boltzmann y luego transcrito por Clausius en términos de evolución de flujos calóricos.

Boltzmann trabaja en la simplificación de la función del matemático francés Liouville -que nos dice cómo cambia en el tiempo un conjunto de partículas- y la complementa con los aportes del Gibbs -que se dedicaba al estudio de la termodinámica de colectivos de partículas- concluyendo que la irreversibilidad de sistemas corpusculares depende de las colisiones de las partículas que los componen, creando así correlaciones y conexiones entre ellas.

Boltzmann define, con una simple función matemática, la relación entre la entropía y el número de formas en que se pueden organizar las partículas de un sistema termodinámico. Así logra explicar que los procesos tienen una tendencia al aumento de la entropía³¹ hasta alcanzar un valor máximo, lugar donde los sistemas tienen el estado más disperso.

Como conclusión podemos afirmar que vamos evolucionando desde macroestados de baja entropía (con pocos microestados posibles) a macroestados de alta entropía (con un gran número de microestados posibles).

En este punto, cabe preguntarse, ¿la entropía es un indicador de la irreversibilidad? ¿La irreversibilidad nos marca un direccionamiento en el tiempo? ¿La irreversibilidad será un

³⁰ Trabajo mecánico es aquel desarrollado por una fuerza cuando ésta logra modificar el estado de movimiento que tiene un objeto. El trabajo mecánico equivale, por lo tanto, a la energía que se necesita para mover el objeto en cuestión.

³¹ La entropía (ya definida anteriormente) siempre tiende a aumentar, al desgaste, al aumento de la aleatoriedad derivada de los continuos ajustes que sufre un sistema. El incremento de la entropía en un sistema conduce a su descomposición en sistemas más simples. En los sistemas abiertos, gracias a los recursos que se obtienen del ambiente, esta tendencia puede ser corregida y transformada en entropía negativa: un proceso hacia una organización más completa.

destino posible para los procesos naturales? ¿Cuáles son las estrategias que ha tomado la naturaleza para mantenerse en permanente cambio?

Si tomamos como un ejemplo -entre tantos otros- una de las estructuras naturales por excelencias, una célula animal, la neurona, veremos que dentro de la hoja de ruta que sigue la naturaleza está la formación de estructuras ramificadas, que implican un gran volumen de información en un extremo, un canal por donde se traslada o conduce esa información, y nuevamente la distribución de la información en el otro extremo.

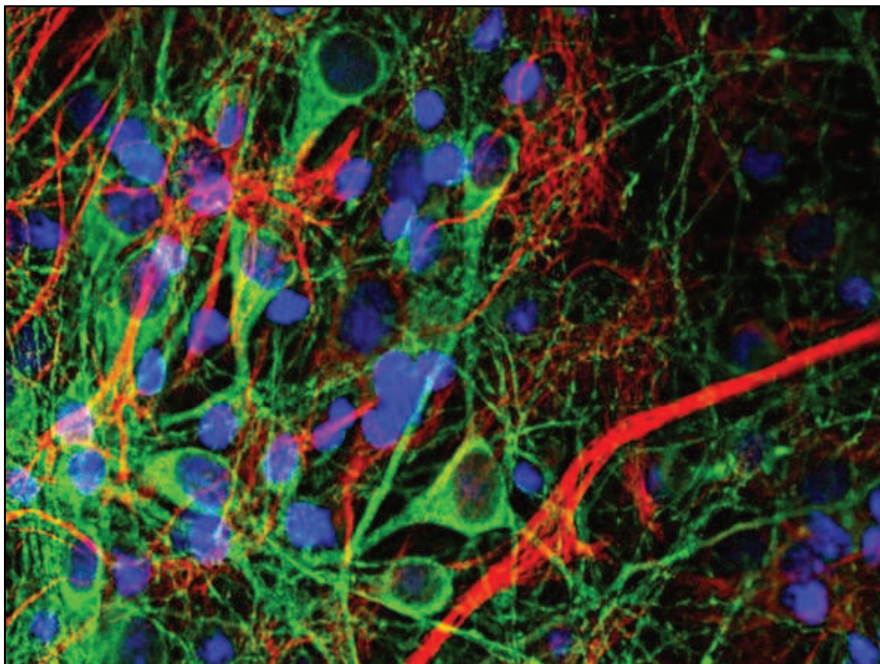


Figura 3. Microfotografía representativa de células neuronales y sus interacciones a través de sinapsis

En este caso, de la estructura neuronal³², la información llegará a las dendritas, luego - por el axón propiamente dicho- se trasladará hasta llegar al extremo opuesto, donde se

³² Las neuronas son células que tienen una enorme capacidad a la hora de comunicarse con precisión, rapidez y aún a través de largas distancias con otras neuronas o con otras células, ya sean estas nerviosas, glandulares o musculares, siendo las encargadas de transmitir señales eléctricas, llamadas impulsos nerviosos para poder concretar tal comunicación intercelular. Las neuronas son las unidades funcionales y estructurales del sistema nervioso. Está formada por tres partes: el cuerpo neuronal o soma, una prolongación larga y poco ramificada llamada axón y por prolongaciones muy ramificadas en los extremos. Las ramificaciones alrededor del soma son las dendritas y las del extremo opuesto son las terminales simpáticas (donde se hallan los botones simpáticos)

encuentran los botones simpáticos de los axones terminales que contienen sustancias llamadas neurotransmisoras. Estas sustancias permitirán que el ciclo se repita pasando la información hacia las dendritas de la neurona contigua. Este proceso de transmisión de información es el llamado sinapsis³³.

Uno más de los otros ejemplos que reflejan la direccionalidad de la naturaleza, es la formación de hidrogeles³⁴ a partir del resorcinol y el formaldehído como reactivos (Fig.4). En este proceso observamos que a medida que se va presentando la secuencia de reacciones químicas, se complejizan las moléculas de los compuestos intermedios y se van formando agregados llamados *clusters*, luego corpúsculos coloidales o gránulos y por último embalajes de gránulos que conforman el producto final.

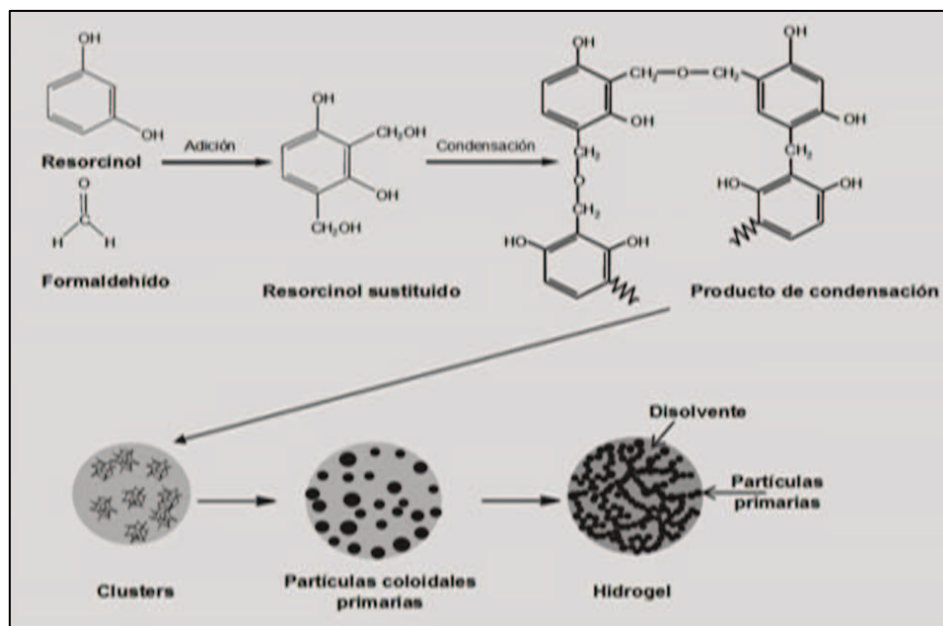


Figura 4. Reacción de formación del polímero hidrogel a partir de Resorcinol y Formaldehído

³³ El concepto de sinapsis hace referencia a la existencia de una conexión entre dos neuronas, caracterizada por la presencia de un pequeño espacio que sirve de vía para la transmisión de la información. Es decir: la existencia de las sinapsis nos muestra que las neuronas no forman un tejido celular compacto, sino que se interconectan entre sí de maneras complejas.

³⁴ El hidrogel es un polímero natural o sintético altamente absorbente de agua que poseen un grado de flexibilidad muy similar al tejido natural, debido a su alto contenido de agua. Es comúnmente usado con propósitos médicos y también muy utilizado para retener y posteriormente suministrar agua y nutrientes a plantas y suelos. El hidrogel es un polímero, de composición química de acrilato de potasio que, al entrar en contacto con el agua, la absorbe, aumentando su volumen y por tanto conservando una gran cantidad de ella, que posteriormente podrá suministrarla a plantas o suelos.

De esta manera la naturaleza va tomando una trayectoria muy definida y concreta, por tanto, podríamos afirmar que el camino de ida está definitivamente establecido, entre tanto que el de regreso, no.

Por lo expuesto podríamos llegar a nuestra primera conclusión, una de las estrategias - entre tantas- que tiene la naturaleza es el intercambio de materia y energía con su entorno, y que ese intercambio o flujo de información se mantiene en el tiempo, lo que es solo posible gracias a la irreversibilidad.

Es decir que si transfiero información³⁵ desde el entorno hacia el sistema, su estado original cambiará y el mismo no tendrá las mismas condiciones en un punto que en otro, por tanto, esa modificación se transmitirá dentro del sistema, lo cual significa que está fuera del equilibrio. Pasa entonces, que la comunicación siempre se dará siempre desde un potencial mayor³⁶ a otro menor, y nunca, al contrario. Por ello se habla de la direccionalidad de los fenómenos, por eso hablamos de la flecha del tiempo.

En consecuencia, aparece un indicador de irreversibilidad: la entropía, que marca una flecha en el tiempo, un principio evolutivo. Esta es la incompatibilidad que sobreviene con una dinámica newtoniana atemporal cuyas leyes son reversibles y todos los estados equivalentes. Sin embargo, no es posible explicar el cambio desde una ciencia de las equivalencias.

Como dice Prigogine: "La ciencia, que describe las transformaciones de la energía bajo el signo de la equivalencia, debe admitir, sin embargo, que sólo la diferencia puede ser productora de efectos que sean a su vez diferencias" (Prigogine y Stengers, 1983, p. 149).

Si se analizan los seres vivos y se los reconoce como sistemas abiertos, es decir, aquellos que intercambian materia y energía con el medio, se observa que se transforman, evolucionan y aumentan su complejidad.

³⁵ Entendiéndose como información como flujo de energía, flujo de momento o flujo de materia

³⁶ Temperatura, concentración, voltaje, velocidad.

Para explicar lo que acontece, Prigogine y su grupo de investigación trabajaron con sistemas químicos abiertos viendo que en condiciones alejadas del equilibrio se producían fenómenos como interacción de las moléculas, comunicación, autoorganización, creación de nuevas estructuras, ampliación de las fluctuaciones, hasta que finalmente el sistema evoluciona hacia una nueva estructura, emerge algo nuevo: una estructura disipativa.

Las estructuras disipativas -lejos del equilibrio- evolucionan en el sentido de una mayor complejidad. Las flechas del tiempo de la Termodinámica No Lineal de Procesos Irreversibles (TNLPI) y de la biología señalan en una misma dirección.

El giro señalado anteriormente en la ciencia está en la pérdida de universalidad de las leyes -cada clase de sistemas tendrá una evolución característica-, un aumento de especificidad y un compromiso entre el azar y la necesidad. En su camino evolutivo el sistema puede elegir entre diversas alternativas y es imposible saber *a priori* cual elegirá ya que esto depende de su historia y de las condiciones específicas que se dan en ciertos puntos críticos de su desarrollo.

Para Prigogine, la exploración del mundo que conocemos se revela rica en sorpresas y nuevas miradas; los descubrimientos de lo infinitamente grande a lo infinitamente pequeño plantean una nueva concepción de la ciencia. Esto daría origen a la idea de una naturaleza dinamizada por el desorden, donde ella misma se organiza a partir del caos, donde el tiempo no es una ilusión, sino que el tiempo es proceso, creación, es mutación, innovación y variación.

El tiempo múltiple y enmarañado que se descubre, puede convertirse en el hilo conductor de una exploración que permita articular sin reducir, explicar sin negar.

Prigogine planteaba que era necesario una nueva noción del tiempo: la coexistencia de tiempos indiscutiblemente diferentes pero ligados entre sí, pertenecientes a una naturaleza de evoluciones múltiples y divergentes. Por un lado, un tiempo absoluto, verdadero y matemático y por el otro un tiempo cuya naturaleza significa invención, creación de formas, elaboración continua de lo absolutamente nuevo.

A partir de ahora, estas dos dimensiones se enlazan en lugar de excluirse. El tiempo hoy encontrado es también el tiempo que no habla más de soledad, sino de la alianza del hombre con la naturaleza que describe.

A lo largo de todo su trabajo, Prigogine nos muestra que el problema del tiempo puede ser abordado por la ciencia y desembocar en la filosofía, ya que considera la ciencia como una manera de hacer filosofía y que la filosofía es una manera de investigar a la naturaleza que es lo propio de la ciencia.

Al reconocer por un lado que el arte, la filosofía y la ciencia necesitan del pasado para poder decirse, Prigogine se inquietó por la incapacidad de las descripciones científicas para decir lo irreversible de la naturaleza. Una cuestión profundamente paradójica que subraya es que la física, que en toda su historia se ha consagrado al estudio de la naturaleza dinámica de los sistemas y de la evolución en el tiempo de los sistemas naturales, de lo que menos se ha ocupado es precisamente del tiempo.

Si bien Aristóteles, por ejemplo, había descrito en detalle, como nadie lo había hecho antes de él, al tiempo como al número del movimiento, desde la perspectiva del pasado, presente y futuro, no precisó si esa perspectiva era la del alma humana o la de la naturaleza.

¿Es realmente el tiempo con su carácter irreversible, la flecha del tiempo, una ilusión inherente al espíritu humano, o una realidad extrínseca e independiente de nuestro pensamiento? Prigogine siempre apostó por esta segunda posibilidad.

La irreversibilidad de la dinámica no cuestiona los conceptos de la dinámica clásica, sino el modelo de inteligencia que la ha acompañado, el de la trayectoria determinista y reversible. En cambio, la significación del tiempo irreversible lleva a modificaciones conceptuales en la mecánica cuántica y la cosmología.

En relación con el reconocimiento de las transformaciones en la ciencia que llevan a considerar nuevas realidades, Prigogine dice:

“Heisenberg definió en cierta ocasión ante uno de nosotros lo que para él constituía la diferencia entre un pintor abstracto y un físico teórico. El pintor, decía, tratará de ser lo más original que pueda, mientras que el físico intentará permanecer lo más fiel que pueda a su tradición teórica; sólo cuando no tenga otra salida empezará a modificarla” (Prigogine, 1992, p. 11).

Si bien a lo largo de la historia han quedado en evidencia las repetidas intenciones de unificar el conocimiento bajo un único paradigma epistemológico, Prigogine no veía posible ni deseable reunir todas las posibilidades en un solo y único modelo; la unificación del conocimiento decía, no puede consistir en decretar una única forma de discurso, sino que más bien se debe aspirar a sobrepasar, a rebasar todas las contradicciones no para diluir el conocimiento, sino para conocer los elementos que, distinguiendo unas zonas de otras, en el mismo proceso de distinción se unen, porque se pueden comparar. Esta visión es muchísimo más enriquecedora.

Estas aperturas hacia nuevas racionalidades de la ciencia se deberían convertir también en guías de una nueva educación que supere las fragmentaciones, las divisiones, las disociaciones, y permita trascender los enfoques disciplinares en la búsqueda de una perspectiva más holista, complementaria y flexible, que capte dinamismo, que (re)enlace contrarios, que relacione fragmentos y entregue al hombre un mapa del mundo más coherente con el real.

En una entrevista a Ilya Prigogine -presentada por Ricardo Forster en su programa *Grandes Pensadores* (2013)- se lo escucha plantear la idea de que se trataría de pasar de una ciencia como la geometría, a otra ciencia donde prime la narración, lo cual constituiría un puente de unión entre lo que fue separado, es decir, la naturaleza del hombre.

Siempre, en cada momento histórico-cultural, se define de algún modo aquello que llamamos naturaleza y lo planteado por Prigogine nos ayuda a comprender los cambios, las

modificaciones, de "eso natural", lo cual exige poder ahondar reflexivamente sobre los supuestos de esas construcciones de sentido.

En su línea de pensamiento Ilya Prigogine, afirma que:

“estamos llegando al final de la ciencia convencional, es decir, de la ciencia determinista, lineal y homogénea, y presenciamos el surgimiento de una conciencia de la discontinuidad, de la no linealidad, de la diferencia y de la necesidad del diálogo” (Prigogine, 1994, p. 40).

A esto agrega que “ya no podemos seguir hablando únicamente de leyes universales extra históricas, sino que, además tenemos que añadir lo temporal y lo local; pero implica también apartarse de los ideales de la ciencia tradicional” (Prigogine, 1994, p. 59).

En este nuevo contexto, la ciencia se redefine y al respecto este autor señala que “siempre pensé que la ciencia era un diálogo con la naturaleza. Como todo diálogo genuino, las respuestas suelen ser inesperadas” (Prigogine, 1994, p. 63).

Ha emergido una nueva racionalidad que supera el determinismo y la separación del hombre con la naturaleza. Se recupera al hombre como ser activo. La nueva ciencia “permite que la creatividad humana se vivencie como expresión singular de un rasgo fundamental común en todos los niveles de la naturaleza... Hay simultáneamente unidad y diversidad en la naturaleza” (Prigogine, 1994, p. 15).

Podemos afirmar, en definitiva, que se ha venido trabajando durante los siglos XX y XXI en nuevas perspectivas que abarcan las diversas áreas del conocimiento, con ritmos y antecedentes diferentes para cada una de ellas, con múltiples puntos en común, que nos permiten presumir la existencia de un proceso general de cambio de paradigma y del surgimiento de uno o varios -que podríamos llamar- nuevos paradigmas epistémicos, pero que, en conjunto convergen en un cambio general de mirada y formas de contemplar la naturaleza y la actividad humana.

Capítulo **IV**

Experiencia, experimento y método

*Lo que se transmite en una experiencia educativa genuina
no radica meramente en la posibilidad de asimilar
un conjunto de saberes disponibles en la cultura,
sino en la posibilidad de participar de modo creciente y diverso
en las prácticas que la cultura propone y recrea.*

Ricardo Baquero (2004)

Nociones de Experiencia

El experimento ha ido de la mano de las Ciencias Naturales bajo el dominio del paradigma positivista y ha sido usado de manera controversial en las Ciencias Sociales.

La química se basa en el método científico que se sostiene en la observación y la propuesta de hipótesis generales, para luego proceder a verificar empíricamente sus confirmaciones en situaciones particulares. Realiza un análisis exhaustivo del fenómeno, al punto de controlar sus variables y modificarlas si es preciso y llega a reproducirlo en el laboratorio.

De esta forma podemos afirmar -como lo hace Hillert- que “[...] el método experimental separa claramente al sujeto que investiga del objeto investigado. Aplica una matriz de pensamiento lógico-matemática, deductiva, de la que se han expulsado los sentidos, la sensibilidad, la imaginación” (Hillert, 2019, p. 28).

Agamben comenta en su libro *“Infancia e Historia”*, que uno de los propósitos de la ciencia moderna era la expropiación de la experiencia de tal manera de imponerse frente a ella; y expresa que “si la experiencia es espontánea se llama caso, mientras que si es expresamente buscada toma el nombre de experimento” (Agamben, 1978, p. 13).

Este autor describe cómo, hasta el siglo XVII, el conocimiento se obtenía a través de la experiencia de los sentidos, y el cuerpo era una herramienta válida para ello. Pero Galileo afirmó que el estudio científico de la naturaleza manifiesta todo lo contrario de lo que nos proponen nuestros sentidos, y Kant postuló la existencia de categorías apriorísticas del pensamiento lógico, anteriores a la percepción y organizadoras de la misma. Paulatinamente, se fue destituyendo a la sensibilidad como vehículo de conocimiento. La sensibilidad, la imaginación y la fantasía pasaron a considerarse fuentes de error y no facultades del saber.

El lenguaje verbal hipotético-deductivo pasó a mediatizar, transmitir y ordenar cada vez más la construcción del conocimiento del mundo, por ende, pasó a ser el lenguaje del conocimiento.

“Benjamin establece una relación directa entre la pérdida de experiencia, el vacío del lenguaje y el abandono del arte narrativo. El pasaje histórico del lenguaje narrativo al lenguaje de la información.” (Forster, 2009, p. 121).

Por todo ello, podríamos afirmar que esta tendencia se fue acentuando con la incursión del hombre en la modernidad, a costa de sacrificar el concepto de experiencia.

En la enseñanza escolar, el lenguaje verbal y expositivo siempre tuvo la primacía sobre el contacto real con la naturaleza, el contacto interpersonal y el lenguaje narrativo que relata la experiencia vivida.

La experiencia es un tema recurrente en la filosofía, sobre todo a partir de la modernidad, donde se impone como cuestión central del discurso filosófico. La experiencia remite entonces a la reflexión sobre las condiciones de posibilidad del conocimiento y al examen autoconsciente acerca de la validez de las representaciones de un mundo objetivo. Sin embargo, al mismo tiempo en el que la experiencia es afirmada en tanto que punto de partida y límite del pensamiento y de la razón, la filosofía moderna efectúa una destrucción sistemática de la misma, puesto que, la experiencia de la que se habla a partir de ella es un conocimiento o una representación: la anticipación abstracta y universal de la experiencia posible bajo los estrictos cánones de la razón científica.

Afirmación y destrucción de la experiencia son por tanto la cara y contracara de un movimiento paradójico que a partir de la modernidad convierte la experiencia particular que no se puede sino tener, en la experiencia general que sólo se puede hacer, es decir, convierte la praxis en teoría.

En el abordaje de la expropiación de la experiencia, Agamben expone dos lugares comunes del pensamiento moderno y contemporáneo en los que se produce dicha expropiación. Ambos lugares están señalados por el método, entendido como camino seguro al conocimiento de la verdad; conocimiento universal y necesario, en tanto hacer organizado y controlado racionalmente se identifica con la ciencia, y por el lenguaje, en tanto medio o instrumento puesto al servicio de la comunicación de conocimientos y del poder.

En primer lugar, debemos remitirnos a Benjamin quien se refiere a la pobreza de experiencias como a la incapacidad de la gente para tener experiencias, para narrar como es debido, para transmitir o comunicar historias aleccionadoras, en fábulas o en proverbios, para transmitir las de generación en generación basándose en la autoridad de la experiencia. En suma, para agenciarse de la experiencia en el sentido de las prácticas contingentes y temporales a las que se está naturalmente arrojado y desde las cuales nos constituimos como seres singulares e históricos.

Benjamin advierte esa pobreza, sorprendentemente, en el hecho contradictorio de una generación que, como la suya, había padecido la atroz experiencia de la guerra.

Pero junto con esta “pobreza del todo nueva” para el hombre, se da también, dice Benjamin “el enorme desarrollo de la técnica”; una técnica que permite hacer experiencias, experimentar repetidamente una misma cosa sin que lo que se experimenta deje ninguna huella. La ausencia de huellas borra precisamente toda memoria y cancela el pasado; vuelve innecesaria la autoridad de la palabra como medio en el que se expresa una experiencia.

Desde un enfoque más radical, Agamben considera que hoy “cualquier discurso sobre la experiencia debe partir de la constatación de que ya no es algo realizable”. (Agamben, 2007, p.7). Y para ello, no se necesita ya de una catástrofe. En su opinión, basta con contemplar “la pacífica existencia cotidiana en una gran ciudad donde la jornada del hombre contemporáneo ya casi no contiene nada que todavía pueda traducirse en experiencia.” (Agamben, 2007, p.8).

Agamben considera que la “expropiación de la experiencia estaba implícita en el proyecto fundamental de la ciencia moderna”; que se consuma en “la identificación de la experiencia con el conocimiento científico” y con el método, como único camino seguro hacia la verdad.

Sobre este modelo, el hombre actual construye el conocimiento mediante caminos racionales, y, de esta manera, a cancela toda posibilidad de ser transformado por las cosas, de tener experiencias en el sentido de un *pathei mathos* (aprender únicamente a través y después de un padecer). De este modo la experiencia se transformó en “caso” o “experimento”.

Agamben explica muy bien un problema que atañe a muchas disciplinas, incluso al psicoanálisis y que se refiere al modo en que el sujeto conoce y se dirige al mundo. Rescata la separación que hacía el pensamiento antiguo entre inteligencia (*noûs*) y alma (*psyché*), que no son la misma cosa.

El intelecto no es una facultad del alma y entonces, el conocimiento, para la antigüedad, no tiene que ver con la relación sujeto-objeto sino con la relación entre lo uno y lo múltiple. Relación entre el intelecto y los individuos singulares, lo uno y lo múltiple, lo inteligible y lo sensible, lo humano y lo divino.

En este derrotero por los avatares de la experiencia, tiene su lugar la transformación del sujeto, ya que una vez que la experiencia sea referida al sujeto de la ciencia, éste sólo puede alcanzar la madurez incrementando sus propios conocimientos y esto a su vez se vuelve un proceso infinito.

La situación no cambia cuando en la actualidad, giro lingüístico mediante, es el lenguaje y no el conocimiento el que ocupa la atención principal del pensamiento, por cuanto, también allí se lleva a cabo la destrucción de la experiencia.

Agamben plantea la hipótesis de que la infancia es el sustrato que hace posible el lenguaje, pero a su vez aquello que en el hombre está antes que el sujeto. Destaca que, lo que

distingue al hombre de los demás seres vivos no es la lengua en general, sino la escisión entre lengua y habla, entre lo semiótico y lo semántico. La infancia es la experiencia por la cual el niño se apropia del lenguaje y el hombre tiene una infancia porque no habla desde siempre, sino que entra en la lengua como sistema de signos transformándola en discurso.

Para Benjamin y Agamben, la experiencia es esencialmente movimiento; cabe esperar que, desde la “destrucción” de la experiencia descrita por ellos, pueda abrirse para nuestro presente una nueva posibilidad que, más acá del giro copernicano y lingüístico de la filosofía, alumbre un nuevo vuelco hacia las prácticas y acciones productivas generadoras de voces diferentes. Quizá por esta vía se pueda “reencontrar” la experiencia.

Dialogando con Dewey sobre la experiencia estética

El célebre pragmatista norteamericano John Dewey en su obra “*El arte como experiencia*”, presenta una noción de experiencia estética que relaciona el arte con lo cotidiano, con el cuerpo, con la actividad y con la creación. Dewey plantea que el arte se fusiona con la vida, que es una actividad experiencial, tanto en su producción como en su recepción. Constituye a las experiencias estéticas como manifestaciones del potencial humano para el desarrollo de una vida mejor, más digna, más inteligente y más justa.

De esta forma desplaza el arte desde las obras hacia los sujetos creadores y el hacer:

“El arte es una cualidad del hacer y de lo que ya se ha hecho. Solo exteriormente puede ser designado con un sustantivo. En realidad, es de naturaleza adjetiva, puesto que se adhiere a la manera y contenido del hacer [...] El producto del arte -templo, pintura, estatua, poema- no es la obra de arte, sino que esta se realiza cuando el ser humano coopera con el producto de modo que su resultado sea una experiencia gozada a causa de sus propiedades liberadoras, ordenadoras” (Dewey, 2008, p. 241).

Proponer experiencias estéticas en las instituciones educativas, en particular en disciplinas que se han mantenido lejos de él, implica una deconstrucción de su elitismo para

colocarlo al servicio de la construcción del conocimiento. Esto conlleva a la unión del intelecto con la emoción, lo inteligible con lo sensible, reafirmando lo que Dewey decía: “todas las personas están en condiciones de participar de experiencias estéticas”.

Dewey rescata al arte, bajándolo de su remoto pedestal para mostrarnos su vínculo con la experiencia humana en sus ritmos más cotidianos. Su idea básica se basa en que no es posible conocer el mundo al margen de actuar en él, al margen de la experiencia y la experimentación.

Para Dewey el pensamiento y el conocimiento tienen su base en un conflicto que un organismo experimenta con el entorno en que se encuentra y las medidas que toma para resolver el conflicto.

El sujeto no es un espectador, sino un agente que actúa en el mundo donde el pensamiento no representa un mundo independiente y estático, sino que interactúa con él en un proceso transaccional cuyo timón es la experiencia.

Dewey propone que la experiencia estética no es algo extraordinario, al contrario, es sólo una experiencia más refinada de lo que se experimenta todos los días en la interacción con el mundo.

La experiencia no se define como algo cerrado y concluido, ya que en alguna medida cualquier experiencia en su proceso de construcción se va enriqueciendo permanentemente por medio de la percepción y, a su vez, por la creación de nuevos significados y valores, por lo cual es válido decir que dicha experiencia se vuelve estética.

Que una experiencia sea estética no quiere decir que se le ha agregado desde fuera una cualidad determinada (lo estético), sino que ha desarrollado una cualidad propia como resultado de la (re)construcción de múltiples interacciones; lo estético no es una intromisión de algo ajeno a la experiencia, sino el desarrollo de rasgos que ya están presentes en cualquier experiencia normal y completa. (Dewey, 2008).

Dewey conceptualiza aquello que da a llamar “materia prima” como objetos o situaciones del entorno que llaman nuestra atención, nuestra capacidad de ser atraídos por algo que nos provoque emoción, maravilla, suspenso, inquietud. Su concepto de experiencia se basa en el vínculo que podemos establecer entre los objetos del entorno y nuestras emociones.

Por lo tanto, como ya se ha dicho anteriormente, debemos (re)descubrir en los procesos normales de la vida a la experiencia estética y comprender que el carácter espiritual del arte no es más que una idealización de cualidades que se encuentran en la experiencia común.

La vida tiene lugar en un entorno, en interacciones con el ambiente que le rodea. Pocas veces se encuentra el organismo en una relación de equilibrio con su entorno. De forma casi constante, se encuentra más bien en un estado de desequilibrio. Todos estos son carencias o faltas que para suprimirse o satisfacerse requieren que se hagan ajustes en su relación con el entorno, de forma tal que se restauren.

La vida, entonces, no es un equilibrio estático, pero tampoco es salir y luego volver al mismo estado que antes. Si esto sucede, el organismo meramente subsiste, no crece. Pero si se vuelve a un equilibrio dinámico, más enriquecido que en el estado inicial, será un equilibrio de mayor robustez. Haciendo una analogía podemos extenderlo a un entorno intelectual.

La dinámica de la pérdida de integración con el entorno y su posterior recuperación es rítmica.

Dewey entiende el ritmo como un cambio ordenado, un movimiento menguante y creciente, como la sístole y la diástole cardíacas, una tensión cuya resolución es una consumación, el cierre de un proceso, el cual se aproxima a lo estético.

Entonces, la dinámica que vimos en los procesos biológicos de la experiencia de ruptura, tensión y resolución es, en términos generales, lo que caracteriza la experiencia estética.

El mundo actual en que vivimos es una combinación de movimiento y culminación, de rompimientos y (re)uniones, por lo cual la experiencia de un organismo vivo es capaz de tener cualidad estética cuando el humano proyecta emociones en los objetos sobre los que razona. Esa cualidad se desarrolla en el ritmo de sus interacciones y su culminación resulta satisfactoria.

Ahora la pregunta sería, ¿de qué manera puede la experiencia intelectual ser estética según Dewey?

Para responder, acudamos a una expresión artística que utiliza símbolos como la literatura; el novelista emplea su arte al hacer que las palabras sustituyan a cosas en la vida común y corriente, las cuales el novelista organiza en relaciones antagónicas que van resolviéndose de forma satisfactoria a lo largo de la trama. La experiencia que tenemos con esas cosas y sus asociaciones afectivas permite que el literato reproduzca en nosotros la dinámica estética que produce en su imaginación.

En el orden académico, por ejemplo el de las ciencias duras, los conceptos no sustituyen esencialmente a cosas de la experiencia común, sino que hacen referencia a entes abstractos.

Sin embargo, dice Dewey, la experiencia misma de ir leyendo un texto, captándolo parcialmente, frustrándonos, leyendo otros autores, y luego avanzando hasta por fin lograr comprender el concepto, esa experiencia dice, “tiene una cualidad emocional satisfactoria, porque posee una integración interna y un cumplimiento, alcanzado por un movimiento ordenado y organizado”. Así, la experiencia intelectual tiene una cualidad estética debido a la estructura y la dinámica en la que se lleva a cabo. Para Dewey la experiencia intelectual tiene “una cualidad emocional satisfactoria”.

De esta manera, aun cuando no se trate de una experiencia que tiene que ver directamente con el arte, la experiencia tiene un carácter estético.

El carácter emocional de esta dinámica es lo que hace que la experiencia sea estética, sea esa experiencia la de jugar ajedrez, de hacer un descubrimiento en el laboratorio, de preparar una tesis, de apreciar una obra de arte

El retorno a la Experiencia

Jorge Larrosa (2006) plantea que la palabra experiencia -y también la palabra sentido- permiten pensar la educación desde otro punto de vista, de otra manera. Tal vez configurando otras gramáticas y otros esquemas de pensamiento que produzcan otros efectos de verdad y de sentido. Para ello, propone hacer dos cosas: reivindicar la experiencia y hacer sonar de otro modo esa palabra.

“Entonces, lo primero que hay que hacer, me parece, es dignificar la experiencia, reivindicar la experiencia, y eso supone dignificar y reivindicar todo aquello que tanto la filosofía como la ciencia tradicionalmente menosprecian y rechazan: la subjetividad, la incertidumbre, la provisionalidad, el cuerpo, la fugacidad, la finitud, la vida ...” (Larrosa, 2006, p. 110)

De acuerdo con su punto de vista, es importante hacer sonar la palabra experiencia de un modo particular, pero manifiesta ciertas preocupaciones; una de ellas es separar claramente experiencia de experimento, desvincularla de lo empírico y experimental, no pensarla científicamente o producirla técnicamente.

Otra de sus preocupaciones implica quitarle a la experiencia todo dogmatismo, toda pretensión de autoridad. Muchas veces se ha escuchado la frase “desde la autoridad que da la experiencia” lo cual impone lo que se debería decir, pensar o hacer.

Por tanto, [...] “se trata de que nadie deba aceptar dogmáticamente la experiencia de otro y de que nadie pueda imponer autoritariamente la propia experiencia a otro” (Larrosa, 2003, p. 4).

También se debe separar rotundamente experiencia de práctica, pensarla desde la reflexión del sujeto, desde un sujeto receptivo, dispuesto, abierto, pasional.

[...] “ese principio de pasión, que hace que, en la experiencia, lo que se descubre es la propia fragilidad, la propia vulnerabilidad, la propia ignorancia, la propia impotencia, lo que una y otra vez escapa a nuestro saber, a nuestro poder y a nuestra voluntad” (Larrosa, 2003, p. 4).

Larrosa también propone evitar hacer de la experiencia un concepto. De alguna manera presenta resistencia a que esto suceda, resistencia a determinar qué es la experiencia, a determinar el ser de la experiencia.

[...] “Porque los conceptos determinan lo real y las palabras abren lo real. Y la experiencia es lo que es, y además más y otra cosa, y además una cosa para ti y otra cosa para mí, y una cosa hoy y otra mañana, y una cosa aquí y otra cosa allí, y no se define por su determinación sino por su indeterminación, por su apertura” (Larrosa, 2003, p. 5).

Otra precaución consiste en evitar hacer de la experiencia un fetiche o, lo que sería aún peor, un imperativo.

[...] “como son un fetiche y un imperativo el signo zodiacal, el alma, la identidad profesional, la cultura, la idea de hombre, la vocación, la conciencia crítica, el inconsciente y todas esas cosas que nos dicen que tenemos, aunque no lo sepamos, [...]” (Larrosa, 2003, p. 6).

La última precaución de Larrosa consiste en tratar de hacer de la palabra experiencia una palabra afilada, precisa, una palabra, incluso, difícil de utilizar, para evitar que todo se convierta en experiencia, que cualquier cosa sea experiencia, y evitar que la palabra quede completamente desactivada. Para el autor es necesario provocar cierto corrimiento respecto de aquello que “me pasa” hacia “lo común”, “lo compartido”, lo cual está en función de aquello

que me implica, me afecta, me interpela, me preocupa, es decir, en función del mundo que nos pide responsabilizarnos.

Larrosa y Skliar, en su libro “Experiencia y Alteridad” (2009) hablan de la experiencia como lo que no está controlado, aquello que siempre admite un viaje en el que puede haber imprevistos e incluso riesgos y aventuras. Y que por ello genera incertidumbre.

Parafraseando a José Contreras Domingo en el prólogo de “Experiencia y Alteridad” se toma la bella metáfora usada para referirse a la experiencia, “Una mano que intenta agarrar el agua”. El autor dice que el agua pasa por las manos de una forma fugaz y no hay manera de contenerla o sostenerla, ella simplemente cae y lo que queda es la sensación de su pasaje. La memoria del pasaje del agua por las manos visibiliza la posibilidad que tuvo a mano de haber contenido el agua”.

Domingo Contreras dice: [...] “Solo con la sensación y la percepción del paso del agua por la mano, la experiencia tiene sentido, nada será en vano si se conserva la sensación y se tiene conciencia de la imposibilidad de poseerla”.

A diferencia de la información que puede saturar sin afectar, la experiencia deja huellas en el sujeto individual, lo perturba, lo cambia, lo transforma relativamente. Para atravesarla, el sujeto debe aminorar la velocidad, darse tiempo, interrumpir lo cotidiano, pararse a mirar, a escuchar, a sentir, sin programar voluntarismos forzados (Larrosa, 2006).

Experimento y Método

El experimento o también llamado trabajo experimental en las ciencias, está estrechamente ligado a la concepción epistémica de quien lo propone y a cuál es la imagen de la naturaleza de la ciencia que se tiene y se intenta transmitir.

Ello está relacionado con el hecho de que la enseñanza científica –incluida la universitaria– se ha reducido básicamente a la presentación de conocimientos ya elaborados, sin dar ocasión a los estudiantes de acercarse a ciertas características de la actividad científica.

De este modo, las concepciones de los estudiantes –incluidos los futuros docentes– no llegan a diferir de lo que suele denominarse una imagen “folk”, “naif” o “popular” de la ciencia, socialmente aceptada, asociada a un supuesto “Método Científico”, con mayúsculas, perfectamente definido. (Gil-Pérez, 2005)

Esta imagen ingenua, profundamente alejada de lo que supone la construcción de conocimientos científicos, se ha ido consolidando hasta convertirse en un estereotipo, académicamente aprobado, que la propia educación científica refuerza por acción u omisión, generándose diversas visiones, tales como:

- **Una visión descontextualizada:** la transmisión de una visión descontextualizada, socialmente neutra, que olvida dimensiones esenciales de la actividad científica y tecnológica, como su impacto en el medio natural y social o los intereses e influencias de la sociedad en su desarrollo.

- **Una concepción individualista y elitista:** Los conocimientos científicos aparecen como obras de genios aislados, ignorándose el papel del trabajo colectivo, de los intercambios entre equipos. En particular, se deja creer que los resultados obtenidos por un solo científico o equipo pueden bastar para verificar o falsar una hipótesis o incluso, toda una teoría.

En algunas ocasiones se encuentra una deformación de signo opuesto que contempla la actividad científica como algo sencillo, próximo al sentido común, olvidando que la construcción científica parte, precisamente, del cuestionamiento sistemático de lo obvio. (Bachelard, 1938)

- **Una concepción empírico-inductivista y ateórica:** que defiende el papel de la observación y de la experimentación “neutras” (no contaminadas por ideas apriorísticas), olvidando el papel esencial de las hipótesis como focalizadoras de la investigación y de los cuerpos coherentes de conocimientos (teorías) disponibles, que orientan todo el proceso.

Los diseños experimentales son deudores del cuerpo de conocimientos, pero su realización concreta exige resolver problemas prácticos en un proceso complejo con todas las características del trabajo tecnológico. Es precisamente éste el sentido que debe darse a lo que manifiesta Hacking (1983) cuando -parafraseando la conocida frase de que “la observación está cargada de teoría” (Hanson 1958)- afirma que “la observación y la experimentación científicas están cargadas de una competente práctica previa”.

- **Una visión rígida, algorítmica, infalible:** La mayoría de los profesores se refieren al “método científico” como una secuencia de etapas definidas, en las que las “observaciones” y los “experimentos rigurosos” juegan un papel destacado, contribuyendo a la “exactitud y objetividad” de los resultados obtenidos.

En palabras de Hempel:

“al conocimiento científico no se llega aplicando un procedimiento inductivo de inferencia a partir de datos recogidos con anterioridad, sino más bien mediante el llamado método de las hipótesis a título de intentos de respuesta a un problema en estudio y sometiendo luego éstas a la contrastación empírica”. (Hempel, 1976, p. 4)

Son las hipótesis, pues, las que orientan la búsqueda de datos. Unas hipótesis que, a su vez, nos remiten al paradigma conceptual de partida, poniendo de nuevo en evidencia el error de los planteamientos empiristas.

La concepción algorítmica, como la empírico-inductivista, en la que se apoya, puede mantenerse en la medida misma en que el conocimiento científico se transmite en forma acabada para su simple recepción, sin que nadie tenga ocasión de constatar prácticamente las limitaciones de ese supuesto “método científico”.

Por la misma razón se incurre con facilidad en una visión aproblemática y ahistórica de la actividad científica que constituyen otras de las deformaciones que distorsionan la visión

sobre las ciencias experimentales. Se puede agregar a las anteriores la visión exclusivamente analítica y la visión acumulativa, de crecimiento lineal.

Cabe señalar la importancia de la naturaleza de las prácticas experimentales no concebidas como simples manipulaciones de instrumentos y variables, a fin de no transmitir una visión deformada sobre del trabajo científico.

Desafortunadamente, las escasas prácticas de laboratorio escolares escamotean a los estudiantes (¡incluso en la universidad!) toda la riqueza del trabajo experimental, puesto que presentan montajes ya elaborados para su simple manejo siguiendo guías tipo “recetas de cocina”.

Ya se ha señalado el gran peso que tiene la concepción empírico-inductivista en el profesorado de ciencias y, vinculada a ella, la común deformación que identifica a la metodología del trabajo científico con la realización de experimentos.

La concepción empírico-inductivista se hace muy evidente cuando el trabajo experimental se realiza, como es frecuente, con el propósito de observar algún fenómeno para “extraer” de él un concepto, o cuando los estudiantes lo llevan a cabo mediante una guía previamente preparada, sin tener en cuenta las cuestiones a que se pretende dar respuesta (lo que contribuye a una visión apromática), la discusión de su posible interés y relevancia (visión descontextualizada), la formulación tentativa de hipótesis; el proceso de diseño que necesariamente precede a la realización de los experimentos o el análisis crítico de los resultados obtenidos (reforzando así una visión rígida, algorítmica y cerrada de la ciencia), etc.

Todos los aspectos mencionados son absolutamente fundamentales para que la experimentación tenga sentido.

En definitiva, el trabajo experimental no sólo tiene una pobre presencia en la enseñanza de las ciencias, sino que la orientación de las escasas prácticas que suelen realizarse contribuye

a una visión distorsionada y empobrecida de la actividad científica. Es preciso, pues, proceder a una profunda reorientación de estas.

Desde este punto de vista, una práctica de laboratorio que pretenda aproximarse a una investigación ha de dejar de ser un trabajo exclusivamente “experimental” e integrar muchos otros aspectos de la actividad científica igualmente esenciales³⁷.

Una reorientación basada en el cuestionamiento de las concepciones empírico-inductivistas y demás distorsiones de la naturaleza de la actividad científica y, al propio tiempo, en un esfuerzo por incorporar plenamente dicho trabajo experimental, tan insuficientemente presente, en la enseñanza de las ciencias.

Los docentes, en general, valoran de forma muy positiva el enfoque de las prácticas de laboratorio como investigaciones, rompiendo con su habitual orientación como “recetas de cocina”. Pero esta relativa facilidad para aceptar la transformación de los experimentos sigue escondiendo, una visión reduccionista de la actividad científica, que asocia prioritariamente la investigación al trabajo experimental, lo que ha actuado como obstáculo en la renovación de otros aspectos de los procesos de enseñanza/aprendizaje de las ciencias, como, muy concretamente, la resolución de problemas o la forma en que se introducen los conceptos. Es importante por ello abordar con mayor detenimiento las aportaciones de la investigación didáctica en estos otros campos.

³⁷ Desde nuestro punto de vista, el trabajo experimental, también llamado trabajo de laboratorio en las ciencias duras, debe abordarse como un proceso complejo en el que se contemplen, además de los citados en el desarrollo de este capítulo, otros aspectos del quehacer científico como, los efectos e intereses no solo en el desarrollo del aprendizaje de una disciplina o manipulación de ciertos instrumentos y técnicas, sino también en los contextos social y espacio-temporal; el trabajo en equipo y el intercambio entre distintas comunidades; el diseño de experiencias o experimentos focalizados en las hipótesis planteadas para la resolución de problemáticas analizadas; los conocimientos y prácticas disponibles; la noción de que la construcción del conocimiento, que de estas prácticas aflora, no es acabado ni concluyente, y que refleje el posicionamiento epistemológico de quienes proponen estas actividades.

Ciencia y escuela

*¿Podríamos proponer una traducción? ¿En las lenguas de los oficios? Escribir por ejemplo sobre los *saberes de la obra, saberes trabajando*. ¿Ensayamos? Ensayemos...*

<i>Saber</i>	<i>pensarse a sí mismo</i> <i>cada vez que se intenta pensar al otro</i>
<i>Saber</i> <i>Saber</i>	<i>pensar al otro sin suplantar el pensamiento del otro</i> <i>escuchar, observar, esperar el momento oportuno</i> <i>Callar</i> <i>elaborar</i> <i>tomar la palabra</i> <i>recibir</i> <i>alojar</i> <i>confiar</i> <i>proponer</i> <i>invitar</i> <i>dar tiempo</i> <i>ofrecer algo significativo</i> <i>respetar el rechazo</i> <i>insistir en la oferta</i> <i>perseverar en las búsquedas</i> <i>buscar materiales para hacer andamios</i> <i>buscar materiales para umbralar</i> <i>objetos para catectizar</i> <i>fronteras a deconstruir</i>
	<i>proponer ritos de pasaje</i> <i>dejar partir</i> <i>eventualmente saber irse</i>
<i>saber</i>	<i>renunciar al beneficio secundario</i> <i>no renunciar a intentar otra cosa</i> <i>esperar sin desesperar</i> <i>esperar a intervenir</i> <i>estudiar</i>
<i>saber</i>	<i>dejarse conmover,</i> <i>alterarse sin describerse</i> <i>sostener equilibrios inestables</i> <i>preguntarse</i> <i>estar atento a los afectos</i> <i>considerar los efectos</i>
	<i>saber sobre el límite sin volverlo coartada</i> <i>saber leer (las circunstancias, los detalles, las</i> <i>minucias, lo desconocido)</i>
	<i>saber tomar distancia de los discursos políticamente</i> <i>correctos, pero inexactos</i> <i>saber evitar el conformismo</i>

saber

*destejer las trampas de la época
hablar diversas lenguas
saber sobre lo que no se quiere saber*

*saber que el deseo de saber es registrado ocasionalmente
como amenaza,
saber tejer entre saberes,*

saber

retomar el camino del mundo sin temer ser extranjero.

Graciela Frigerio (2018)

Según la Real Academia Española, ciencia es el conjunto de conocimientos obtenidos mediante la observación y el razonamiento, sistemáticamente estructurados y de los que se deducen principios y leyes generales con capacidad predictiva y comprobables experimentalmente. Su finalidad es la generación de conocimientos, siendo esta una de las principales preocupaciones en todas las sociedades. Es un hecho social, producto histórico de los conocimientos acumulados, de la subjetividad de quien la enuncia, del contexto que la determina y de las técnicas y avances tecnológicos de la época.

La ciencia en su quehacer ha ampliado su racionalidad, ella misma se ha encargado de mostrar la insuficiencia de la racionalidad del positivismo para dar cuenta de aspectos o realidades que no pueden ser objeto directo de la observación y la medida.

Ahora bien, ¿quién se atreve a cuestionar a la ciencia? ¿O surge de un dogma divino que impide a cualquiera dudar de la veracidad de sus explicaciones? ¿Acaso la ciencia no se ha convertido en una religión si creemos en ella por fe?

En relación con estos interrogantes, dos de los docentes investigadores entrevistados fueron contundentes en sus respuestas: “Lamentablemente sí. Lo lamentable es no dar lugar en ámbitos académicos a cuestionar los dogmas científicos. En estos ámbitos, el cuestionamiento se percibe como un divague o desvió errático [...]” (Pérez Rubín, 2021, Entrevista: Anexo);

“Eso lamentablemente es correcto. En general ocurre que algunas teorías han prevalecido por tanto tiempo que parecen leyes fundamentales, y no lo son. Muchas de ellas solo pueden explicar parte de la realidad y suelen tener excepciones. Y cuando algún investigador se atreve a ponerlas en duda, pasa a ser un paria dentro de su nicho de trabajo[...]” (Garay, 2021, Entrevista: Anexo).

Existe todo un cuerpo de conocimientos, generados desde la ciencia, que legitima sus postulados validándolos, posicionándolos en la categoría de “verdad”. Pero también la generación de alternativas crea sus propias verdades y dogmas. Es decir, todo dependerá de las categorías que adoptemos para tener una determinada visión de la realidad.

En la teoría del conocimiento de Paul Feyerabend³⁸ se plantea la no admisión de hacer una demarcación entre lo que es ciencia y lo que no, se propone incluso romper con la concepción dualista arte-ciencia, tomando esta última como un juego creativo.

Además, formula recuperar el sentido crítico, la duda y el arte como procesos de generación de conocimiento. Sus ideas se orientan a que, en una sociedad libre, la ciencia debe ubicarse a la par de las demás formas de conocimiento que coexisten, siendo reconocida al igual que todas sin preferencia alguna.

[Feyerabend] abraza la teoría de la relatividad que sostiene que basta que cambie el marco de referencia para que se produzca una modificación; y la teoría de la incertidumbre, que sustenta que nada puede ser tomado como certero, ya que se debe tener en cuenta la observación, que varía según el observador, impidiendo tener una visión homogénea. (Vargas, 2012)

³⁸ Epistemólogo austríaco, alumno de Karl Popper, que a lo largo de su vida experimentó una evolución constante en su pensamiento, siempre con un alto grado de anarquismo y sentido crítico que lo llevaron a postular el anarquismo epistemológico. Esta postura, también llamada dadaísmo epistemológico, sostiene que no hay reglas metodológicas útiles o libres de excepciones, que rijan el progreso de la ciencia o del desarrollo de los conocimientos. Sostiene la idea de que la ciencia que funciona de acuerdo con normas fijas y universales no es realista, sino perniciosa y perjudicial para la ciencia en sí. Su propuesta es una epistemología abierta, a manera de una serie de herramientas de investigación científica adaptables a cada contexto, pero no postuladas como leyes inamovibles.

Para Feyerabend la ciencia y el arte deben ir de la mano, potenciando la creatividad y la imaginación del ser humano. “La ciencia después de todo, es nuestra criatura, no nuestro soberano “*ergo*”, debería ser la esclava de nuestros caprichos y no el tirano de nuestros deseos”. (Feyerabend, 1975).

En este contexto entonces, ¿no vale la pena cuestionarnos epistemológicamente para quién y cómo se genera conocimiento? Podríamos preguntarnos también ¿cómo, ese conocimiento, llega a la escuela? ¿Llegará “*por defecto*”?³⁹

Es habitual, en las instituciones educativas, más aún en las de educación superior y en no pocos centros de investigación científica, encontrar un medio donde prevalece la perspectiva de corte positivista, de aires deterministas y de dogmas reduccionistas, como modelos de desarrollo y construcción del conocimiento, por ende, también de la enseñanza de las ciencias. Esta situación representa para nosotros el “*por defecto*”, una especie de frontera que hay que atravesar, un borde que hay que traspasar, un umbral, que solo cobra sentido si se lo considera como una certeza inacabada, abierta a algo que aún no se ve y que, por lo tanto, mueve a investigar más en busca de una verdad siempre provisional, fascinante, mutable y parcial.

La fluencia por bordes y fronteras permeables es una propiedad fundamental de los sistemas abiertos⁴⁰. Las propiedades de creación y destrucción de correlaciones entre las partes del sistema garantizan un sistema abierto y, por lo tanto, forzosamente un sistema complejo⁴¹.

³⁹ Bajo la concepción que Terigi hace de esta expresión al referirse al saber pedagógico y los modos de mirar el mundo de la educación escolar que nos impide pensar en direcciones novedosas” (Terigi, 2010; p. 99).

⁴⁰ Cabe aclarar en primer lugar, que un sistema abierto es, por definición, el que no contiene a su propia frontera y, en segundo lugar, que ello permite que el sistema pueda integrar o eliminar todo tipo de contenido, como información, materia, energía, etc.

⁴¹ Tomamos la perspectiva más simple posible de la complejidad, a saber, la que consiste en contemplar a los sistemas como un conjunto de partes que constituyen estructura sólo en la medida en que esas partes se relacionan entre sí de manera dinámica; en esos sistemas, el todo es mucho más que la suma de sus partes y ese “mucho” es permanentemente cambiante. La mayoría de estos conceptos ha alcanzado a casi todas las disciplinas del hombre, científicas, artísticas, sociológicas, económicas, etc., aunque sus orígenes hayan hundido sus raíces en el terreno de las ciencias básicas. La complejidad de los sistemas, en la realidad física del mundo, también está sujeta a cambios, de tal suerte que no es tan obvio si la complejidad “emerge” con los cambios, o si las transformaciones son consecuencia de la complejidad, lo que constituye de esa manera a la realidad.

En esta postura inscribimos al pensamiento estético, que se postula como un elemento central para una formación integral, ayudando a desarrollar su potencial creativo, conformar un pensamiento crítico y analítico, y aprehender autonomía en el aprendizaje, competencias fundamentales para su desarrollo como estudiantes y para ser profesionales con capacidades estratégicas, además de ciudadanos concientizados.

“El pensamiento estético otorga diferentes formas para la comprensión de los diversos ámbitos del conocimiento, utilizando distintas capacidades que deben estar presentes en la experiencia de vida de los individuos. Aumenta las potencialidades cognitivas que desarrollan los estudiantes en sus procesos de creación” (Águila, Núñez y Raquimán, 2011, p. 28).

Desde una perspectiva similar, Escotet (2002) explica que la educación estética “favorece el desarrollo de la fantasía, base de toda creación, ya sea artística o científica, el desarrollo de una visión en conjunto y la anticipación de un desenlace, el uso de la lógica y de las diversas formas de la comunicación humana” (Escotet, 2002, p. 14).

Por estas razones, Escotet propone que “[...] La universidad mediante programas académicos, currículo, sistemas presenciales y no presenciales y esquemas interdisciplinarios debe contribuir directamente a hacer frente a las revoluciones del conocimiento [...]”. (Escotet, 2002, p. 14)

Y agrega “[...] La interdisciplina debe dirigirse hacia la comprensión de *lo otro* para poder profundizar en *lo propio*”. (Escotet, 2002, p. 14)

Siguiendo su razonamiento podríamos agregar que se debe promover una política de creación en artes y ciencias, que estimule el desarrollo de ambos dominios del pensamiento, como una forma integral de crecimiento intelectual y afectivo de la persona.

Una de las condiciones centrales para desarrollar el pensamiento estético es que la institución educativa conciba a la diversidad como misión y política, con lo cual se impulsa la

diversificación de aprendizajes, de aprendices, de disciplinas científicas y humanísticas y de las interdisciplinas.

Escotet, insiste en la necesidad de encontrar una respuesta adecuada a los tiempos actuales y opina que la enseñanza debe dejar de estar apegada a esquemas propios de los inicios del siglo XX.

“El mundo del conocimiento se mueve entre esquemas complejos de certeza y de incertidumbre. Sin embargo, la universidad y el sistema educativo en general enseñan a manejar variables de procesos estáticos, modelos de predicción basados en series históricas, diseños curriculares lineales y verticales, solución de problemas que ya se han resuelto como un ejercicio de la memoria, aprendizaje pasivo y una precaria información en el cada día más inabarcable mundo del conocimiento” (Escotet, 2002, p. 15).

El conocimiento disciplinar, si bien es indispensable en la formación profesional de una persona dedicada a la ciencia, sólo constituye una faceta, la más trivial, rumbo al cambio irreversible de la estructura del intelecto, que es lo que constituye el saber.

No solo en la educación secundaria las asignaturas se dictan una detrás de la otra por diferentes profesores, esto ocurre también en las distintas carreras universitarias donde los conocimientos disciplinares están disociados y en muy escasas ocasiones se hallan articulados entre sí.

Lo que sucede hoy en las aulas de ciencia, reproduce, casi de manera idéntica, lo que pasaba en el siglo XIX, donde el positivismo sigue siendo el modelo dominante, la ciencia es aséptica, está descontextualizada, no guarda relación ni con el contexto social, ni con regional, ni con la institución donde se enseña. Y esto se replica en todos los niveles, aun en el universitario, donde el contexto lo debería dar el ejercicio profesional de la titulación que los estudiantes pretenden, pero no sucede. El problema persiste. Los currículos de las

universidades están gestados de manera unidisciplinar o en el mejor de los casos pluridisciplinariamente, donde nunca confluyen las diferentes disciplinas, solo se hace énfasis en la cantidad de materias y en la extensión de las carreras.

La ciencia debe recuperar su lugar en las aulas, junto con el arte, la filosofía y las ciencias humanas y las ciencias sociales, como parte de la cultura. La formación en ciencia no solo es un capital para los individuos, es un capital colectivo, cobra sentido en lo comunitario, brindando a la sociedad una manera de ver el mundo y de estructurar el pensamiento.

Frente a esta situación de fragmentación no solo de disciplinas, sino también de carreras, Escotet plantea: “¿Pero acaso, existe contradicción entre una realidad que multiplica los conocimientos, las especialidades y una praxis que propone que se transdiscipline la enseñanza? Todo lo contrario. Cuantas más especialidades aparezcan más puentes entre ellas será necesario construir, [...]” (Escotet, 2002, p. 15).

“[...] En esta línea de pensamiento, la interdisciplinariedad educativa es la enseñanza de las relaciones recíprocas de unas y otras disciplinas en torno a un mismo objeto, sujeto, objeto/sujeto, situación/problema y en definitiva a una “entre-educación” (Escotet, 2002, p. 16).

Eisner (2004) describe las formas de pensamiento que desarrolla y evoca el arte. La educación estética ayuda a desarrollar la habilidad de construir relaciones cualitativas para satisfacer un propósito específico, ya sea la producción de un texto, una pintura, una partitura, un proyecto de investigación, un plan de acción. “En” y “a través” del arte se aprende a ser cualitativamente más inteligente, a poseer formas más flexibles de pensamiento.

Escotet expresa que “educar para el sentido estético es educar para la sensibilidad, la imaginación, la percepción global, el sentido de la armonía y de la belleza y la comprensión de la diversidad de modos, formas y culturas que definen al hombre universal”. (Escotet, 2002, p. 1-19),

El pensamiento estético ayuda a prestar atención a la manera en que las formas y las estructuras son configuradas, permite identificar las relaciones entre las partes de una composición, ya sea verbal, visual, sonora o audiovisual. Este modo de pensamiento se puede aplicar a todos los objetos teóricos o prácticos construidos. Una narración, un discurso argumentativo, una teoría científica son formas de creación humana que se benefician de prestar atención a la manera en que están configurados los elementos que los conforman.

“Vivimos en una época en la que se prima la medición de los resultados, en la capacidad de predecirlos, y en la necesidad de tener absolutamente claro lo que queremos realizar. Aspirar a menos sería una irresponsabilidad profesional. Nos gustan mucho nuestros datos y nuestros métodos rígidos, lo que llamamos rigor” (Eisner, 2004, p. 3).

Sir Herbert Read (1893-1968), un historiador del arte, poeta y pacifista inglés argumentó, y en esto coincidimos, que el objetivo de la educación debe concebirse como la preparación de artistas. Con el término “artista” no nos referimos necesariamente a pintores, bailarines, poetas o dramaturgos. Nos referimos a individuos que han desarrollado ideas, sensibilidades, habilidades e imaginación para crear un trabajo bien proporcionado, hábilmente ejecutado e imaginativo, independientemente del dominio en el que trabaje el individuo.

En oportunidad de entrevistar a la Dra. en matemática Gladis Pradolini, pedimos su visión con relación al binomio ciencia – arte y ella nos contestaba: “Alguna vez alguien me pidió una definición de Matemática y yo respondí que era Arte. Los científicos somos artesanos de la ciencia que desarrollamos, somos creativos, buscamos la perfección dentro de lo posible y queremos transmitirlo [...]” (Pradolini, 2021, Entrevista:Anexo)

El galardón más alto que podemos conferir a alguien es decir que él o ella es un artista ya sea como un carpintero o un cirujano, un cocinero o un ingeniero, un físico o un maestro. “Las bellas artes no tienen monopolio de lo artístico” (Eisner, 2004, p. 4).

Estas formas de pensamiento que podríamos llamar estético, son distintivos y relevantes para todo lo que concierne a la educación, desde diseño de currículos pasando por las prácticas de la enseñanza, hasta las características de los contextos en el que viven los estudiantes y los profesores.

Sorprenderse con el arte permite satisfacer los deseos de cambios, comprender su necesaria productividad, identificar la fertilidad de su estímulo, percibir los procesos de creación y transformación; el arte puede volverse productor de operaciones socio-estéticas, además de que consigue provocar modificaciones, impulsar la creación, tomar causas de resistencia y también provocar la investigación.

La investigación, las propuestas de trabajo en el campo educativo y en su nexo con otras instituciones, permiten consolidar las ideas del campo del arte-educación. La realización de proyectos en la rica textura de la vida cotidiana de la institución educativa, propicia el acceso a los bienes culturales y, al decir de Rancière (en Jacotot, 2008), proclama la igualdad de las inteligencias y de las miradas oponiendo “la instrucción” a la emancipación.

Hablar entonces de subjetividad, conocimiento y experiencia, de metáforas y de aquello que el arte puede revelar, implica pensar en formas potentes, formas de construcción subjetiva, formas que podrían hacernos comprender que los sujetos no han sido nunca homogéneos y no lo serán.

No se trata de ver el “arte de museos”, sino tener una mirada a través del arte y de la educación con una propuesta pedagógica que implique un docente/investigador/creador; sujetos que tengan experiencia, que estén en camino, que permanezcan, que esperen.

“El viaje suele aludir a la vida misma: la idea de un recorrido, de aprendizajes, de una salida y de una llegada implícitas en el concepto; son formas metafóricas de hablar de momentos, experiencias personales y universales que nos identifican como sujetos en tránsito, en espera, saliendo, llegando, comenzando” (Kuguel, 2019, p. 73).

Creemos oportuno aquí transcribir lo que Frigerio expresa en Grölp:

“[...] resulta simplificadora toda perspectiva que considere que la estética está reservada al ejercicio de unas artes. Esto implicaría ignorar la estética de y en las matemáticas, la belleza de la física, los perfumes de la química y dejar fuera del campo aquello que se significa como bello” (Frigerio, 2007, p. 26).

Según Graciela Frigerio, antes que hacer énfasis en contenidos y saberes, la educación debería priorizar la relación de los sujetos con ambos. La complejidad de la educación no podría ser mirada desde una disciplina. No hay una que pueda cubrir el campo de las instituciones, los sujetos, los saberes, las relaciones de saberes; es necesario nutrirse de varios elementos que tienen que dialogar entre sí. Quizás parte del problema de los distintos modelos educativos actuales es que carecen de ese diálogo. Hay, por el contrario, voluntad aplicacioncita: viene una disciplina que acaba de hacer un nuevo recorte y dice: “Soy quien te va a decir cómo hacerlo”, olvidando que las tendencias hegemónicas dentro de las disciplinas han tenido su momento de apogeo, de declive y hasta de descarte, porque han venido otros modos de decir el mundo que han resultado más apropiados.

Frigerio continúa diciendo “una cosa es poner en diálogo las disciplinas y otra es someter la educación a las disciplinas, habilitando que disciplinas que originalmente no pensaban la cuestión de la educación pasen a ser amas de la escena. Para esto también hay que recuperar el orgullo del oficio de ser educador, de hablar en una pedagogía que es polifónica, plurilingüista. Cuando el campo propio de la educación está desvalorizado, desjerarquizado, desimbolizado –a lo que han contribuido no pocas políticas–, es muy fácil para otra disciplina tomar la supremacía. La teoría no está para decir el deber ser. Tiene sentido si permite comprender los haceres, no para que, desde un púlpito académico, se proclame el único modo en que la vida es vivible” (Frigerio, 2018).

Reflexionar a partir del diálogo sujeto-objeto en un encuentro que permite establecer una relación personal y sensible que podríamos llamar experiencia estética, lleva a revisar conceptos y a “asentarlos” sobre aquello que se está viviendo.

Capítulo VI

La química como caso

Naturalmente que estábamos todos allí -dijo el viejo Qfwfq-, ¿y dónde vamos a estar, si no? Que pudiese haber espacio, nadie lo sabía todavía. Y el tiempo, ídem: ¿qué quieren que hiciéramos con el tiempo, allí apretados como sardinas?

Ítalo Calvino, "Todo en un punto"
Las cosmicómicas (1965)

El origen de lo que hoy llamamos química es bastante incierto. En palabras de la historiadora y filósofa de la ciencia, Bernadette Bensaude-Vincent (1992), la cuestión de los orígenes de la química se confunde con la etimología misma del término química, la cual podría ser egipcia (química derivaría de la palabra egipcia *kem*, negro, en referencia a la tierra negra de Egipto) o griega⁴² (del verbo griego *chéo*, que significa «verter un líquido o colar un metal»).

¿Deberíamos pensar en las prácticas que definimos como "química"? En este caso, deberíamos remontarnos a la prehistoria cuando hablamos de la "Edad del bronce"⁴³ y de la "Edad de hierro ". Esta clasificación tradicional refleja el manejo, de ciertas culturas, de los metales, construyendo así herramientas más poderosas y versátiles. Es decir, las técnicas metalúrgicas han tenido un gran significado en la historia y evolución de humanidad.

Cabe mencionar también las artes de la fermentación, la fabricación de tintes, colas, jabones, perfumes, bebidas alcohólicas como vino y cerveza, medicinas, bálsamos, cosméticos.

Por tanto, el origen de los procesos que hoy reconocemos como "químicos" se pierde, como se dice habitualmente, en la noche de los tiempos.

Se podría señalar que previo a las prácticas de la química actual, existieron otros saberes y prácticas que relacionamos con ella, tales como la alquimia, la iatroquímica⁴⁴, la docimasia⁴⁵ o la chymia⁴⁶.

⁴² Entre los grandes dioses griegos está Hefesto, el dios del fuego y la forja, así como de los herreros, los artesanos, los escultores, los metales y la metalurgia. Era adorado en todos los centros artesanales de Grecia, especialmente en Atenas. Es muy notable, por cuanto los griegos clásicos mantuvieron las prácticas artesanales en baja estima.

⁴³ Es preciso recordar que el cobre y el estaño (que constituyen el bronce) fueron objeto durante el segundo y primer milenios a. C. de un sistema organizado de intercambio comercial que abarcaba la mayor parte de Europa, incluida Grecia, las regiones de Transilvania, España, Inglaterra y Dinamarca.

⁴⁴ Iatroquímica: buscaba explicaciones químicas a los procesos patológicos y fisiológicos del cuerpo humano, y proporcionar tratamientos con sustancias químicas.

⁴⁵ Docimasia: era el arte de analizar los minerales para determinar los metales que contenían y en qué proporción.

⁴⁶ Chymia: era la parte teórica de la práctica de transmutar metales.

Si tratamos de identificar a doctrinas que se parecen a la química que hoy conocemos, es decir, las que se ocupaban de las transformaciones de lo que llamamos materia, el tema se desborda.

“Desde la famosa frase de Tales, *“el agua es el principio de todas las cosas”*, hasta la doctrina de los elementos de Aristóteles, las nociones que han obsesionado y siguen obsesionando a la química -principios, elementos, átomos, problema de diferenciación, relación entre unos y otros, han sido interpretadas como transgresiones efímeras de un orden estático o como resultado de un orden en conflicto permanente- se reformulan y confrontan” (Bensaude-Vincent, 1993, p. 21).

Aleandría, punto de encuentro y recreación de tradiciones griego-egipcias y orientales, está en el origen de la especificidad de la "química" que llamamos alquimia, cuya riqueza también radica en el poder de sus metáforas y analogías que aún hoy acechan nuestras ideas y nuestro lenguaje.

Según el erudito Ibn al-Nadim (siglo X), los primeros textos traducidos del griego al árabe eran textos alquímicos. Estas traducciones probablemente comenzaron a distribuirse durante el siglo VIII, primero en Damasco, luego en Bagdad; y es gracias a ellos que conocemos el corpus alejandrino. En ese mismo período comienzan también las obras de los alquimistas árabes. Aquí el rol de la imprenta, en la crisis de la tradición alquimista, fue crucial.

Se trataba de seguir dándole vida a la multiplicidad de legados que constituían la alquimia; de que prácticas tan disímiles como la metalurgia, la farmacia, el arte del perfumista, la elaboración de alimentos y bebidas fermentadas, se fusionaran en un solo dominio. Fue así como la “química”, dotada de una cultura, de unas prácticas, de una identidad concluye logrando el ensamble.

“[...] La identidad de una ciencia siempre parece, a posteriori, lo más natural. El territorio de la alquimia, la autonomía de sus prácticas, su identidad en relación con

otras ciencias es parte de una historia, larga, sinuosa, heterogénea. El carácter polimorfo de esta historia condena la visión simplista de una alquimia abrumada por la racionalidad cuando nació la ciencia moderna” (Bensaude-Vincent, 1993, p. 55)

Es importante destacar que comprender el cambio de las ideas científicas en su historicidad no es una lectura desde el pasado hasta el ahora.

Para comprender la historicidad de la química, no debemos ver esta ciencia, ni ninguna otra, como una acumulación o sumatoria de ideas que se van imponiendo para superar los errores que los anteriores habían cometido. En ese sentido, se toma la idea de Bachelard de un espíritu científico que se rectifica. “Aun así, muchas veces se insiste en que las ideas que han triunfado lo han logrado por el hecho de corregir errores del pasado” (Bachelard, 1953, p. 258).

El docente de ciencias asume un posicionamiento histórico que está en consonancia con su relación con el saber científico: si el conocimiento es absoluto y solo se renueva por superación de errores cometidos en tiempos anteriores, la perspectiva histórica asumida será aquella que tiene como ejemplos a científicos con mejores ideas que triunfan sobre otros; por consiguiente, si el docente está cerca de un saber con perspectiva crítica, podrá comprender que las preguntas, los argumentos, los despliegues experimentales, son formas de dialogo con los científicos de diferentes épocas.

Por lo anterior, consideramos posible que, en el proceso de formación de docentes, se propicie cuestionar las distintas perspectivas históricas poniéndolas en dialogo con otras lecturas que involucran al docente como parte del ejercicio de comprender el objeto de su disciplina. Podemos afirmar entonces que la historia, la epistemología y la enseñanza son campos que se pueden cruzar y esa intersección es generada por la acción del docente, de sus preguntas e intenciones.

Como lo expone Bachelard (1938), cuando se trata de educación científica, existe la necesidad de superar obstáculos, ya sean epistemológicos o pedagógicos, en los procesos de enseñanza y aprendizaje.

En disciplinas como la química, el perfil epistémico surge de reconocer que su enseñanza no puede limitarse a la aplicación de principios y leyes inmutables para explicar fenómenos -característica del positivismo-. Al mismo tiempo, se debe revalorizar la importancia de su historicidad para la comprensión del proceso de producción de este conocimiento disciplinar.

De esta forma se muestra cómo la noción de un perfil epistemológico puede mejorar la enseñanza y contribuir a la superación de visiones inadecuadas presentes de la misma.

El perfil epistemológico en el aula contribuye a superar la enseñanza dogmática aún predominante en los diferentes niveles educativos, ya que muestra las rupturas que se han dado a lo largo del tiempo en producción de conocimiento y revela su carácter esencialmente dinámico.

En este sentido, estas afirmaciones tienen su correlato en conceptos vertidos por uno de los entrevistados, tales como “[...] es por ello que considero que el paradigma educativo, particularmente a nivel universitario, debe reconstruirse considerando enfoques innovadores, integrales, artísticos, democráticos, abiertos al debate, [...]” (Pérez Rubín, 2021, Entrevista: Anexo).

Un ejemplo emblemático es la evolución de los conceptos sobre la estructura del átomo en el período que va desde la química clásica hasta la química moderna. Este caso muestra la disociación entre la noción clásica de átomo, como bloque de construcción de la materia, y la concepción cuántica, en la que se lo concibe constituido por partículas que tienen, además características propias de onda. Por lo tanto, es claro que puede haber varias representaciones

de la realidad, tanto para el mismo sujeto en relación con un concepto científico, como para el mismo concepto, en diferentes contextos históricos

Kuhn afirma que gran parte de la imagen de la ciencia que domina la sociedad proviene de los manuales con los que cada generación de nuevos científicos aprende su oficio, lo que conlleva a suponer que los trasfondos filosóficos (ontológicos, epistemológicos y teóricos) que acompañan a los paradigmas científicos deben estar explícitos en los propios manuales de formación de esas generaciones y de alguna manera en los libros de texto de información en las ciencias en general y particularmente de las ciencias duras en los otros niveles de educación (Kuhn, 1971, p. 254-255).

Sin embargo, los textos didácticos de Química, Física, Biología, Astronomía, comúnmente se dedican a explicar las teorías, los conceptos que las conforman y las relaciones entre estos conceptos por un lado y por otro a aplicar mediante la solución de problemas, fundamentalmente de tipo algebraico, la formulación de esas teorías y conceptos. Así también se proponen actividades experimentales que buscan fundamentalmente verificar esos desarrollos teóricos, olvidando o minimizando los aspectos filosóficos que son constitutivos de los paradigmas.

Casi en su totalidad, los textos académicos están diseñados para aceptar las teorías vigentes y no para su impugnación, en ellos el disenso ha sido excomulgado. Ese material ha permeado hacia todos los niveles de la enseñanza de las ciencias, ya que son parte sustancial del desarrollo de los programas de las asignaturas, constituyéndose en una herramienta de actualización científica del profesorado.

A este respecto, otro de los entrevistado expresa “[...] En este sentido los libros de textos académicos no suelen ayudar al cuestionamiento ni a las innovaciones, ya que parecen indicar que estamos siguiendo la letra de expertos en el tema, sin valorar nuestra experiencia. [...]” (Garay, 2021, Entrevista: Anexo)

Si bien, la evolución sufrida por los planes de enseñanza de las ciencias en las últimas décadas propone que la contextualización de los contenidos es una necesidad ineludible para dotarlos de sentido, sigue siendo permanente el uso de conceptos derivados de paradigmas ya superados y la persistencia del sub-lenguaje propio de ellos.

Cabe preguntarse por qué durante el siglo XX, mientras se formulaban nuevos enfoques conceptuales, seguía influyendo en el pensamiento científico la visión mecanicista-cartesiana y los principios newtonianos. Aún hoy muchos científicos que siguen aferrándose al paradigma moderno.

En el área de la biología, por ejemplo, todavía la estructura conceptual dominante sigue siendo aquella que concibe los organismos vivientes como máquinas constituidas por diferentes partes y que los aspectos de un organismo podían entenderse reduciéndolos a sus constituyentes más pequeños y estudiando los mecanismos de interacción de éstos.

Durante las últimas décadas, se ha mostrado que la historia de la ciencia es una excelente aliada para la enseñanza de las ciencias, ya que posibilita su valoración como una actividad humana, colectiva, abierta y dinámica, inscrita en un determinado contexto histórico, social, político y económico.

Este tipo de propuesta pedagógica donde se incluye la historia en la enseñanza de las ciencias, llevada en particular a la química, es de sumo interés ya que en muchos casos los estudiantes poseen ideas previas de tinte alquimista. Por ejemplo, en ocasiones consideran que en las reacciones químicas es posible transmutar un elemento en otro. Este marco puede ser interesante como primer paso para abordar diversos aprendizajes como ¿qué es un elemento? (y sus distintos significados a lo largo de la historia), ¿qué es una reacción química?, ¿qué ocurre en ellas a nivel atómico- molecular?, etc. (Pozo, 1991, p. 84-94)

Este modelo suele complementarse con lecturas de noticias científicas cotidianas que contribuyen a mostrar la ciencia como un producto cultural vinculado a un determinado

contexto, y sujeto a cambios y actualizaciones. Este diálogo entre pasado y presente resulta profundamente fértil, enriquecedor y necesario para la enseñanza de las ciencias.

Desde esa perspectiva, se considera una innovación el abordaje contextualizado de temas y la utilización de modelos en los procesos de su enseñanza y aprendizaje, entendiéndose a los modelos como elementos mediadores entre ciencia y realidad, como aquello que permite la comprensión de una teoría científica, pero - a la vez- tira por tierra la ingenua idea de que las teorías son copias de la realidad.

En este orden, retomando las entrevistas, se afirma que “[...] las innovaciones conceptuales actuales han permitido el avance de ciertas teorías que mejoraron significativamente la aplicación de métodos en química teórica. Estos métodos, describen de manera un poco más precisa los sistemas electroquímicos que presentan procesos intrínsecos muy complejos de comprender y, a su vez, de modelar. Estas innovaciones llevaron al desarrollo de métodos que ayudan a generar conocimiento para su comprensión. Todo esto, está acompañado de los avances tecnológico e informático.” (Schulte, 2021, Entrevista: Anexo)

La enseñanza contextualizada enfatiza la naturaleza social del conocimiento; así, aprendemos en relación con otras personas, a través de prácticas sociales, en situaciones reales y auténticas, mediante actividades que se realizan en un determinado contexto y cultura que le dan significado (Gómez, 2006; Lave y Wenger, 1991; Sagástegui, 2004).

Díaz Barriga (2003) señala que este paradigma, vinculado al enfoque sociocultural vigotskiano, propone que el conocimiento es “situado”, es decir, forma parte y es producto de la actividad, del contexto y la cultura. En él se destaca la importancia de la mediación, la construcción conjunta de significados, de sentidos (Díaz Barriga, 2003, p. 1-13).

No obstante, se cree que estos acercamientos, si bien brindan la posibilidad de identificar temas de interés social relevantes no sólo para la química, en este caso, sino también

y en especial para quienes interactúan en contextos educativos, continúan representando solo algunos modos de la construcción del conocimiento, no considerando la percepción del sujeto, su subjetividad, lo humano, lo sensible.

Se reconoce que en la actualidad existen numerosos modelos educativos para la enseñanza de las ciencias duras, pero, la mayoría de ellos, no dejan de estar enfocados en lo disciplinar bajo la epistemología de la ciencia moderna, albergado en el positivismo pragmático propio de una concepción mecanicista.

Es por lo anterior, que se consideran necesarios verdaderos cambios que permitan ir de un conocimiento fragmentado hacia una propuesta pedagógica bajo una perspectiva holística, donde el saber se muestre cambiante y multidimensional, donde se rescate e incluya al hombre, al sujeto humano, que vive con la naturaleza, con sus semejantes y con sus circunstancias, como hacedor de conocimiento.

Priorizando esta mirada “compleja” de la realidad, se propicia un trabajo en torno a conocimientos que permitan comprender al mundo en términos de contextos -naturales y sociales- dinámicos, donde la realidad es un sistema en permanente interacción y cambio. Ello implica una enseñanza que contempla un aprendizaje promotor de la integración de saberes, que incorpora al sujeto cognoscente, su emocionalidad, sus experiencias, junto al entorno donde se produce el acto de conocer y sus contextos.

Otro elemento fundamental para considerar es a quien transmite el conocimiento, que se ve atravesado por elementos socio afectivos y comunicacionales que exigen recomponer su subjetividad para poder avanzar en la distribución, construcción y reconstrucción del conocimiento.

A pesar de que pueden parecer condiciones opuestas, las emociones y la lógica se complementan y refuerzan. Por lo tanto, el desafío sería comenzar a pensar la enseñanza de las ciencias -química, física, biología, matemática- mediante relatos o narraciones variables,

móviles, alternativos -como decía Prigogine-, lejanos de la hegemonía disciplinar, complementando las percepciones con los hechos.

Cuanto más se profundizan las investigaciones es más recurrente el elemento narrativo en todos los niveles.

“Es inevitable pensar en Sheherezade, que sólo interrumpía una historia para empezar otra más hermosa; si cabe, la naturaleza misma presenta una serie de narraciones inscriptas unas dentro de otras: la historia cosmológica, la historia a nivel molecular, la historia de la vida, del género humano, hasta llegar a la propia historia personal. Así en cada nivel se asiste al surgimiento de lo nuevo, de lo inesperado” (Prigogine, 1995, p. 4).

Si se hace foco en la química, se encuentran estructuras espacio-temporales inestables que presentan rupturas de su simetría bajo la acción de procesos de auto-organización. Un ejemplo de ello son las reacciones oscilantes regidas por un sistema no lineal⁴⁷, que como se sabe, poseen más de una solución, dándose la misma en un estado lejano al equilibrio.

Además, estos procesos son necesariamente autocatalíticos⁴⁸. Es la vieja historia del huevo y la gallina. La autocatalización es típica, por ejemplo, de aquellos fenómenos biológicos en los que los ácidos nucleicos codifican el proceso de síntesis de proteínas, que, a

⁴⁷ Los sistemas no lineales representan sistemas cuyo comportamiento no es expresable como la suma de los comportamientos de sus descriptores. Más formalmente, un sistema físico, matemático o de otro tipo es no lineal cuando las ecuaciones de movimiento, evolución o comportamiento que regulan su comportamiento son no lineales. En las ciencias la no linealidad es la responsable de comportamientos complejos y, frecuentemente, impredecibles o caóticos. La no linealidad frecuentemente aparece ligada a la autointeracción, el efecto sobre el propio sistema del estado anterior del sistema. En física, biología o economía la no linealidad de diversos subsistemas es una fuente de problemas complejos.

⁴⁸ Un proceso o reacción química es autocatalítica si uno de los productos de reacción es también un catalizador para la misma reacción o una reacción acoplada. Tal reacción se llama reacción autocatalítica. Se puede decir que un conjunto de reacciones químicas es "colectivamente autocatalítico" si varias de esas reacciones producen, como productos de reacción, catalizadores de otras reacciones para que todo el conjunto de reacciones químicas sea autosuficiente.

su vez, cataliza la replicación de ácidos nucleicos. La aparición de tales estructuras demuestra el papel constructivo que juega la irreversibilidad temporal.

Lejos de una posición de equilibrio, la materia adquiere nuevas propiedades que permanecen ocultas a nuestros ojos, ya que nuestra atención se ciñe a los estados estables.

El gran interés en fenómenos no lineales generó una serie de teorías nuevas y poderosas que han aumentado exponencialmente la comprensión de muchas de las características de los sistemas vivos ligados a las redes de autoorganización.

Este es el caso de la síntesis que Fritjof Capra⁴⁹ llama “Visión sistémica de la vida”⁵⁰, donde los ecosistemas son entendidos en términos de redes alimentarias que son redes de organismos, a su vez los organismos son redes de células, las células son redes de moléculas y así sucesivamente. Por lo que la red es un patrón básico de organización que es común a toda la vida.

La característica definitoria de estas redes aplicada a los seres vivos ha sido identificada por dos científicos chilenos, Humberto Maturana⁵¹ y Francisco Varela⁵², en su teoría de autopoiesis, cuyo significado literal es “crearse a sí mismo”.

⁴⁹ Fritjof Capra Recibió su Ph.D. en física teórica de la Universidad de Viena en 1966 y pasó 20 años investigando en física teórica de alta energía, incluso en la Universidad de París, la Universidad de California en Santa Cruz, el Centro Acelerador Lineal de Stanford, el Imperial College, la Universidad de Londres y el Laboratorio Lawrence Berkeley de la Universidad de California. También enseñó en la Universidad de California, Santa Cruz; la Universidad de California, Berkeley; y la Universidad Estatal de San Francisco.

⁵⁰ Libro de texto multidisciplinario para estudiantes de pregrado donde se presenta un marco sistémico coherente que integra las dimensiones biológica, cognitiva, social y ecológica de la vida; se discuten las implicaciones filosóficas, políticas, económicas y espirituales de esta visión unificadora.

⁵¹ Dr. Humberto Maturana. Biólogo chileno. En 1950 ingresó a la Facultad de Medicina de la Universidad de Chile. En 1954 se trasladó al University College London para estudiar anatomía y neurofisiología, gracias a una beca de la Fundación Rockefeller. En 1958 obtuvo el Doctorado en Biología de la Universidad Harvard, en Estados Unidos. Entre 1958 y 1960 se desempeñó como investigador asociado en el Departamento de Ingeniería Eléctrica del Massachusetts Institute of Technology. En 1960 volvió a Chile para desempeñarse como segundo ayudante en la cátedra de Biología de la Facultad de Medicina de la Universidad de Chile. Entre 1965 y 2000 se desempeñó en el Departamento de Biología de la Facultad de Ciencias. En la década de 1970 creó y desarrolló junto al Dr. Francisco Varela el concepto de autopoiesis.

⁵² Dr. Francisco Javier Varela. Neurobiólogo chileno que revolucionó las ciencias cognitivas, llevándonos hacia una nueva comprensión de la relación entre el budismo y la ciencia. La Universidad de Nueva York (EUA), el Instituto Max Planck (Alemania), la Universidad de Chile (Chile) y LA Escuela de Medicina del Hospital de la Salpêtrière (Francia), son solo algunos de los institutos donde dejó su impronta. Publica en 1987 “El árbol del Conocimiento” en co-autoría con Humberto Maturana, uno de los libros más influyentes de los últimos tiempos.

Esta teoría sostiene que los seres vivos se están autogenerando continuamente; por ejemplo, una célula, todas las estructuras biológicas, todas las proteínas, las membranas, el ADN, son continuamente producidas, reparadas y regeneradas por la red celular. De forma similar lo hacen los organismos multicelulares, las células del cuerpo son continuamente regeneradas y recicladas por la red metabólica de los organismos. Por lo que los sistemas vivientes continuamente crean y se recrean a sí mismos, transformando o reemplazando sus componentes. De esta manera experimentan continuos cambios estructurales, mientras que al mismo tiempo preservan su patrón de tipo red de organización. Esta coexistencia de estabilidad y cambio es de hecho una de las características esenciales de la vida.

Cada una de las propuestas dejan en claro la dirección del tiempo. El elemento “narrativo” ha de tener un rol esencial en la descripción de la naturaleza. Sentada esa premisa, el tiempo narrativo debe entonces incluirse en la formulación de las leyes de la naturaleza.

Estas leyes, tal y como Newton las formuló, pretendían expresar certezas. Ahora formulan “posibilidades” que pueden o no llegar a concretarse en el futuro. En este momento es cuando se debe acudir a la teoría del caos, asociada con las estructuras dinámicas inestables.

Prigogine decía que se ha comenzado con el descubrimiento de un nuevo mundo de carácter temporal y evolutivo. De esta manera se redescubre el tiempo, ya no enfrentando al hombre con la naturaleza, sino con el fin de explicar su lugar en un universo inventivo y creativo.

En tal sentido, El Dr. Pérez Rubín expresa “La investigación debe abrir puertas hacia terrenos desconocidos por el hombre, a fin de que él mismo sea consciente de su potencialidad, de su rol en la sociedad y de su espacio en armonía con lo natural.” (Pérez Rubín, 2021, Entrevista: Anexo)

“¿Es posible reencontrar, en el mundo microscópico que rigen las leyes cuánticas, el equivalente del caos determinista? Las leyes fundamentales de la Naturaleza, tal como las

conocemos hoy, ¿son susceptibles de incorporar la flecha del tiempo?” (Prigogine, 1991, p. 133)

Capítulo VII**La otra mirada**

Jamás veré nada desde todos los lugares posibles a la vez, cada vez, veo desde un sitio determinado, veo un aspecto, veo en una 'perspectiva'. Y yo veo significa yo veo porque soy yo, y no veo solamente con mis ojos; cuando veo algo, toda mi vida está ahí, encarnada en esa visión, en ese acto de ver. Todo esto no es un 'defecto' de nuestra visión, es la visión

Cornelius Castoriadis (1975)

Las aproximaciones a prácticas educativas renovadas, necesariamente pedagógico-culturales, deben intentar ir al encuentro del indeterminismo, de lo perturbador e inestable asiéndose de traducciones y apelando a la riqueza de la diversidad de estas ideas transformadoras. Se hace imprescindible incorporar otras construcciones verbales, sumar lenguajes pictóricos, musicales, literarios de mayor carga afectiva y expresiva, sustentados en otros soportes más allá de los textos académicos escritos, propios de cada disciplina.

En este sentido, la ontogenia reproduce la división entre razón y emoción que marcó el desarrollo del conocimiento occidental: en tradición del dualismo cartesiano se estableció una frontera entre materia y espíritu, entre el mundo natural y social. Se propusieron luego metodologías específicas diferentes para las ciencias naturales y las humanísticas. Este recorrido cristalizó en lo que llegó a denominarse *dos culturas*⁵³: la científica y la humanística. Lo alternativo a la ciencia se podía llamar artes, humanidades, bellas artes, letras, filosofía o cultura, siempre con dificultades para mostrar resultados prácticos (Hillert, 2002, p. 5). Implícitamente se consideraba que la ciencia moderna

“[...] era más racional, más dura y más precisa, más poderosa, más seria y más eficaz y, por lo tanto, de consecuencias más importantes que la filosofía o las artes y las letras” (Wallerstein, 1998, p. 72)

Esta concepción de la ciencia enfrentada a los cambios sociales, económicos y ambientales del último siglo no satisfizo con sus respuestas debido a que la realidad le reclamaba soluciones no precisamente enmarcadas en una racionalidad restrictiva.

Lo anterior nos lleva a pensar que, en los estudios alternativos y los estudios culturales, hay un escepticismo en los méritos del progreso tecnológico (desde posturas moderadas hasta el repudio extremo); méritos que han tomado forma en una especie de “regreso de la filosofía”

⁵³ Mencionado en Capítulo II, La Fragmentación, p. 28.

donde los enfoques hermenéuticos recuperaron su terreno y son clave para la reflexión epistemológica de las disciplinas sobre sí mismas.

Para intentar alcanzar los objetivos propuestos al inicio de esta tesis, se ha comenzado con un análisis histórico de los paradigmas epistemológicos de la construcción del conocimiento. Este análisis histórico-crítico de las teorías y conceptualizaciones científicas brinda el material empírico para dar cuenta del proceso de transformación que ha ido atravesando el conocimiento científico.

Para continuar se cree necesario establecer la visión desde la que asumimos este fenómeno de historicidad de la metamorfosis de la ciencia y el conocimiento, y sus vínculos y efectos en contextos educativos contemporáneos.

Nos encontramos en un mundo indiscutiblemente aleatorio, en un mundo en el que la reversibilidad y el determinismo son casos particulares y en el que la irreversibilidad y la indeterminación microscópicas son la regla.

Los problemas que marcan una cultura pueden influir en el contenido y el desarrollo de las teorías científicas. La ciencia es un elemento de la cultura, decía Prigogine.

Cualquier científico, procedente de la línea del positivismo, diría que es al revés, que la cultura emana de la ciencia; que la ciencia debería erigirse en un principio decisivo para la cultura.

Para Prigogine la unificación del conocimiento no puede consistir en decretar una única forma de discurso, sino que más bien, se debe aspirar a sobrepasar, a rebasar todas las contradicciones no para diluir el conocimiento, sino para conocer los elementos que, distinguiendo unas zonas de otras, en el mismo proceso de distinción se unen, porque se pueden comparar.

En consecuencia, el mundo resulta ser multireferencial y complementario, por lo que puede ser enfocado desde distintos puntos de vista o marcos de referencia, que resultan

incompletos en sí mismos, pero que, en cambio, se complementan entre sí; abriéndose un diálogo entre ciencias, un espacio inter y transdisciplinario, donde sea posible pensar la ciencia como práctica humana y cultural abierta en un mundo abierto, productivo e inventivo.

Estos cambios no se circunscriben solo a lo intelectual, a pensar otras cosas, sino a pensar de otra forma, en modos otros, considerando la multidimensionalidad del mundo que nos tiene como partícipes activos.

Esta nueva mirada invita a cruzar fronteras, y también a disolverlas, a tejer otras tramas y comprenderlas de manera muy diferente a las de la ciencia clásica y el pensamiento moderno. A crear otros simbolismos que den origen a otras representaciones acordes a la nueva racionalidad, reconociendo que todas las expresiones del conocimiento -filosofía, ciencias, arte- necesitan de un lenguaje -quizás- diferente para poder decirse, aunque incompleto e incapaz de una única descripción para decir lo irreversible de la naturaleza.

Piaget (1973) describe que la inteligencia sensoriomotora nos acompaña durante toda nuestra vida y la representación simbólica -sustentada en un principio en la imitación, el dibujo y el lenguaje- persiste en la construcción de todas las formas simbólicas del pensamiento sin ser eliminada por la lógica concreta y formal. Pero a medida que se va desarrollando la inteligencia, el lenguaje verbal tiende a predominar sobre las otras formas iniciales del pensamiento representativo simbólico.

En palabras de John Berger, “La vista llega antes que las palabras. El niño mira y ve antes de hablar” (Berger, 2007, p. 1)

La vista permite no solamente la localización de los objetos en el mundo, sino que también nos posiciona en él. Vivimos en un mundo tridimensional y nuestros cerebros están habituados a ver tres dimensiones, además de percibir el tiempo.

En su obra “Ciencia e hipótesis”, Henri Poincaré pasa del análisis de las teorías científicas al análisis de las percepciones y la exploración de representaciones en el

pensamiento, incluso dándole a la geometría la posibilidad de ser uno de los lenguajes capaces de expresar el sentido profundo del arte.

Poincaré planteaba que es común decir que las imágenes de los objetos se localizan en el espacio -que sirve como una especie de marco preparado para nuestras sensaciones y representaciones - y que sólo pueden formarse bajo esta condición.

Si se realiza un sucinto análisis de una imagen que se forma en nuestra retina, se podría decir que es bidimensional, que está encerrada en un marco limitado, y es aparentemente continua, lo cual hace a la distinción entre lo puramente visual y lo geométrico. Sin embargo, la continuidad y las dos dimensiones en este espacio son ilusorias, ya que un punto en el centro de la imagen no es idéntico que un punto en los bordes de la retina.

“Sin embargo, la vista nos permite apreciar la distancia, y, por tanto, percibir una tercera dimensión. Pero cualquiera sabe que esta percepción de la tercera dimensión se reduce a un sentido del esfuerzo de acomodación que debe hacerse, y a un sentido de la convergencia de los dos ojos, que debe tener lugar para poder percibir un objeto distintivamente. Estas son sensaciones musculares muy distintas de las sensaciones visuales que nos han proporcionado el concepto bidimensional” (Poincaré 1905, p. 39).

Si se analiza la tercera dimensión tal como se constituye la imagen y las dos sensaciones anteriormente descritas dejan de tener una relación constante y dependiente, cabría considerar una cuarta dimensión, ya que ambas sensaciones se independizan.

Es posible también considerar la existencia de una sensación de movimiento en diferentes direcciones, denominada sentido de dirección.

Para Poincaré esta sensación surge de una compleja asociación de ideas a partir de un hábito -resultado de un gran número de experimentos- en un medio regido por ciertas leyes. Esto le permite afirmar que “si la educación de nuestros sentidos hubiese tenido lugar en un medio distinto, donde pudimos haber estado sujetos a diferentes impresiones, entonces

hubiésemos adquirido hábitos contrarios, y nuestras sensaciones musculares hubieran sido asociadas de acuerdo con otras leyes” (Poincaré, 1905, p. 41).

Así el espacio representativo⁵⁴ no es ni homogéneo⁵⁵, ni isotrópico⁵⁶; ni siquiera podemos decir que es tridimensional, por tanto, difiere esencialmente del espacio geométrico⁵⁷.

Poincaré plantea que nuestras representaciones son sólo la reproducción de nuestras sensaciones; no pueden ser, por tanto, acomodadas en el mismo marco, es decir, en un espacio representativo. Es igualmente imposible para nosotros representarnos objetos externos en un espacio geométrico, así como es imposible para un pintor pintar sobre una superficie plana objetos tridimensionales. Y concluye afirmando que “[...] no nos representamos cuerpos externos en el espacio geométrico, sino que razonamos sobre estos cuerpos como si estuviesen situados en el espacio geométrico”. (Poincaré, 1905, p. 41)

Por último, se hará referencia a la representación de una cuarta dimensión. Las imágenes de los objetos externos están pintadas sobre la retina, que es un plano de dos dimensiones; estas son perspectivas. Pero como el ojo y los objetos son movibles, vemos, en sucesión, diferentes perspectivas del mismo cuerpo tomado desde distintos puntos de vista.

En este sentido, se puede decir que podemos representarnos la cuarta dimensión, incorporando la sensación de movimiento.

Cabe aclarar que cuando se habla de movimiento, estamos incorporando al tiempo dentro de este concepto, impuesto en la visión de una sucesión de posiciones diferentes por las que se desplaza un objeto.

⁵⁴ El espacio representativo es el marco de nuestras representaciones y sensaciones. Es sólo una imagen del espacio geométrico, una imagen deformada por una especie de perspectiva, y solamente podemos representarnos objetos, al hacer que éstos obedezcan a las leyes de esta perspectiva.

⁵⁵ Espacio homogéneo es aquel en donde todos sus puntos son idénticos, uno con el otro.

⁵⁶ Espacio isotrópico es el espacio cuyas propiedades físicas son exactamente iguales en todas las direcciones.

⁵⁷ Espacio geométrico es aquel que posee las siguientes características: continuo, infinito, de tres dimensiones, homogéneo e isotrópico.

Más allá de que la vista anteceda al habla y que el conocimiento, la explicación, hecha con palabras, nunca se adecua completamente a la visión, “[...] no implica que ésta sea una pura reacción mecánica a ciertos estímulos” (Berger, 2007, p. 5).

Además de que lo que se sabe o lo que se cree, afecta al modo en que se ven las cosas, en palabras de Berger sería: “[...] toda imagen encarna un modo particular de ver” (Berger, 2007, p. 6)

Así como los matemáticos y físicos exploraron la cuarta dimensión y sus posibilidades de realidades alternativas, los artistas pudieron romper con la perspectiva de un punto y la realidad tridimensional que representaba para explorar esos temas en sus superficies bidimensionales, creando nuevas formas de arte abstracto.

Entre los matemáticos franceses que tuvieron una gran repercusión en los artistas de la época, encontramos a Maurice Princet, que consolidó una relación muy cercana con Picasso, Apollinaire, Jean Metzinger y Marcel Duchamp, entre otros. De hecho, se le considera el transmisor de los trabajos de Henri Poincaré y Esprit Jouffret.

Henri Poincaré con sus desarrollos, entre muchos otros, sobre espacio, geometría y cuarta dimensión, influyó, tanto en Einstein como en Picasso con su libro de 1905, "Ciencia e hipótesis".

Tanto, que la respuesta de Picasso al consejo de Poincaré sobre cómo ver la cuarta dimensión lo llevó a trabajar en su taller la obra que será tomada como referencia de un nuevo estilo, el cubismo, donde recrea la geometría angular con valentía y desde distintas perspectivas. En su cuadro titulado “*Les Femmes d'Alger (O. J.)*” (Fig. 5), el artista malagueño rompe con el enfoque dominante del Realismo, evitando con ello toda perspectiva espacial y lo hace poniendo en práctica múltiples perspectivas a la vez sobre la misma figura.

En su cuadro Picasso va más allá de Poincaré cuando representa a una de las señoritas simultáneamente de frente y de perfil, dos perspectivas a la vez, una proyección desde la cuarta

dimensión. Estas ideas transformaron su arte y “el arte” a partir de entonces. De hecho, cuando Henri Matisse y Leo Stein vieron “*Les Femmes d'Alger*” en el Bateau Lavoir⁵⁸, su primera reacción fue exclamar que el artista estaba intentando crear la cuarta dimensión.



Figura 5. Les Femmes d'Alger Pablo Picasso París, junio-julio de 1911.
Cubismo. Óleo sobre lienzo. Museo de Arte Moderno de Nueva York

⁵⁸ Bateau Lavoir inmueble situado en el barrio de Montmartre, en el distrito 18 de París. A principios del siglo XX fue lugar de residencia y reunión de un grupo muy nutrido de artistas. Picasso lo bautizó con ese nombre ya que su estructura de madera recordaba a los barcos amarrados a orillas del Canal utilizados como lavaderos. En 1907 se expone por primera vez el cuadro “*Les Femmes d'Alger*” de Picasso. Quienes frecuentaban el lugar estaban Henri Matisse, Georges Braque, Jean Metzinger, Guillaume Apollinaire, entre otros.

La cuarta dimensión también asociada con el infinito y la unidad, la inversión de la realidad y la irrealidad, tiempo y movimiento, geometría y espacios no euclidianos, fue explorada por artistas como Juan Gris, Jean Metzinger, Kandinsky, Malevich, Sobel, Pollock, quienes intentaron transmitir esas ideas en sus pinturas abstractas.

“Para Linda Dalrymple Henderson⁵⁹, la cuarta dimensión fue primeramente un símbolo de liberación de los artistas, lo que les permitió alejarse de la realidad visual y rechazar completamente el sistema de perspectiva única” (Sarriugarte Gómez, 2019, p. 340).

“Ciertamente, el cubismo había conseguido romper con la visión de las tres dimensiones, acercándose a los postulados que defendían las teorías explicativas de la cuarta dimensión, es decir, aquella que permitía ver una figura en su globalidad, bajo una multiplicidad de planos, pudiendo analizar el objeto representado desde varias perspectivas simultáneas” (Sarriugarte Gómez, 2019, p. 342).

A principios del siglo XX, las artes quedan influenciadas por dos interpretaciones relacionadas con la dimensionalidad superior. La primera como concepto geométrico espacial, que es aparente en el temprano cubismo al visualizar todos los lados de un objeto simultáneamente, mientras que por otra parte se vuelve una clase de código místico, empleado para justificar la experimentación vanguardista.

De este modo, Apollinaire fue uno de los primeros que escribió sobre la cuarta dimensión en las artes con su ensayo “*Les peintres cubistes*” de 1913, quedando la cuarta dimensión asociada inicialmente a las formas facetadas y los múltiples puntos de vista del cubismo. Apollinaire en esta obra literaria definió la cuarta dimensión como “la inmensidad del espacio eternizándose en todas dimensiones en un momento determinado” (Apollinaire, 1913, p. 17).

⁵⁹ Linda Dalrymple Henderson historiadora del arte cuya investigación involucra las conexiones entre el arte moderno, la ciencia, la tecnología, y lo oculto. Profesora centenaria de David Bruton, Jr. en Historia del Arte en la Universidad de Texas en Austin.

Posteriormente, dicha dimensión también sería identificada con la gravedad por Marcel Duchamp. Uno de sus trabajos considerado como un clásico modernista y se ha convertido en uno de los más famosos de su tiempo es “Desnudo bajando una escalera n°2” (Figura 3), más allá de que en su primera presentación en el Salón de los Independientes de París, fue rechazada por los cubistas y causó un gran revuelo durante su exposición en el Armory Show de 1913 en Nueva York.

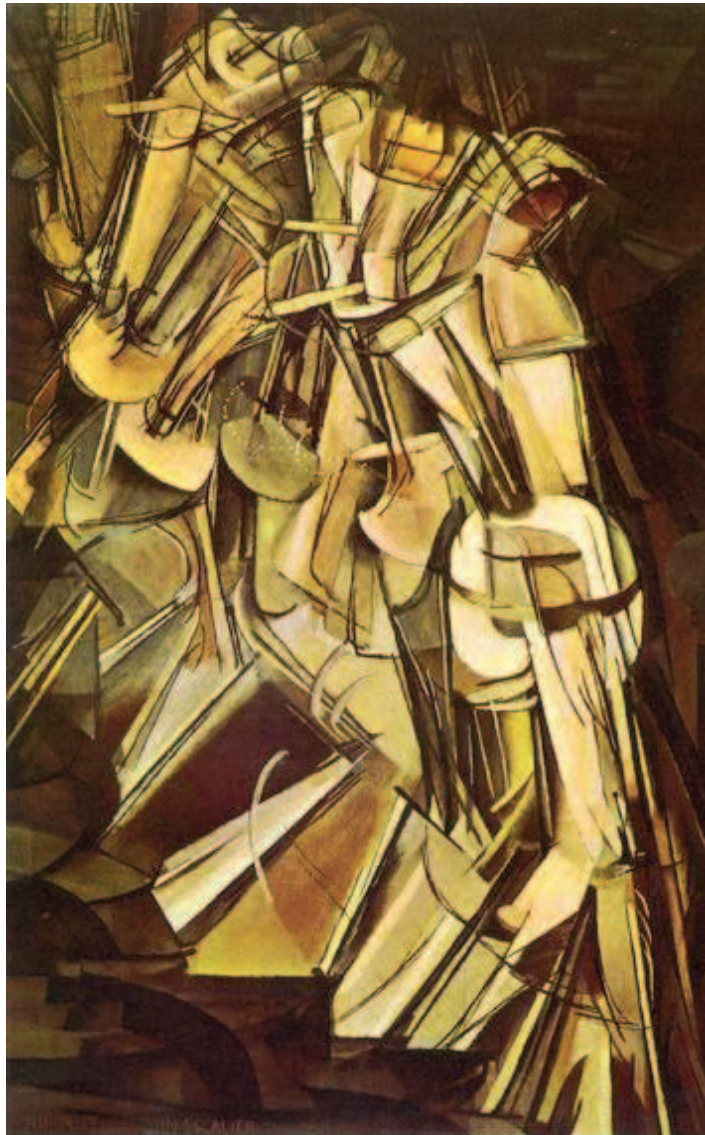


Figura 6. Desnudo bajando una escalera n°2. Marcel Duchamp. 1912. Museo de Arte de Filadelfia, en Filadelfia.

Si Picasso había recabado en la búsqueda de un punto de vista variable para poseer el objeto en su totalidad, el pintor ruso Malevich, por el contrario, defendía que lo que estaban desarrollando Picasso y Braque no era más que destruir la identidad de las cosas, afirmando que “gracias a su pulverización del objeto, los cubistas abandonan el campo de la objetividad.”

La idea del espacio-tiempo tetradimensional está muy íntimamente relacionada con las nociones de velocidad y movimiento, características que serían analizadas por los artistas después del desarrollo de la fotografía.

Además de los ejemplos anteriores, son numerosos los movimientos y artistas que de una manera u otra han tratado este tema, caso del grupo Der Blau Reiter, el constructivismo, el círculo cercano a Stieglitz y Arensberg en Estados Unidos, van Doesburg, entre otros. Incluso, la Bauhaus se vio influenciada a través del interés mostrado por algunos de sus docentes, como Kandinsky, quien entendió que, si quería llegar a la esencia de las cosas, debía abandonar la pintura del objeto, dejar de enfocarse en el mundo exterior; en definitiva, debía cambiar de lenguaje, creando así un singular orden para mostrar la realidad.

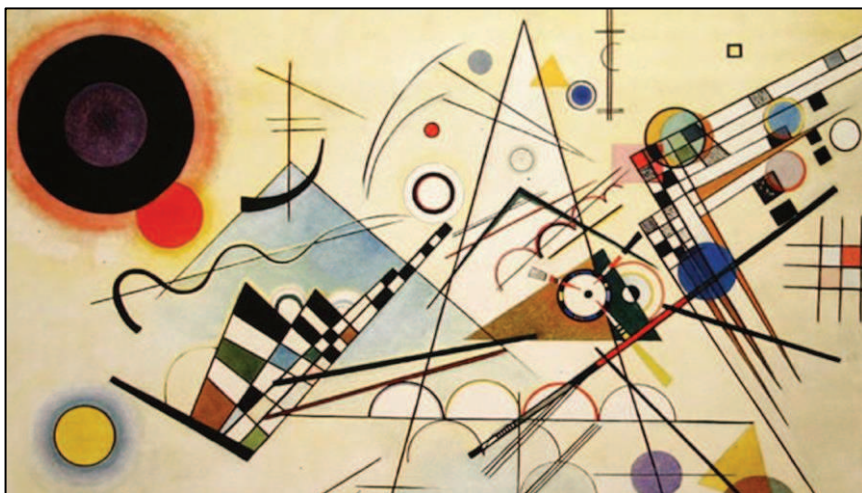


Figura 7. Composición VIII de Wassily Kandinsky. 1923. Abstracción lírica. Óleo sobre tela. Museo The Solomon Guggenheim, Nueva York.

Serán los surrealistas, únicamente, los que continuarán haciendo referencia a la cuarta dimensión, como un acto de rebeldía y reivindicación de lo absurdo y entre ellos especialmente Salvador Dalí, que llegaría a pintar un tesseract⁶⁰ o hipercubo (cubo de cuatro dimensiones) proyectado en su famoso Corpus Hypercubus (Fig. 8), pintado en 1954 con la intención de crear la imagen de un Cristo de dimensión superior, siendo proyectado como hombre en la Tierra.

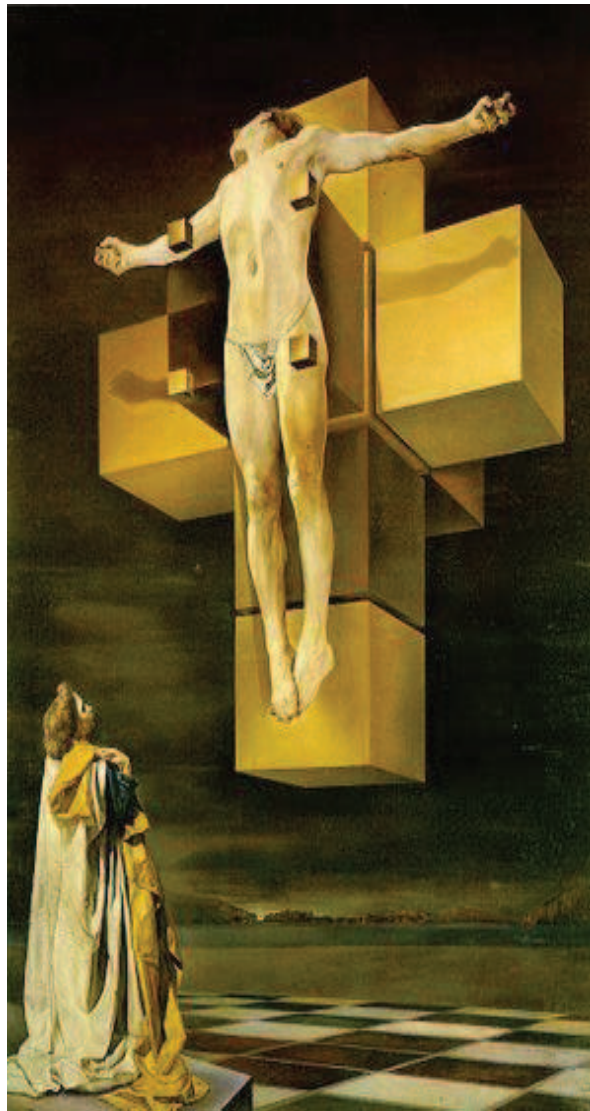


Figura 8: Corpus Hypercubicus. Salvador Dalí. Cubismo. Óleo sobre lienzo. 1954. Museo Metropolitano de Arte de Nueva York

⁶⁰ Tesseract es el análogo en cuatro dimensiones del cubo. Consta de ocho celdas cúbicas. Es un de los seis politopos regulares convexos de 4 dimensiones. Guarda con el cubo una relación igual a la que el cubo guarda respecto al cuadrado

Capítulo VIII

Ciencia, caos, arte

La inmovilidad es una ilusión, un espejismo del movimiento; pero el movimiento, por su parte, es otra ilusión, la proyección de Lo Mismo que se reitera en cada uno de sus cambios y que, así, sin cesar reitera su cambiante pregunta —siempre la misma.

Octavio Paz, El arco y la lira (1967)

En 1854 Bernhard Riemann se ocupó de la cuarta dimensión, en una de sus conferencias en la Universidad de Göttingen, donde hizo trizas una de las hipótesis fundamentales en las que estaba basada la geometría, nuestra noción del espacio. Allí afirmó que esta dimensión superior es un espacio matemático imposible de concebir precisamente porque no corresponde a la experiencia cotidiana, pero demostró que puede representarse con mucha precisión de manera algebraica sin tener siquiera que imaginársela.

Riemann concluyó que, si somos capaces de concebir una variedad de espacios diferentes, es porque en realidad nuestro concepto de espacio no es intuitivo sino empírico, basado en lo que nos dicen los sentidos.

Más adelante, Poincaré había propuesto una paradoja planteando que

“Los seres cuyas mentes fueron hechas como las nuestras, y con sentidos como los nuestros, pero sin cualquier educación preliminar, pueden recibir -de un mundo externo adecuadamente escogido- impresiones que los llevarían a construir una geometría distinta a la de Euclides, y a localizar los fenómenos de este mundo externo en un espacio no euclidiano, o incluso en un espacio de cuatro dimensiones” (Poincaré, 1905, p. 38)

Los pensamientos matemáticos descriptos, no solo indican que la cuarta dimensión se refiere al tiempo como otra magnitud junto con la longitud, el ancho y la profundidad; sino al continuo espacio-tiempo. Inclusive para algunos, la cuarta dimensión trasciende las ciencias, llegando a ser algo espiritual o metafísico.

Los artistas intentaron aplicar dichas interpretaciones lo cual les permitió trabajar de una manera más libre, rompiendo ataduras y corsés normativos, para ahondar en una nueva sistematización representativa. En sus propuestas experimentales incursionaron en la percepción simultánea -bajo un contexto espacial y no tanto temporal-, de las interconexiones

volumétricas y la sensación liberalizadora de transgredir el espacio tradicional sustentado en la metodología euclidiana y prospectiva.

En todas las manifestaciones subyace lo estético y lo sensible, mostrando su capacidad de hacer pensar y de sorprender con lo que no se ha dicho expresamente, situándose en la inminencia, como lo dice García Canclini (2009), entendiéndose por inminencia aquello que “está en suspenso” o “hechos como acontecimientos que están a punto de ser”, proponiendo relatos alternativos fuera de los ejes hegemónicos.

Se podría traducir como una reconfiguración de lo perceptible, lo pensable, lo inteligible. Esto implica un posicionamiento que tiene efectos, que afecta.

Si se toman obras artísticas de un escritor, escultor o pintor como punto de partida para una reflexión analítica sobre la conexión entre ciencia y arte -como forma de construcción y valoración del conocimiento propios del ser humano- se hallarán analogías y complementariedad no solo en sus procesos de producción, sino también en el conocimiento que construyen. Se reúnen, de ese modo, una variedad de ideas-modos-hilos que van tejiendo una trama con un mismo fin: expresar, conceptualizar y transmitir una idea.

Por lo dicho, la multiplicidad de factores interrelacionados característicos del conocimiento científico se halla también en la creación artística; pero esta similitud no es la única ni la central, ya que ambas necesitan de un marco para exteriorizarse a partir del cual se analiza el efecto que ejercen.

Roald Hoffmann⁶¹, premio Nobel de Química en 1981, siempre se ha caracterizado por proponer a sus jóvenes estudiantes y ahora a los que asisten a sus presentaciones como divulgador científico, integrar la química y el arte, formas de creación que han marcado su vida. En su conferencia en el Festival Internacional Cervantino que en la edición de 2015 tuvo

⁶¹ Roald Hoffmann poeta, científico y autor teatral. Egresado de la Universidad de Harvard, junto a Robert Woodward elaboró la teoría de la conservación de la simetría orbital -que aun se estudia en las facultades-, concepto clave para que le otorgaran el Nobel de Química “por extender el ámbito de la aplicación del cálculo mecánico-cuántico simplificado a las moléculas orgánicas.

como eje principal “La ciencia del arte. El arte de la ciencia”, habló de la creación de la Tabla Periódica de los elementos químicos y propuso observar el manuscrito de Dimitri Mendeléyev (Fig. 9) del primer ordenamiento por él presentado donde se pueden observar tachones, anotaciones en los márgenes, reescrituras y huecos; huecos que invitaban a pensar en otras formas, a volver a tachar, a corregir, a imaginar y a completar el mapa de esas estructuras de la naturaleza. El proceso es tentativo y se acerca gradualmente hacia una simetría que lo llama.

Casi en simultáneo, propone visualizar el manuscrito de Williams Blake de su famoso poema “Tiger” (Fig. 10) en el que también se pueden ver palabras borradas, palabras superpuestas, palabras tachadas. Esto da testimonio de la manera en que se fue decantando el proceso creativo hacia tomar la forma final del poema citado.

Por lo tanto, concluye Hoffmann, los procesos creativos comparados muestran gran similitud.

La lección es clara: tanto en la ciencia como en el arte, la mente vacila, titubea, experimenta dudas, se mueve en aproximaciones sucesivas hasta que resplandece en algo cercano a la estructura intuida o deseada. Es una búsqueda, un andar a tientas que, sin embargo, arroja luces, describe la aventura del espíritu humano, el temblor y la grandeza de nuestra inteligencia y creatividad.

Para Hoffmann la química es un medio de mantener despierta la capacidad de asombro ante la vida. Su notable trabajo en la investigación científica se complementa con la exploración del mundo que brinda el arte. Hoffmann sabe que es puente entre distintos territorios del saber, conoce los límites y las posibilidades de la ciencia y el arte.

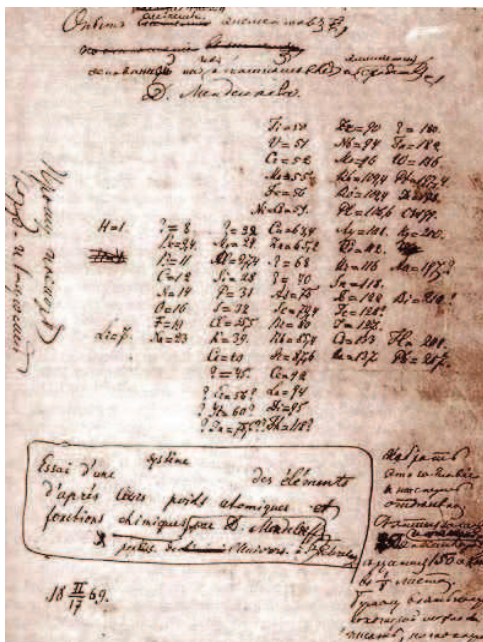


Figura 9. Manuscrito de Dmitri Mendeléeev de su Tabla Periódica, Museo Mendeléeev de San Petersburgo

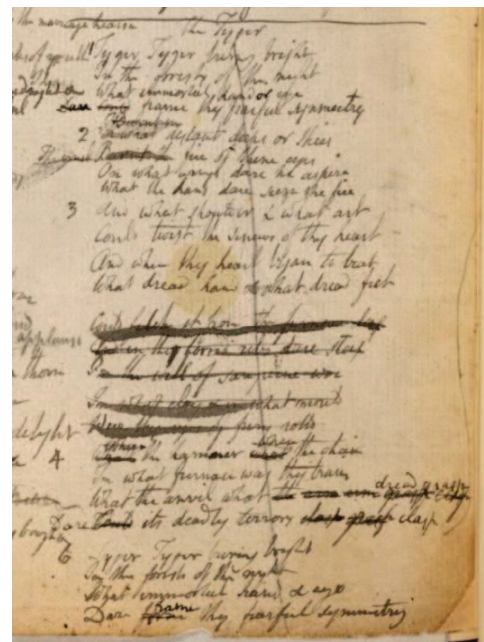


Figura 10. Manuscrito de William Blake del poema Tiger, versión digital del cuaderno de Blake, Biblioteca Británica

Quizá sea el momento oportuno para expresar que se equivocan aquellos que dicen que arte y ciencia nada tienen que ver, pero también se equivocan los que plantean que el arte y la ciencia son lo mismo. Enfrentar estas dos grandes formas de construcción del conocimiento interesa tanto por lo que comparten como por lo que difieren. La intersección no puede ser más fértil.

La grandeza de la ciencia está en que un científico puede llegar a comprender sin necesidad de intuir y la grandeza del artista, en que puede llegar a intuir sin necesidad de comprender.

Químicos y físicos comprenden el comportamiento cuántico de una partícula porque lo anticipan usando la ecuación de Schrödinger⁶² pero no lo intuyen porque sus sentidos no han experimentado nunca nada similar.

⁶² Erwin Schrödinger, en 1927, propuso que cualquier electrón o partícula que posea propiedades ondulatorias puede ser descrito mediante una función, representada por la letra griega psi, ψ , llamada función de onda o estado y contiene toda la información que es posible conocer sobre ese sistema cuántico. La ecuación de

Nuestra mente no puede alimentarse de experiencias cuánticas directas. Por la misma razón podemos comprender mundos de dimensión superior, pero no podemos intuirlos.

No hay intuición⁶³ cuántica porque no hay observadores cuánticos, no existe -hasta hoy- la experiencia cuántica, ya que la misma plantea la posibilidad de que las partículas estén simultáneamente en varios lugares; si se toma el ejemplo de una supuesta “moneda cuántica”, la misma podría estar cara o cruz en el mismo momento. Esta posibilidad exige su aceptación por parte de los científicos a la hora de explicar la realidad cuántica de “cómo se mueven las partículas”.

Esta problemática no admite la posibilidad de predecir cómo caerá la “moneda cuántica”, no hay una variable oculta que, develada, permita una predicción, por tanto, implica la existencia de un azar intrínseco que desde la ciencia debe ser reconocido.

Este planteo no resuelto hace que, desde la filosofía de las ciencias, desde la fisicoquímica y desde la física misma -más allá de la aceptación de la premisa anterior-, sea prácticamente intolerable, y por ello se diga que la teoría cuántica es incompleta.

De esta manera, lo cuántico y su azar intrínseco, lleva a pensar en universos paralelos, universos alejados de lo intuitivo.

Pero en física quizá no sea tan importante que la intuición (educada en un mundo) se sienta cómoda (en un mundo distinto inaccesible a nuestros sentidos). No solamente ocurre esto con la física cuántica, sino también con la física relativista. El criterio global estético que compensa el carácter no intuitivo del principio de relatividad de Einstein se podría resumir en la expresión: “La ciencia no puede depender de quien la mira”.

Schrödinger, en su versión resumida, es: $H\psi = E\psi$, es una diferencial cuya solución da la función de onda de un sistema y su energía. El significado físico de la función de onda está relacionado con la probabilidad de encontrar una partícula (como el electrón) en una determinada zona del espacio.

⁶³ Entendemos por intuición la capacidad de comprender que emana de los datos que nos regalan los cinco sentidos directamente de la experiencia del mundo.

Retomando la incompletitud de la teoría cuántica, en 1957 se postula como solución a ese azar intrínseco de lo cuántico que en cada observación o medición que se realice, el universo se replicará en tantas copias como alternativas haya. En el ejemplo de la “moneda cuántica” podríamos decir que es la misma moneda con distintas identidades, es decir, replicada en diferentes universos, los cuales comienzan a propagarse paralelamente en simultáneo.

Jorge Luis Borges en 1942 en su cuento “El jardín de senderos que se bifurcan” narra la misma idea diciendo que en cada decisión, el universo se replica y ramifica, cuando en uno de los diálogos entre Yu Tsun y Stephen Albert, su protagonista dice:

“[...] Me detuve, como es natural, en la frase: Dejo a los varios porvenires (no a todos) mi jardín de senderos que se bifurcan. Casi en el acto comprendí; el jardín de senderos que se bifurcan era la novela caótica; la frase varios porvenires (no a todos) me sugirió la imagen de la bifurcación en el tiempo, no en el espacio. La relectura general de la obra confirmó esa teoría. En todas las ficciones, cada vez que un hombre se enfrenta con diversas alternativas opta por una y elimina las otras; en la del casi inextricable Ts’ui Pên, opta -simultáneamente- por todas. Crea, así, diversos porvenires, diversos tiempos, que también proliferan y se bifurcan. [...]” (Borges, 1942).

En estos pasajes se postulan la existencia de un laberinto temporal, de realidades simultáneas, la replicación de universos, anticipando lo propuesto por Hugh Everett⁶⁴ en su *paper* de 1957, donde efectivamente se usa la palabra ramificación.

Los desafíos que presenta la teoría cuántica, y muchas otras, tienen un límite ante el lenguaje, por lo cual la literatura en el caso de Borges o la metáfora en el caso del *paper* sería la vía de comunicación más usada.

⁶⁴ Hugh Everett, físico estadounidense, elaboró la interpretación de los muchos mundos de la mecánica cuántica, en la que los efectos cuánticos llenan innumerables ramas del universo con eventos diferentes en cada rama. Por extraña que parezca la hipótesis, Everett se basó en las matemáticas fundamentales de la mecánica cuántica. Ello no impidió que la rechazaran la mayoría de los físicos de la época. Hubo de abreviar su tesis doctoral para limar discrepancias, y su versión final fue publicada en *Reviews of Modern Physics* en 1957. Sin embargo, Everett no quedó conforme con el artículo final.

En este sentido, Werner Heisenberg -físico alemán pionero de la física cuántica-, expresa: “Luz y materia son ambas entidades individuales y la aparente dualidad emerge de las limitaciones de nuestro lenguaje”⁶⁵. El hecho de que se hable de fenómenos que no se corresponden a la intuición -pero que la matemática respalda-, hace que el lenguaje usado en ámbitos científicos sea de aproximación a una realidad para la cual no se tienen palabras.

Sin embargo, Richard Feynman -para quien la ciencia nos enseña que la imaginación de la naturaleza supera a la del hombre- en su ensayo “El valor de la ciencia”, se lamenta de que los poetas no intentan retratar la imagen presente del universo y los convoca a cantar los valores de la ciencia.

Aquí pensamos que es necesario señalar que el uso de la metáfora como recurso, establece una conexión valiosa, entre ámbitos a *prima facie* ajenos entre sí. Esto produce un efecto heurístico que aporta a la construcción de conocimiento en ámbitos diversos unidos por el mecanismo semiótico que permite comprender aquello que se presenta como indómito o inasible. Podríamos afirmar que existe una eficacia pragmática al hablar de lo abstracto a través de lo familiar, es decir, la metáfora se constituye en un medio pedagógico que invita a inteligir en un ámbito de comunicación.

Siguiendo el pensamiento de Heisenberg, para él, la física no consiste solo en experimentos y formulismos matemáticos, puesto que necesita una interpretación filosófica que enlace ambos ámbitos y así ayude a entender el mundo que percibimos. Heisenberg no podía aceptar que se renunciara a la búsqueda de esta interpretación filosófica por el hecho de que dicha interpretación no pudiera expresarse con absoluta claridad.

⁶⁵ Esta cita aparece en la introducción de su obra “The Physical Principles of the Quantum Theory”, donde expone el detalle de una nueva física con un rigor matemático casi dictatorial, despojado, según cierto consenso, de todo contenido estético.

Se podría afirmar entonces que la razón por la que Borges es el escritor más citado por científicos recae en el hecho de poseer un dominio superlativo del lenguaje y que la literatura o la poesía es una de las ramas del arte que intenta expresar lo inexpresable.

La confluencia entre lo sensible y lo inteligible solo se hace posible cuando la imaginación desdibuja los límites entre la ciencia, la filosofía y el arte, y se concibe un pensamiento y una búsqueda únicos.

Pierre Francastel⁶⁶ ha contribuido a este dilema planteando que “tanto la ciencia como el arte pueden ser entendidos como dos modos de pensamiento humano con esquemas irreductibles el uno al otro, pero en los cuales es posible encontrar momentos de mayor complementariedad generando circuitos de transmisión y préstamo de sus respectivos imaginarios para una representación del universo circundante” (Francastel, 1988, p. 1253).

Otro ejemplo es el caso de Oscar Reutersvärd⁶⁷, artista gráfico que creó más de 2500 figuras imposibles, dibujadas en el plano de sus lienzos, pero irreales en tres dimensiones, desafiando la intuición (Fig. 11 y 12).

Es la idea de los objetos imposibles que cautivó al gran físico y matemático Roger Penrose y al que tanto debe el célebre Maurits Cornelis Escher, el artista que finalmente ha quedado en la historia como padre de la idea

⁶⁶ Pierre Francastel (París, 1900 - id., 1970) Historiador y crítico de arte francés. Fue profesor de la Universidad de Estrasburgo y de la Sorbona de París, donde enseñó sociología del arte. Estudió el arte francés e italiano, en especial la época moderna. Está considerado como uno de los fundadores de la sociología del arte y una gran figura de la Historia del arte del siglo XX.

⁶⁷ Oscar Reutersvärd, nació en 1915 en Estocolmo, Suecia. Artista, profesor de Historia y Teoría del Arte en las universidades suecas de Estocolmo y Lund. Su último libro, versó sobre las figuras 'imposibles' que construyó y fueron su preocupación desde sus años escolares y por las cuales fue conocido internacionalmente. Son figuras construidas bajo distintas formas produciendo ilusiones ópticas que dan lugar a diferentes y contradictorias impresiones en quien las mira. Llenaba de figuras los márgenes de los libros. Uno de sus pasatiempos preferido era dibujar estrellas de varias puntas lo más regulares posible. En 1958, leyó un artículo de R. Penrose sobre las figuras imposibles. Para entonces, él ya había creado más de cien, pero con la inspiración de ese artículo continuó su trabajo hasta llegar a más de dos mil quinientas figuras.

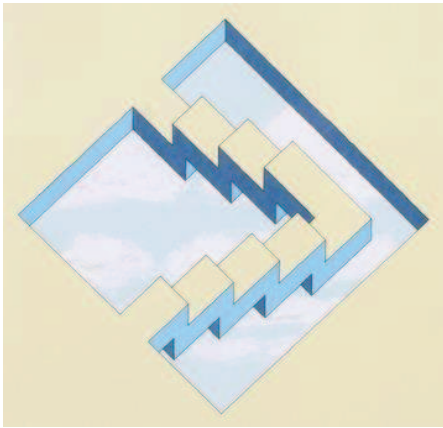


Figura 11. Obra de Oscar Reutersvärd, perteneciente a los grabados de figuras imposibles.

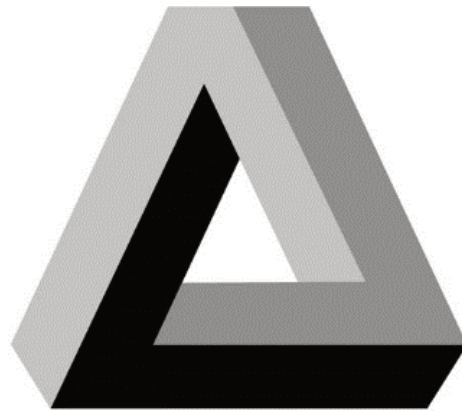


Figura 12. Triángulo de Penrose. Obra de Oscar Reutersvärd. 1934. Redescubierto en 1950, y descrito como "imposibilidad en su forma más pura".



Figura 13. Maurits Cornelis Escher "División regular del plano II" 1957 Xilografía en rojo 24x18 cm. The Escher Funsation Collection All M.C Escher work

Si se recorren algunos paisajes escherianos se hallarán plasmados también en ellos, temas y conceptos que Jorge Luis Borges ha sondeado en su literatura como, por ejemplo, los laberintos, la circularidad, los mundos paralelos, el infinito, entre otros.

Una de las obras de las que Escher estaba muy orgulloso, aunque no es de las más conocidas, es “*Galería de grabados*” (Fig. 14).



Figura 14: Maurits Cornelis Escher “Galería de grabados”
1951-1956 Litografía. The Escher Funsation Collection.

En el grabado, Escher hace uso del llamado Efecto Droste que consiste en un efecto visual de *loop*, es decir, una imagen que incluye dentro de ella una versión de menor tamaño de sí misma, la que a su vez incluye en un lugar similar una versión aún más pequeña de sí misma, y así sucesivamente en una infinita repetición de sí mismo y su entorno.

Este sistema de reproducción geométrica es, a su vez, la piedra angular de la geometría fractal⁶⁸ (Cripiens, 2012⁶⁹)

⁶⁸ La palabra “fractal” proviene del latín *fractus*, que significa “fragmentado”, “fracturado”, “quebrado”, apropiado para objetos de dimensión es fraccionaria. El término acuñado por Benoît Mandelbrot en 1977 aparece en su libro “The Fractal Geometry of Nature”. Al estudio de los objetos fractales se le conoce como geometría fractal. Un fractal es un conjunto matemático con autosimilitud a cualquier escala, cuya dimensión no es entera.

⁶⁹ Cripiens: La magia de Escher: Efecto Droste/Escher
https://www.youtube.com/watch?v=k8_b7uYg8uc&t=2s

Creemos pertinente, en este momento, desarrollar ciertos conceptos que hacen a la comprensión de la llamada geometría fractal, haciendo referencia a lo expuesto por la Dra. Marilina Carena en el Seminario a su cargo en el marco del Doctorado en Sentidos, Teorías y Prácticas de la Educación (FHUC, UNL, 2019).

La geometría fractal se ocupa de explicar de una manera bastante precisa las “irregularidades” de la naturaleza y descubrir cómo surgieron formas y estructuras tan diversas y complejas que encontramos en ella.

La geometría fractal, una teoría matemática moderna que se aparta radicalmente de la geometría euclidiana tradicional, describe objetos geométricos que son autosemejantes o simétricos en escala. Esto significa que, cuando se amplifican tales objetos, sus partes guardan una semejanza exacta con el todo, prolongándose la similitud con las partes de las partes y así hasta el infinito, manteniendo en cualquier escala un contorno rugoso y mellado.

Esta rama de la geometría ha generado su propio lenguaje permeando campos increíblemente diversos de las ciencias naturales y sociales, incluso ha hecho de las matemáticas un instrumento novedoso para las artes.

Muchas estructuras naturales con una aparente complejidad (tales como nubes, montañas, costas marinas, fallas tectónicas, sistemas vasculares, superficies fracturadas de distintos materiales, etc.), están caracterizadas por una invariancia de escala geométrica cuya dimensión fractal provee una adecuada descripción matemática del fenómeno en cuestión. Sin embargo, debemos aclarar que

“Los fractales naturales no son exactamente autosemejantes, sino tan sólo al azar, en forma estadística o estocástica⁷⁰. Existen límites inferiores y superiores para el rango de escalas en las cuales estos objetos son verdaderamente fractales. Por debajo y por

⁷⁰ Una forma o un proceso estocástico es aquel que no se puede predecir y que presenta movimiento al azar. En la teoría de la probabilidad, es un concepto matemático que sirve para representar magnitudes aleatorias que varían con el tiempo o para caracterizar una sucesión de variables aleatorias (estocásticas) que evolucionan en función de otra variable, generalmente el tiempo.

encima de este rango, las formas son rugosas (pero no autosemejantes) o suaves; en otras palabras, convencionalmente euclidianas” (Spinadel, 2003, p. 86).

Es preciso aclarar que sean fractales naturales o geométricos, todos ellos poseen dimensiones fraccionarias, es decir no enteras. Por lo tanto, la dimensión fractal la podríamos traducir como una medida de la irregularidad.

La propiedad de la autosimilitud de los fractales puede ser exacta, aproximada o estadística. Las dos primeras se rigen por procesos determinísticos, mientras que la autosimilitud estadística se genera mediante procesos estocásticos dando origen a los fractales aleatorios, como por ejemplo el movimiento browniano⁷¹. Este paseo de las partículas librado al azar origina un proceso llamado agregación por difusión limitada (ADL) en el cual las partículas se aglomeran para formar agregados, de manera que cuando una partícula entra en contacto con el cúmulo, queda adherida a él.

El ADL permite reproducir el crecimiento de algunas entidades vegetales como musgos, algas o líquenes (Fig. 15) y de procesos químicos tales como electrodeposiciones⁷² de metales o cristalización de ciertos compuestos (Fig. 16 a, b, c, d).



Figura 15: Crecimiento de líquenes en forma de árbol browniano

⁷¹ El movimiento browniano hace referencia al movimiento de partículas microscópicas que se hallan en un medio fluido, que experimentan un movimiento aleatorio debido a fluctuaciones térmicas, fenómeno observado por primera vez en 1827 por Robert Brown y descrito formalmente en 1905 por Albert Einstein.

⁷² La electrodeposición es un proceso por el cual los cationes metálicos en una solución se reducen en el electrodo conectado al terminal negativo de una fuente de alimentación. En este proceso se generan estructuras metálicas autosemejantes: <https://www.envisioningchemistry.com/electrodeposition>

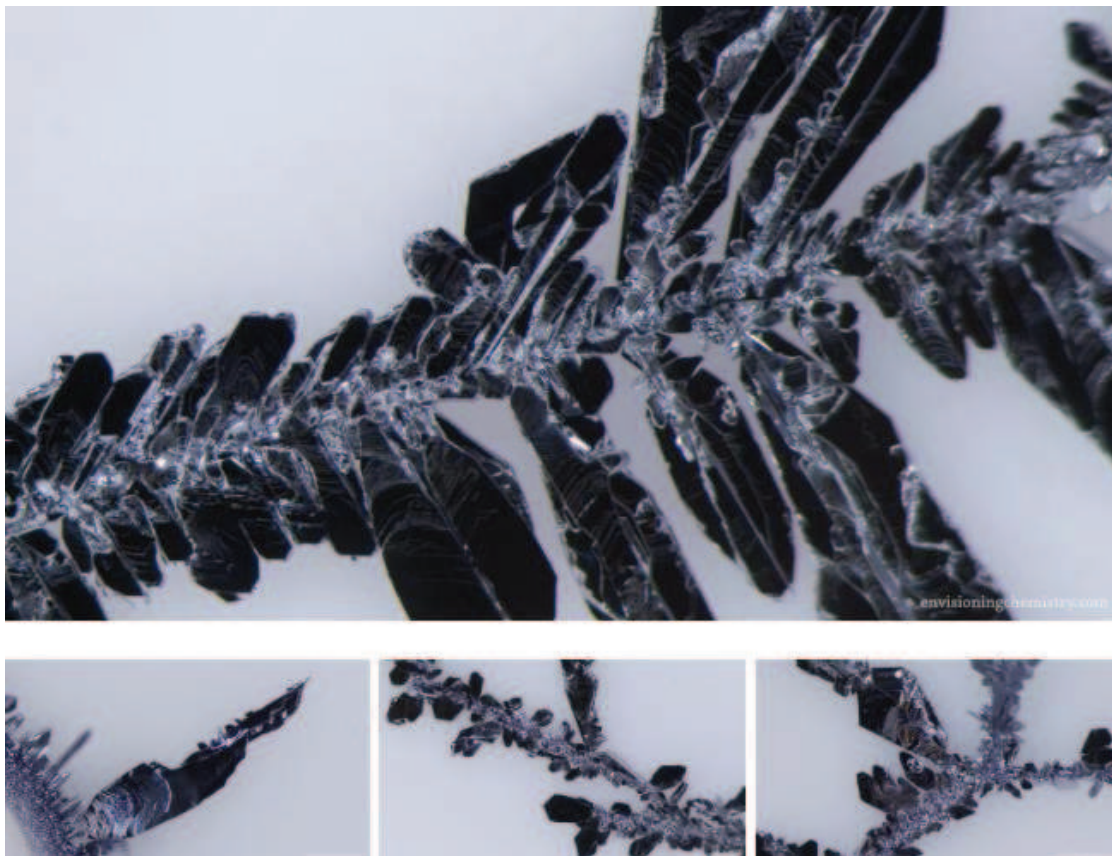


Figura 16 a: Deposición de plomo (Pb). Imágenes microscópicas. Beauty of Science y Chinese Chemical Society Xinzhi Digital Media

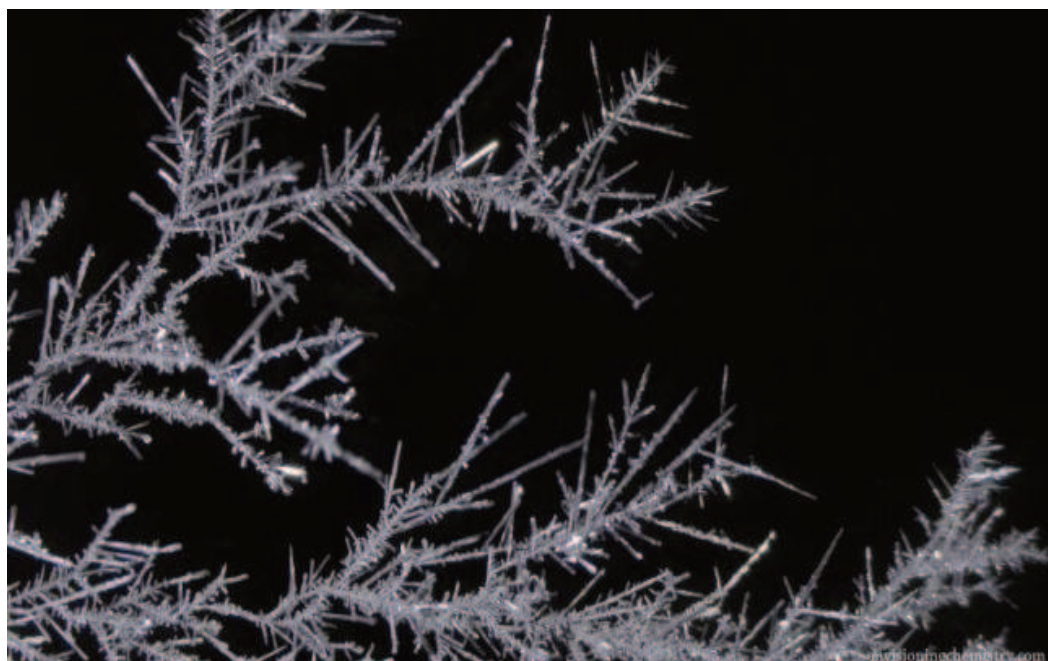


Figura 16 b: crecimiento de cristales de plata (Ag). Imágenes microscópicas. Beauty of Science y Chinese Chemical Society Xinzhi Digital Media

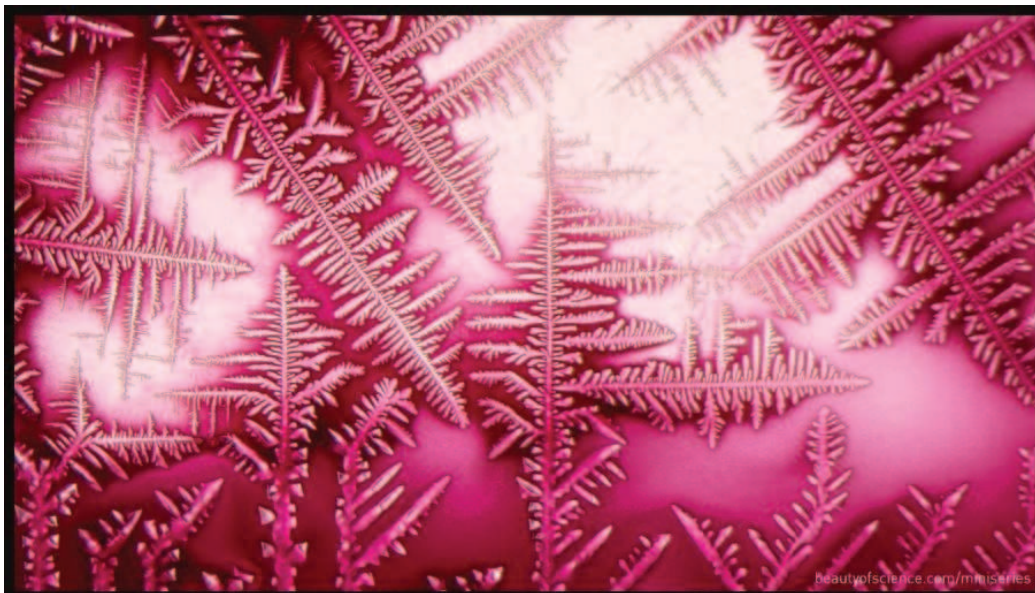


Figura 16 c: Cristales de Cloruro de amonio (NH_4Cl) en tonalidades rojas. Imágenes microscópicas. Beauty of Science y Chinese Chemical Society Xinzhi Digital Media



Figura 16 d: Cristales de Cloruro de amonio (NH_4Cl) en diferentes colores. Imágenes microscópicas. Beauty of Science y Chinese Chemical Society Xinzhi Digital Media

Ahora bien, siguiendo con el análisis de estructuras autosemejantes, se ha dicho que la música de Johann Sebastian Bach está más cerca de la perfección matemática que ninguna otra y es posible encontrar en su obra, particularmente en las fugas, fusiones con algunos de los conjuntos del matemático francés Benoit Mandelbrot⁷³, los cuales se iteran de manera autosemejante hasta el infinito.

Según el músico Harlan J. Brothers⁷⁴, el fraseo musical en la composición Cello Suite N° 3 de Bach, contiene una estructura fractal. La autosimilitud de la suite se refleja en que los patrones de notas cortas y largas reaparecen como patrones de frases a una escala mayor (Jos Leys. (2009)⁷⁵.

Según Brothers, la obra refleja una visualización de un fractal del conjunto de Cantor⁷⁶, el cual fue descrito por Georg Cantor en 1883, casi un siglo antes de que Mandelbrot introdujera el concepto de fractales.

El interés en las matemáticas, la representación de la cuarta dimensión, la teoría del caos, y la flecha del tiempo, han sido motivo de estudio e inspiración para artistas de todas las épocas. En tal sentido, hemos dado ejemplos de pintores, dibujantes, músicos, compositores que utilizaron y utilizan las nombradas teorías y principios científicos dejándose llevar a sitios inesperados para crear sus obras, y en ese camino se acercan a ellas como a un descubrimiento.

⁷³ Benoit Mandelbrot. Matemático francés de origen polaco. Su familia emigró a Francia en 1936. Su pasión por las matemáticas lo lleva a orientarse hacia los trabajos de G. Julia sobre las iteraciones sobre el plano complejo. Tras familiarizarse con otras disciplinas científicas, como la física o la biología, Mandelbrot desarrolló la teoría de los fractales, formas geométricas complejas caracterizadas por la autosemejanza y capaces de describir aquellos fenómenos espaciales no uniformes para los que las formas geométricas euclídeas habituales resultan insuficientes. El ulterior desarrollo de la geometría fractal ha generado resultados susceptibles de encontrar aplicación en campos tan diversos como los de la mecánica estadística o la infografía.

⁷⁴ Harlan J. Brothers, matemático, crítico y compositor contemporáneo de música fractal. Educador con sede en Branford, Connecticut.

⁷⁵ Jos Leys: J.S. Bach - Crab Canon on a Möbius Strip
<https://www.youtube.com/watch?v=xUHQ2ybTejU&t=182s>

⁷⁶ El conjunto de Cantor es un conjunto fractal del intervalo de números reales [0,1]. En la actualidad se lo coloca entre los conjuntos fractales, pero, en el momento de su aparición, se le clasificó en la galería de monstruos matemáticos, era un conjunto paradójico, que no pasaba de ser un objeto matemático sinsentido y carente de aplicaciones en el mundo real.

Y en este proceso de búsqueda se equilibra el trabajo de un científico con el trabajo de un artista.

Hoy, los fractales generados por ordenador han permitido desarrollar modelos en los que a partir de estados iniciales aparentemente caóticos observamos que estos despliegan una tendencia a evolucionar hacia una determinada estructura ordenada.

Cada vez más la teoría del caos muestra aplicaciones en distintas áreas no solo las relacionadas con las ciencias naturales como la fisicoquímica, la biología, sino también con las ciencias sociales tales como la economía y la sociología entre otras.

Una primera aproximación a la autoorganización de los fenómenos sociales es estudiar los sistemas naturales donde organismos simples, a partir de reglas sencillas, logran patrones de funcionamiento sumamente sofisticados y resultados extraordinarios, sobre todo porque no operan bajo la lógica de seguir órdenes, sino de la autoorganización, bajo un esquema en el cual el grupo entero se auto coordina.

Así ocurre con los enjambres de abejas, con el titilar sincronizado de las luciérnagas, con las hormigas, y un modelo muy estudiado es lo que ocurre con vuelo sincronizado de las aves⁷⁷. Estos ejemplos tienen la cualidad de permitir su modelización.

Por ello es frecuente que se busquen relaciones no solo con la geometría fractal - herramienta adecuada de algunos científicos para abordar el estudio de los fenómenos caóticos- sino también de comportamientos de otros seres vivos, dado que pueden darnos la clave para ver cómo es posible que surja orden a partir del caos.

El uso de modelos en las ciencias surge como un ineludible complemento para la comunicación y transmisión de ideas científicas, a fin de aportar a la comprensión de fenómenos, procesos, estructuras y sistemas naturales.

⁷⁷ Los sofisticados patrones de vuelo de las aves solamente tienen tres condiciones, cada una es consciente de la proximidad de la otra, vuelan a una distancia que les permita no chocarse entre ellas y todas lo hacen en la misma dirección. En esta situación vemos que, de un patrón con aparente desorden, las aves que constituyen la bandada -siguiendo solo esas tres reglas-, logran generar una inteligencia colectiva de vuelo.

Si retomamos el caso de la química, y en particular de sistemas constituidos por partículas discretas -nanopartículas, moléculas, materiales granulares, entre otros-, los modelos median como propulsores hacia la comprensión de sus procesos de acomodamientos espaciales.

Este tipo de partículas forman estructuras, también llamados arreglos o ensamblajes, de manera espontánea, como por ejemplo la estructura BCT⁷⁸ (del inglés Body Centered Tetragonal) o la estructura FCC⁷⁹ (del inglés Face Centered Cubic); ambos arreglos corresponden a cristales bastante comunes; sin embargo, también se pueden encontrar otro tipo de estructuras de mayor complejidad, entre las cuales se puede mencionar a la doble hélice del ADN.

Cuando se hace referencia a que este tipo de partículas se acomodan espontáneamente, se debe entender que se habla de un proceso de autoorganización, entendido como una formación autónoma de estructuras o patrones de numerosos componentes discretos que interactúan unos con otros.

Es necesario aclarar que las estructuras deben presentar una forma espacial ordenada y bien definida, donde cada una de las componentes toma lugar en ubicaciones específicas, establecidas en el medio al que están sujetas y con el que comparten una influencia mutua (interacción similar a la que hacíamos referencia en el vuelo de las aves).

Las imágenes que siguen (Fig. 17 a, b, c) son muestra de lo expuesto anteriormente.

⁷⁸ BCT Cristales que tienen una simetría tetragonal centrada en el cuerpo (Body Centered Tetragonal), y son resultado de un rápido enfriamiento a partir del estado de austenita (forma de ordenamiento específico de los átomos de hierro y carbono) cuando se forja el metal.

⁷⁹ FCC Estructura cristalina de átomos cúbica centrada en las caras, la celda unitaria consta de ocho átomos en las esquinas de un cubo y un átomo en el centro de cada una de las caras del cubo. En una disposición fcc, una celda unitaria contiene $(8 \text{ átomos de esquina} \times \frac{1}{8}) + (6 \text{ átomos de cara} \times \frac{1}{2}) = 4$ átomos cúbica centrada en las caras.

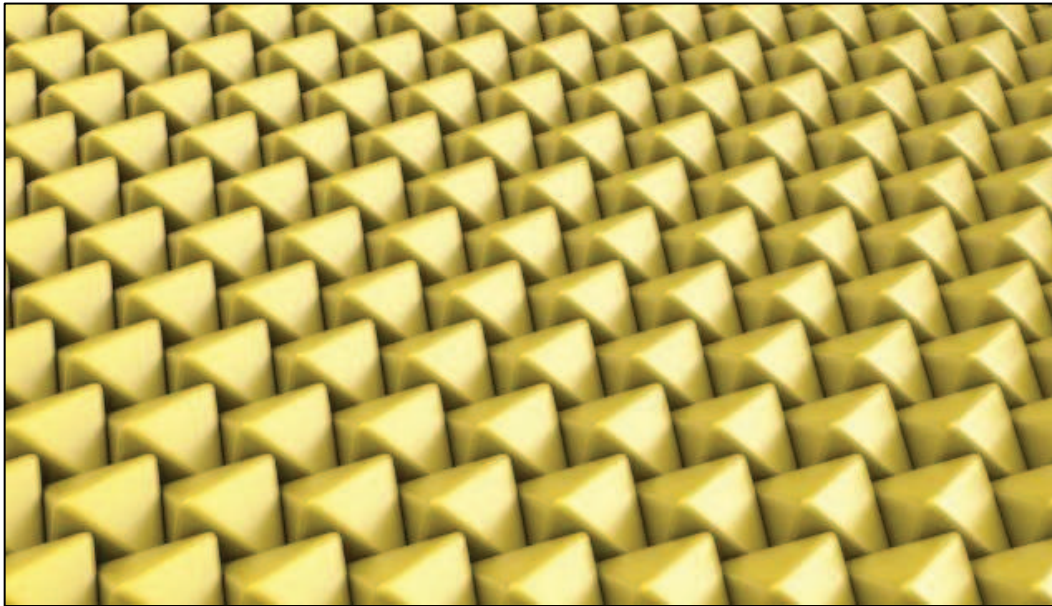


Figura 17 a: Embalaje más denso de nanopartículas octaédricas. *Nature Mater.* 11, 131 (2012)

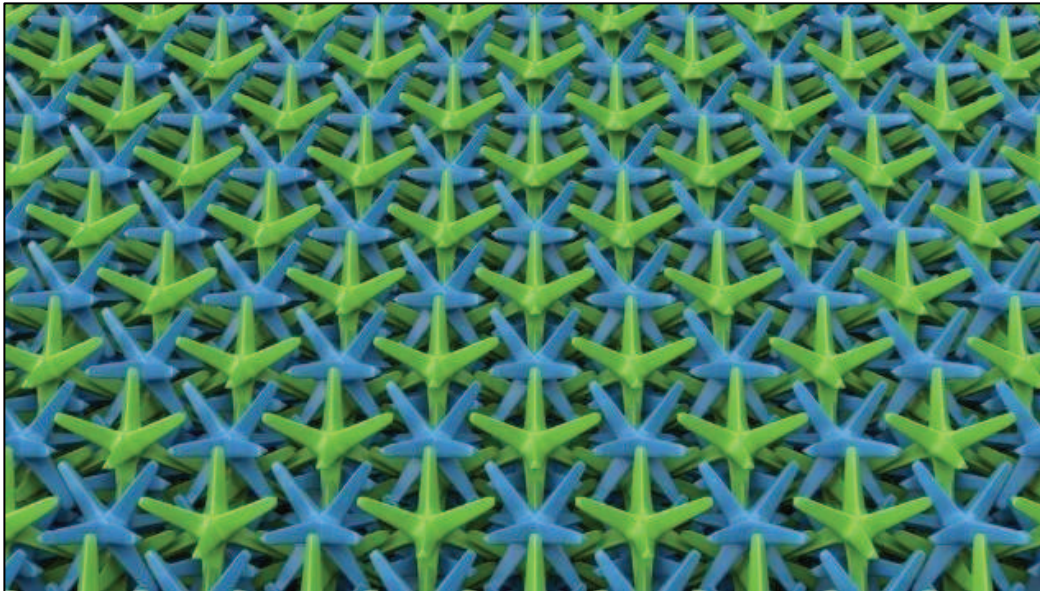


Figura 17 b: Autoensamblaje de nanopartículas en forma de octápodo, colores diferentes = orientaciones diferentes. *Nature Mater.* 10, 872 (2011)

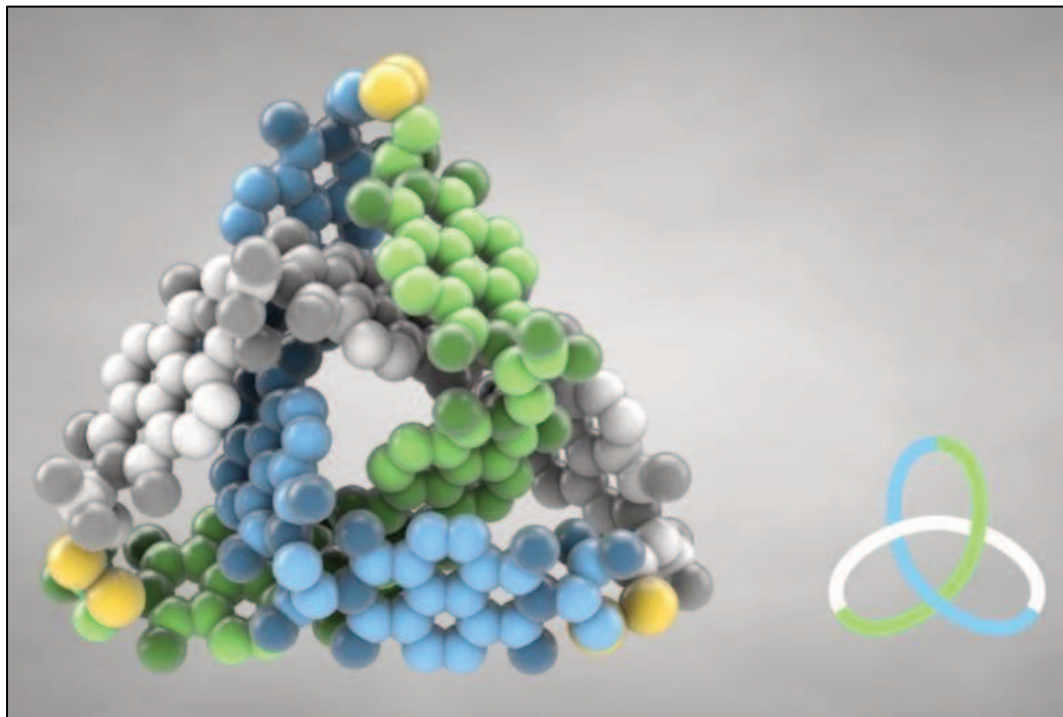


Figura 17 c: Nudo trébol molecular, amarillo = S, para cada parte, color claro = C, color oscuro = N / O, H no se muestra. Science 338, 783 (2012)

La construcción de modelos físicos es a menudo un acto creativo. Existen numerosos ejemplos diseñados cuidadosamente en los departamentos de ciencias. Las técnicas de modelado molecular constituyen métodos alternativos, a los utilizados tradicionalmente en química, para describir el comportamiento termodinámico de sistemas macroscópicos complejos.

Jacob Bronowski⁸⁰ (1973) propone que el arte moderno aparece a la par que la física y la química modernas pues comparten la misma búsqueda, la misma curiosidad a la hora de desentrañar la estructura oculta de la naturaleza. Se habla de un periodo de tiempo donde coincidirían Einstein, Picasso, Marie Curie, Juan Gris y Georges Braque. Artistas plásticos y científicos que van a comprometerse por igual en descubrir estructuras hasta entonces ocultas.

⁸⁰ Jacob Bronowski. (1908-1974) Matemático polaco de origen judío y nacionalizado británico. Uno de los más importantes divulgadores de la ciencia y, a la vez, en uno de los pocos representantes de un humanismo renacentista en pleno siglo XX. Fue también poeta, inventor, autor teatral, humanista y publicó un total de once libros.

Apollinaire (1913) uno de los principales teóricos del cubismo, en su libro “Les Peintres cubistes. Méditations esthétiques”, establece que la primera etapa del cubismo fue científica pues era en ese primer periodo cuando se deconstruye la realidad para analizarla siguiendo el conocimiento científico y dice: “El cubismo científico es una de las tendencias puras. Es el arte de pintar composiciones nuevas con elementos tomados no de la realidad de la visión, sino de la realidad del conocimiento” (Apollinaire, 1913, p. 24).

El núcleo del cubismo expresa la sustancia geométrica en la que se sustenta, ejemplos de ello son “Viaduc de L'Estaque” (Fig. 18) y “Maisons à L'Estaque” (Fig. 19), obras de Georges Braque, consideradas los primeros paisajes cubistas.



Figura 18: Braque, Georges (1882-1963) Viaduc de L'Estaque 1908. Óleo sobre lienzo color, 72.5 x 59 cms. Protocubismo. Paris, Museo Nacional de Arte Moderno. Centro Georges Pompidou.

Braque pintó paisajes en L'Estaque, población cercana a Marsella, en los veranos de 1908 y 1909, donde siguió experimentando con nuevas formas estructurales más geométricas; realizando una descomposición de las figuras y la naturaleza sin respetar la perspectiva, hasta entonces usada, dándole a sus obras diferentes encuadres.

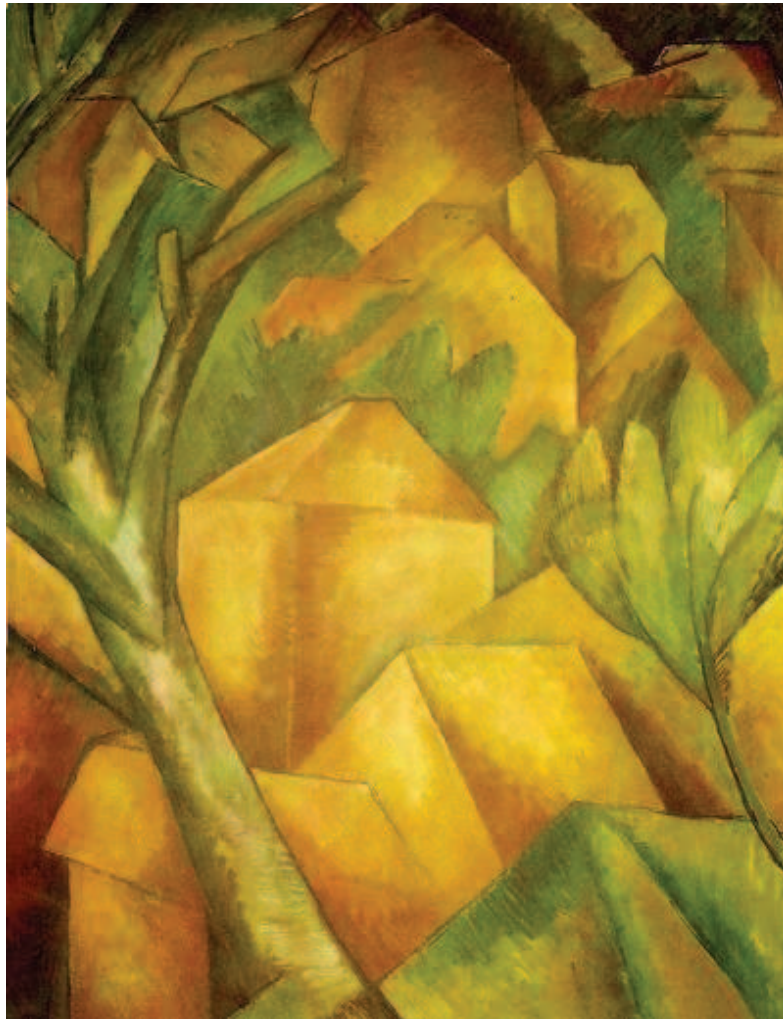


Figura 19. Braque, Georges (1882-1963) Maisons à L'Estaque 1908-1909. Serigrafía color, 41.5 x 34 cms. UNESCO 1965 Francia

En estos óleos, Braque descompone el paisaje en diferentes piezas, siguiendo los pasos del discurso científico, hasta conseguir la deseada expresión artística. El artista francés se inició en este estilo, inspirado en las familias de cristales

Los conceptos de cristal y orden cristalino han alimentado históricamente una actitud intelectual hacia la armonía y la belleza, que se percibe claramente en las artes plásticas -como en los grabados de Escher- en la arquitectura y la filosofía. El arte purista o el cubismo, así como los sueños arquitectónicos de Le Corbusier que dibujan el *skyline* de algunas metrópolis, también han sido inspirados por estructuras cristalinas.

Los cristales son estructuras fundamentalmente bellas, cautivadoras, sacuden nuestra sensibilidad estética, pero para poder apreciar su belleza, tenemos que acercarnos a ellas.

Hay quienes se motivan por el reto intelectual que representan y hay quienes se sienten paralizados ante el temor a no poder comprenderlas.

El reconocimiento del desorden entrópico como fenómeno contemporáneo, ha ido adquiriendo peso en las prácticas y teorías artísticas.

Para comprender la recurrencia del concepto en el ámbito del arte, desde un punto de vista de un artista en primera persona, resulta pertinente compartir los conceptos vertidos por Adrián Pérez Rubín, Dr. en Química, Investigador de CONICET, Profesor de la Facultad de Ingeniería Química (UNL), y en sus propias palabras artista plástico de arte abstracto, en un reciente intercambio de opiniones en relación a los entrecruzamientos entre ciencia y arte.

Para Pérez Rubín, el planteo sobre ¿cuáles son las cosas reales? ¿esto que percibimos, es solo una representación de la realidad? ¿es la realidad, tal cual es? ¿es la única? o ¿hay algo más?, es constante, no solo en su ámbito laboral, sino también en su actividad artística a modo de deconstrucción de esa realidad tan esquiva.

Manifiesta que estos cuestionamientos, filosófico y cuánticos a la vez, son más habituales de lo que se cree encontrarlos en personas que se dedican a las ciencias exactas y naturales, ya que tienen una sensibilidad y capacidad especiales de afectación hacia lo social, lo humano, lo sensible.

En su caso, como artista plástico, comenta que en su proceso creativo no solo está presente en la sensibilidad -a la que hicimos referencia-, sino también y en gran medida en su formación.

En sus obras aparecen estructuras tridimensionales, biológicas, células, estructuras químicas microscópicas, fractales. Sus conocimientos y su sensibilidad fluyen, de alguna manera se entrelazan, se entraman y se plasman en los lienzos. De esta manera, en un lenguaje artístico que no intenta ser ni exacto ni preciso ni objetivo, deja ver en cierta medida su realidad, la realidad.

En este punto es preciso señalar que el Dr. Pérez Rubín, se identifica con el arte abstracto, más precisamente con el expresionismo abstracto. De la mano de Mark Rothko, Clyfford Still, Joan Mitchell, Jackson Pollock, recorre el camino de las “no reglas” que caracteriza este movimiento artístico.

Se vuelve muy interesante la forma en que refiere su trabajo:

“Si tuviera que describir mi obra, diría que soy muy espectral, muy fractal, uso mucho las formas; uso el color, no solo como recurso visual sino también como vehículo de mis estados de ánimo; hago superposiciones; dibujo o pinto formas efímeras que pueden convertirse en patrones, que si surgen lo hacen siempre de manera intuitiva; pueden tener simetría, y sin duda alcanzan su máxima entropía cuando creo terminarlas, tienen una arista termodinámica muy importante” (Pérez Rubín, 2020).



Figura 20. Pérez Rubín, A. Sin título. Julio 20, 2019
Técnica dripping sobre acrílico sobre tela.



Figura 21. Pérez Rubín, A. "Solar plexus".
Agosto 19, 2020 Técnica acrílico sobre tela

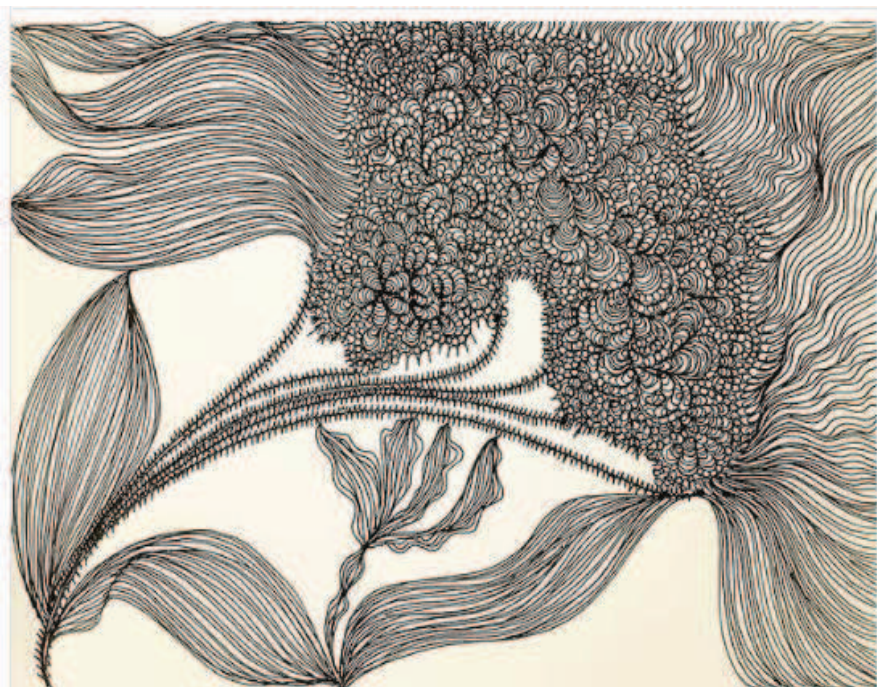


Figura 22. Pérez Rubín, A. "Fleur du mal".
Agosto 13, 2018. Técnica tinta sobre papel.

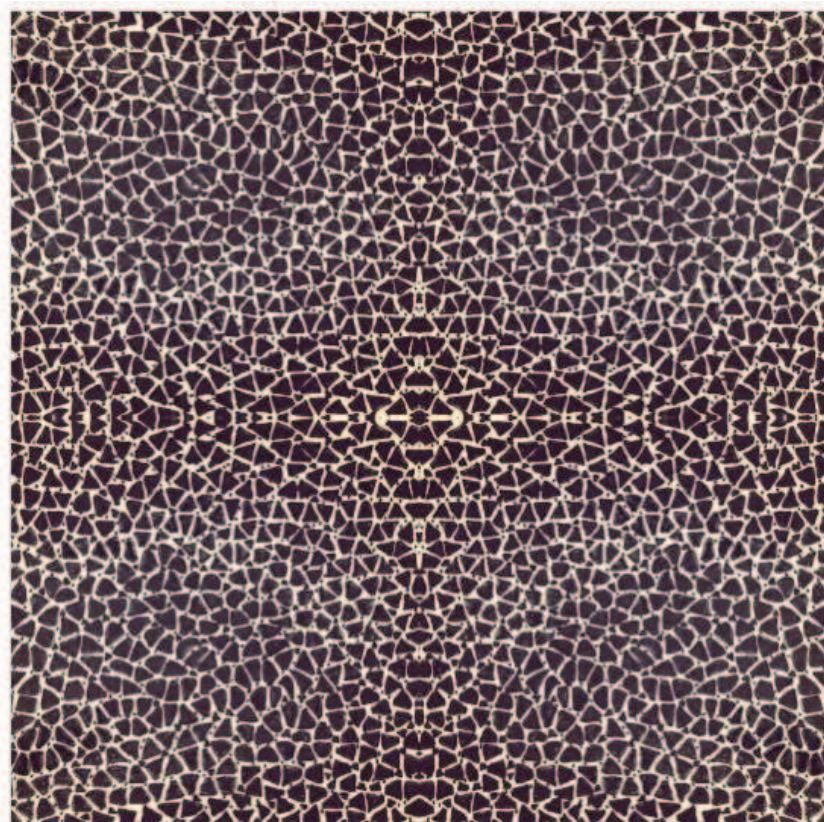


Figura 23. Pérez Rubín, A. "disarm"
Junio 5, 2018. Técnica acrílico sobre tela.



Figura 18: Pérez Rubín, A. "Games". Enero 12, 2020
Técnica efímera, papel cortado sobre acrílico sobre tela.

Además, relata que las sensaciones de búsqueda, pasión y satisfacción son comparables tanto en contextos de investigación profesional como en los de producción artística, cada uno con instrumentos propios, participan de la acción creativa conjunta que mueve la construcción de conocimiento.

Por último, expresa que hoy en día sus actividades de investigador, docente y artista están tan ensambladas, que le es imposible separarlas y lo ha llevado inclusive a tener otro posicionamiento ante el conocimiento y por ende con sus estudiantes.⁸¹

⁸¹ Las obras del Dr. Adrián Pérez Rubín, fueron facilitadas a través de una comunicación personal.

Capítulo **IX**

Encontrando la trama

*Tomó en sus manos la ofrenda y con una mezcla de temor y gozo
intuyó que ese hilo ocuparía un lugar especial en su tejido
y que hilarlo sería una tarea sublime.*

Carla Roca Ortiz (2014)

Tal como lo hemos desarrollado, junto a la teoría de la relatividad y la mecánica cuántica, la teoría del caos y el concepto de entropía junto al de la flecha del tiempo, constituyen el tercer gran paradigma científico actual. Podríamos afirmar que la herencia científica del siglo XX tiene dos aspectos diferentes, por un lado, las leyes de la naturaleza y por otro la descripción termodinámica de fenómenos asociados con el aumento de entropía. Ciertamente esta es una concepción del mundo en evolución.

Si pensamos la realidad en términos de probabilidad, en base al planteo de la ciencia contemporánea y su complejidad, se refleja que la misma no es la idealización que se planteaba la ciencia moderna. Esta visión sin duda presenta elementos que dificultan el conocimiento real -obstáculos epistemológicos- y no permite que el espíritu científico en formación evolucione.

Hoy percibimos que no existen motivos para rechazar todo aquello que no provenga del ámbito académico científico⁸², y que aporte a la construcción del conocimiento.

En particular, las ciencias naturales están trazando una nueva configuración de la ciencia donde el binomio sujeto-objeto y sus interrelaciones se presentan en forma claramente distinta que en la modernidad.

El sujeto deja su banqueta de analista-observador y entra en escena reconociéndose parte y estableciendo vínculos que “dan lugar a una subjetividad compleja, que puede ser racional y afectiva, intuitiva y activa, singular y entramada” (Najmanovich, 2018, p. 54).

De este modo podemos apreciar que la visión del conocimiento que hoy tienen los científicos reconoce su evolución y transformación hacia la complejidad, lo cual tiene sus efectos en los vínculos que teje el ser humano con el mundo.

Podríamos decir que el planteo tiende a favorecer el diálogo interdisciplinar, a reconocer el saber “como un todo integral”, cuyas propiedades no pueden ser reducidas a las

⁸² Tal como se lo planteaba en el siglo XIX: sectorizado, fragmentado, discontinuado en una diversidad de disciplinas.

de cada disciplina. Este enfoque “sistémico” refleja que las propiedades son del conjunto y que ninguna de las partes por separado las tiene. Por lo tanto, el pensamiento sistémico⁸³, conlleva un cambio de perspectiva, que puede ser expresado con la frase: “el conjunto es más que la suma de sus partes”.

Coincidimos con Gómez Agudelo cuando expresa:

[...] “Por ello, nos aventuramos a ver la complejidad como tejido, como red de redes, lectura permanente de relaciones entre fenómenos que ya no se someten a mediciones simples de laboratorio, sino que reconocen las mediciones como elemento constitutivo del proceso de conocimiento, pero que siempre estarán al servicio de comprender los fenómenos como más que suma de partes” (Gómez Agudelo, 2014, p. 49).

Los vínculos trazados entre el mundo material y el hombre representan una red de patrones inseparables de relaciones que componen un sistema complejo⁸⁴.

Creemos oportuno señalar que, la teoría del caos y la geometría fractal son ramas importantes de las tesis emergentes. Esas matemáticas no lineales, son matemáticas de patrones, de relaciones. Los atractores extraños y los fractales son ejemplos de tales patrones, son representaciones visuales de la compleja dinámica de un sistema.

De hecho, en el núcleo de estas transformaciones, desde el paradigma mecanicista a la visión sistémica, se plantea un cambio fundamental de metáfora, de “ver el mundo como una máquina”, a “entenderlo como una red”.

La emergencia del pensamiento sistémico ha tenido y tiene sus efectos en diversos campos científicos y Capra se refiere a él como sigue:

⁸³ Pensamiento sistémico. Es el tipo de pensamiento o análisis con una visión sistémica, es decir, de la dinámica de sistemas, donde se busca comprender el funcionamiento desde el conjunto de las partes como un todo, a través del método científico.

⁸⁴ Los sistemas complejos son sistemas formados por distintos elementos capaces de interactuar entre sí y con su entorno. El estudio de este tipo de sistemas en 2012 cambió la manera de considerar las ciencias de manera análoga a la revolución que supuso el inicio de la mecánica cuántica en 1932.

“Un péndulo caótico en el sentido de la teoría del caos, oscilaciones que casi se repiten, pero no exactamente, aparentemente de modo aleatorio, pero formando en realidad un patrón complejo y altamente organizado, sería quizás la metáfora contemporánea más apropiada” (Capra, 1998, p.17).

Con esta visión sobre los enfoques sistémicos, la vida en el ámbito social también se puede entender en términos de redes, pero aquí no se está trabajando con procesos químicos, sino con comunicaciones, y la gran diferencia está en que se genera principalmente algo inmaterial. Por ende, este enfoque se puede hacer extensivo a todo tipo de instituciones, por ejemplo, las educativas, donde las comunicaciones deberían volverse transmisiones de conocimiento. Cada comunicación crea información, ideas y significados, que luego dan lugar a más comunicaciones y así toda la red se genera a sí misma.

Esta trama se teje con infinitas experiencias humanas que se presentan mediante una multiplicidad de narraciones, pues el ser humano es parte de la naturaleza.

Una de las implicancias filosóficas más importantes y radicales de la visión sistemática es una nueva concepción de la naturaleza, de la mente y la conciencia, que finalmente supera la división cartesiana entre mente y cuerpo que ha desvelado a filósofos y científicos por siglos.

Esto lleva a pensar que los cambios en los paradigmas científicos implican también cambios en la concepción del conocimiento.

Para Denise Najmanovich, “[...] El saber no surge del aislamiento sino de la exploración: se aprehende el mundo interactuando con él como organismos vivos, afectados por el entorno y participando en su permanente transformación. La experiencia no es individual ni pasiva, sino culturalmente moldeada, corporalmente encarnada y colectivamente construida” (Najmanovich, 2012).

El conocimiento no puede ser exterior al hombre y a la cultura que lo produce.

Un antecedente más que destacable de este enfoque fue el filósofo Baruch Spinoza quien, en el siglo XVII, concibe a la naturaleza como una compleja trama que se produce a sí misma (autopoiética). En este universo -que incluye todo lo que existe- nada puede ser completamente independiente, ni existir aisladamente.

“El hombre pertenece y participa de esta trama y su conocimiento no puede ser jamás un mero reflejo, sino la expresión de su modo de ser afectado y de la potencia de su pensamiento para configurar esas afecciones” (Najmanovich, 2018, p. 9).

De esta manera Spinoza propone una arquitectura del conocimiento y un modo de concebir la naturaleza y el lugar que el hombre ocupaba en ella (Spinoza, 2006).

En este universo no hay una partícula elemental cerrada en sí misma, ni lugar para una materia inerte: todo lo que existe emerge merced a las interacciones que no son “choques elásticos” sino afecciones mediante las cuales los participantes se transforman mutuamente.

A diferencia del modelo cartesiano-newtoniano, Spinoza propone pensar un universo interactivo donde todo lo que existe se forma, conforma y transforma en una dinámica vincular; donde el hombre no está enfrentado a la naturaleza, ni es capaz de trascenderla, sino que está implicado en ella (Spinoza, 1980)

Spinoza propone una naturaleza conformada como un sistema interconectado, lógico e infinito, donde nada escapa de ella.

Hasta aquí, se han presentado diversas perspectivas desde donde se plantean las transformaciones y cambios de mirada en las ciencias: la termodinámica no-lineal de sistemas disipativos de Prigogine, las teorías de autorganización y autopoiesis de Maturana y Varela, la teoría del caos y los aportes de Lorenz, la “*Teoría sistémica de la Vida*” de Capra y Luisi y otros tantos modelos no-lineales en diversas disciplinas que abarcan desde la meteorología hasta la física subatómica, pasando por el pensamiento organizacional.

Estos enfoques tienen como factor común su visión totalizadora, en contraposición a la visión atomista y reduccionista de la ciencia clásica.

Para los autores de los paradigmas emergentes, el origen, permanencia y vigencia de aquella visión está condicionada por el excesivo peso que se ha dado al pensamiento racional occidental, aspecto ya analizado al abordar la cuestión del método de las ciencias.

La idea de dialéctica, que Althusser plantea en su libro *“Iniciación a la filosofía para los no filósofos”* rompe con la hegemonía del binarismo de occidente como forma de pensamiento. Si bien lo aplica para el binomio teoría y praxis-, haciendo un rodeo similar apelamos a ella para el caso del paradigma epistemológico de la modernidad y los enfoques emergentes de finales del siglo XX en adelante.

Por tanto, cabe el planteo de los modos de pensar para la solución de problemas, es decir, si se hace reproduciendo ese modo binario que se señala, o si se realiza en modo dialéctico.

Althusser advierte que instalar una nueva perspectiva filosófica, no implica negar absolutamente las anteriores, de alguna manera las contiene. Es una continua lucha entre lo heredado y estas nuevas perspectivas, pero no se deja de lado lo producido anteriormente por aquellas filosofías, sino que intenta contenerlo. Lo confronta, pero puede ver lo que se hizo en favor de una dilucidación, hacer inteligible lo que hacemos, lo que pensamos.

Del mismo modo, si se concibe a la realidad, no como una configuración física de elementos, sino como la organización de esos elementos con su dinámica y significado, debe ser estudiada desde una perspectiva dialéctica que analice, ante todo, el conjunto y sus interrelaciones.

Las nuevas racionalidades -antes mencionadas- están alejadas de la imposición de un orden eterno o inmutable, pero se encuentran cercanas a procesos creativos, cambiantes, alterados, poéticos.

La palabra “poesía” deriva de *poiesis*, que a su vez proviene del verbo ποιέω, *poiein*, que significa ‘hacer’ o ‘crear’. La actividad *poiética*, no se restringe sólo a lo que hoy conocemos como poemas, sino que abarcaba a la creación en sentido amplio, la vemos en la autopoiesis planteada por Maturana, en la generación y replicación de estructuras químicas, en la formación de fractales originados por sistemas iterativos⁸⁵, en las redes comunicacionales en el orden social. Por su naturaleza creativa, la *poiesis* no se restringe nunca a lo instituido, sino que gesta lo impensado, lo inimaginado, la novedad.

Este sería el nodo donde los senderos del arte y la ciencia se entrecruzan (re)produciendo la realidad a través de lenguajes, de símbolos, cada uno a su modo, Allí se debería encontrar el enlace que permita a la ciencia desbordar sus certezas, permitiéndose trazar un rodeo a sus límites, trascenderlos, sin abandonar su especificidad.

Al hablar de lenguajes y símbolos - lingüísticos, visuales, plásticos, corporales, musicales-, se alude a las representaciones, esas miradas otras -de Poincaré, Berger, Einstein, Picasso, Pollock, entre tantos- esbozadas en el capítulo VII, con las que se ha construido la historia del conocimiento.

En este sentido, Dewey también involucra la experiencia y la experimentación que se consigue al interactuar cotidianamente con el mundo mediante procesos dinámicos de pérdida y recuperación de equilibrio con el entorno. Pero la pregunta sería, ¿qué tiene que ver esta descripción de procesos de integración y ajustes con la experiencia estética?

Para Dewey, la dinámica de acción no es mecánica ni pasiva, sino rítmica. Entiende el ritmo como un cambio ordenado, un movimiento menguante y creciente, como la sístole y la diástole cardíacas, una tensión cuya resolución es una consumación, el cierre de un proceso lo cual se aproxima a lo estético. Lo anterior puede verse en la trama de una novela o en la

⁸⁵ Sistema o método iterativo es un método que progresivamente va calculando aproximaciones a la solución de un problema. En un método iterativo se repite un mismo proceso de mejora sobre una solución aproximada: se espera que lo obtenido sea una solución más aproximada que la inicial.

sucesión de notas y movimientos en una sinfonía, o incluso en los distintos elementos visuales que componen una pintura como el Guernica de Picasso. Si pusieras en otro orden las palabras y los sucesos de la novela, sería una miscelánea de imágenes y acontecimientos que no se suman a una totalidad, que no cuentan una determinada historia.

En *Las meninas* (Fig. 24), Velázquez serpentea los límites del concepto de representación en el arte -el realismo-, ya que se incluye en la obra pintándose a sí mismo, trayendo así la idea de la botella de Klein, al ser parte del adentro pero también del afuera del cuadro.



Figura 24: Las Meninas. Diego Velázquez. 1656.
Óleo sobre lienzo, 320,5 x 281,5 cm. Museo del Prado. Madrid. España

Las representaciones y las ideas son elementos cruciales que habilitan el paso de lo concreto a lo abstracto y de lo abstracto a lo concreto, de la simple exploración del aquí y el ahora, a la generación de conocimiento a través del lenguaje y la experiencia.

Las representaciones creadas por el lenguaje nos constituyen, a su vez, en sujetos dotados de identidad (Schwarcz, 2006).

El concepto de identidad como tal, forma parte de la esencia. La identidad está en el cruce de todas las disciplinas.

La finalidad de entrecruzar el conocimiento científico con la experiencia estética se piensa con el fin de incentivar la creatividad al emitir juicios, crear argumentos, explicar fenómenos, crear objetos o resolver problemas. La sensibilidad artística, menos estricta que el quehacer científico, nos permite relajar las formalidades intelectuales y aprender a través del deleite.

Proponerles a los estudiantes un contacto de tipo sensorial/emocional mediante una imagen, un sonido, una obra de arte para luego recuperar esa mirada desde lo racional, los colocaría frente al desafío de integrar esa experiencia estética con la interpretación inteligible del fenómeno por comprender.

“Debería, entonces, propiciarse un doble movimiento de acercamiento por parte de los especialistas de arte y los docentes de las distintas disciplinas para permitir, conjuntamente, dar raigambre a disposiciones y habilidades que permitan un abordaje holístico del conocimiento en sí y de la diversidad de sus procesos de construcción.”

(Loyola, 2019, p. 15)

Encontrar nuevos lenguajes que permitan trascender el contenido y considerar otras formas de concebirlo, implica encontrar también nuevos sentidos. Reconocer propuestas movilizantes que impliquen

[...]“un movimiento de ida porque la experiencia supone un movimiento de exteriorización, de salida de mí mismo, salida hacia afuera, un movimiento que va al encuentro con eso que pasa, al encuentro con el acontecimiento. Y un movimiento de vuelta, porque la experiencia supone que el acontecimiento me afecta a mí, que tiene efectos en mí, en lo que soy, en lo que yo pienso, en lo que yo siento, en lo que se”. (Skliar, Larrosa, 2009, p. 14).

Tal como lo propone Gómez Agudelo en su libro “*Enrumbar las aulas*”, “[...] se pretende inaugurar aquí un nuevo barco ebrio que piense lo educativo de otra manera, buscando dotar las aulas de sentido y condiciones de habitabilidad” (Gómez Agudelo, 2014).

Dewey en el siglo XIX con su frase “La educación no es una preparación para la vida, sino que es vida” contrastó la preparación para..., con la vida misma. Es decir, las escuelas debían crear una vida dentro de sus aulas y hacer partícipes de esa vida a los estudiantes, dándoles lugar al desarrollo de las diversas potencialidades de manera de no dejar nadie afuera. Esto hace que las instituciones educativas se vuelvan lugares habitables.

De esta manera los docentes cobran un lugar de guías, de mástil, siguiendo con un lenguaje metafórico, que debe desarmar el barco de papel de tiempos anteriores desdoblado sus pliegues, para volver a plegarlo y botarlo en las aguas de las potencialidades de lo porvenir en la permanente inauguración de sentido.

Con esta carta náutica se buscan rumbos distintos, haciendo del aula un espacio de disfrute. Pero no siempre en la rumba, en el barco ebrio, el proceso es disfrute. También es confrontación del mundo que habitamos, es la posibilidad de encontrarnos en un mar abierto lleno de condiciones adversas, ajenos a nuestra condición humana y más bien enajenados por las lógicas del consumo, por las lógicas de un mercado que quiere menos sujetos que miran con desdén la ruptura cuerpo-mente, sujeto-objeto, razón-pasión, naturaleza-cultura. (Gómez Agudelo, 2014)

“Es posible que las naves de locos que enardecieron tanto la imaginación del primer Renacimiento, hayan sido navíos de peregrinación, navíos altamente simbólicos, que conducían locos en busca de razón. [...] El agua y la navegación tienen por cierto este papel. Encerrado en el navío de donde no se puede escapar, el loco es entregado al río de mil brazos, al mar de mil caminos, a esa gran incertidumbre exterior a todo. Está prisionero en medio de la más libre y abierta de las rutas: está sólidamente encadenado a la encrucijada infinita. Es el Pasajero por excelencia, o sea, el prisionero del viaje” (Foucault, 2006).

Hoy el tiempo se percibe de otra manera, con lógicas que privilegian la sensibilidad. Un tiempo que piensa menos en proyectos y más en trayectos sensibles, en flujos vitales que territorializan las aulas de manera estética.

Por tanto, desde esta perspectiva, se debería entender a la enseñanza como un proceso que trasciende la concepción disciplinar, y que propicia un aprendizaje mediante la experiencia de apropiación del conocimiento recorriendo caminos alternativos que pasan de lo inteligible a lo sensible, de lo emocional a lo pensable, permitiendo de este modo la interacción con el entorno de una manera creativa, como constructor de la propia identidad.

De manera que, aunque existen marcadas diferencias entre el arte y la ciencia, hay un tema inserto que atañe a las dos, el conocimiento. Tanto científicos como artistas operan a partir de representaciones y experiencias, de modo que para construir o transmitir conocimiento, es necesario recurrir a ellos.

La sensibilidad y el pensamiento estético, el arte y la creación no son ajenos a la ciencia, tal como lo manifestara el Dr. Pérez Rubín en el capítulo VIII y menos aún la rigurosidad y la investigación están alejadas de las producciones artísticas.

Por cual, cuando se logra otra perspectiva, una mirada otra, lejos del binarismo racional, sale a la luz que la ciencia es una actividad creadora, *poiética*, abierta a las experiencias, cualidades indispensables para la gestación de numerosas teorías científicas.

Al emprender el viaje hacia el conocimiento, tanto científicos como artistas fueron dejando en cada época sus marcas recreando sus miradas de la naturaleza. Mientras unos se preocuparon de cómo plasmarla sobre el lienzo, otros se ocuparon de explicarla con la belleza de la inteligibilidad científica.

Como consecuencia del análisis desarrollado hasta aquí, se observa que los debates han estado centrados en dicotomías tales como complejidad y simplicidad, orden y caos, linealidad y no linealidad, certezas y dudas, paradigma moderno y emergentes. Todos ellos ligados de manera indisoluble, conformando tramas entre la realidad y la producción del conocimiento.

La mayoría de los enfoques actuales hacen foco en el término "**metáfora**". Éstas, tal como lo expresó Heisenberg, ya no son un recurso exclusivo de la poesía, pues las teorías científicas necesitan de ellas al quedarse sin palabras para explicar la realidad.

En suma, tal vez solo se trate de ampliar la perspectiva y entender que los sistemas necesariamente deben acumular complejidad suficiente para que se instale lo nuevo y se genera el entorno del cambio. Es por lo que los sistemas complejos y las organizaciones de individuos no se micro-gestionan minuto a minuto sino a lo largo del tiempo y de manera irreversible.

El desafío está en vencer la ansiedad de anticipación, la ansiedad de certeza, la ansiedad de predictibilidad lineal. Pero tal vez, se deba reflexionar sobre el hecho que sin desorden no hay energía creativa, sin desorden nada vivo evoluciona; que el excesivo control bloquea la capacidad de los sistemas de tener la oportunidad de autoorganizarse y en definitiva nos enfrenta con el hecho de que el camino hacia cualquier nivel de certezas implica un largo recorrido de incertidumbre.

Capítulo **X**

Rodeos, las huellas del viaje

*[...] Me invade una pasión desconocida.
Como los dioses, puedo torcer el rumbo de las cosas.
Y sin embargo a veces
En la noche profunda de los miedos
Siento que infinitamente
Estoy signado a comenzar de nuevo.*

Eduardo Adamson

Con el fin de proyectar un cierre de este trabajo de tesis, retomaremos los núcleos axiales que se han planteado desde su iniciación a modo de resumen de los avances alcanzados.

Comenzamos a navegar por cauces que nos acercaron a la producción de conocimiento, intentando reconocer los cambios epistemológicos que se fueron presentando a lo largo de la historia del saber.

Con el fin de reflejar de qué manera la construcción del conocimiento fue transformando el mismo desde un saber considerado verdadero e inmutable hacia un saber pluridimensional y dinámico, es que en esta investigación se seleccionó un *corpus* que nos permitió profundizar en los giros epistemológicos y sus efectos.

Así, zarpamos en busca de la concepción griega de razón, y emergió la noción de *technè*, pensada como técnicas, procedimientos o saberes que producen un resultado, incluyendo el arte en tanto técnica. Aquí nuestra primera conclusión, *technè*, se constituye como concepto unificador de razón y emoción, de lo sensible y lo inteligible. Es decir, los modos de conocer, percibir y pensar de los griegos nos muestran que concebían a la naturaleza y las cosas del mundo desde una visión integral, totalizadora, ordenada, interconectada, vital y plena de sentido, llegando de esta manera a la verdad, quizás donde solamente con la razón no se lograba llegar.

Por otra parte, al confirmar que Platón y Aristóteles encarnan la cumbre del pensamiento griego -influenciados por sus antecesores Parménides y Heráclito- comienzan a aparecer ciertos binarismos tales como la inmutabilidad y los cambios, la realidad y la apariencia, los cuales tensionan las bifurcaciones entre mundo sensible e inteligible, lo que convergerá en la dicotomía entre *doxa* y *episteme*.

Es preciso destacar que la concepción de Platón sobre el tiempo -imagen que refleja la eternidad o el alma-, se diferencia de manera relevante de la idea de Aristóteles, quien le atribuye un carácter de “ente”, “de objeto que puede ser numerado”, “de un antes a un después”.

Lo cual nos lleva a concluir que esta última concepción, sobre la cual se cimentarán las ciencias en la modernidad, llegó robustecida hasta nuestros días materializada en el tiempo reloj, el “tiempo mundano”.

Otro punto destacable es que, si bien para Aristóteles era importante la experiencia sensible, no se agotaba allí el saber, sino que, para alcanzar la sabiduría, se debía recurrir a la contemplación y de esa forma se llegaba al verdadero conocimiento de las sustancias por sus causas y principios. Así pues, reconocimos que comienza a cobrar fuerzas la razón como camino para llegar al conocimiento.

Es evidente que la concepción aristotélica andamió el pensamiento hasta el siglo XV, momento en que la visión del universo se desestabiliza y cae estrepitosamente frente al cambio radical que representó la llamada “revolución copernicana” y marcó un hito en la historia de la ciencia moderna. Comprendimos que esta nueva conceptualización del mundo fue uno de los primeros pasos para consagrar a la ciencia como único camino válido para llegar al conocimiento.

Observamos una profundización de los binarismos propios de la cultura occidental donde además el arte es separado de la técnica – tal como lo concebían los griego- y a su vez ésta devino a simple práctica desvalorizada.

Por lo tanto, la revolución científica iniciada por Nicolás Copérnico y continuada por Galileo Galilei y Johannes Kepler logró su esplendor con Isaac Newton y René Descartes, quienes le dieron su impronta a la ciencia moderna en la que el hombre quedó posicionado fuera del universo, como mero observador, totalmente ajeno a él, con el solo objetivo de arrancarle todos sus secretos.

La propuesta de que para conocer en profundidad una problemática es preciso fragmentarla en tantas partes como fuera posible, concluyó en las segmentaciones o especializaciones en la ciencia.

Por lo tanto, en esta época, calificada como gloriosa en el orden científico, se plasmaron los enfoques positivistas, inductivistas, reduccionistas; que, en definitiva, nos dejó una visión demasiado simple de la naturaleza, donde, sumado a ello, los científicos debían tener como cualidades indispensables la imparcialidad y neutralidad.

Queda claro, entonces, que el contexto científico moderno tuvo como finalidad alcanzar la verdad mediante una teoría unificada, donde la descripción del universo respondiera a un modelo geométrico que permitiera deducir todos los aspectos de la naturaleza.

Llegado a este punto, creemos necesario señalar que tomar como eje o dejar de lado la experiencia representan la cara y contracara de una época que, a partir de la modernidad, transforma la experiencia particular -que no se puede sino tener-, en experiencia general -que sólo se puede hacer-, es decir, convierte la praxis en teoría.

De manera similar, al analizar el paso del lenguaje narrativo al de la información, observamos que esto contribuye a la pérdida de la experiencia, lo cual se ha prolongado hasta hoy, donde el lenguaje y no el conocimiento es el que ocupa la centralidad del pensamiento.

En este sentido, los científicos, en particular los abocados a las ciencias duras, siempre han trabajado bajo la matriz deductiva del método experimental, y por ende han contribuido en la disociación entre el sujeto que investiga y el objeto investigado.

Analizando la situación sobre la comunicación del conocimiento, el experimento y el trabajo experimental siempre irán unidos al paradigma epistémico y la imagen de la ciencia a los cuales se afila quien los intenta transmitir. Este perfil epistémico, por parte del docente, puede favorecer o no, a sortear la valla de la enseñanza dogmática -hasta hoy vigente en los diferentes niveles educativos-, ya que devela las rupturas que se han dado a lo largo del tiempo en la producción de conocimiento y revela su carácter esencialmente dinámico.

En relación con la química, tal como hoy la conocemos, se observó que congrega en ella una multiplicidad de legados que le transfieren su carácter polifónico, el cual se contrapone

al paradigma reduccionista de la modernidad. A pesar de ello, los diversos enfoques en la enseñanza de la química continúan enmarcados en un aspecto absolutamente disciplinar bajo la epistemología moderna.

Estas últimas ideas se corresponden con ciertas opiniones de los entrevistados, que reconocen la discontinuidad y contingencia histórica de las ciencias en las fragmentaciones disciplinares, los objetos de estudio y el método científico. Así surge la posibilidad de una práctica discursiva comparativa entre la ciencia y el arte a partir de un campo de investigación común: la realidad.

Es imprescindible, entonces, un giro desde un conocimiento fragmentado hacia uno multifacético en el que la enseñanza contemple la integración de saberes, planteándose así la complejidad en la educación, ya que no es posible analizarla desde una única disciplina, desde una única perspectiva, sino que es preciso edificar sobre el diálogo, andamiaje del que hoy carecen los diferentes modelos educativos.

En el intento de encontrar otros lenguajes que permitan trascender lo disciplinar, surgieron epistemologías vinculadas con nuevas posibilidades en la producción de conocimiento que nacen del enfoque interdisciplinar, el cual considera formas otras de concebir el saber, abriendo la alternativa, bajo otros esquemas de pensamiento, de generar efectos otros de verdad y de sentido.

Resurge así “la experiencia”, ya no pensada ni producida científica ni técnicamente, escapando de transformarla en una palabra vacía, apagada, sino como lo imprevisto, lo indeterminado, lo incierto, pero que merece ser vivido. Determinamos así los entrecruzamientos de umbrales disciplinares como alternativa de diálogo de saberes con un giro hacia la experiencia, motivando así un corrimiento de las certezas hacia lo novedoso en sentidos.

Establecimos que la unión del intelecto con la emoción, lo inteligible con lo sensible, vinculando el arte con la experiencia humana en sus ritmos más cotidianos, trasluce una aproximación entre sujeto y objeto que los (re)enlaza tomando a la experiencia como proceso de mediación.

Queda en evidencia que hasta aquí pudimos reconocer los cambios epistemológicos de las distintas épocas que se fueron presentando en la historia del conocimiento, como así también la consolidación de la razón y pensamiento científico como únicos productores del conocimiento válido para explicar la realidad. Del mismo modo hemos indagado y analizado las implicancias que han tenido y tienen esos cambios, no solo en los contextos propios de las ciencias, sino también los efectos en su comunicación y transmisión.

Es el momento, entonces, de hablar de lo novedoso, lo inesperado, aquello que hace foco en lo inestable; de aquellas perspectivas que nos garantizaron la construcción y comprensión de una visión del mundo plasmada en el (re)encuentro con lo afectivo, lo sensible y lo inteligible. En este orden, el protagonismo de la irreversibilidad y direccionalidad del tiempo entrelazado con el concepto de entropía nos permitió confirmar que la naturaleza tiene establecido un camino de ida, más no así el de regreso.

Las flechas del tiempo atravesaron el siglo XIX, y el siglo XX comenzó con voces que provocaron el desencadenamiento de la creatividad tanto en la ciencia como en el arte, característica que distinguió la segunda mitad de este siglo.

Ya que las bellas artes no tienen el monopolio de lo artístico, se consideró a la educación como parte de esta categoría, concibiéndola desde individuos capaces de generar ideas que provoquen modificaciones, capaces de crear, imaginar e investigar.

En definitiva, tener una mirada a través del arte y de la educación con una propuesta pedagógica que implique individuos cuya subjetividad los habilite a pensar en formas potentes de construcción del conocimiento, nos permitió comprender que los sujetos no han sido ni serán

nunca homogéneos, lo cual bloquea la imposición de una perspectiva, sino que ella se construye desde el encuentro con un mundo afectivo y racional propios.

A lo largo de la investigación vimos cómo fueron surgiendo nuevos modelos teóricos y metodológicos, por ende, una nueva epistemología que ayudaría a superar la fragmentación mediante el dialogo de saberes, la consideración e importancia de lo perceptible, la inclusión de la experiencia y la incorporación de la complejidad y la transdisciplinariedad como visión totalizadora, todo lo cual permitiría a la comunidad científica elaborar teorías más cercanas a la realidad. No obstante, consideramos que la persistencia en el tiempo del enfoque positivista en la enseñanza de las ciencias de todos los niveles educativos, al igual que en los contextos investigativos, obstaculiza un enfoque desde la complejidad como modo de apertura hacia otras estructuras de pensamiento.

Todas las transformaciones hasta aquí mostradas en el orden epistemológico dejan al descubierto una verdadera metamorfosis de la ciencia, y nos animamos a decir, hasta el momento, inacabada.

En este sentido hablamos del pensamiento estético como una de tantas alternativas posibles para incrementar las potencialidades cognitivas de los individuos, por lo cual las universidades debieran contribuir a los cambios de paradigmas planteando esquemas interdisciplinarios en áreas como el arte, las humanidades, impulsando la diversificación de los aprendizajes. Así, se propicia el desarrollo integral de la persona, no solo del desarrollo intelectual, sino también del afectivo.

En este contexto, las tendencias de búsqueda de alternativas e innovaciones en las prácticas educativas, apelando a la suma de otros soportes, más cercanos a lo sensibilidad del sujeto, reivindica los enfoques hermenéuticos, ya que favorecen la reflexión epistemológica de las disciplinas sobre sí mismas.

Explicitamos que el diálogo entre ciencias considerado como un espacio inter y transdisciplinar, es un ámbito inmejorable para pensarlas como práctica humana, cultural y abierta en un mundo productivo e inventivo, propiciando la formación de otras representaciones que requieren de lenguajes otros.

A fin de cuestionar las tradicionales distinciones entre arte y ciencia exploramos estos ámbitos, sin aparente relación, a modo de intento de entretejer lazos entre estos campos. Seleccionamos, para ello, a artistas que utilizaron y utilizan teorías y principios científicos como motivos de estudio e inspiración, lo cual nos llevó a observar la emergencia a principios del siglo XX de nuevas formas de arte -el cubismo-, que lo transformaron a partir de ese momento, es decir, se estableció que las innovaciones científicas, por ejemplo en la interpretación y percepción de la cuarta dimensión, trascendieron el ámbito matemático científico y tuvieron sus efectos no solo en las dimensiones estético-creativas del arte, sino que también sus ecos llegaron al ámbito epistemológico.

Esta tesis intenta poner de manifiesto las características, la complementariedad e interconexión que la ciencia y el arte comparten, además de perseguir un mismo fin: expresar, conceptualizar, y transmitir una idea. Se hallaron analogías en los procesos creativos de los trabajos en estos dos ámbitos que muestran gran similitud. Es decir, tanto en la ciencia como en el arte, la mente vacila, titubea, experimenta dudas, se mueve en aproximaciones sucesivas hasta que resplandece en algo cercano a la estructura intuida o deseada, lo que refleja la grandeza de nuestra inteligencia y creatividad.

También, quedó demostrado que el lenguaje argumental de la ciencia puede cambiar hacia el lenguaje poético, hacia posibilidades otras que implican conocimiento y saber; que el uso de la metáfora en la construcción del conocimiento científico favorece creativamente a inteligir y también a matematizar ciertos procesos naturales de manera significativa. Estos

vínculos se deben (re)descubrir, ya que nos llevan hacia lugares ignorados, inexplorados, inciertos, tal como el viaje de Ulises.

En este sentido, consideramos importante comprender estas dos formas de producción del conocimiento, tanto por sus coincidencias como por lo que difieren; visualizando a esta intersección como sumamente fértil.

Se pudo observar, además, que para la ciencia no es necesario intuir los conceptos, sino comprenderlos para luego explicarlos, mientras que el arte solo necesita de la intuición para expresarlos.

Además, creemos necesario destacar que ninguno de los pensamientos -sea el proveniente de las ciencias o el que expresa el mundo de las artes- desborda sobre el otro, sino que ambos expresan con sus propios lenguajes un entramado epistémico.

En base a nuestro análisis, se observó un acercamiento hacia un cambio de visión en los ámbitos científicos, reconociendo la complejidad inherente del universo, la evolución y transformación de los paradigmas que plantea una renovación en los vínculos que enlazan el ser humano con la naturaleza. Esta nueva visión, sistemática, traza un cambio fundamental de metáfora, de “ver el mundo como una máquina”, a “entenderlo como una red”, en la que el conjunto es más que la suma de las partes.

En definitiva, se estableció que los cambios en los paradigmas científicos implican también cambios en la concepción del conocimiento, conocimiento que no surge del aislamiento sino de lo implicado y colectivo, de la exploración e interacción con el mundo, donde la ciencia debe redefinirse y ser pensada como un diálogo con la naturaleza, donde el tiempo no es una ilusión, sino un proceso de creación, de mutación, de cambio, gestándose de esa manera lo impensado, lo inimaginado, la novedad.

En este nuevo contexto, el rodeo, por nosotros propuesto, apunta a concebir la realidad como una organización de elementos con dinámica y significado propios que debe ser estudiada

desde una perspectiva dialéctica que analice, ante todo, el conjunto y sus interrelaciones. Este sería el nodo donde los senderos del arte y la ciencia, que alguna vez se bifurcaron, se entrecruzan, desbordando lo seguro, permitiéndose atravesar el umbral propio para trazar un rodeo a sus límites y trascenderlos.

El desafío está en no considerarnos ajenos a la naturaleza, no identificar las ciencias con la certidumbre, no anticipar la llegada, ya que estamos en plena aventura. Usar la energía creativa del desorden para seguir evolucionando; reflexionar sobre qué representan verdaderamente los obstáculos pedagógicos y epistémicos, y reconocer que una larga travesía por la incertidumbre, seguramente nos permitirá llegar a buen puerto.

Hoy, la pregunta más importante que nos motiva a seguir es:

¿Cuáles son los requerimientos para la enseñanza de las ciencias que nos permitan enfrentar estas nuevas realidades?

Hemos llegado así a un lugar crucial de este viaje, en el que si miramos hacia la popa de nuestra embarcación vemos aquellas bifurcaciones por donde navegamos, pero nos encontramos en este momento en un nuevo puerto de partida, donde la aventura continúa a partir de la emergencia de una nueva racionalidad que nos muestra los umbrales no como límites, sino como paso hacia la complejidad del mundo real.

Hemos intentado presentar los cambios epistemológicos del conocimiento y sus efectos, las relaciones fecundas entre ciencia y arte, el diálogo entre las ciencias humanas y las ciencias naturales, la polisemia de la experiencia, las interrelaciones entre ciencias y educación, todo ello para aquel lector interesado en la evolución de estas ideas, a quien invito a seguir por los mares del devenir para tratar de acercarnos a la respuesta, siempre provisoria, de *¿qué es lo que no sabemos?*

Bibliografía

- Agamben, G. (1978) *Infancia e historia. Ensayo sobre la deconstrucción de la experiencia*. En *Infancia e historia* (4ª ed. Aum.). Buenos Aires: Adriana Hidalgo.
- Águila, D.; Núñez, M.; y Raquimán, P. (2011). Capítulo 2. Las artes en el currículo escolar. En Andrea Giráldez y Lucía Pimentel. (Coords.). *Educación artística, cultura y ciudadanía. De la teoría a la práctica*. Madrid: Organización de los Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura (OEI), pp. 21-30.
- Agustín, S. O. (2002). *Confesiones / San Agustín*; traducidas según la edición latina de la congregación de San Mauro, por el R. P. Fr. Eugenio Ceballos. Obtenido de Alicante: Biblioteca Virtual Miguel de Cervantes: Recuperado de <https://www.cervantesvirtual.com/nd/ark:/59851/bmc639p3> Libro 11. Cap. 14
- Althusser, L. (2015) *¿Qué es la práctica?* En *Iniciación a la filosofía para los no filósofos*. Ciudad Autónoma de Buenos Aires. Paidós.
- Alzate, M. A. L. (2014). Fragmentación entre ciencia y humanismo en la universidad contemporánea. *Hallazgos*, 11(22). <https://doi.org/10.15332/s1794-3841.2014.0022.17>
- Apollinaire, G. (1913) *Les Peintres cubistes. Méditations esthétiques. Tous les arts*, Collection Publiée sous la direction de M. G. Apollinaire. Paris. Eugène Figuière et C^{ie}, éditeurs 7.
- Aristóteles (2001). *Metafísica*. España: EDIMAT.
- BBVA Aprendemos juntos. (2021). *Las mujeres en la historia de los libros: un paisaje borrado*. [Obtenido de Archivo de video] Recuperado de: <https://www.youtube.com/watch?v=nZ0DAHNCUQ8&t=5s>
- Bachelard, G. (1938). *La Formation de L'esprit scientifique*. Paris: Vrin.

- Bachelard, G. (1953). *Le matérialisme rationnel*. Paris: Les Presses universitaires de France.
- Benjamin, W. *Sobre la percepción*. Chile: Archivo CEME. Traducción mar Rosas.
- Recuperado de <https://bit.ly/2UqtBCP> [Consulta:12/08/2019].
- Bensaude -Vincent, B. y Stengers, I. (1997). *Historia de la Química*. Madrid, Addison-Wesley/Universidad Autónoma de Madrid.
- Bentolila, H.,. (2007) La “destrucción” moderna de la experiencia. Dos lecturas desde Benjamin y Agamben. *Nuevo Itinerario. Revista Digital de Filosofía*. 10.30972/nvt023221.
- Berger, J. (2007). *Modos de ver*. Ed. Gustavo Gili, SL, Barcelona, España.
- Briggs, J., Peat, D. (1990) “Turbulent Mirror”, Ed. Gedisa S. A. Barcelona, España p. 17
- Bronowski, J. (1973) *El ascenso del hombre*. Capitan Swing. Fondo Educativo Interamericano
- Castoriadis, Cornelius (2013). *La institución imaginaria de la sociedad*, pp. 9-265, 342-350 y 529-576. México: Fábula Tusquets Editores.
- Cornu, L. (2010) “**Saberes alterados**”. En *Educación: Saberes alterados*. Frigerio, G.; Diker, G. Ed. La Hendija. Paraná, Argentina.
- Cripiens. (5 de octubre de 2012). *La magia de Escher: Efecto Droste/Escher* [Archivo de Video]. Youtube. https://www.youtube.com/watch?v=k8_b7uYg8uc&t=2s
- Dewey, J. (2008). *El arte como experiencia*. Barcelona: Paidós. (2008).
- Díaz Barriga Arceo, Frida. (2003). *Cognición situada y estrategias para el aprendizaje significativo*. *Revista electrónica de investigación educativa*, 5(2), 1-13. Recuperado 26 de junio de 2022, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1607-40412003000200011&lng=es&tlng=es.
- Einstein, A. (2007). *Sobre el humanismo*. Paidós.
- Eisner, E. W. (2004). *What Can Education Learn from the Arts about the Practice of Education?* *International Journal of Education & the Arts*, Vol. 5, N° 4.

- Escotet M., A. (2002) Desafíos de la educación superior en el siglo de la incertidumbre
Universidad de Puerto Rico Recinto de Río Piedras Facultad de Educación, Cuaderno
de Investigación en la Educación Número 18.
- Fernández, I., Gil-Pérez, D., Carrascosa, J., Cachapuz, J. y Praia, J. (2002). Visiones
deformadas de la ciencia transmitidas por la enseñanza. Enseñanza de las Ciencias,
20(3), 477-488.
- Feyerabend, P., (2007) Tratado contra el método: esquema de una teoría anarquista del
conocimiento, quinta edición, Tecnos, Madrid.
- Feyerabend, Paul K. (1975) El mito de la ciencia y su papel en la sociedad. Cuadernos
Teorema, No. 35
- Francastel, P. (1988) La realidad figurativa. Ed. Paidós. Buenos Aires. Argentina
- Freire, P y Faundez, A. Por una pedagogía de la pregunta (3ª ed.). Buenos Aires: Siglo XXI.
Colección Biblioteca Clásica. Original 1985.
- Frigerio, G. Diker, G. (2004) La transmisión en las sociedades, las instituciones y los sujetos.
Un concepto de la educación en acción. Novedades Educativas. Buenos Aires –
México.
- Frigerio, G. (2007), “Grülp” en Frigerio, Graciela y Diker, Gabriela (comp.), Educar: sobre
impresiones estéticas, Del estante, Buenos Aires.
- Frigerio, G. (2018), “Según Graciela Frigerio, antes que hacer énfasis en contenidos y
saberes, la educación debería priorizar la relación de los sujetos con ambos” /
Entrevistada por Facundo Franco.
<https://ladiaria.com.uy/educacion/articulo/2018/3/segun-graciela-frigerio-antes-que-hacer-énfasis-en-contenidos-y-saberes-la-educacion-deberia-priorizar-la-relacion-de-los-sujetos-con-ambos/>

- Frigerio, G. (2018). Ensayos para volver pensable el oficio. En Graciela Frigerio, Daniel Korinfeld y Carmen Rodríguez (comps.). *Saberes de los umbrales. Los oficios del lazo* (pp. 17-58). Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Novedades Educativas
- Fronteras Educativas (2012). Entrevista a Denis Najmanovich. XIX Simposium de Educación y la XXXII Semana de Psicología en ITESO. [Archivo de Video] Youtube.
https://www.youtube.com/watch?v=_3fY3gOeXOc&t=1s
- García Canclini, N. (1989). *Culturas híbridas*. México D.F.: Grijalbo
- García Canclini, N. (2009) *Arte y fronteras: De la transgresión a la postautonomía*. "Fronteras, mapas y ubicaciones intermedias" colloquium that took place in Valparaiso, Chile as part of the Chile Triennial Universidad Autónoma Metropolitana.
- Gil-Pérez, D., et al. (1999). ¿Puede hablarse de consenso constructivista en la educación científica? *Enseñanza de las Ciencias*, 17(3), 503-512.
- Gil-Pérez, D. (2005). Inmersión en la cultura científica para la toma de decisiones. ¿Necesidad o mito? *Revistas. Universidad de Cádiz*.
<https://revistas.uca.es/index.php/eureka/article/view/3893>
- Gómez Agudelo, J. W. (2014). *Enrumbar las aulas. Reflexiones en torno a los espacios vitales de formación*. Ed. Ibagué: Universidad del Tolima. Colombia.
- Hacking, I. (1983). *Representing and Intervening*. Cambridge, MA: Cambridge University Press. Traducción de S. García (1996): *Representar e intervenir*. Seminario de Problemas Científicos y Filosóficos, UNAM; Instituto de Investigaciones Filosóficas, México D. F.: UNAM / Paidós.
- Hanson, N. R. (1958). *Patterns of Discovery. An inquiry into the conceptual foundations of science*. Cambridge, MA: Cambridge University Press. Traducción de E. García Camarero (1977): *Patrones de descubrimiento. Investigación de las bases conceptuales de la ciencia*. Madrid: Alianza.

- Hempel, C. G. (1976). *Filosofía de la ciencia natural*. Madrid: Alianza.
- Hillert, F. (2002). *Las ciencias de la educación y la revolución paradigmática*. 01-010-045. Buenos Aires, Argentina.
- Hillert, F., Kuguel, S., Loyola, C. y Spravkin, M. (2019) *Travesías entre el arte, la formación docente y la investigación*. Universidad y trabajo en red. Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Centro de Publicaciones Educativas y Material Didáctico.
- Hodson, D. (1994). Seeking Directions for Change. The Personalization and Politisation of Science Education, *Curriculum Studies*, 2(1), 71-98.
- Husserl, E. (2008) *La crisis de las ciencias europeas y la fenomenología trascendental* Buenos Aires Prometeo Libros.
- Jaeger, W. (2001). *Paideia, los ideales de la cultura griega*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Jos Leys. (2009). J.S. Bach - Crab Canon on a Möbius Strip [Archivo de Video]. Youtube. <https://www.youtube.com/watch?v=xUHQ2ybTejU&t=182s>
- Kuhn, T. (1971) *La estructura de las revoluciones científicas*. Breviarios. Fondo de cultura económica. México
- Laplace, P. S. *A Philosophical Essay on Probabilities* Edición digital para la Biblioteca Digital del ILCE. Primera edición: JOHN WILEY & SONS, 1902
- Larrosa, J. (2016, 5 abril). Dipòsit Digital de la Universitat de Barcelona: Sobre la experiencia. *Aloma. Revista de Psicologia i Ciències de l'Educació*, 2006, num. 19, p. 87–112. <http://diposit.ub.edu/dspace/handle/2445/96984>
- Larrosa, J. (2003) Conferencia: La experiencia y sus lenguajes. Algunas notas sobre la experiencia y sus lenguajes. En Seminario Internacional “La Formación Docente entre el siglo XIX y XXI. Disponible en internet: http://www.me.gov.ar/curriform/publica/oei_20031128/ponencia_larrosa.pdf

- Martínez Miguélez, M. (1998) *La Investigación Cualitativa Etnográfica en Educación. Manual teórico-práctico*. México. Editorial Trillas
- Morin E. (1998) *El pensamiento subyacente. El método IV. Las ideas*. Madrid.
- Najmanovich, D. (2018) *Configurazoom. Los enfoques de la complejidad. Cap.II en La emergencia de los enfoques de la complejidad en América Latina Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Comunidad Editora Latinoamericana. Libro digital, PDF - (Pensamiento complejo del sur)*
- Najmanovich, D. (2019, pág. 4). “El arte como modo de conocimiento” *Revista Exotopía*. Vol.1 N°1.
- Pardo, J. (2001). *A cualquier cosa llama arte: ensayo sobre la falta de lugares*. En *Habitantes de Babel. Políticas y poéticas de la diferencia*. Barcelona: Laertes.
- Piaget, J. (1973) *Estudios de psicología genética*. Emece. Buenos Aires, Argentina
- Platón (2001a). *Diálogos*. México: Porrúa.
- Platón (2001b). *Diálogos*. México: Porrúa.
- Poincaré, H. (1905). *Ciencia e Hipótesis*. The Walter Scott Publishing Company. Edición digital para la Biblioteca Digital del ILCE
- POZO, J.A., et al. (1991) “Las ideas de los alumnos sobre la ciencia: una interpretación desde la psicología cognitiva” *Facultad de Psicología*. Universidad Autónoma de Madrid.
- Prigogine, I. (1982). *Tan solo una ilusión*. Conferencias Tanner en la Jawaharlal Nehru University, Nueva Delhi.
- Prigogine, I., Stenger, I. (1983). *La nueva alianza. La metamorfosis de la ciencia*. Madrid. Editorial Alianza.
- Prigogine, I., Stenger, I. (1991). *Entre el tiempo y la eternidad*. Buenos Aires. Editorial Alianza
- Prigogine, I (1993). *El nacimiento del tiempo*. Barcelona, España: Tusquets

- Prigogine, I. (1994), ¿El fin de la ciencia?, en Fried Schnitman, D.
- Prigogine, I. (1995), ¿Qué es lo que no sabemos? Conferencia pronunciada en el Fórum Filosófico de la UNESCO en 1995
- Prigogine, I (1996). El fin de las certidumbres. Tempo, caos e as leis da natureza. São Paulo: Editora UNESP
- Prigogine, I. (2002). Las leyes del caos. São Paulo: Editora UNESP
- Prigogine, I. (2019) Qué es lo que no sabemos. Y otros textos. Recopilación, corrección y maquetación: Demófilo
- Pozo, J. I. (1991). Procesos cognitivos en la comprensión de la ciencia: las ideas de los adolescentes sobre la química. Madrid, Ministerio de Educación y Ciencia.
- Rancière, J. (2003). El maestro ignorante. Barcelona: Laertes.
- Sanguineti, J., J. 1992. Scienza aristotelica e scienza moderna. Roma: Armando [en Alzate, M. A. L. (2014). Fragmentación entre ciencia y humanismo en la universidad contemporánea. Hallazgos, 11(22). Pp.101-110
<https://doi.org/10.15332/s1794-3841.2014.0022.17>
- Sarriugarte Gómez, I. (2019). El camino cubista hacia la experiencia n-dimensional 1. QUINTANA Revista de estudios do Departamento de Historia da Arte. Nº18. ISSN 1579-7414. pp. 333-348. <http://dx.doi.org/10.15304/qui.18.3996>
- Schrödinger, E. (1951). Ciencia y Humanismo. Barcelona: Tusquets.
- Schrödinger, E.,(1967), What is the life? & Mind and mater, Cambridge Univ. Press.
- Schwarcz López Aranguren, Violeta (2006) El arte, construcción de sentido. Un análisis psico-semiótico de su constitución. En Frega, Ana Lucía (Ed.) Pedagogía del Arte. Buenos Aires: Bonum.
- Skliar, C. y Larrosa, J.(comp.) (2009). Experiencia y alteridad en educación. Rosario: Homo Sapiens.
- Snow, C. P. (1959). Las dos culturas y un segundo enfoque. Madrid: Alianza.

- Spinadel, V., W de. (2003) "Geometría fractal y geometría euclidiana". En: Revista Educación y Pedagogía. Medellín: Universidad de Antioquia, Facultad de Educación. Vol. XV, No. 35, pp. 85-91.
- Vallejo, I. (2019). El infinito en un junco. La invención de los libros en el mundo antiguo. Madrid: Siruela S.A.
- Vargas, R. (2012). La ciencia como arte, el caos como avance: Paul Feyerabend y el anarquismo epistemológico. En Analistas Independientes de Guatemala en Epistemología, Filosofía Latinoamericana, Orden, Paul Feyerabend, Reflexiones teóricas.
- Vitoria, M. Á. (2011). Las aperturas de la razón científica. Del cierre positivista a la sensibilidad actual. Pensamiento y Cultura. Revista de Filosofía, 14(1), 49-62
- Wallerstein, I. (2006). Abrir las ciencias sociales (volumen 50). Nueva York: Siglo XXI.

Glosario

Adaptación Proceso vinculado a la reproducción y a la sobrevivencia. Corresponde al grado en que los sistemas se ajustan a una situación mediante estrategias que les permiten sobrevivir y reproducirse. La adaptación de unos organismos no puede separarse de la de otros, ni de la autoorganización de conjuntos coincidentes, afines y opuestos, ni de la co-determinación de las organizaciones y sus contextos. Desde el punto de vista matemático el proceso de adaptación se expresa como una serie de reposicionamientos que alcanzan una secuencia óptima. En la solución de problemas, las ciencias de la computación buscan estrategias de optimización.

Articulación. En la modelación de los sistemas interactivos se da mayor importancia a la articulación, conexión, acceso, salida, líneas y redes de contacto que a los actores-receptores de la información que las activan y reactivan. Los actos cognitivos son analizados como articulación del conocimiento en sus contextos y contenidos. El acceso a los conocimientos y a la transmisión de conocimientos varía en función de las estructuras. Se educa en la articulación de conocimientos, en su selección, en su memorización; en la explicación y aplicación de factores determinantes, y en la práctica, la producción, o creación. Las dificultades principales se encuentran en la transmisión de sentidos cuya polisemia es ineludible incluso cuando no se usa un lenguaje idiosincrático o que obedece a la manera de ser de un individuo o de una colectividad que busca articularse con otra.

Atractor Figura matemática compleja que repite sus detalles en las pequeñas y grandes estructuras. Representa una misma solución para una ecuación interactiva que implica retroalimentación. Los atractores pueden ser puntos fijos, periódicos, cuasi periódicos, caóticos y extraños.

Atractores caóticos corresponden a la emergencia del desorden en sistemas deterministas.

Atractores extraños corresponden a la formación de fractales o de nuevos determinismos en los sistemas complejos.

Bifurcación En un sistema dinámico corresponde a un cambio abrupto en el comportamiento de largo plazo del sistema. Con la bifurcación el valor de una constante cambia por debajo o por arriba de un valor crítico.

Caos Análisis del comportamiento de sistemas dinámicos continuos y discontinuos. La relación entre el orden y el desorden aparece en la evolución de un sistema que se conserva, o en un sistema que es sustituido por otro. En cualquier caso, el caos muestra trayectorias o configuraciones recurrentes en función de las condiciones iniciales, y otras en que un pequeño error, desviación o disturbio tiene efectos desproporcionados. Las variaciones útiles al sistema conservador son estudiadas y empleadas de manera más efectiva en situaciones “al borde del caos”, porque en un sistema determinista el tipo de desorden visible en las condiciones iniciales es más fácilmente predecible y manipulable. Se le puede analizar al tiempo que se implantan procesos de auto-regulación, adaptación y creación.

Caos determinista Fenómeno que las nuevas ciencias estudian como articulación del orden y el desorden. Corresponde a los planteamientos del pensamiento crítico sobre “la interpretación de los contrarios” (orden y desorden), sobre el cambio de la cantidad en calidad o de la calidad en cantidad (interacción y complejidad, o viceversa) y sobre la negación de la negación (el caos que surge del orden y el orden que surge del caos) (Engels, et al).

Caos y complejidad El caos puede corresponder al estudio de sistemas simples que generan un comportamiento complicado; mientras la complejidad puede corresponder a sistemas complicados que generan un comportamiento simple.

Caos (control del) Estrategias para la estabilización de órbitas periódicas o para el uso de recurrencias que permiten estabilizaciones locales. Los caos provocados con pequeñas

perturbaciones son objeto de investigaciones para el control o encauzamiento de esos fenómenos a determinados objetivos o blancos.

Caos limitado Propiedad que caracteriza a los sistemas dinámicos en que la mayoría de las órbitas son periódicas o casi periódicas y sólo algunas no son periódicas. Corresponde al comportamiento o funcionamiento de un sistema que se protege de las oscilaciones caóticas (como ciertas organizaciones) evitando una inflexibilidad peligrosa. Los organismos y las organizaciones buscan reaccionar en formas flexibles cuando las circunstancias del cambio son inesperadas y pueden ocurrir en forma precipitada.

Catalítico Organismo que disminuye la cantidad de energía activa necesaria para iniciar una reacción. Las enzimas catalizan reacciones particulares al disminuir la cantidad de activación de energía que se requiere para iniciar una reacción. Las enzimas permiten la formación de asociaciones temporales con las moléculas que reaccionan.

Catástrofes (teoría de) Descripción de las discontinuidades que se pueden presentar en la evolución de un sistema. Saltos bruscos que se identifican generalmente con cambios cualitativos. En matemáticas la teoría de las catástrofes analiza saltos en que se pasa de un sistema diferencial a otro.

Coevolución Fenómeno por el que los componentes de un sistema complejo se redefinen mutuamente y en el que cada uno de los componentes impone ciertas condiciones para el éxito del otro componente. La evolución del sistema y la evolución de sus componentes sólo se entienden como coevolución de las partes y del todo, de los subsistemas y del sistema en sus interacciones y redefiniciones o reestructuraciones.

Colonia En biología, grupo de organismos que viven juntos en estrecha asociación. Los fenómenos de parasitismo pueden aplicarse a ciertas colonias, pero el término no los incluye habitualmente.

Contexto Hay sistemas que están integrados por subsistemas y forman parte de un entorno o contexto. El conjunto suele ser conocido como supersistema. En los sistemas autorregulados a menudo no se considera el supersistema. Este es estudiado más en los sistemas históricos y cosmológicos. Pero en la definición rigurosa del contexto de los seres vivos, el contexto no puede ser separado de lo que los organismos son y de lo que hacen. Entre organismos y contextos hay una especificación o co-determinación mutua. Para autores como Prigogine todo sistema incluye a su entorno o contexto.

Curvatura del espacio - tiempo La relatividad general abandona el concepto de fuerza y lo reemplaza por el concepto de curvatura del espacio-tiempo. Los cuerpos celestes adoptan trayectorias lo más derechas posibles, pero deben someterse a la configuración del espacio-tiempo. Lejos de toda distribución de materia, la curvatura del espacio-tiempo es nula, y todas las trayectorias son líneas rectas. Cerca de un cuerpo masivo como el Sol, el espacio-tiempo se deforma, y los cuerpos se desplazan en líneas curvas.

Determinismo y organización A las regularidades de las leyes fundamentales y simples no sólo se deben añadir los “accidentes congelados” de las condiciones iniciales sino los niveles de información, estructuración y organización, así como las condiciones de autoorganización y orden local de que se parte, y que pueden tener efectos no lineales en el conjunto de un universo desordenado y en el nacimiento de un orden alternativo.

Efecto mariposa Fenómeno en que una pequeña alteración en el estado de un sistema dinámico hace que los estados subsecuentes varíen en forma considerablemente distinta a como habrían variado sin esa pequeña alteración.

Espacio geométrico Objeto de estudio de la geometría, cuyas características son: continuo, infinito, de 3 dimensiones, homogéneo e isotrópico.

Espacio isotrópico Espacio cuyas propiedades físicas son exactamente iguales en todas las direcciones. Es decir, en el que todas sus zonas poseen las mismas características.

Espacio representativo Producto de nuestras representaciones y sensaciones.

Espacio visual Marco limitado no homogéneo que encierra una imagen.

Estado (de un sistema) Condición de un sistema en una fase o momento determinado que se registra al mismo tiempo con distintas variables. Ejemplo bien conocido es el del estado sólido, líquido o gaseoso.

Estructura Conjunto de relaciones que tienen una cierta permanencia en cuanto a sus características y funciones. Las estructuras pueden ser relaciones de cosas, de órganos, de partes, de individuos y de colectividades. Como relaciones humanas de individuos o agrupaciones, las estructuras muestran interacciones de los actores que se expresan en forma de signos y símbolos, lenguajes y textos. Corresponden a interacciones que generan interdefiniciones en general más complejas que las de otros fenómenos de la materia y de la vida. La estructura representa también el modelo, marco, tipo o patrón que muestra un sistema y que se mantiene en medio de reestructuraciones y redefiniciones. Su carácter variable o invariable puede darse en todo el sistema o en algunos subsistemas. La desestructuración o extinción de las estructuras más simples que están en el origen de un sistema complejo implican la extinción del sistema.

Estructuración El comportamiento de las estructuraciones se puede dar (1) por iteración o repetición en que los estados sucesivos repiten a los que los preceden; (2) en forma no lineal desde el punto de vista longitudinal (en que desaparecen la línea o el alineamiento), o funcional (en que las relaciones de variables y de elementos o términos cambian, con relaciones no proporcionales de causa a efecto, o con rupturas, puntos críticos o puntos de quiebre que marcan un fin y un principio; (3) entre “caos deterministas” que corresponden a mapas algebraicos compuestos de una o más ecuaciones diferenciales, que se pueden interpretar como fenómenos discretos o discontinuos y/o como fenómenos dialécticos, en que el caos es sensible a las condiciones iniciales, al orden que lo precede (a los primeros valores

observados) y ocurre en forma asintótica en que modificaciones mínimas generan distintas estructuras caóticas o emergentes.

Estructuras disipativas son ordenamientos espaciotemporales producto de fenómenos de autoorganización en sistemas abiertos lejos del equilibrio; fluctuaciones gigantes estabilizadas por la disipación de energía al medio, que pueden evolucionar hacia nuevas estructuras.

Evolución irreversible Los sistemas pierden su estructura y organización en formas reversibles e irreversibles. Es irreversible el cambio que ya no permite regresar a la situación, fase o estado anterior. Sistemas que no están en equilibrio mantienen su estructura y organización mediante intercambios de energía y materia con su entorno, o con alteraciones de parte de su estructura y de su organización que aumentan su información y con las que reducen su entropía. Cuando se presenta la imposibilidad de intercambio o de reestructuración del sistema y su entorno, pequeñas inestabilidades y fluctuaciones llevan a bifurcaciones irreversibles y aumentan la complejidad del comportamiento bajo nuevos ordenes, sistemas y estructuras.

Fractal Una figura geométrica o un objeto natural se consideran como un fractal si combinan las siguientes características: (a) sus partes tienen la misma forma de estructura que el conjunto, excepto que se encuentran a una escala diferente y pueden estar ligeramente deformadas; (b) su forma es extremadamente irregular, o interrumpida, o fragmentada, y se mantiene así en todas las escalas; (c) contiene “distintos elementos” cuyas escalas son muy variadas y comprenden un amplio rango (Mandelbrot).

Incertidumbre Cuando se refiere a la creación o al futuro se identifica con lo contingente. Los biólogos han puesto de moda hablar de la contingencia en relación al origen de la tierra, de la vida, de la humanidad y de la mente. Según Christian de Duve la tesis no se confirma. Lejos de ser un milagro, el nacimiento de la vida ha seguido una larga sucesión de

pasos químicos que han llevado a la formación de moléculas cada vez más complejas. Esos pasos han tenido que ser fuertemente deterministas y reproducibles, impuestos por las condiciones físicas y químicas en que ocurrirán. En relación al desarrollo de la mente el surgimiento de “seres pensantes” es menos improbable de lo que se piensa. Cuando surgieron las neuronas y empezaron interconectándose formaron redes cada vez más complejas que integran hoy la mente humana. Al hablar del futuro humano no sólo se plantean los problemas de la incertidumbre sino los de la interconexión e interdefinición de los seres humanos y sus redes, organizaciones y complejos.

Interacción – interdefinición Relación en que los elementos accionan y reaccionan entre sí en formas heterónomas y en formas autónomas. En los seres humanos, la interacción se articula con las representaciones simbólicas y con la información del sistema. Los cambios e intercambios de los elementos no obedecen a leyes puramente deterministas y mecánicas. Ocurren entre subsistemas parcialmente autorregulados, adaptativos y creadores. Las mediaciones simbólicas corresponden a una dinámica con sinergias y dialécticas que se parece muy poco a la dinámica de carácter mecánico. Los conjuntos o sistemas de interacción-interdefinición corresponden a sujetos con grados variables de libertad, que en sus comportamientos probables o posibles buscan un sentido a sus acciones y reacciones. Los “sistemas humanos de construcción de sentido” son simbólicos, sus interacciones se expresan como “textos”, “discursos”, “informaciones”, “interpretaciones”, “traducciones”, palabras-actos. Son sistemas que se interdefinen con más o menos certidumbre, exactitud, creatividad. Plantean problemas de control de la comunicación –como claridad y obscuridad-, como adaptación –traducción, difusión, educación- y como creación de nuevos significantes y significados. Las relaciones interactivas se redefinen con transmisiones de mensajes. La interacción como interdefinición no se limita a los sistemas humanos, ni a los biológicos. El físico Werner Heisenberg descubrió a mediados de 1920 lo que se conoce como el principio de

indeterminación. Este principio reconoce en la mecánica cuántica que la observación influye en lo observado y el objeto observado en la observación. De hecho, Heisenberg se refirió a una interdefinición de lo observado y el observador.

Interdefinición (codeterminación) Fenómeno que se da en los sistemas complejos por el que las relaciones entre elementos, partes, nodos, subsistemas (sujetos, actores) corresponde a interacciones que determinan transformaciones, cambios, adaptaciones, innovaciones tanto en los nodos como en sus relaciones, de tal manera que las variables o características de los mismos pueden romper o alterar las tendencias esperadas antes de su transformación. Esas rupturas de tendencias –necesarias y probables- no aparecen en los sistemas investigados por la mecánica clásica. En las formalizaciones de la mecánica clásica no se investigan los procesos de interdefinición de las partes y de las relaciones de las partes que forman un todo con sus variaciones temporales y espaciales que requieren nuevas formas de cálculo o que escapan al cálculo.

Interfaz (interfaces) Medio o programa por el cual interactuamos con una computadora dando y recibiendo instrucciones e información.

Interrelación (y sistemas) Comportamiento de los sistemas considerados como conjuntos cuyas partes están relacionadas entre sí y en que la causación es recíproca y múltiple.

Isotrópico Movimientos sin dirección preferida.

Iteración Fenómeno de amplificaciones que se repiten. La iteración describe situaciones en que algo cambia en forma repetitiva, de tal modo que cada cambio depende del anterior. En los sistemas complejos las interacciones, conexiones e interdefiniciones crecientes están asociadas con el caos determinista, en que las amplificaciones sólo en parte, y parte del tiempo, son repetitivas.

Ley Concepto que mantiene una fuerte carga religiosa en las ciencias naturales de la Edad Moderna. Dificulta la comprensión de las leyes de la naturaleza que no son

deterministas y que se expresan en términos de probabilidades. También dificulta la comprensión de que las leyes pueden variar en el espacio y en el tiempo. Las leyes corresponden a relaciones necesarias o probables en el comportamiento de los fenómenos. En los sistemas complejos aparecen como reglas de comportamiento que varían por etapas, fases, escalas, estados. Los cambios de las leyes no sólo se dan entre los subsistemas, los sistemas y sus contextos, también se dan en períodos o situaciones de mayor o menor predictibilidad, orden, regularidad. No existen leyes universalmente válidas y que se den en todos los sistemas, en todas las escalas y en todas las etapas, fases o estados. La emergencia de sistemas, o los sistemas emergentes, muestran características deterministas, que obedecen a leyes o reglas también determinadas por sus condiciones iniciales.

Modelo Cualquier conjunto completo y consistente de estructuras que se diseñan para corresponder a un concepto o a un fenómeno. En los modelos numéricos las estructuras se expresan como ecuaciones. Los modelos por lo general no se consideran como verdaderos o falsos: más bien se les considera como útiles o inútiles, simples o elaborados, elementales o sofisticados, sencillos o complicados. Se enjuician sus características cualitativas y cuantitativas para representar, simular, manipular un sistema.

Nodo Término que se usa en las relaciones o interconexiones de elementos o unidades que pueden ser individuos, grupos, organismos, organizaciones, etc. La conectividad de los nodos puede ser binaria, o formar parte de redes o subredes integradas por unidades y agrupamientos de unidades. Los nodos se entienden también como nudos de relaciones.

Nuevas ciencias Corresponden a las tecnociencias, a los sistemas autorregulados y a las ciencias de la complejidad. Su novedad no sólo radica en investigar los factores en función de los efectos que se buscan –como las tecnociencias- ni sólo en privilegiar el estudio de los sistemas complejos auto- regulados, adaptativos y auto-poiéticos, sino en analizar la dinámica de fenómenos irreversibles que no pueden ser determinados ni explicados con el paradigma de

la mecánica clásica y que empezaron a aparecer en las ecuaciones de la dinámica impredecible, en la relatividad, en la física cuántica, en el principio de indeterminación, en la termodinámica, en la geometría de la naturaleza, sin una teoría general que se enfrentara a la mecanicista y determinista. La teoría de las nuevas ciencias de la complejidad señala sus descubrimientos como otra forma de conocer otros fenómenos. No acepta que su impredecibilidad o indeterminación relativa sea producto de la ignorancia o de un conocimiento insuficiente que al volverse plenamente científico -según el paradigma anterior- igualaría el determinismo de la mecánica clásica en el estudio de la naturaleza, de la vida y de la humanidad.

Optimización evolutiva Cambio en el concepto de que la Naturaleza corresponde a un diseño óptimo del que dependen la evolución de la vida y la humanidad. La optimización evolutiva reconoce a la autoorganización de la materia, la vida y la humanidad un carácter constitutivo y causal. Los sistemas no se forman al azar ni obedecen a leyes deterministas. Se forman mediante procesos de reorganización compleja y de auto-optimización que ocurren en medio de inestabilidades y transiciones sucesivas características del caos determinista.

Organismo En biología, criatura viva individual, unicelular o multicelular. Varios tipos y variedades de organismos se relacionan entre sí formando sistemas biológicos con estructuraciones parecidas o distintas.

Organización Concepto que emplean las ciencias de la materia, de la vida y de la humanidad. Corresponde a estructuras, a formaciones, a figuras, relaciones e interacciones ordenadas. Estas se dan en los átomos, los cristales, las moléculas, las plantas, los animales, los seres humanos, las sociedades. El concepto de organización corresponde también a fenómenos de diferenciación, jerarquización, dominio, control, coordinación, conflicto, comunicación, información, retroalimentación, autonomía, redes, intervención, interdefinición.

Organización autopoietica Se refiere a las relaciones dinámicas específicas entre los componentes que definen y crean un sistema. La organización autopoietica se distingue de su contexto, compone sus partes, regenera sus transformaciones y sus interacciones y forma una unidad concreta con el espacio en que existe y en que se realiza como red.

Organizaciones (modelación y simulación de) La autorregulación, la adaptación y la creación son objeto de modelación y simulación. Estas permiten conocer y operar con más precisión y eficacia en los sistemas, siempre que la simulación y el modelo incluyan las relaciones y estructuras más significativas para la conservación del sistema o para el impulso de estructuras emergentes.

Paradigma Forma predominante de plantear y resolver problemas en las ciencias. Corresponde a un marco conceptual dado, con el léxico de una comunidad que prioriza problemas, métodos y técnicas de investigación y análisis y establece las normas (o “estándares”) de la racionalidad y de lo que es valioso o “científico”. (Thomas Kuhn). El marco dado incluye valores, intereses y creencias de las fuerzas dominantes.

Predicción Cuando un sistema que se rige por leyes deterministas o leyes de probabilidad empieza a ser impredecible por las ecuaciones que normalmente describían la dinámica del sistema, la predicción es todavía posible si se conocen las condiciones iniciales del sistema antes de que éste entre en un período de turbulencias y desorden. El conocimiento de las situaciones iniciales no sólo implica observar las trayectorias de los elementos y variables más significativos, sino su condición y situación al principio del proceso, así como las trayectorias anteriores, la dirección a que cada una de ellas apunta y las reestructuraciones y redefiniciones que realizan los elementos para alcanzar sus objetivos, esto es, su capacidad de autorregulación, adaptación y creación.

Racionalidad científica Según el diccionario de las ciencias de la educación, la racionalización es el resultado de la elaboración de argumentos que justifican coherentemente

un hecho, fenómeno o comportamiento de acuerdo con las leyes de la lógica. Es también un proceso de obtención de inferencias o la capacidad, manifestación y resultado de la argumentación válida. Un proceso de formación de conceptos y de descubrimientos de las relaciones correctas entre las ideas.

Pensamiento racional. Constituye una de las facultades superiores del ser humano y es una propiedad del cerebro capaz de reproducir los objetos de conocimiento mediante imágenes que transforma en conceptos, juicios y razonamientos que exterioriza por medio de palabras. De hecho, la fase racional del conocimiento está compuesta por esta serie de ideas, conceptos, juicios y razonamientos que integran la unidad indisoluble del pensamiento.

Relatividad (de conocimiento científico, de causas, leyes, generalizaciones, explicaciones) A un nivel y en un espacio tiempo o estado se aplican ciertas leyes. A partir de ellas no se derivan todas las demás leyes. A partir de ellas y del nivel o espacio o período en que operan se derivan incluso las leyes que han operado y van a operar en espacios tiempos recientes y futuros. Aparecen leyes que no se detectan “aquí y ahora”. Se descubren leyes de lo emergente. El problema aparece en la teoría de la relatividad y en la física cuántica; pero sólo adquiere un carácter general o integrado con los sistemas disipativos y complejos.

Retroalimentación (feedback) Técnica para corregir errores en el logro de un objetivo o meta. Consiste en que un órgano (o aparato) receptor o monitor capte y responda a un estímulo, transmitiendo un mensaje al aparato de control que a su vez instruye al efector para que mantenga o modifique la ruta, velocidad, calentamiento, etc., a fin de alcanzar el objetivo o meta. Se habla de retroalimentación negativa cuando la información se utiliza para reducir la desviación y alcanzar las metas. Se habla de retroalimentación positiva cuando la información sirve para aumentar la desviación del sistema respecto de sus metas. Esta última se aplica en los modelos de desestabilización y dominación de un sistema por otro.

Simulación Representación o modelación de fenómenos, escenarios y sistemas a través de la computación. La simulación permite analizar series de consecuencias en los cambios de una variable, en la toma de una opción, o en la variación de una estructura.

Sinapsis comunicación entre la neurita o prolongación citoplasmática de una neurona y las dendritas o el cuerpo de otra. Las dos células no se tocan; el intervalo es articulado por moléculas neurotransmisoras. El término se usa en forma genérica para referirse a relaciones y articulaciones de distintos tipos de elementos, nodos, actores.

Sinérgica Metodología para modelar sistemas dinámicos y analizar la transición de sistemas conservadores dominantes a sistemas alternativos emergentes que tienden a dominar. Esa transición entre un sistema y otro se conoce como transición de fase y opera entre puntos críticos en que se desordena el sistema dominante y el sistema emergente tiende a ordenarse a niveles micro y macro. Los proyectos lineales de las opciones individuales y/o colectivas se enfrentan a comportamientos no lineales que operan en las estructuras realmente existentes del sistema dominante y su contexto. Los sistemas abiertos dominantes llegan a un punto crítico en sus procesos de disipación y consumo de energía y materia, y de disponibilidad de la información que requieren los órganos de control. Al mismo tiempo surgen efectos desproporcionados en las micro acciones del sistema emergente, y esos efectos no sólo operan en escalas micro sino macro obedeciendo a un atractor que empieza a dar sentido al conjunto alternativo entre una creciente cantidad de elementos y formaciones. El atractor que redefine al conjunto podría llamarsele “principio de liberación” en términos de los sistemas sociales. Es un atractor de “liberación” porque domina todo el nuevo marco cognitivo-activo de las fuerzas emergentes que operan en forma sinérgica o solidaria entre inestabilidades y disparidades que pueden ser consideradas como contradicciones internas. Los fenómenos sinérgicos o de cooperación de varios elementos para realizar una función o alcanzar un objetivo en que unos apoyan a los otros o los complementan, se dan también en el interior de clases opuestas que

integran los sistemas. Las sinergias no sólo aparecen en “clases” de elementos conservadores y emergentes sino en redes, organizaciones y complejos, en que se articulan los elementos. La formalización de estos fenómenos en “modelos” es a menudo complementada e incluso superada por los análisis cualitativos concretos.

Sistema adaptativo Se dice que los sistemas complejos autorregulados son adaptativos porque los cambios a un nivel superior se dan tomando en cuenta las experiencias a niveles inferiores, y aumentan su efectividad en procesos de retroalimentación (feedback) esto es de consideración de las interacciones anteriores, o en procesos en que se prefiguran o promueven (feedforward) interacciones y se considera su comportamiento posterior.

Sistema aleatorio Aquél que no es determinista, en que el paso de un estado a otro no está determinado por ninguna ley.

Sistema autopoietico Organización o unidad que tiene identidad propia (autos) y que es capaz de producir (poien). Lo contrario de una organización o una unidad *autopoietica* son las organizaciones o unidades “*alopoieticas*” cuyas transformaciones no dependen de ellas, y cuya producción de relaciones y de conexiones está subordinada. Los sistemas *autopoieticos* de más alto nivel coordinan a su vez sistemas *autopoieticos* que los componen y que, cuando es necesario aceptan estar subordinados a la unidad compuesta que busca iguales o semejantes objetivos. Los componentes *autopoieticos* forman parte de la unidad e internalizan sus instrucciones u órdenes, sin considerar que éstos vengan de afuera.

Sistema cerrado Corresponden a sistemas mecánicos que no elaboran estructuras, que no crean nuevas relaciones, que no redefinen sus relaciones de acuerdo con experiencias y objetivos, que carecen de autonomía y autorregulación.

Sistema complejo Un sistema complejo está compuesto por varias partes interconectadas o entrelazadas cuyos vínculos crean información adicional no visible ante el observador como resultado de las interacciones entre elementos. Los sistemas complejos se

caracterizan por la necesidad de establecer múltiples relaciones y estas al interactuar de múltiples formas ocasionan cambios imposibles de predecir. Lo complejo radica en la forma de interpretar y entender el comportamiento del sistema. Otras características son: alta sensibilidad a las condiciones iniciales, conectividad, todas las partes del sistema y subsistemas internos se afectan mutuamente, aún sin conexión directa, autoorganización, tendencia constante a generar patrones de comportamiento global, etc

Sistema dialéctico Aquél que tiene un carácter intrínsecamente contradictorio cuya coevolución varía en el espacio y el tiempo. Cada elemento de un sistema dialéctico no se explica sin su opuesto. Las relaciones entre uno y otro elemento se explican por el surgimiento, funcionamiento, evolución, superación y emergencia de nuevas contradicciones. La relación contradictoria más característica de un sistema dialéctico es la que define sus móviles y fuerzas dominantes. No actúa en forma determinista sobre las demás relaciones, ni éstas la sobredeterminan. Los sistemas dialécticos son sistemas complejos cuyos elementos coevolucionan, interaccionan y se interdefinen. Las leyes o reglas que aparecen en los sistemas y procesos dialécticos tienen un carácter histórico y espacial con cambios no sólo reversibles sino irreversibles que incluyen el fin del sistema.

Transición (puntos de) Momentos o límites en que ocurren cambios en el comportamiento de los fenómenos, de sus estructuras, sistemas o subsistemas, contextos, reglas o leyes de comportamiento. Incluyen la determinación de etapas o períodos, de fases o estados. Corresponden a la emergencia o inicio del funcionamiento de sistemas, organismos, organizaciones, con sus ordenamientos y flujos. Obedecen a comportamientos lineales (puntuales o cíclicos), a otros con una o varias salidas o descenlaces, a fenómenos caóticos en los que desaparece el orden y eventualmente emerge un nuevo orden. Entre los puntos de transición más significativos se encuentran los que corresponden a las “situaciones al borde del caos”, zona en la que mejor pueden actuar los sistemas complejos, adaptativos, auto-regulados y creadores. También se habla de “zonas críticas” en las “transiciones de fase” en que éstas se

dan por “amplificación de fluctuaciones”, en formas no lineales cuyos límites determinan los “puntos críticos”. El fenómeno aparece en los fenómenos de la materia, de la vida y de la sociedad. Se puede asociar a las revoluciones científicas (Thomas Kuhn)

Anexo
Entrevistas y *focus group*

Entrevista en línea asincrónica a Adrián Pérez Rubín

PhD in Chemistry

Profesor Adjunto

Investigador Adjunto CONICET

Area de Biocoloides y Nanotecnología

Instituto de Tecnología de Alimentos

Facultad de Ingeniería Química

Universidad Nacional del Litoral

Abstract Art

Fecha de envío: 11 de abril de 2021**Fecha de respuesta: 18 de abril de 2021**

Silvia Martínez (SM) — Teniendo en cuenta esta breve introducción que enmarca el trabajo investigativo para mi tesis doctoral, paso a realizar las preguntas; ¿cuál ha sido, de acuerdo con su experiencia de paso por los diferentes niveles educativos -especialmente el universitario- el paradigma bajo el cual fue formado?

Adrián Pérez Rubín (APR) — Haciendo un breve análisis de mi formación universitaria podría identificar que dicho paradigma estuvo basado principalmente en el desarrollo de conceptos y teorías como plataforma de un conocimiento rígido y con escasa oportunidad de cuestionarlo. Los alumnos que profundizábamos o cuestionábamos la validez de dichos conceptos o teorías debíamos ajustarnos a ese modelo educativo y existían pocas instancias abiertas al debate y/o exposición de enfoques alternativos. No obstante, bajo esta perspectiva se alcanzaban los criterios necesarios para demostrar, siguiendo ciertas pautas metodológicas, los conceptos y teorías desarrollados, los que permitían en algunos casos vislumbrar la resolución de un problema o situación.

Hoy en día, sigo cuestionándome acerca de las teorías que hemos aceptado como dogmas. En mi sistema de pensamiento reside una perspectiva controversial para la óptica de mis formadores, acerca de la comprensión del universo. Si es que el mismo existe o si es solo una experiencia sensorial que gobierna lo que percibimos como realidad.

SM — ¿De qué manera cree que la formación recibida ha resonado en su carrera de docente - investigador?

APR — Respeto al sistema educativo que me ha formado, lo cuestiono. Aún tengo admiración por algunos de mis docentes y en alguna medida hoy siguen inspirándome. Rescato de ellos su pensamiento crítico, calidad humana y su puesta en escena frente alumnos, algo que me permitirá recordarlos por siempre. No obstante, y en relación a lo anterior, mi carrera como docente/investigador recrea aquellos espacios en los que como aprendiz/alumno me fueron impedidos y es por ello que considero que el paradigma educativo, particularmente a nivel universitario, debe reconstruirse considerando enfoques innovadores, integrales, artísticos, democráticos, abiertos al debate, ajustados a la naturaleza individual del alumno y al contexto socio-económico y cultural de la sociedad.

SM — ¿Qué papel juegan hoy los cambios de paradigmas epistemológicos -que al interior del campo científico se han presentado-, en su desarrollo de docente/investigador? Esta influencia que Ud. comenta, ¿tiene efectos en sus aulas?

APR — En mi labor actual como docente y científico, a modo de ejemplo, interpreto a mis alumnos/becarios formando parte de un tejido funcional constituido por unidades celulares con metabolismo propio y diferenciado. Desde este punto de vista, el acompañamiento en el aprendizaje e investigación es individual y posteriormente, se analizan, integran y exponen fortalezas y debilidades particulares para alcanzar un ámbito de conocimiento y de conciencia colectiva. Bajo esta interpretación que considera a mis alumnos/becarios como unidades funcionales que contribuyen a un todo, al presente, se observan acciones sinérgicas y estimulantes que los conduce a vivir una experiencia de formación fluida y útil, no solo para sus carreras sino también para sus vidas fuera del ámbito científico/académico.

SM — ¿Cuál es, para usted, el rol que debe cumplir la investigación en el mundo actual y en nuestro país en particular? ¿Esto debe reflejarse de alguna forma en la educación? ¿Cómo?

APR — En el mundo actual, la investigación debería ser considerada como una herramienta que no sólo brinde soluciones a diversas problemáticas o situaciones, sino que también posibilite la evolución de la especie humana como una civilización en resonancia-consonancia con su entorno físico y no físico. La investigación debe abrir puertas hacia terrenos desconocidos por el hombre, a fin de que él mismo sea consciente de su potencialidad, de su rol en la sociedad y de su espacio en armonía con lo natural. Debemos dejar de segmentar a la ciencia como sólo básica o sólo aplicada y mejor encontrar puntos de intersección, transversalidades y convergencias disciplinarias para la generación de nuevos conocimientos y soluciones sustentables e inclusivas. Al mismo tiempo, es hora de investigar en terrenos no físicos ya que nuestra existencia, en lo que percibimos como universo, no sólo se rige por la materia y la energía, sino también por elementos sutiles que residen en nuestro inconsciente, impactando en nuestras acciones, conductas y vulnerabilidades.

En nuestro país, tanto la investigación como la docencia deben estar impulsadas hacia el despertar de vocaciones, desarrollo tecnológico y social, diversidad e igualdad de género, y hacia un aprovechamiento racional de todos sus recursos. En la medida de lo posible, estas actividades deben continuar, aún en contextos socioeconómicos hostiles.

Aunque de cara al sistema globalista actual suene como una utopía, la investigación, como actividad generadora de conocimiento, no puede desvincularse de la educación ya que el mismo debe ser transmitido por el simple hecho de ser universal.

SM — Desde la concepción de un universo inestable, ¿se puede inferir que el mundo está gobernado por el azar?

APR — Desde luego que sí, incluso desde una perspectiva de probabilidad el azar que gobierna el mundo viene determinado por una sucesión de experiencias, apariencias y escenarios que transcurren o tienen lugar simplemente porque sí en esta confinada realidad. Esto deviene directamente de la naturaleza inestable del universo, viéndolo como un todo en

el que ocupamos un parte que, aunque infinitesimalmente pequeña, es fundamental en su evolución. Intentar comprender, conceptualizar o rotular tales experiencias, apariencias y escenarios es meramente un propósito mental cuya intención es fragmentar, incluso confundir la realidad. La tendencia natural del ser humano al apego del Yo que reside en su mente le hace suponer que dicho ser vive una vida, cuando en realidad la vida lo vive a él sometiéndolo a experiencias, apariencias y escenarios en el que este ser cree o supone tener control, cuando en realidad no lo tiene.

SM — Es común que en ámbitos académicos se acepten ciertas premisas de la ciencia y necesariamente se deba creer en ellas. ¿La ciencia es otro tipo de religión?

APR — Lamentablemente sí. Lo lamentable es no dar lugar en ámbitos académicos a cuestionar los dogmas científicos. En estos ámbitos, el cuestionamiento se percibe como un divague o desvió errático, lo que equivale en las religiones al pecado, herejía o tentación por lo prohibido.

SM — Era habitual que Ilya Prigogine (premio Nobel de Química en 1972) manifestara que *“los científicos son muy parecidos a los artistas”*. Desde su punto de vista, ¿qué opina al respecto?

APR — Hay mucho de arte en la labor científica; sin embargo, no todos los científicos son conscientes de ello, justamente debido al estricto pragmatismo con el que realizan sus actividades. Las teorías y los avances innovadores en el campo de la ciencia muchas veces derivan de una práctica creativa, expresiva e introspectiva que es el resultado de una manifestación espontánea de la conciencia del científico liberado del dominio de su mente racional.

SM — La actualidad muestra un espacio teórico que ha roto con la separación entre ciencias humanas y ciencias naturales donde se propone un espacio inter y transdisciplinario para pensar la ciencia como práctica humana y cultural. En este sentido, ¿qué opinión le merece

la relación ciencia y arte, no tomando este último como subsidiario de la ciencia o viceversa?
¿Conoce algún programa, proyecto, iniciativa de acercamiento entre ambos? ¿Cuál? ¿Le parece que aportan de alguna manera a la construcción del conocimiento?

APR — Inequívocamente la ciencia es arte y el arte es ciencia. En esta nueva práctica humana y cultural, ambas deben ser contempladas transcurriendo en simultáneo y de manera integrada a fin de promover acciones sinérgicas para el avance del conocimiento sobre la naturaleza del ser, de las cosas, mecanismos y procesos.

Entrevista en línea asincrónica a Sergio Garay

Dr. en Ciencias Biológicas

Profesor Adjunto

Cátedra de Práctica Profesional

Cátedra de Bioinformática

Facultad de Bioquímica y Ciencias Biológicas

Universidad Nacional del Litoral

Fecha de envío: 11 de abril de 2021

Fecha de respuesta: 12 de abril de 2021

Silvia Martínez (SM) — Teniendo en cuenta esta breve introducción que enmarca el trabajo investigativo para mi tesis doctoral, paso a hacerle las preguntas; ¿cuál ha sido, de acuerdo con su experiencia de paso por los diferentes niveles educativos -especialmente el universitario- el paradigma bajo el cual fue formado?

Sergio Garay (SG) — Obviamente que la respuesta puede ser un poco variable dependiendo de la materia/docente a cargo, pero en general aprendí bajo el paradigma que ponía el foco en el docente, es decir, centrado en el profesor, frente a él, los alumnos considerados como simples receptáculos del saber que el docente transfiere. El docente seguía uno o dos libros de texto, y sus conocimientos e interés en pedagogía considero que eran nulos. Por otra parte, nuestra actitud era pasiva y no participábamos en el desarrollo del aprendizaje, por lo que habitualmente, estábamos desmotivados.

SM — ¿De qué manera cree que la formación recibida ha resonado en su carrera de docente/investigador?

SG — Mi opinión es que la formación recibida es la base sobre la que el docente/investigador construye y explora sus actividades de docencia e investigación. De mi experiencia personal y también de charlas con otros docentes solemos acordar que enseñamos de modo muy similar al cómo aprendimos, empleando los mismos paradigmas, suponiendo que es la mejor forma de hacerlo. En este sentido los libros de textos académicos no suelen

ayudar al cuestionamiento ni a las innovaciones, ya que parecen indicar que estamos siguiendo la letra de expertos en el tema, sin valorar nuestra experiencia.

En investigación otro tanto, suele ocurrir que la persona que nos dirige (y nos forma) imprime, con intención o no, su propia impronta de cómo él/ella ve la ciencia, por ejemplo: qué se debe investigar, si vale la pena detenerse en dudas conceptuales de ciencia básica, etc.

SM — ¿Qué papel juegan hoy los cambios de paradigmas epistemológicos -que al interior del campo científico se han presentado-, en su desarrollo de docente/investigador? Esta influencia que Ud. comenta, ¿tiene efectos en sus aulas?

SG — La mayoría de los docentes/investigadores solemos estar inmersos en nuestro pequeño mundo, un área extremadamente reducida de la ciencia, por lo que, en el caso de conocer algún cambio en lo epistemológico, difícilmente pueda explorarlo y extrapolarlo al área de conocimiento que le toca enseñar. El investigador se siente cómodo dentro de los temas propios de su investigación, pero la realidad es que tiene que enseñar muchos otros, fuera de su zona de confort.

Por suerte ha llegado el tiempo en que la Universidad ya se ha dado cuenta que tiene que cambiar sus paradigmas de enseñanza, motivando, de distintas maneras, a sus docentes a acercarse a ciertas innovaciones.

SM — ¿Cuál es, para usted, el rol que debe cumplir la investigación en el mundo actual y en nuestro país en particular? ¿Esto debe reflejarse de alguna forma en la educación? ¿Cómo?

SG — La investigación debe tener un impacto en el desarrollo tecnológico y en la ampliación básica del conocimiento, tanto a nivel global como local. Mi opinión es que la investigación debe darnos las guías necesarias para emprender nuevas formas de enseñar: cuando hacemos investigación aplicamos el método científico a un problema y vamos construyendo el conocimiento: planteando hipótesis, haciendo experimentos y explorando

nuestros resultados. Así deberíamos enseñar, con propuestas para que nuestros alumnos exploren ellos mismos y puedan aprender trabajando.

SM — Desde la concepción de un universo inestable, ¿se puede inferir que el mundo está gobernado por el azar?

SG — Yo no creo que el universo sea inestable, sino que está en un equilibrio dinámico, y para la escala de tiempo de vida humana, se puede considerar perfectamente como algo estable. Si es cierto, que los sistemas químicos-biológicos están regidos en parte por la entropía, donde los sistemas tienden a maximizar la distribución de energía entre todos sus integrantes, pero no significa que el azar domine lo que ocurre a nivel microscópico. Si solo dominara el caos no habría lugar para la vida, pero sí es parte de nosotros. También es cierto que en la Universidad se suele poner mucho más énfasis en los sistemas en equilibrio, porque son los que podemos controlar, que en los de NO-equilibrio.

SM — Es común que en ámbitos académicos se acepten ciertas premisas de la ciencia y necesariamente se deba creer en ellas. ¿La ciencia es otro tipo de religión?

SG — Eso lamentablemente es correcto. En general ocurre que algunas teorías han prevalecido por tanto tiempo que parecen leyes fundamentales, y no lo son. Muchas de ellas solo pueden explicar parte de la realidad y suelen tener excepciones. Y cuando algún investigador se atreve a ponerlas en duda, pasa a ser un paria dentro de su nicho de trabajo. En ese sentido la ciencia puede llegar a convertirse en una secta, dominada por una única creencia.

SM — Era habitual que Ilya Prigogine (premio Nobel de Química en 1972) manifestara que “los científicos son muy parecidos a los artistas”. Desde su punto de vista, ¿qué opina al respecto?

SG — Opino que hay un claro paralelismo entre la actividad científica y el arte, en ambos casos ponemos en juego la imaginación, cuando tratamos de “pensar” que está ocurriendo en nuestros experimentos, y cuando creemos haberlo entendido tratamos de

expresarlo de la manera más matemáticamente bella posible (objetivo estético al igual que en el arte). Para poder “imaginar” tenemos que ser “libres”, no tener ataduras en nuestros pensamientos y esto es tan válido para la investigación como para el arte.

SM — La actualidad muestra un espacio teórico que ha roto con la separación entre ciencias humanas y ciencias naturales donde se propone un espacio inter y transdisciplinario para pensar la ciencia como práctica humana y cultural. En este sentido, ¿qué opinión le merece la relación ciencia y arte, no tomando este último como subsidiario de la ciencia o viceversa? ¿Conoce algún programa, proyecto, iniciativa de acercamiento entre ambos? ¿Cuál? ¿Le parece que aportan de alguna manera a la construcción del conocimiento?

SG — Opino que la relación ciencia – arte es muy importante, y solemos profundizarla muchas veces, sin saberlo. En mi área de investigación, el modelado molecular, veo que los alumnos tienen una atracción por el tema independientemente del tema en sí, sino por las bellas imágenes que tratan de representar algo que no podemos ver y que constituyen una experiencia estética gratificante.

Sin duda debe haber innumerables proyectos que conectan ciencia con arte, yo conozco un espacio dentro de la base de datos Protein Data Bank, que da acceso a numerosas representaciones artísticas que muestran la complejidad celular-molecular.

Opino además que un aprendizaje con un enfoque holístico que integre ciencia y arte permitiría una mayor humanización de la relación docente-estudiante, lo cual redundaría una mejora en la calidad educativa.

Entrevista en línea asincrónica a Érica Schulte

Dr. en Químicas

IQAL-PRELINE

Facultad de Ingeniería Química

Universidad Nacional del Litoral

Fecha de envío: 17 de mayo de 2022**Fecha de respuesta: 23 de mayo de 2022**

Silvia Martínez (SM) — ¿Cómo describiría su trayectoria de formación? ¿Cuáles fueron los principales momentos o etapas en los cuáles se generó una inquietud que llevó a que se embarcara en el tipo de actividad que actualmente desarrolla? (pueden ser materias cursadas, participación en proyectos de investigación, un maestro significativo, la lectura de una bibliografía, etc.)

Érica Schulte (ES) — Describiría mi trayectoria de formación como una curva de crecimiento exponencial. Inicialmente, fue lento, relacionado con la incertidumbre propia del comienzo de algo nuevo. Luego, con la seguridad de estar en el camino correcto hacia “lo que quiero ser” el crecimiento fue más acelerado.

Un momento importante en mi carrera fue el comienzo de una pasantía en investigación en la mitad de mi carrera de grado. Desde ese momento nunca dejé la investigación. Un factor importante, fue mi directora de pasantía quien me transmitió su pasión por la ciencia.

SM — Si tuviera que describir su trayectoria de formación sintetizando un conjunto de saberes centrales (cruciales, significativos): ¿cuáles serían? (pueden estar expresados como conceptos, hipótesis, preguntas de investigación, etc.)

ES — Generación de conocimiento básico y fundamental, utilizando como herramienta la química computacional. Comprender procesos electroquímicos que ocurren a nivel atómico. Diseño de nuevos materiales racionales para su utilización como catalizadores en celdas de combustible. Magnetismo en superficies de óxidos.

SM — ¿De qué manera cree que la formación recibida ha resonado en su carrera de docente/investigador? Esa trayectoria de formación y ese conjunto de saberes que usted identificó como más significativos: ¿se relacionan con su práctica docente o con sus investigaciones actuales? ¿de qué manera? (¿qué vínculos puede establecer entre su trayectoria de formación (lo que aprendió) con lo que enseña o investiga hoy?)

ES — Ha resonado de manera positiva, encontré aquello a lo que me puedo dedicar sin padecerlo. Mi formación me otorgó las herramientas necesarias para tomar decisiones de una manera razonable en función de las aspiraciones personales.

La relación es directa. A mi trayectoria de formación la asimilo como, o a partir de, el conocimiento adquirido necesario para desarrollarme y crecer como investigadora. Además, en mi corta experiencia como docente de escuela secundaria, me permitió enseñar la química desde un punto fundamental y orientada a una mirada microscópica de los fenómenos.

SM — ¿Qué papel juegan hoy los cambios -citados en la introducción- que al interior del campo científico se han presentado, en su desarrollo de docente/investigador? ¿Cómo se incorporan a su práctica docente o de investigación las innovaciones conceptuales actuales?

ES — El papel que juegan es fundamental. Particularmente, las innovaciones conceptuales actuales han permitido el avance de ciertas teorías que mejoraron significativamente la aplicación de métodos en química teórica. Estos métodos, describen de manera un poco más precisa mis sistemas de interés.

Para que se comprenda mejor: los sistemas electroquímicos tienen aparejado procesos intrínsecos muy complejos de comprender y, a su vez, de “modelar”. Las innovaciones conceptuales llevaron al desarrollo de métodos que ayudan a generar conocimiento para su comprensión. Todo esto, también va de la mano con el avance tecnológico e informático.

SM — ¿Qué efectos cree que tiene en la práctica docente la incorporación de esas innovaciones conceptuales? ¿Es condición necesaria enseñar una tradición (cómo se pensaba

antes) para que una innovación pueda comprenderse? ¿Cuál le parece que es la relación entre la tradición y la innovación al interior de su disciplina?

ES — El efecto en la práctica docente es mantenerla actualizada, y, además, transmitir las nuevas ideas (bien fundamentadas obviamente) para fomentar la curiosidad y, de esta forma, el crecimiento personal.

En mi opinión, es condición necesaria enseñar una tradición para comprender una innovación, siempre contextualizando en la época. De esta forma, se puede construir una lógica de pensamiento que también debe estar directamente relacionada con un contexto social.

SM — ¿Se relacionan la práctica docente en el aula con la tarea de investigar? ¿De qué manera se relacionan? (Piense en casos polares para elaborar su respuesta: ¿todo docente tendría que ser investigador? Y viceversa: ¿todo investigador tendría que ser docente? Practicar ambos roles en simultáneo: ¿contribuye en algo o a algo?

ES — La tarea de investigar se basa en la búsqueda de una respuesta inédita para una determinada problemática. La práctica docente en el aula se aleja de este objetivo, debido a que, su finalidad es la comunicación de conocimientos. Pero ambas tareas se relacionan por la manera o el proceso que siguen para lograr sus objetivos, por ejemplo, búsqueda y asimilación de información, la experimentación (dentro del aula relacionado con las formas de dictar una clase, que podrá ir cambiando según la respuesta de los estudiantes), etc.

Creo que ambas prácticas se complementan. La docencia aporta herramientas para la comunicación de conocimientos complejos para público general, mientras que, la investigación ayuda a racionalizar contenidos.

SM — Lo que hoy se observa en las ciencias naturales es la existencia de una crisis en conceptos tales como el reduccionismo, el estudiar las partes sin tener en cuenta el todo, la reversibilidad, el determinismo, la previsión del futuro, suponiendo una vigencia irrestricta de leyes que nos permiten alcanzar resultados previstos.

Además, se advierte una puesta en marcha de cierta dialéctica que vincula las ciencias naturales con las ciencias sociales y las humanísticas donde se proponen enlaces o puentes entre diferentes disciplinas de áreas diversas.

Frente a esta situación ¿cuál es su visión respecto a estas afirmaciones?

ES — Según mi punto de vista, necesidades urgentes de la humanidad como la contaminación y la obtención de energía alternativa, llevaron a que los límites entre las disciplinas se vuelvan difusos. De esta manera, las problemáticas son abordadas en conjunto desde varias perspectivas con el objetivo de lograr soluciones inclusivas.

Teniendo en cuenta la interpretación expuesta y las afirmaciones planteadas, me parece que esta manera de generar conocimiento tiene ventajas y desventajas. Una ventaja puede ser que esa interacción entre disciplinas permite el crecimiento profesional ampliando la percepción de un problema más allá de la propia disciplina y, además, lleva a la obtención de respuestas generales. Una desventaja, perder cierto rigor científico por el planteo de hipótesis más abarcativas, es decir, menos específicas.

SM — Cómo ya se ha dicho, en la actualidad se pueden encontrar espacios donde se diluyen las fronteras que separan las ciencias duras de las clasificadas como blandas y se plantean trabajos inter y transdisciplinarios para pensar la ciencia como práctica humana y cultural. En este sentido, ¿qué opinión le merece la relación ciencia y arte, no tomando este último como subsidiario de la ciencia o viceversa? ¿Conoce algún programa, proyecto, iniciativa de acercamiento entre ambos? ¿Cuál? ¿Le parece que el arte aporta de alguna manera a la construcción del conocimiento?

ES — No me siento en facultad para opinar sobre arte, sólo lo puedo hacer desde mi conocimiento como espectadora. Además, me cuesta no pensarlo como subsidiario uno de otro a la hora de establecer una relación. La ciencia y el arte se pueden llegar a relacionar en la visión subjetiva, lo cual parece contradictorio para la ciencia donde se tiende a la objetividad.

Pero la ciencia es muy subjetiva, y es eso lo que permite el avance, las diferentes miradas que están directamente relacionadas con las experiencias personales. Adicionalmente, en ambas hay una necesidad de creatividad.

Este año, con un grupo de docentes/investigadores de la FIQ y artistas (fotógrafos y artistas plásticos) hemos realizado una muestra ciencia/artística en el marco de un proyecto de comunicación de la ciencia: “La ciencia para entender el arte y el arte para entender la ciencia”. El objetivo principal fue explicar fenómenos físicos y químicos por medio de intervenciones artísticas, tratando de establecer una relación entre la visión macroscópica de un fenómeno a la interpretación fundamental o microscópica. Como el título lo indica nos hemos centrado en intentar romper ciertos límites entre disciplinas que parecen opuestas pero son complementarias. El arte brinda miles de ejemplos donde la ciencia dice presente, desde la variada gama de colores disponibles para pintar un cuadro hasta acuarelas fluorescentes.

SM — Era habitual que Ilya Prigogine (premio Nobel de Química en 1972) manifestara que “*los científicos son muy parecidos a los artistas*”. Desde su punto de vista, ¿qué opina al respecto?

ES — Ambos deben ser creativos. Particularmente, el tema de investigación en el que trabajo es diseño de materiales, es decir, de manera racional y creativa proponemos nuevos materiales para, en este caso, su utilización como catalizadores/electrodos en las celdas de combustible.

SM — Es común que en ámbitos académicos se acepten ciertas premisas de la ciencia y necesariamente se deba creer en ellas. En este sentido ¿cómo se relacionan las creencias y juicios de valor con el conocimiento científico? ¿Dónde radica la diferencia entre el conocimiento científico y otro tipo de conocimiento?

ES — Las creencias y juicios de valor se relacionan con el conocimiento científico por medio del pensamiento lógico, crítico, el sentido común. Además, el “objeto de estudio” o el

interés principal en ambos casos se relaciona con la explicación/comprensión de fenómenos que ocurren en la vida cotidiana y, de esta forma, buscar mejorarla.

La diferencia entre el conocimiento científico y otro tipo de conocimiento radica en la comprobación de los hechos “siguiendo” el método científico. El conocimiento adquirido científicamente es fáctico, es decir, se basa en experiencias comprobadas (por lo que también es falible). Otras características que lo diferencian son: la racionalidad, la falsabilidad, la objetividad.

Entrevista en línea asincrónica a Gladis Pradolini

Dra en Matemática
Departamento de Matemática
Facultad de Ingeniería Química
Investigadora CONICET
Universidad Nacional del Litoral

Fecha de envío: 17 de mayo de 2022

Fecha de respuesta: 18 de mayo de 2022

Silvia Martínez (SM) — ¿Cómo describiría su trayectoria de formación? ¿Cuáles fueron los principales momentos o etapas en los cuáles se generó una inquietud que llevó a que se embarcara en el tipo de actividad que actualmente desarrolla? (pueden ser materias cursadas, participación en proyectos de investigación, un maestro significativo, la lectura de una bibliografía, etc.)

Gladis Pradolini (GP) — Mi trayectoria de formación fue gradual y acompañada de algunas personas que me motivaron, tanto académica como humanamente. Estudié la secundaria en la Escuela Industrial Superior de la UNL, donde me recibí de Técnica Química. Posteriormente hice un año de Bioingeniería en Oro Verde, pero no me sentí muy conforme con la carrera y decidí pasarme a la Licenciatura en Matemática de la FIQ-UNL, dado que la Matemática me gustaba. Me entusiasmó mucho esta carrera y tuve muy buenos profesores, algunos de los cuales me motivaron a seguir el Doctorado en Matemática una vez recibida de Licenciada. Para ese entonces ya dictaba clases como ayudante de Cátedra en la FIQ. En 1998 me gradué de Doctora en Matemática, habiendo realizado esta carrera con becas de CONICET. Posteriormente hice dos posdoctorados, uno de ellos en España. Luego ingresé a Carrera del Investigador Científico de CONICET, donde actualmente me desempeño como Investigador Principal. En cuanto a la docencia pasé por distintos niveles: Ayudante de cátedra, JTP, Profesora Adjunta y actualmente soy Profesora Asociada.

La Matemática me gustó desde siempre, en la primaria era mi predilección. En la secundaria tuve buenos profesores, pero no estuvo allí mi motivación principal. En realidad,

probé con la Química en la EIS, pero no me entusiasmó demasiado y me aburría mucho. En cambio, en Matemática, el desafío de pensar situaciones y tratar de llevarlas a un contexto matemático me gustaba mucho. Sabía por una persona conocida de la carrera de Matemática en la FIQ, pero mi objetivo principal iba más allá de enseñar, me interesaban otros aspectos tales como la investigación. Por eso la elegí, por esa posibilidad. Enseñar me gusta mucho, pero investigar me apasiona, estar aprendiendo cosas nuevas siempre, con la posibilidad de transmitir esos conocimientos a alguien más en la medida de lo posible me resulta muy atractivo.

SM — Si tuviera que describir su trayectoria de formación sintetizando un conjunto de saberes centrales (cruciales, significativos): ¿cuáles serían? (pueden estar expresados como conceptos, hipótesis, preguntas de investigación, etc.)

GP — En cuanto a la enseñanza creo que estoy altamente capacitada para dictar cualquier materia de grado de Matemática (no sólo en la LMA sino también en cualquier Ingeniería o Licenciatura que requiera Matemática). En cuanto al posgrado trabajo en el área de Análisis, por lo cual los cursos que dicto son dentro de esa especialidad tanto en Maestría como Doctorado en Matemática, aunque podría dictar algunos otros no tan específicos del área. En investigación me especializo en Análisis Armónico, concretamente en acotación de operadores que surgen en dicha área. Además, dirijo becarios de posgrado, allí también transmito conocimientos.

SM — ¿De qué manera cree que la formación recibida ha resonado en su carrera de docente/investigador? Esa trayectoria de formación y ese conjunto de saberes que usted identificó como más significativos: ¿se relacionan con su práctica docente o con sus investigaciones actuales? ¿de qué manera? (¿qué vínculos puede establecer entre su trayectoria de formación (lo que aprendió) con lo que enseña o investiga hoy?)

GP — Considero que, para enseñar en Matemática o en cualquier otra especialidad, siempre se debe saber mucho más de lo que se enseña. Esto hace que el intercambio alumno-docente sea más rico, que los enfoques de los distintos temas abordados sean variados, permitiendo una visión más amplia por parte de los alumnos. Tanto la formación recibida, como el continuo desempeño en investigación son un aporte enriquecedor a la hora de enseñar, teniendo en cuenta, claro está, el nivel del alumnado (grado, posgrado) y adecuándolo al mismo. Muchas veces ocurre que uno explica un tema en alguna materia y los alumnos no saben para qué sirve. Entonces, el conocimiento ayuda a despejar esas dudas, mostrando por ejemplo aplicaciones futuras a las que podrán acceder gradualmente en su proceso de aprendizaje. Otro aspecto que ya he mencionado es el de los distintos enfoques a un problema.

SM — ¿Qué papel juegan hoy los cambios -citados en la introducción- que al interior del campo científico se han presentado, en su desarrollo de docente/investigador? ¿Cómo se incorporan a su práctica docente o de investigación las innovaciones conceptuales actuales?

GP — Todo cambio trae aparejado la incorporación de conocimiento nuevo, lo cual es altamente positivo. Y eso, como ya me expresé anteriormente, es un aporte muy significativo tanto en la práctica docente como la de investigación, además de ser un aprendizaje continuo.

SM — ¿Qué efectos cree que tiene en la práctica docente la incorporación de esas innovaciones conceptuales? ¿Es condición necesaria enseñar una tradición (cómo se pensaba antes) para que una innovación pueda comprenderse? ¿Cuál le parece que es la relación entre la tradición y la innovación al interior de su disciplina?

GP — Siempre es bueno, a mi entender, enseñar una tradición, pero no para que una innovación pueda entenderse, sino para mostrar que esa innovación es eficiente y no sólo un aporte más sin demasiada utilidad. En mi disciplina la relación tradición-innovación no es fija, está en constante evolución. Por ejemplo, muchas técnicas usadas en Análisis han sido mejoradas en algún sentido, por que brindan pruebas más sencillas de ciertos problemas que

las conocidas. Sin embargo, otras que parecen simples de aplicar, requieren de una gran cantidad de hipótesis que cumplir para poder llevarlas a cabo y esto las hace tan complicadas o aún más que lo tradicionalmente conocido.

SM — ¿Se relacionan la práctica docente en el aula con la tarea de investigar? ¿De qué manera se relacionan? (Piense en casos polares para elaborar su respuesta: ¿todo docente tendría que ser investigador? Y viceversa: ¿todo investigador tendría que ser docente? Practicar ambos roles en simultáneo: ¿contribuye en algo o a algo?)

GP — Creo haberlo explicado antes. La docencia es una herramienta para transmitir conocimientos. Cuanto más conocimiento mejor será la docencia. Creo que la investigación es altamente beneficiosa en este sentido. No comparto que todo investigador tenga que ser docente, porque los investigadores tienen otras formas de transmitir conocimiento (artículos científicos, congresos, etc). Sin embargo, un docente debería capacitarse en alguna rama de su especialidad. Tal vez no necesariamente en una carrera de investigación, pero si formándose a través del estudio de artículos científicos, generando nuevos, etc.

SM — Lo que hoy se observa en las ciencias naturales es la existencia de una crisis en conceptos tales como el reduccionismo, el estudiar las partes sin tener en cuenta el todo, la reversibilidad, el determinismo, la previsión del futuro, suponiendo una vigencia irrestricta de leyes que nos permiten alcanzar resultados previstos.

Además, se advierte una puesta en marcha de cierta dialéctica que vincula las ciencias naturales con las ciencias sociales y las humanísticas donde se proponen enlaces o puentes entre diferentes disciplinas de áreas diversas.

Frente a esta situación ¿cuál es su visión respecto a estas afirmaciones?

GP — Me parece positivo la vinculación entre las distintas ciencias.

SM — Cómo ya se ha dicho, en la actualidad se pueden encontrar espacios donde se diluyen las fronteras que separan las ciencias duras de las clasificadas como blandas y se

plantean trabajos inter y transdisciplinarios para pensar la ciencia como práctica humana y cultural. En este sentido, ¿qué opinión le merece la relación ciencia y arte, no tomando este último como subsidiario de la ciencia o viceversa? ¿Conoce algún programa, proyecto, iniciativa de acercamiento entre ambos? ¿Cuál? ¿Le parece que el arte aporta de alguna manera a la construcción del conocimiento?

GP — Me parece muy buena la relación Ciencia – Arte. Alguna vez alguien me pidió una definición de Matemática y yo respondí que era Arte. Los científicos somos artesanos de la ciencia que desarrollamos, somos creativos, buscamos la perfección dentro de lo posible y queremos transmitirlo y que sirva y guste. Tengo conocimiento de un proyecto en el cual participaron Paola Quaino y Marilina Carena de la FIQ-UNL, creo que se llama “Arte y Ciencia”.

SM — Era habitual que Ilya Prigogine (premio Nobel de Química en 1972) manifestara que *“los científicos son muy parecidos a los artistas”*. Desde su punto de vista, ¿qué opina al respecto?

GP — Tal cual, opino lo mismo. Y como todos los artista, queremos enseñar nuestra obra.

SM — Es común que en ámbitos académicos se acepten ciertas premisas de la ciencia y necesariamente se deba creer en ellas. En este sentido ¿cómo se relacionan las creencias y juicios de valor con el conocimiento científico? ¿Dónde radica la diferencia entre el conocimiento científico y otro tipo de conocimiento?

GP — El conocimiento científico, como ya me expresé, es un disparador de cualquier otro tipo de conocimiento. Da una visión amplia, que uno puede aplicar a distintas situaciones, desde resolver un problema simple y cotidiano, a elegir la forma de encarar un problema, o el planteo de este, etc. Cualquier otro tipo de conocimiento, se verá impactado por el conocimiento científico. Con esto quiero hacer hincapié en la importancia del mismo.

Entrevista en línea asincrónica a Leonardo Peiretti

Dr. en Química

Instituto de Química Aplicada del Litoral

IQAL, UNL-CONICET

Grupo de Química Teórica y Computacional

Fecha de envío: 17 de mayo de 2022

Fecha de respuesta: 22 de mayo de 2022

Silvia Martínez (SM) — Cómo describiría su trayectoria de formación? ¿Cuáles fueron los principales momentos o etapas en los cuáles se generó una inquietud que llevó a que se embarcara en el tipo de actividad que actualmente desarrolla? (pueden ser materias cursadas, participación en proyectos de investigación, un maestro significativo, la lectura de una bibliografía, etc.)

Leonardo Peiretti (LP) — Realmente no registro un momento en el cuál mi yo actual empezó a formarse. Lo que sí registré siempre es la pasión por el conocimiento y el estudio. Desde chico tuve siempre mucha cercanía con los libros y los juegos improvisados. Respecto de los libros, dos que siempre tuve presentes fueron: un diccionario enciclopédico de 5 tomos, el cual abría azarosamente y con cada palabra que leía encontraba una nueva para buscar; y el otro era un diccionario de dinosaurios. Los juegos siempre tenían una gran componente creativa, la mayoría de las veces creaba mis propios juguetes. Entiendo que todo ello generó en mí esa pasión por la investigación, la ciencia y la ingeniería. Incluso tengo el recuerdo de que una tía me preguntó qué quería ser cuando fuera grande (visitando la Universidad Nacional de Córdoba) y yo le dije que quería ser científico, a lo que ella respondió: ¿pero en qué? y yo que era muy pequeño para entender, sólo respondí: no sé, científico. Respecto de las ingenierías, elegí a la química porque recuerdo haber visto en mi secundario un póster con las carreras que se dictaban en la universidad y la primera que vi fue esa. Luego empecé a preguntar y era una mezcla perfecta entre ciencia, matemática, química, física y biología; lo cual me pareció excelente para comenzar mi camino en ciencia.

SM — Si tuviera que describir su trayectoria de formación sintetizando un conjunto de saberes centrales (cruciales, significativos): ¿cuáles serían? (pueden estar expresados como conceptos, hipótesis, preguntas de investigación, etc.)

LP — No sólo que no creo que sean muchos, sino que creo que el único es el razonamiento en forma de cuestionamiento. Nunca creí nada de lo que me enseñaron, siempre lo cuestioné. Se podría decir que siempre generé mi propia estructura de conocimiento. Si un conocimiento nuevo no cerraba con lo que ya había aprendido, entonces no lo incorporaba hasta que tuviera sentido con lo anterior.

SM — ¿De qué manera cree que la formación recibida ha resonado en su carrera de docente/investigador? Esa trayectoria de formación y ese conjunto de saberes que usted identificó como más significativos: ¿se relacionan con su práctica docente o con sus investigaciones actuales? ¿de qué manera? (¿qué vínculos puede establecer entre su trayectoria de formación (lo que aprendió) con lo que enseña o investiga hoy?)

LP — Honestamente no creo que la formación recibida haya “dirigido” o de alguna forma influenciado mi decisión de ser docente e investigador. Siempre lo sentí como algo innato y tuve siempre esa pasión por cuestionar y cuestionarme. Los docentes y los libros fueron mis herramientas para llegar hacia dónde quería llegar.

Y sí esto está muy relacionado con mi forma de enseñar. Me gusta que el alumno encuentre su camino, que se cuestione lo que le digo, que no estudie para aprobar, que no apruebe pero que aprenda. Siempre subrayo que la formación no es sólo académica, sino también personal y profesional. Por eso en mis clases no sólo hablo de química, sino que también de la vida, de las decisiones, de los problemas, etc. Y siempre me motivó mucho la pasión por ayudar: a los alumnos a aprender y a la humanidad con la ciencia.

SM — ¿Qué papel juegan hoy los cambios -citados en la introducción- que al interior del campo científico se han presentado, en su desarrollo de docente/investigador? ¿Cómo se incorporan a su práctica docente o de investigación las innovaciones conceptuales actuales?

LP — En más de 15 años que tengo como docente pude ver cómo la atención y el respeto por la autoridad decayeron notoriamente. Y eso, en mi opinión, es sólo la consecuencia del progreso tecnológico y científico. Ya nada es permanente y los chicos lo saben, porque en sus redes sociales todo es efímero, porque las cosas materiales también lo son y porque ahora lo importante pasó a estar dentro y no fuera. Hoy prefiero priorizar la empatía en la docencia, porque es lo que permanece lo constante y seguro, no importa cuántas veces sus emociones cambien, con empatía se puede acompañar. Y esa emoción también te permite conocer sus intereses, sus pasiones y usarlas como guía para desarrollar el tema que te toque. Creo que la docencia, a pesar de todo, debe tener una base sólida sobre la cual uno pueda crear en función de lo que los alumnos de cada grupo planteen.

SM — ¿Qué efectos cree que tiene en la práctica docente la incorporación de esas innovaciones conceptuales? ¿Es condición necesaria enseñar una tradición (cómo se pensaba antes) para que una innovación pueda comprenderse? ¿Cuál le parece que es la relación entre la tradición y la innovación al interior de su disciplina?

LP — Creo que respondí esto en la pregunta anterior. No creo que la palabra “tradición” sea correcta, creo que hay conceptos claves, marcados y fundamentales en cada disciplina o ciencia que deben ser enseñados. Por ahí es cierto que, en nuestro país, la cantidad de conocimiento que se le imparte al alumno es desmedida dejando de lado cuáles son los requerimientos sociales y económicos que permitirían un mejor desarrollo como sociedad. Esta desmesura se fundamenta – ahora sí – en la tradición de que para que un alumno tenga determinado título deber haber cursado tales o cuales materias, tal cantidad de años, etc. La falta de políticas de educación, de docentes capacitados, de apertura al mundo, de mayor

competitividad, de docentes eternos que no pueden ser destituidos de su cargo, ocasionan una educación sin innovación, sin cambio, formas de enseñar arcaicas, basadas en el conocimiento y no en el alumno, en sus capacidades, en nuevos conocimientos, etc. Mientras más tradición, menos innovación, no tengo dudas.

SM — ¿Se relacionan la práctica docente en el aula con la tarea de investigar? ¿De qué manera se relacionan? (Piense en casos polares para elaborar su respuesta: ¿todo docente tendría que ser investigador? Y viceversa: ¿todo investigador tendría que ser docente? Practicar ambos roles en simultáneo: ¿contribuye en algo o a algo?)

LP — Antes de responder, una aclaración: investigar no es SER investigador; como dar clases no te convierte en docente. Habiendo dicho eso, creo que ser docente es una constante investigación tanto académica como con el alumno. Sin embargo, no creo que la docencia requiera SER investigador. Creo perfectamente plausible en docentes que no son investigadores y en investigadores que no son docentes. Las veo incluso como disciplinas y pasiones separadas. ¿Podes ser docente e investigador? seguro; pero no creo que sea un requisito imprescindible. Ser docente implica capacitarse y todo conocimiento es adquirible por varios medios, la experimentación no es el único. A su vez, los resultados de la investigación no tienen por qué ser divulgados a través de una clase, pueden ser divulgados de miles de formas distintas.

SM — Lo que hoy se observa en las ciencias naturales es la existencia de una crisis en conceptos tales como el reduccionismo, el estudiar las partes sin tener en cuenta el todo, la reversibilidad, el determinismo, la previsión del futuro, suponiendo una vigencia irrestricta de leyes que nos permiten alcanzar resultados previstos.

Además, se advierte una puesta en marcha de cierta dialéctica que vincula las ciencias naturales con las ciencias sociales y las humanísticas donde se proponen enlaces o puentes

entre diferentes disciplinas de áreas diversas. Frente a esta situación ¿cuál es su visión respecto a estas afirmaciones?

LP — Sea que un concepto se transmita desde lo general a lo particular o desde lo particular a lo general, siempre va a requerir del reduccionismo. Porque el cerebro no funciona correctamente (o mejor dicho eficientemente) en multitasking, requiere tomar las cosas de a una por vez. Y el conocimiento requiere de un orden, de una estructura sobre la cual el alumno pueda basarse para deducir el próximo concepto que todavía no fue enseñado. El problema del reduccionismo, de la rigidez de leyes, del no-cuestionamiento de lo que existe es quedarse atrapado ahí. Hay leyes naturales de años de vigencia, hasta ahora inmutables, incuestionables y que no se han podido probar erróneas; entonces, siguen vigentes. El error consiste en creer que NUNCA van a poder violarse, cuestionarse, cambiarse, ampliarse, etc.

Respecto de la vinculación entre las ciencias sociales y humanísticas, no creo que sea generalizado. Entiendo que la física hace uso de la filosofía, por ej., para encontrar nuevos conceptos, nuevas preguntas, nuevas formas de pensar, porque no estamos al nivel de comprender lo que las mediciones muestran; pero no creo que la química haga uso de la psicología en sus conceptos, por ej. Sí es cierto, que la multidisciplinariedad al momento de abarcar un tema complejo es no sólo buena, sino que necesaria; aunque no creo que esa multidisciplinariedad deba ser entre ciencias naturales y sociales/humanísticas, sino que pueda ser si el problema lo requiere.

SM — Cómo ya se ha dicho, en la actualidad se pueden encontrar espacios donde se diluyen las fronteras que separan las ciencias duras de las clasificadas como blandas y se plantean trabajos inter y transdisciplinarios para pensar la ciencia como práctica humana y cultural. En este sentido, ¿qué opinión le merece la relación ciencia y arte, no tomando este último como subsidiario de la ciencia o viceversa? ¿Conoce algún programa, proyecto,

iniciativa de acercamiento entre ambos? ¿Cuál? ¿Le parece que el arte aporta de alguna manera a la construcción del conocimiento?

LP — Creo que la relación ciencia/arte digital encontraron su expresión en la transmisión del conocimiento. Hoy en día se pusieron muy de moda los graphical abstracts, los videos para relatar reacciones, atraer gente al mundo de la ciencia y para lograr una mejor interpretación de los resultados de un estudio. Actualmente, la importancia que cobró la imagen en redes sociales (Instagram, YouTube, Tik Tok, Facebook, Twitter, etc.) hizo que la ciencia debiera adaptarse para dejar de mostrar tanto texto y ecuaciones y comenzara a generar contenido más dinámico, más palpable, con mejor llegada a mayor cantidad de público. Y en esto creo que contribuyó, no sólo bastante, sino que ahora lo creo imprescindible para poner de manifiesto esto que dijo Einstein “Si no puedo dibujarlo, es que no lo entiendo”; una de las premisas en mi forma de adquirir y transmitir el conocimiento. Desconozco de programas concretos de acercamiento entre ambos.

SM — Era habitual que Ilya Prigogine (premio Nobel de Química en 1972) manifestara que *“los científicos son muy parecidos a los artistas”*. Desde su punto de vista, ¿qué opina al respecto?

LP — La ciencia es tanto arte como la medicina o la psicología. El hecho de que el conocimiento sea rígido en el sentido de leyes, postulados, axiomas, corolarios, no implica que la construcción de nuevo conocimiento (básicamente la definición de ciencia) se base en una cadena de razonamientos despojados de creatividad. Sin creatividad no hay ciencia. No es casualidad que grandes científicos de la antigüedad también fueran artistas. Estoy convencido por mi experiencia y de haber investigado en diversos grupos, que la búsqueda creativa no sólo es mejor, sino que se aplica mucho más que el método científico. Tal vez porque permite una mejor gestión de la intuición, de dejar que los miles de variables que se analizan a la misma

vez para una investigación determinada, decanten por sí solas sin necesidad de analizarlas una por una.

SM — Es común que en ámbitos académicos se acepten ciertas premisas de la ciencia y necesariamente se deba creer en ellas. En este sentido ¿cómo se relacionan las creencias y juicios de valor con el conocimiento científico? ¿Dónde radica la diferencia entre el conocimiento científico y otro tipo de conocimiento?

LP — No sé si comprendo la pregunta, porque no sé a qué creencias se refiere. No estoy al tanto de creencias como tal en la ciencia. Sí se me ocurren postulados, acercamientos, hipótesis, etc. que podrían interpretarse como creencias. Habiendo dicho esto, no creo que en ciencia deban existir creencias. Lo que no puede demostrarse, no es ciencia. Y no estoy poniendo juicio de valor a eso, como que si está bien o no. La definición de ciencia implica la demostración con hechos/investigaciones de las afirmaciones que se hacen. Así es que tanto el arte como las disciplinas, forman parte de las otras formas que tenemos como humanidad para explicar los fenómenos, emociones, sentires, etc.; es decir, de todo aquello que no puede demostrarse y que, incluso, no tiene sentido si puede demostrarse o no, porque su valor radica en algo más profundo que la prueba.

Entrevista en línea asincrónica a Juan Pablo Sánchez

Mg. en Química

Facultad de Ingeniería Química

IQAL, Universidad Nacional del Litoral

Becario CONICET

Fecha de envío: 17 de mayo de 2022

Fecha de respuesta: 01 de junio de 2022

Silvia Martínez (SM) — ¿Cómo describiría su trayectoria de formación? ¿Cuáles fueron los principales momentos o etapas en los cuáles se generó una inquietud que llevó a que se embarcara en el tipo de actividad que actualmente desarrolla? (pueden ser materias cursadas, participación en proyectos de investigación, un maestro significativo, la lectura de una bibliografía, etc.)

Juan Pablo Sánchez (JS) — Mi formación ya se encuentra marcada desde la secundaria. Terminando en una escuela técnica y con padre ingeniero químico ya me inclinó hacia las ciencias duras. Durante mi transcurso en la escuela, las olimpiadas de química me llevaron a elegir la carrera de licenciatura (por sobre la ingeniería) debido a su mayor carga de ciencia básica. Ya durante la carrera me encontré con la posibilidad de hacer pasantías de investigación en química orgánica utilizando software de modelado molecular, eso me llevó a querer especializarme en el área de química teórica y computacional. Es de esta manera que tomé optativas en el tema y realicé el máster en química teórica y modelización computacional en la universidad de valencia. Luego por motivos de la forma piramidal de muchos ambientes científicos (acercándose a la filosofía de “publish or perish”), me hizo alejar de la investigación básica y reanimo mi intención de formar recursos humanos, en especial en mi área de especialización, la cual no se encuentra ampliamente explotada en el ámbito donde trabajo como docente actualmente (la facultad de ingeniería química)

SM — Si tuviera que describir su trayectoria de formación sintetizando un conjunto de saberes centrales (cruciales, significativos): ¿cuáles serían? (pueden estar expresados como conceptos, hipótesis, preguntas de investigación, etc.)

JS — Los saberes los puedo agrupar en grandes categorías, dentro de todos ellos se encuentran varios saberes específicos dentro de los cuales la mayoría son centrales:

- Mecánica cuántica y espectroscopía
- Física del estado sólido (modelos aplicados de mecánica cuántica)
- Química orgánica
- Computación y programación

SM — ¿De qué manera cree que la formación recibida ha resonado en su carrera de docente/investigador? Esa trayectoria de formación y ese conjunto de saberes que usted identificó como más significativos: ¿se relacionan con su práctica docente o con sus investigaciones actuales? ¿de qué manera? (¿qué vínculos puede establecer entre su trayectoria de formación (lo que aprendió) con lo que enseña o investiga hoy?)

JS — Mi trayectoria de formación resuena más, actualmente, con mi práctica docente. En especial en la utilización de modelos moleculares para la enseñanza. Respecto a la investigación, en el momento actual, no estoy realizando investigación en el área de química computacional, pero no es algo que esté discontinuado, sino más bien en pausa.

SM — ¿Qué papel juegan hoy los cambios -citados en la introducción- que al interior del campo científico se han presentado, en su desarrollo de docente/investigador? ¿Cómo se incorporan a su práctica docente o de investigación las innovaciones conceptuales actuales?

JS — El mayor cambio significativo es el de los postulados e interpretaciones de la mecánica cuántica. Atraviesan casi toda mi práctica docente y de investigación. Tanto a nivel profesional a la hora de postular preguntas a los alumnos, como así reafirmar la naturaleza cambiante de la misma ciencia.

SM — ¿Qué efectos cree que tiene en la práctica docente la incorporación de esas innovaciones conceptuales? ¿Es condición necesaria enseñar una tradición (cómo se pensaba antes) para que una innovación pueda comprenderse? ¿Cuál le parece que es la relación entre la tradición y la innovación al interior de su disciplina?

JS — La incorporación de estas innovaciones es crucial en la formación científica, tanto de profesionales como a nivel secundario. Es necesario permear la naturaleza de la ciencia misma en todos los niveles, para tener un pueblo más apto para la toma de decisiones con fundamento (en especial en lo que a ambiente y salud refiere). La forma de pensar ciencia, sea por incorporación de innovaciones, cambios epistémicos o incluir las formas de razonar e interpretar la realidad que las innovaciones mencionadas, es crucial en un mundo moderno.

SM — ¿Se relacionan la práctica docente en el aula con la tarea de investigar? ¿De qué manera se relacionan? (Piense en casos polares para elaborar su respuesta: ¿todo docente tendría que ser investigador? Y viceversa: ¿todo investigador tendría que ser docente? Practicar ambos roles en simultáneo: ¿contribuye en algo o a algo?)

JS — Un docente debería ser un buen investigador. Pero no debería, necesariamente, ejercer investigación formalmente. Un docente debe indagar su propia práctica constantemente, plantear hipótesis de trabajo (la propia planificación docente es una hipótesis de trabajo) y avanzar en función de los resultados obtenidos, casi en tiempo real.

No creo necesario que ambos roles deban ser cumplidos simultáneamente (rol de investigador formal y rol docente) pero sí que un docente debe haber tenido una experiencia o formación importante en investigación.

SM — Lo que hoy se observa en las ciencias naturales es la existencia de una crisis en conceptos tales como el reduccionismo, el estudiar las partes sin tener en cuenta el todo, la reversibilidad, el determinismo, la previsión del futuro, suponiendo una vigencia irrestricta de leyes que nos permiten alcanzar resultados previstos.

Además, se advierte una puesta en marcha de cierta dialéctica que vincula las ciencias naturales con las ciencias sociales y las humanísticas donde se proponen enlaces o puentes entre diferentes disciplinas de áreas diversas. Frente a esta situación ¿cuál es su visión respecto a estas afirmaciones?

JS — Las ciencias exactas han estado más aisladas e impermeables a las ciencias sociales. Esto a llevado también a que las ciencias exactas se lleven a convertir en carreras muy específicas y diversificadas. Cada uno sabe mucho de poco y poco de todo. Para profesionales del futuro es necesario tener una visión holística del mundo y las interrelaciones entre todos los agentes de la sociedad.

SM — Cómo ya se ha dicho, en la actualidad se pueden encontrar espacios donde se diluyen las fronteras que separan las ciencias duras de las clasificadas como blandas y se plantean trabajos inter y transdisciplinarios para pensar la ciencia como práctica humana y cultural. En este sentido, ¿qué opinión le merece la relación ciencia y arte, no tomando este último como subsidiario de la ciencia o viceversa? ¿Conoce algún programa, proyecto, iniciativa de acercamiento entre ambos? ¿Cuál? ¿Le parece que el arte aporta de alguna manera a la construcción del conocimiento?

JS — La interacción entra la ciencia y arte es obligada. Es necesario humanizar la ciencia (sin perder rigurosidad) y el arte es la expresión humana en su más puro color.

SM — Era habitual que Ilya Prigogine (premio Nobel de Química en 1972) manifestara que *“los científicos son muy parecidos a los artistas”*. Desde su punto de vista, ¿qué opina al respecto?

JS — En la actualidad, en cierto paradigma técnico-científico, los científicos suelen quedarse (muchas veces por voluntad propia) en su nicho técnico, muchas veces por tener que publicar para sobrevivir y hacer trabajo repetitivo. Un buen artista suele ser aquel que puede traer novedad al ambiente y pensar fuera de la caja, ese tipo de habilidades es la que necesita un buen científico.

SM — Es común que en ámbitos académicos se acepten ciertas premisas de la ciencia y necesariamente se deba creer en ellas. En este sentido ¿cómo se relacionan las creencias y

juicios de valor con el conocimiento científico? ¿Dónde radica la diferencia entre el conocimiento científico y otro tipo de conocimiento?

JS — En los paradigmas actuales de la ciencia, poco es posible discutir sin que haya ya surgido antes una refutación o afirmación al respecto. Es importante no dejar de lado juicios de valor, pero en la naturaleza humana es muy común mezclarlo con la ciencia. La ciencia no emite juicio de valor, lo hacemos las personas al interpretar la realidad con la ciencia e inmersos en un contexto social. En la actualidad, la época de las redes sociales y la posverdad, se mezcla la ciencia con opiniones, dando como resultado una mezcla muy peligrosa que puede movilizar masas.

Entrevista en línea asincrónica a Sebastián Collins

Doctor en Química

Profesor Titular Dpto de Química General e Inorgánica

Facultad de Ingeniería Química

Universidad Nacional del Litoral

Investigador Independiente del CONICET

Fecha de envío: 17 de mayo de 2022**Fecha de respuesta: 04 de junio de 2022**

Silvia Martínez (SM) — ¿Cómo describiría su trayectoria de formación? ¿Cuáles fueron los principales momentos o etapas en los cuáles se generó una inquietud que llevó a que se embarcara en el tipo de actividad que actualmente desarrolla? (pueden ser materias cursadas, participación en proyectos de investigación, un maestro significativo, la lectura de una bibliografía, etc.)

Sebastián Collins (SC) — No podría decir que hay un momento puntual que haya sido disparador de mi vocación científica, por el contrario, diría que desde siempre quise dedicarme a las ciencias exactas. No obstante, sí la decisión de seguir la especialización de técnico químico en la escuela secundaria (actualmente Escuela de Educación Técnica N° 455 de la ciudad de Esperanza), direccionó claramente mi preferencia por la química en particular. No obstante, siempre mantuve y mantengo una curiosidad por todo lo que conlleva el desarrollo del conocimiento, desde matemática pura hasta cuestiones de aplicaciones tecnológicas actuales, incluso de nociones de economía y filosofía (últimamente me interesa por la ética para máquinas), como así también prácticas de ciencia + arte como elaborar cerveza.

SM — Si tuviera que describir su trayectoria de formación sintetizando un conjunto de saberes centrales (cruciales, significativos): ¿cuáles serían? (pueden estar expresados como conceptos, hipótesis, preguntas de investigación, etc.)

SC — Entendiendo por “su trayectoria de formación” la educación formal y sistemática en mi carrera de grado y posgrado, claramente se pueden distinguir dos trayectos (tal como se estructura la carrera de Licenciatura en Química). Por un lado, es fundamental contar con una

formación básica robusta en todas las áreas de la química, y fundamentos de matemática y física clásica y moderna. Estas bases o fundamentos me han permitido abordar las áreas de especialización o formación profesionalizante que más me han interesado. En particular dentro del área de la fisicoquímica, los estudios de mecanismos de reacción mediante técnicas de espectroscopia molecular, que es mi área de estudio actual. No obstante, es importante destacar que el desarrollo presente de la ciencia y la técnica requieren de conocimiento multidisciplinar dado el altísimo grado de especialización que se logra en la actualidad. Es así que es prácticamente imposible encontrar en la actualidad al científico clásico (tipo “hombre del renacimiento”), que solo queda como un mito en el ideario colectivo. Es así que, para desarrollar proyectos de investigación actuales, innovadores y en el “estado del arte” es necesario la colaboración interdisciplinar mencionada antes –muchas veces con investigadores y grupos de otros países- lo cual conlleva que, al desarrollo de habilidades de comunicación, trabajo en equipo, liderazgo, etc. Estas habilidades muchas veces no se contemplan dentro de la “formación” de un científico, pero actualmente son tan importantes como el conocimiento disciplinar.

SM — ¿De qué manera cree que la formación recibida ha resonado en su carrera de docente/investigador? Esa trayectoria de formación y ese conjunto de saberes que usted identificó como más significativos: ¿se relacionan con su práctica docente o con sus investigaciones actuales? ¿de qué manera? (¿qué vínculos puede establecer entre su trayectoria de formación (lo que aprendió) con lo que enseña o investiga hoy?)

SC — Como mencioné antes, desde mi punto de vista es fundamental contar con cimientos básicos muy fuertes que luego permitan desarrollar la actividad profesional, ya sea de investigación, docencia o práctica de la profesión, de forma eficaz.

SM — ¿Qué papel juegan hoy los cambios -citados en la introducción- que al interior del campo científico se han presentado, en su desarrollo de docente/investigador? ¿Cómo se incorporan a su práctica docente o de investigación las innovaciones conceptuales actuales?

SC — No obstante, es importante notar que las aproximaciones clásicas son aún utilizadas para una mejor comprensión de los temas o por simplicidad.

SM — ¿Qué efectos cree que tiene en la práctica docente la incorporación de esas innovaciones conceptuales? ¿Es condición necesaria enseñar una tradición (cómo se pensaba antes) para que una innovación pueda comprenderse? ¿Cuál le parece que es la relación entre la tradición y la innovación al interior de su disciplina?

SC — A modo de ejemplo, se siguen enseñando los modelos atómicos clásicos (incompletos) porque es fundamental para desarrollar la comprensión. La alternativa de enseñar solo el último modelo aceptado conlleva el riesgo de no desarrollar un razonamiento o una noción de que el conocimiento se construye de forma progresiva (método científico).

SM — ¿Se relacionan la práctica docente en el aula con la tarea de investigar? ¿De qué manera se relacionan? (Piense en casos polares para elaborar su respuesta: ¿todo docente tendría que ser investigador? Y viceversa: ¿todo investigador tendría que ser docente? Practicar ambos roles en simultáneo: ¿contribuye en algo o a algo?)

SC — La respuesta depende fuertemente del “nivel” de enseñanza. Por ejemplo, posiblemente no sea estrictamente necesario ser investigador para enseñar en las asignaturas de los ciclos iniciales, ya que se pretenden impartir conocimientos básicos, fundamentales, que se encuentran fuertemente establecidos. Por el contrario, cuando pensamos en el ciclo profesionalizante o de posgrado, podría ser más enriquecedor que la tarea docente esté ligada o cercana a la investigación, ya que permite impartir más rápidamente, y quizás también mejor, la actualización del conocimiento científico y la técnica.

SM — Lo que hoy se observa en las ciencias naturales es la existencia de una crisis en conceptos tales como el reduccionismo, el estudiar las partes sin tener en cuenta el todo, la reversibilidad, el determinismo, la previsión del futuro, suponiendo una vigencia irrestricta de leyes que nos permiten alcanzar resultados previstos.

Además, se advierte una puesta en marcha de cierta dialéctica que vincula las ciencias naturales con las ciencias sociales y las humanísticas donde se proponen enlaces o puentes entre diferentes disciplinas de áreas diversas. Frente a esta situación ¿cuál es su visión respecto a estas afirmaciones?

SC — No acuerdo con la primera afirmación. En la práctica real y cotidiana de la investigación científica no es para nada común que se piense en esos términos. Por el contrario, lo que se busca en avanzar en el área de estudio según los recursos y herramientas con los que se cuentan, lo cual a veces puede constituirse como una limitante. No obstante, como mencioné antes, cuando se pretende avanzar el trabajo se vuelve claramente multidisciplinario, ya que (muy) usualmente el/la investigador/a asume o identifica sus limitaciones y busca asociaciones.

SM — Cómo ya se ha dicho, en la actualidad se pueden encontrar espacios donde se diluyen las fronteras que separan las ciencias duras de las clasificadas como blandas y se plantean trabajos inter y transdisciplinarios para pensar la ciencia como práctica humana y cultural. En este sentido, ¿qué opinión le merece la relación ciencia y arte, no tomando este último como subsidiario de la ciencia o viceversa? ¿Conoce algún programa, proyecto, iniciativa de acercamiento entre ambos? ¿Cuál? ¿Le parece que el arte aporta de alguna manera a la construcción del conocimiento?

SC — Creo que aquí habría que diferenciar o clarificar algunas definiciones para poder responder mejor. Desde mi punto de vista cualquier área del conocimiento en la que pueda aplicarse el método científico puede clasificarse como “ciencia”. Entonces, como mencioné antes podemos utilizar matemática o estadística para intentar descifrar patrones de conducta

colectiva en la venta de acciones en la bolsa de comercio y aplicar nociones de “psicología” (no sé si es correcto el uso del término acá) para entender por qué pasó eso. Eso implica claramente un trabajo multi o interdisciplinario.

Ahora bien, en el caso del arte, yo entiendo otra cosa. No veo que sea estrictamente necesario utilizar ningún “conocimiento científico” para escribir un poema o pintar un cuadro. Si es claro que cada vez más se utilizan “herramientas científicas” (termino muy mal utilizado) para realizar piezas de arte. Podríamos ahondar en ese tema.

Antes mencioné el arte en la cerveza. Como químico, y cervecero, puedo aplicar todos los conocimientos del tema para formular una cerveza que tenga tal y cual característica que a mí me gusta. Existen tantas variables que modifican el proceso y que finalmente afectan el producto final, que existe lo que yo llamo el “arte cervecero”, es decir la interpretación que le da el cervecero a su receta. Dicho de otra forma, le podemos dar la misma receta a dos cerveceros y obtener dos cervezas distintas. Esto quizás podría ser interpretado como un mix entre arte y ciencia. No obstante, lo sigo viendo como una observación subjetiva de mi parte.

SM — Era habitual que Ilya Prigogine (premio Nobel de Química en 1972) manifestara que “los científicos son muy parecidos a los artistas”. Desde su punto de vista, ¿qué opina al respecto?

SC — El pensamiento creativo es indispensable para el desarrollo de la ciencia, en tal sentido un científico debe ser creativo, o se transforma eventualmente en un “técnico”. No obstante, nuevamente hay que tener cuidado con la definición de la arte y artista. En mi opción, la interpretación de lo que es arte es totalmente subjetiva, mientras que un desarrollo o descubrimiento científico no lo es (al menos a largo plazo).

SM — Es común que en ámbitos académicos se acepten ciertas premisas de la ciencia y necesariamente se deba creer en ellas. En este sentido ¿cómo se relacionan las creencias y

juicios de valor con el conocimiento científico? ¿Dónde radica la diferencia entre el conocimiento científico y otro tipo de conocimiento?

SC — Mi opinión es que las creencias son contrarias método científico. Como científicos debemos cuestionarnos todo. No obstante, siempre nos paramos en conocimiento que está suficientemente probado como para que no pueda ser reinterpretado: “el agua hierve a 100 °C a 1 atm”. Son hechos probados y reproducciones. Esto no debe confundirse con conocimiento dogmático que no tiene dudas porque proviene de un saber superior.

Focus Group Virtual**por Video Conferencia en Plataforma zoom.us****Dr. Adrián Pérez Rubín (APR), Dra. Paola Quaino (PQ), Lic Silvia Martínez (SM)****Fecha:** 02 de marzo de 2021.**Lugar:** Santa Fe capital, Santa Fe, Argentina.**EJE N°1: Deconstruir para representar**

SM — La propuesta concreta es darle un tinte más humano a la enseñanza de la Química, llevarla un tanto más cerca de lo sensible, acercarla al concepto de experiencia sensible - estética, argumentando que la experiencia antecede a la ciencia. Buscando por el lado del posible vínculo entre producciones artísticas y producciones científicas. No tomando al arte como subsidiario de la ciencia o viceversa, sino mostrando que ambas actividades tienen mucho en común, en especial lo de interpelar y representar a la realidad -más allá de que se haga de formas diferentes-, pero con el mismo propósito: el deconstruirla, desarmarla y luego mostrarla en modos diversos, dejando al desnudo esas aristas que en la enseñanza de la química nunca han sido tenidos en cuenta.

PQ — Conociendo la obra de Adrián y habiendo hecho un breve recorrido de ella, yo veo ciencia de todo tipo por todos lados, y por eso me parece tan apasionante que uno lo pueda explicar y que lo pueda mostrar y que eso se pueda usar para acercarnos la química desde otro lado, tratando de no mostrar lo que habitualmente se muestra, esos compartimentos estancos, separados, bien diferenciados, de cada rama de la ciencia. Tomar obras como las tuyas Adrian, es hacer algo para que eso cambie.

APR — Me quedé con algo de lo que planteó Silvia que es muy interesante, eso de “**deconstruir la realidad**” nuestra realidad para poder crear otros espacios, espacios creativos donde confluyen un montón de cosas: las ciencias duras, las ciencias un poco más blandas, un poco la creatividad, otras cosas que surgen de nosotros y a veces no sabemos explicar. Me parece super interesante lo que propones hacer.

PQ — Si tal cual, le decía a Silvia, que estoy entrando a un mundo que no es mi mundo y lo tomo como un desafío personal que me muestran otros lugares que quizá tenga pero que en el ambiente laboral donde nos manejamos es como decía ella ¿no?, todo es disciplinar, todo es Química, como metidos dentro de una caja, aislados de la realidad compleja de la cual somos parte. Bueno, de hecho, Adrián es ejemplo de ello, porque es docente de Química, trabaja en investigación y aparte es artista pero separado de su labor como profesional.

APR — Yo en realidad no se si tengo las cosas muy separadas hoy en día, porque incluso es esto de desarmar un poco la realidad, movernos en espacios un poco más plásticos y flexibles, es como que yo también lo traslado al ámbito de la educación, de la enseñanza y es más, por ahí hago el intento de deconstruir algunos modelos de enseñanza y distintas maneras de poder abordar contenidos. Me pasa quizás también un poco apoyado por el arte que me da ciertos argumentos y herramientas para poder acercarme de otra manera.

PQ — Pero esto no es hecho por la mayoría, son casos muy puntuales aquellos que lo están intentando hacer.

APR — Si, pero ese será el desafío filosófico-psicológico que surgirá de esta tesis. Tiene que haber un catalizador, un disparador de al menos un sector de la comunidad científica que muestre esta vulnerabilidad, esta sensibilidad. Hablo de vulnerabilidad porque ponemos sentimientos en juego en nuestras acciones y de esa manera nos vulneramos, porque estamos viviendo en un mundo donde estamos acostumbrados a ir con máscaras. Por eso insisto con esto de exponer nuestra vulnerabilidad en diferentes ámbitos y justamente una expresión artística conlleva todo esto pero que interacciona con toda tu vida.

Realmente me impactó esto que decías Silvia de desarmar la realidad, porque a mi me pasa constantemente que me planteo ¿cuáles son las cosas reales? ¿Esto que percibimos es verdaderamente la realidad tal cual es, o hay algo más?

SM — Claro, ¿o es la percepción que uno tienen de la realidad o es la realidad misma?

PQ — ¡Eso es cuántica chicos!!!

SM — Esas interpretaciones no solo se pueden hacer desde las ciencias sociales o desde las ciencias humanas, es decir desde las ciencias duras existe -algo que charlamos con Pao en otra oportunidad- Creo que las personas que nos hemos dedicado a este tipo de ciencias, contradiciendo al pensamiento habitual, tenemos una sensibilidad y capacidad de afectación hacia lo social, lo humano, lo sensible, especial. En cambio, veo a gente dedicada a esa rama de las ciencias que podría afirmar no se interesan en esta otra parte que compone la realidad, como dice Etienne Klein “la Física ha hecho descubrimientos fácticos notables que permiten cambiar las cosas dadas pero la filosofía, pero la filosofía no se ha introducido en ellos. (haciendo referencia al tiempo)

PQ — Creo que es más sencillo ir hacia ellos que ellos vengan a nosotros, más allá de que en ciertas ocasiones lea textos filosóficos que no entienda, pero hago el esfuerzo y lo logro. No me cierro a ese otro tipo de lenguaje.

SM — Es eso de saltar los cercos cognitivos. Creo que nosotros tenemos más estado físico para eso.

APR — Si, totalmente.

EJE N°2: Ansias de arte

SM —¿Cómo y cuándo surge tu interés por el arte? ¿Esta expresión artística cubre una necesidad en tu vida? Tu comienzo y desarrollo artístico, ¿fue empírico o académico?

APR — Desde siempre supe de mi inclinación hacia el arte, desde muy pequeño me destacué en hacer maquetas, dibujos en pizarrones, digamos cosas creativas. Sin embargo, había actividades que uno debía hacer -por presión familiar- que no estaban dentro del ámbito artístico. Uno tenía que hacer deporte fundamentalmente, leer, estudiar, cosas que me fueron alejando de lo artístico y me hicieron dejarlo de lado por mucho tiempo. Luego cuando ya grande, comencé a consumir libros de arte que me llevaron a estar más atento a lo artístico de

vanguardia. Hubo un tiempo que me dediqué a leer y estudiar arte religioso, coincidió que estaba en Europa y entonces consumía libros donde se mostraba esa representación de la imagen de Dios apegada a lo omnipresente y omnipotente. Así en diferentes etapas de mi vida me ha acercado al arte de diferente manera, Cuando fui a Francia me impactó todo lo relacionado al impresionismo.

Ahora lo relacionado con mi producción artística es relativamente reciente. Tuve un accidente automovilístico al volver de Concordia -donde doy clases- en 2014 que prácticamente me salvé de milagro. Ese episodio me hizo un clic, respecto a mi existencia, en cuanto a mi realidad, a mi misión en la vida. Esto -y lo trágico que resultó para la otra parte-, me ha dejado un alto estrés post traumático llegando a una depresión que me obligó que solo podía salir de ese estado conectando más conmigo mismo. De ahí surgió todo este viaje interior que hago, entendiendo mi misión en la vida, mi rol como ser humano; me empecé a conectar con el mundo y con la gente de otra manera que me lleva a conocerme a mi mismo. Eso me lleva a encontrar ese potencial que estaba dentro mío o dormido que necesitó un catalizador para despertar, despertar en todo sentido. Eso me llevó a dejar de darle tanto valor a los logros laborales y pensar en hacer cosas por mí, realmente para mí. Y de allí surge el arte como una especie de meditación. Esa conexión con un Adrián, con un ser que está dentro de mí. Yo pienso que Adrián es como un envase donde habita un ser, ese ser tiene cierto registro de experiencias que quiere comunicarlas. Eso también hago en mi labor como docente, con mis investigaciones -que han cambiado muchísimo- antes eran de ciencia básica y luego viraron hacia aplicaciones en salud, tratando de darle un color un tinte más humano y comprometido con el otro.

Con el arte quise saber más, viajar más, involucrarme con artistas -que antes no lo hacía-, antes solo era un espectador y ahora soy un creador. Mi obra no solo es lo que muestro, yo

elijo qué mostrar. Hay también espumas -en mi tesis doctoral trabajé con espumas- y un día dije qué y tal si en una obra trabajo con espumas, las imprimí en un lienzo, experimento mucho.

En esos trances, en esos momentos muy personales, me siento muy niño, recordando ese niño un tanto reprimido por estas cuestiones patriarcales, tiempos en lo que priorizaba el deber antes que el placer.

En mi proceso creativo también está presente mi formación, aparecen fractales, estructuras tridimensionales, estructuras biológicas, células, estructuras microscópicas, todo ello está incorporado en mí, fluye de alguna manera y se plasma desde un punto de vista artístico. Sin embargo, me identifico con lo abstracto -porque no tengo reglas-.

SM — Hoy dijiste que te nutriste de arte europeo. Podríamos afirmar que Norteamérica en un momento le quita el bastión de capital del arte a París y es cuna de lo abstracto ¿no?

APR — Ahí quería llegar. Cuando comencé a pintar, empecé a darme cuenta que esa noción de arte venía de haber consumido tanto y vivido en Europa, y me decidí a ir al EEUU, a manera de explorar ese tipo de arte que habita en mí, con el cual me identifico. Fui por un mes y me quedé tres y en New York podría decir que me cayó la ficha de que era un artista abstracto y me identifiqué con el expresionismo abstracto y todo lo que tiene que ver con la mano de Mark Rothko, Clyfford Still, Joan Mitchell, Jackson Pollock, y dije este es mi mundo.

Si tuviera que describir un poco mi obra te diría que uso mucho las formas, soy muy espectral, soy muy fractal, uso mucho el color como recurso visual, uso muchos materiales, hago superposiciones, patrones que repito, hago estructuras celulares, mis obras tienen orden, simetría, entropía, una parte termodinámica importante.

SM — Cuando volviste a Argentina, todo eso que absorbiste y descubriste de la mano de esos artistas, ¿lo sacás en esos momentos de trance que nos comentaste y expresas de manera natural, improvisada o hay cierta elaboración previa en el pensamiento?

APR — En el momento en que pinto soy consciente de cuál es mi estilo, pero también me arriesgo a otras cosas, y tiene la característica de que no existe el volver hacia atrás, lo que está hecho ya está, queda así.

Al enfrentarme a un lienzo lo hago sin planificar nada. No siempre es un lienzo, puede ser un cartón, una madera, haciendo cosas efímeras o creando luego patrones, pero nunca planeado, siempre surge de manera intuitiva. En el proceso de creación influye mucho el estado anímico, mi principal vehículo para expresar esos estados es el color tomado de manera muy intuitiva, aparte de ser un recurso visual, en mí es el reflejo de cómo estoy.

EJE N°3: Arte, vida cotidiana, ciencia

SM — ¿Hay un momento del día ya establecido para ponerte a pintar o un día en especial?

APR — Depende hay días en los que me levanto con esa necesidad de pintar y puedo hacerlo todo el día. Eso tiene que ver cómo se desarrolló la semana y a veces le dedica un día completo del fin de semana. Pero por lo general soy noctámbulo, así que, junto a mi música y una copa de vino, encuentro mi espacio y mi momento.

El día es para solucionar problemas, o cosas administrativas, mi parte creativa tiene que ver con la noche, con el silencio, con la luna y logro desconectar completamente. Esto lo hago ahora con la práctica, logro en ese momento ser todo.

Todo este proceso si lo hago cotidianamente, tiene sus réditos, creativos también, en mi labor de investigador.

SM — ¿Existen puntos en común entre esa experiencia estética que transitas en los momentos de creación con aquellos otros momentos en los que haces ciencia?

APR — Sí, puedo sentir algo similar, pero solamente cuando quiero empezar algo nuevo. Me pasa que soy alguien que se aburre muy rápido de los temas. Siempre necesito

movimiento, cambios. Por eso no me planteo proyectos demasiado largos y ambiciosos. Simplemente porque necesito ir cambiando, se me agotan las fuerzas. Cuando los proyectos son muy largos se me vuelven una carga. Sin embargo, algo nuevo me genera pasión y puedo recrear ese sentimiento de mis momentos de creación artística. Ese sentimiento de satisfacción de crear un proyecto nuevo de empezar a abordarlo, descubrir cosas nuevas, es lo que me pasa cuando creo una de mis obras y las termino. Por lo tanto hay puntos en común entre ambas áreas en mí.

SM — Tu obra artística, tiene alguna intención, más allá de dejar libre ese Adrián de adentro, ese ser, tiene alguna intención hacia el Otro.

APR — No, es algo mío. Fijate que se usan las redes sociales para mostrar los cuerpos, los lugares, las comidas. Mientras que yo muestro algo que es muy íntimo, un reflejo de mi ser en un momento en particular. Tampoco tiene fines comerciales, monetizando mi obra creo que perdería su esencia.

Soy egoísta en ese sentido, porque lo disfruto desde mi experiencia, desde mi propio conocimiento.

SM — No es sencillo ver o mirar el arte. Hay que aprender a hacerlo. También se puede encontrar lo que nosotros, químicos, solemos ver en un vaso de agua, no ese líquido transparente, sino ese modelo molecular con sus estructuras vibrando y sus puentes de hidrógenos, por ejemplo. Es decir, esa mirada que tenemos los que nos dedicamos a esta ciencia, creo que permite mirar y ver cosas que quizás otras personas lo vean y que los docentes debemos **intentar** enseñar a nuestros estudiantes. Darles esa posibilidad de ver. Ese intento es para Deligny la manera de nombrar la educación -Deligny dice “educar es sostener intentos”- Ese intento se sostiene en la transmisión, en el gesto político de transmitir.

APR — Hoy en mí, ambas miradas están tan ensambladas que me es imposible separarlas. Eso me da otra manera de ser docente, de estar con mis estudiantes, de dirigirme a ellos y de posicionarme frente al mundo.

PQ — En relación con nuevos proyectos del ámbito laboral creo que estás trabajando sobre colorantes, ¿piensas extrapolar esto a tu obra?

APR — Si, tengo un proyecto sobre colorantes naturales y voy a probar con la extracción de clorofila y luteína de encima de espinaca, para reemplazar a ciertos colorantes sintéticos en alimentos. Sin duda que voy a llevarlos a casa para probarlos como colores.

Antes de terminar nuestra charla, quiero decirles que me interesa muchísimo esta tesis, porque son nexos que no son muy abordados y que necesitamos comprender. Nosotros como individuos, trabajando en estos ámbitos de la población científica que nos expresamos con mayor sensibilidad necesita comprender de donde surgen estas cosas y quizás ese conocimiento sirva para crear otras maneras de educar o crear otros caminos, espacios alternativos.
