

El estructuralismo dinámico

Pedro Miramontes^{1*}

Introducción

Nos mueve inmodestamente la intención de preparar, siguiendo el ejemplo de Conrad H. Waddington, un “instrumental para el pensamiento”, un nuevo *Organon*, de Aristóteles, o un *Novum Organum* baconiano, cuyas herramientas contribuyan a tender puentes entre los más diversos dominios del conocimiento para salir del pasmo en el que hoy se encuentran las ciencias poco formalizadas.

A lo largo de los siglos, la humanidad ha sido a menudo enfrentada a posiciones extremas, ante las cuales la aparición de síntesis juiciosas y prudentes ha permitido enormes logros en nuestra comprensión del universo. Hoy, el desarrollo de la ciencia se encuentra atrapado entre el determinismo mecanicista y el historicismo² contingencista.

^{1*} Departamento de Matemáticas de la Facultad de Ciencias, UNAM.

² Es necesario precisar el sentido del término *historicismo*, pues una de sus acepciones más extendidas es la que propone Karl Popper en su obra *La miseria del historicismo*. Allí, el autor define con pertinencia y claridad el sentido que le da al vocablo: “I mean by ‘historicism’ an approach to the social sciences which assumes that historical prediction is their principal aim, and which assumes that this aim is attainable by discovering the ‘rhythms’ or the ‘patterns’, the ‘laws’ or the ‘trends’ that underlie the evolution of history.” Es difícil encontrar una acepción más contrapuesta a la que nosotros usamos; en nuestro esquema, “historicismo” es la *narración descriptiva* de los acontecimientos que se suceden a lo largo del tiempo. Cuando le agregamos el adjetivo *contingencista* entonces adquiere una connotación diametralmente opuesta a la de Popper: es el enfoque en las ciencias (no únicamente las sociales) que niega la existencia de “ritmos”, “patrones”, “tendencias” o “leyes”. Viene al caso comentar que Popper descalifica al marxismo por considerarlo historicista en el sentido que él lo define. Popper murió antes de saber que la existencia de ritmos y patrones no es equivalente al determinismo predictivo y aunque se atribuía a sí mismo el descubrimiento del caos nunca entendió que la esencia del mismo permite la existencia de un mecanismo determinista con la ausencia de predictibilidad.

El estructuralismo dinámico pretende superar las deficiencias de ambos sin negar que han generado conocimiento valioso y fomentado el desarrollo de métodos matemáticos poderosos y útiles.

El segundo componente de nuestra propuesta es político y se dirige a superar otro pasmo: la estupefacción en la que ha caído un sinnúmero de personas y organizaciones progresistas y de izquierda ante la avalancha triunfal y revanchista de la derecha política y académica. Estamos persuadidos de que nuestras “herramientas para el pensamiento” son argumentos sólidos de los que se pueden obtener argumentos convincentes para oponerlos al reduccionismo y al pensamiento dogmático y simplista que esgrimen tanto los intelectuales de la nueva derecha como los comunistas de manual y consigna.

Sistemas

*El conflicto es universal y la lucha es justicia; todo lo existente
se engendra y desaparece a través de las confrontaciones.
HERÁCLITO (540-480 a.e.)*

La palabra *sistema* parece ocupar un lugar privilegiado en el léxico de las ciencias, tanto naturales como sociales. Este hecho, en lugar de ser un agente aglutinador de disciplinas ajenas, es un ingrediente de confusión y dispersión, pues el significado del término es distinto en diferentes áreas del conocimiento. Peor aún, al sustantivo se le aplican diversos modificadores que incrementan el desconcierto: se habla de *sistemas formales*, de *teoría general de sistemas*, de *enfoques sistémicos*, de *sistemas complejos*, etc., y todo ello con la mayor laxitud e imprecisión. Yo empezaré diciendo qué entiendo, primero, por *sistema*, y después, por *sistema complejo*.

En Grecia, en el siglo V antes de nuestra era, Demócrito de Abdera afirmaba que el universo está formado de átomos de diferentes tamaños y formas, cuyas diferencias determinan la infinita variedad de cosas existentes a nuestro alrededor. Sostenía que no existen en la naturaleza cambios cualitativos o sustanciales, pues las aparentes alteraciones que observamos son sólo reacomodos de las unidades elementales, inmutables en sí. En otras palabras, estamos compuestos de cosas y los cambios observables no son sino permutaciones de esas cosas.

Un siglo antes, Heráclito de Efeso razonaba de otra manera; para él, como resume en el epígrafe, el cosmos es un cambio permanente, pues todas las cosas se encuentran interrelacionadas, las unas y las otras se afectan mutuamente; el motor de este cambio es un conflicto entre opuestos, una confrontación eterna de antagonistas. En su universo cambiante, el sol que nos alumbra hoy no es el mismo que el de ayer, pues su relación con las otras partes del cosmos ya no es la misma.

Esta divergencia ha marcado, desde entonces, el desarrollo de la ciencia y de la filosofía: en ella se establece una dualidad en la discusión acerca de la verdadera y última naturaleza del universo: por una parte, una concepción estática que subraya la base material que moldea el mundo y otra que es una concepción dinámica, un principio que pone el acento más en los procesos que en los objetos.

Para nosotros, los sistemas son *las cosas más los procesos*. Consecuentemente, un sistema consta de una base material y de un conjunto de relaciones entre los objetos que lo constituyen. Esta definición no es un compromiso equidistante de los extremos de la dicotomía mencionada; en el debate entre Demócrito y Heráclito, nos inclinamos por el segundo: sin desdeñar su base material, los procesos constituyen el aspecto relevante en los sistemas. Por ejemplo, una computadora genera manifestaciones externas que nos dan una idea acerca de su funcionamiento, el resultado de sus cálculos salen a la luz a través de una pantalla, impresora o altoparlante pero, salvo detalles como la velocidad del proceso, funciona exactamente igual independientemente de si su procesador está fabricado con bulbos, transistores, microchips de silicio, relevadores electromecánicos o espitas de agua: cualquier dispositivo que pueda conmutar entre dos estados puede ser la base material de un procesador; si la computadora fuese una caja negra cuyos componentes nos fueran ocultos, la manifestación externa sería exactamente la misma; el meollo del funcionamiento es independiente de la base material que le da sustento; lo importante es la relación, la interacción, la dinámica entre sus componentes. Un sistema puede reconocerse por propiedades de interacción de sus elementos que definen una relación entre ellos que los identifica y delimita del resto del universo.

*La mayoría de los fenómenos de la naturaleza son no-lineales
en el mismo sentido en que la zoología es en su mayoría
una zoología de no-elefantes.
STANISLAW ULAM (1909-1984)*

Los procesos definen y son definidos por una *dinámica*. Hay que distinguir la dinámica según sea *lineal* o no. Un proceso es *lineal* si el resultado de una acción es siempre proporcional a su causa: al doble de fuerza, doble de trabajo; al triple de fuerza, el triple de trabajo. Al factor constante que media entre la causa y el efecto se le llama *factor de proporcionalidad*. En los sistemas que poseen dinámicas lineales es válido el *principio de superposición*: la adición de soluciones da lugar a una nueva solución. Los sistemas que no cumplen con estas premisas se llaman *no-lineales*.

Se acepta que la mayoría de los procesos naturales son no-lineales. No obstante, el estudio de los procesos lineales ocupa una buena parte de los cursos de las instituciones de educación superior, en parte por su importancia metodológica y formativa pero, también, debido a que son más sencillos, y las matemáticas involucradas en su descripción y manipulación son esencialmente teorías acabadas. Sin embargo, los sistemas lineales son tan insuficientes para estudiar la naturaleza como la elefantología lo es para la zoología general: en la perspectiva lineal únicamente causas o fuerzas catastróficamente grandes pueden producir efectos catastróficos. En cambio, la no-linealidad de los mecanismos naturales permite que causas pequeñas produzcan efectos enormes y que causas enormes produzcan efectos despreciables o, incluso, que no engendren nada.

Un sistema es *complejo* sí:

1. Está integrado por un *cierto* número de componentes *simples* que interactúan entre sí.

La teoría de los sistemas complejos estudia sistemas que tradicionalmente se habían dejado de lado porque no existían formalismos matemáticos adecuados;³ aquellos cuyo número de componentes o

³ El florecimiento reciente de las teorías matemáticas de sistemas dinámicos ha abierto nuevas rutas de estudio para llenar este hueco: las teorías de autómatas celulares, redes artificiales de neuronas, mapeos acoplados, gases con red, entre otras, ya han ganado su legitimidad como teorías formales y, acompañadas del desarrollo de métodos de optimización discreta como los algoritmos genéticos y los procesos de simulación de fraguado térmico, han permitido estudiar esos problemas antaño desatendidos.

grados de libertad excede las posibilidades de estudio *a la Newton*, en los cuales la dinámica viene dada por un conjunto pequeño y manejable de ecuaciones, y que no es lo suficientemente grande para caer en el rango de validez de la mecánica estadística. La brecha entre estos dos extremos incluye prácticamente la totalidad de los sistemas sociales y económicos y buena cantidad de los biológicos.

Por otra parte, se dice que los componentes de un sistema complejo son *simples* si su estado se puede describir con pocas variables. Esto depende, evidentemente, del nivel de descripción específico, y no se puede afirmar en términos absolutos: posiblemente en un nivel de complejidad inferior, un componente puede ser, a su vez, un sistema complejo en sí: una neurona puede ser un sistema complejo con sus componentes e interacciones perfectamente bien identificados, pero si el propósito de nuestro estudio es el sistema nervioso central, entonces es un componente simple de este último y se puede describir con pocas variables.

2. Su estado cambia al transcurrir el tiempo y el cambio es el resultado de una dinámica no-lineal que usualmente tiene dos partes: una local, que modifica el estado de los elementos como resultado de su interacción con los elementos vecinos y una dinámica global que obedece a las restricciones que pesan sobre el sistema y que proviene de la interacción de éste con el resto del universo.

No siempre los resultados de las dinámicas locales son compatibles con las restricciones globales. En tal caso se habla de *dinámica en conflicto* o *dinámicas antagónicas*, lo que es una formalización matemática de la visión heraclitiana del mundo: el concepto antropocéntrico de “lucha” adquiere aquí una descripción precisa. Los estados de equilibrio a los que llegan los sistemas como resultado de esta confrontación se denominan *equilibrios dinámicos* o *equilibrios no-lineales*.

Los sistemas complejos exhiben ciertas manifestaciones gracias a las cuales es posible reconocerlos o caracterizarlos. Cada una de ellas es una huella de su riqueza fenomenológica. Aunque la naturaleza y extensión de este ensayo no nos permite detallarlas, nuestro esfuerzo quedaría incompleto sin, al menos, una descripción somera.

Los sistemas complejos tienen:

La propiedad de *frustración*. Cuando las interacciones entre los elementos son conflictivas, entonces no existe un estado del sistema que satisfaga simultáneamente todas las restricciones, y se dice que

el sistema se halla en un *estado frustrado*. Por ejemplo, una ley o precepto legal en una sociedad (restricción global) entra en conflicto con intereses de sus componentes y no permite que todas las actuaciones de nivel individual y de pequeño grupo (dinámicas locales) sean legales, entonces el estado del sistema (sociedad) será tal que no todos los componentes del sistema estén conformes, y decimos que el sistema globalmente se encuentra *frustrado*. No hay manera de evitarlo; en una sociedad ideal, lo único que se puede hacer es distribuir la frustración entre los diversos integrantes de la sociedad y hacerla rotativa.

2. Rupturas de simetría. Esto es, aparición de estructuras y patrones espacio-temporales en donde antes había únicamente homogeneidad. Esta propiedad es exclusiva de *sistemas abiertos* que intercambian masa, energía e información con su entorno. La ruptura de simetría viene acompañada del surgimiento de anisotropías y del nacimiento de direcciones preferenciales. Cuando en un problema de optimización los estados del sistema tienen muchos máximos equivalentes o cuasi equivalentes, entonces sucede que una solución es igual de buena que las demás, y se dice que el sistema exhibe una ruptura de simetría, pues la solución ya no posee una simetría completa del problema, se dice también que se tiene una solución *atracada*, en el sentido de que una vez que la evolución del sistema llega ahí, resulta imposible salir.⁴

3. Criticalidad autoorganizada (CAO). Estos sistemas evolucionan de manera natural y espontánea hacia un estado crítico en el cual una perturbación pequeña puede causar efectos de cualquier tamaño. De acuerdo con la teoría de la criticalidad autoorganizada, los mecanismos que producen hechos pequeños son los mismos que los que producen cambios catastróficos, y los sistemas nunca alcanzan un verdadero equilibrio sino que transitan de un estado metaestable al siguiente. Hay dos propiedades fundamentales de los sistemas con CAO: i] la incertidumbre provocada por dos condiciones iniciales distintas crece de manera polinomial; es decir, pierden memoria de su pasado, o capacidad de predicción futura, de manera más lenta que en el caos clásico (que lo hace de manera exponencial); a esta instancia del caos se le llama *caos débil*, y se dice que el sistema evoluciona en

⁴ *Atracado* es la versión castellana de la expresión inglesa *lock-in*, y existe una gran cantidad de ejemplos (que aparentemente desconocen los economistas neoliberales) que ilustran de manera contundente que un sistema dejado a su libre evolución no tiene por qué llegar a su equilibrio óptimo.

el borde del caos; ii] existen fluctuaciones de todos los tamaños que siguen reglas de distribución precisas. Estas fluctuaciones siguen la llamada *ley 1/f*. Es decir, el número de fluctuaciones de un tamaño dado tiene un histograma que decae de manera hiperbólica: a muchas fluctuaciones pequeñas, un regular número de medianas y pocas catastróficamente grandes.

4. Fractalidad. Presentan estructuras discernibles en cualquier escala espacial y sus fluctuaciones; como consecuencia de la criticalidad autoorganizada, siguen reglas de distribución con auto-escalamiento. Todo esto se denomina *geometría fractal*.

5. Tienen muchos estados *cuantitativamente equivalentes* pero *cualitativamente distintos*. Esta propiedad está íntimamente relacionada con la de *frustración*. Un sistema frustrado nunca puede alcanzar el mínimo absoluto de sus contradicciones, y su estado final será un “mínimo metaestable” que dista mucho de ser único. De hecho, el paisaje de mínimos metaestables es un *fractal*, por lo que, en principio, se puede alcanzar una infinidad de mínimos metaestables; cada uno cuantitativamente equivalente a los demás, en el sentido de que la función que se desea minimizar toma el mismo valor en todos ellos, pero como corresponden a estados o configuraciones distintos del sistema, son cualitativamente equivalentes.

6. Generan *propiedades emergentes*. Ésta es quizá una de sus características más notables. Ya Aristóteles había dicho que “el todo es más que la suma de las partes”. Una lectura moderna de este enunciado es la definición de emergencia en un sistema no-lineal; las propiedades emergentes son el resultado de los procesos en paralelo que se llevan a cabo en un sistema complejo y su naturaleza es intrínsecamente colectiva; surgen en cada nivel sucesivo de complejidad y no se pueden deducir a partir de los componentes del sistema. Es importante insistir en que los procesos lineales no engendran emergencia, puesto que la adición de componentes únicamente resulta en sistemas más grandes; más de lo mismo.

Manifiesto

La historia de la humanidad es la historia de la lucha de clases.

K. MARX (1818-1883) y F. ENGELS (1820-1895)

Nosotros estudiamos sistemas complejos y nos llamamos *estructuralistas dinámicos*. Lo “dinámico” de nuestra denominación proviene del hecho de que privilegiamos los procesos por encima de los objetos y estudiamos las dinámicas que comportan interacciones no-lineales de los componentes de los sistemas.

La voz *estructural* se usa en muchas disciplinas; en cada una de ellas, el término tiene una acepción más o menos clara y posiblemente no quiera decir lo mismo que nosotros pretendemos. No obstante, en todos los casos mencionados, las escuelas estructuralistas se contraponen de algún modo a las *funcionalistas*⁵ e *historicistas*.⁶ Aunque el historicismo consigue narraciones elegantes y razonables, sus descripciones no constituyen tesis convincentes ni, mucho menos, explicaciones causales de algún suceso o fenómeno.

La historia no es una sucesión de anécdotas para ser relatadas; si algo podemos hacer para comprenderla, es buscar su dinámica y deducir sus estructuras. Por ello, para nosotros, el postulado marxista del epígrafe no sólo está vigente sino que puede tomarse como un primer principio para la construcción de una teoría de la historia como sistema complejo, lo que no es equivalente a la lectura popperiana del marxismo (véase la nota 2), pues no se pretende encontrar una herramienta de predicción.

⁵ La raíz filosófica del funcionalismo es el teleologismo aristotélico: *las causas finales* justifican *a priori* todos los aspectos de la organización de los seres vivos, de las sociedades, de la economía, etc. Dentro de este supuesto surgen las explicaciones *ad hoc* de muchísimos procesos; la evolución biológica, por ejemplo, da lugar a las leyendas adaptacionistas según las cuales la historia de las especies está dirigida siempre por el designio superior de ser los más aptos, de manera que *todo* debe explicarse a partir de esa necesidad. Con humor, en la metáfora del doctor Pangloss, Stephen J. Gould expresa volterianamente los extremos del funcionalismo: “los seres humanos tenemos narices para poder llevar gafas”.

⁶ El historicismo contingencista rechaza, de antemano, cualquier búsqueda de regularidad: en él, la historia únicamente puede concebirse como una larga concatenación de casualidades, de manera que no sólo es irrepetible sino inaprehensible en un cuerpo teórico coherente; para él, en consecuencia, no hay primeros principios que valgan y el devenir sólo puede describirse, narrarse una vez ocurrido, pero no explicarse. Nuestro estructuralismo, por el contrario, al concebir las sociedades como sistemas complejos y caracterizar sus atractores, puede analizarlas en su dinámica y explicar, para desencanto de Popper, sus regularidades, tendencias y patrones.

*Creer en una ley natural es creer que el universo es comprensible
en última instancia, que las mismas fuerzas que determinan el
destino de una galaxia también determinan la caída de una
manzana en la tierra, que los mismos átomos que refractan la luz
que pasa a través de un diamante también pueden formar el
material de una célula viviente y que los mismos electrones que
surgieron del big bang pueden dar lugar ahora al cerebro
humano, a la mente y al alma.*

PHILIP ANDERSON

Así, la diferencia esencial entre estructuralismo y funcionalismo en biología es que el primero supone que existen leyes inteligibles en la naturaleza viva, que los procesos son describibles y, por tanto, matematizables, y que la explicación científica unifica numerosos fenómenos en apariencia dispares bajo un pequeño número de principios generales.

No pretendemos reducir todos los fenómenos a su expresión en términos de leyes “fundamentales” tal como las entienden los físicos tradicionales, pero sí proponemos a la física como la ciencia unificadora de los principios naturales. Los sistemas biológicos o sociales no dejan de ser sistemas físicos a pesar de tener características y metodologías propias, pero las fronteras que alguna vez se pensó que separaban la física, la química y la biología no existen ya. No hay leyes “químicas” o leyes “biológicas”, únicamente hay leyes naturales, y no existe ningún límite epistemológico que impida el futuro colapso de la frontera que artificialmente separa las ciencias naturales de las sociales.

Según el estructuralismo dinámico, los componentes de un sistema son motores de su propia evolución y están sujetos a leyes naturales con restricciones impuestas desde los niveles de organización inferiores y superiores. La cuestión estructural proviene de una concepción tipológica del universo, que no es ajena a la idea platónica de los arquetipos; dicho de otra manera, en este mundo existe un número finito y relativamente pequeño de posibles modos de organización de la materia, y no todas las realizaciones imaginables son posibles.

Un segundo, y fundamental, aspecto de nuestro estructuralismo es que los sistemas complejos absorben las contingencias históricas y en ese sentido son *robustos*.

El caos no es azar. Numerosos autores cometen el error de identificarlos y se equivocan al usar ambos términos como sinónimos. La fuente de la confusión se encuentra en el hecho de que *algunas*

manifestaciones del caos son estadísticamente parecidas al azar y surgen en sistemas con dinámicas determinísticas. Esta aparente paradoja ofende la intuición, pero le otorga al caos un estatus privilegiado como ente dialéctico; hasta hace poco tiempo se pensaba que si la naturaleza era impredecible, lo era por ser terriblemente complicada, y que el sueño de la predictibilidad de sus fenómenos se desvanecía debido a nuestra ignorancia, al ser incapaces de determinar el número necesario de parámetros que exige la mecánica newtoniana para ampliar nuestros horizontes de predictibilidad. El descubrimiento reciente del caos en sistemas determinísticos nos ha demostrado que existe una infinidad de sistemas cuyo comportamiento, a primera vista indistinguible del azar, es coherente y armónico. Es de la mayor importancia destacar que el caos tampoco debe confundirse con la indeterminabilidad de los sistemas y, por lo tanto, el argumento de que los sistemas complejos pueden describirse únicamente de manera estadística, como es usual hoy en día en la biología y en las ciencias sociales, es un argumento sin sustento. El enfoque estadístico no genera conocimiento, los sistemas deben analizarse como sistemas dinámicos.

Una característica y un concepto notables son esenciales para este ensayo. La primera es *la sensibilidad de los sistemas caóticos con respecto a las condiciones iniciales*; el segundo es la noción de *atractor extraño*.

En el comienzo de un juego de billar se colocan las bolas en su posición inicial con la ayuda de un marco triangular de madera y luego se golpean con otra bola. El jugador más experimentado nunca logrará que las 15 bolas, luego del primer golpe, queden en la misma posición. Las diferencias imperceptibles en el golpe del taco, en las posiciones iniciales de las bolas y de la bola golpeadora, se amplifican y conducen a estados finales cada vez muy distintos. A este comportamiento se le llama *sensibilidad en las condiciones iniciales*.

En la teoría de los sistemas dinámicos, el comportamiento a largo plazo de un sistema se puede caracterizar geoméricamente mediante la noción de "atractor". El conjunto de estados finales de tales sistemas puede ser: i] *un solo punto*, en cuyo caso se tiene un *estado estacionario*, ii] *ciclos cerrados*, que representan comportamientos periódicos y, finalmente, iii] *atractores toroidales*, que son ciertas combinaciones de ciclos. Recientemente se ha descubierto una nueva clase de atractores que corresponden a una dinámica en régimen caótico; estos atractores tienen geometría fractal en el

sentido de que muestran detalles estructurales relevantes en todas las escalas de magnitud y se llaman *atractores extraños*.

El hecho de que en los sistemas complejos las fluctuaciones se amplifiquen debido a la sensibilidad en las condiciones iniciales se traduce en que el *horizonte de predictibilidad de los sistemas* se reduce. En efecto, un sistema en fase caótica pierde la memoria de sus estados anteriores y en ellos no es posible —pese a ser determinísticos— la predicción a largo plazo.

Si Juárez no hubiera muerto...

NOÉ FAJARDO

(danzonero cubano)

¿Cómo es posible que los sistemas complejos sean robustos ante las contingencias históricas si condiciones iniciales diferentes conducen a resultados radicalmente distintos? Una de las bases del pensamiento historicista es precisamente que ciertos accidentes (mutaciones, catástrofes, deriva génica) deciden la evolución de los sistemas y, puesto que impiden una explicación causal o una reducción a primeros principios, entonces no dejan otro recurso que la descripción narrativa. En el fondo, creer que la evolución de nuestro universo es un producto de accidentes históricos felices, irrepetibles y no-analizables es negar la verificabilidad de las teorías y la posibilidad de que la naturaleza sea describible y asequible al estudio científico.

El efecto de las contingencias desaparece debido al *mixing* del sistema dinámico y a la pérdida de memoria de los estados anteriores; sin embargo, si un suceso ocurre o deja de ocurrir, a largo plazo va a influir muy poco en el resultado final, puesto que las posibles trayectorias que el sistema puede seguir ocupan un subconjunto relativamente pequeño dentro del espacio de todas las posibles realizaciones. Ese subconjunto es precisamente el atractor extraño. Los accidentes históricos van a provocar porvenires distintos, pero siempre obligados a estar sobre el mismo atractor extraño: futuros disímiles pero bajo restricciones tan fuertes que nos van a permitir encontrar regularidades y semejanzas notables

Colofón

Cuando sometemos a la consideración del pensamiento la naturaleza o la historia humana, o nuestra propia actividad espiritual, se nos muestra de pronto la estampa de un infinito entrelazamiento de conexiones e interacciones, en el cual nada permanece siendo lo que era, ni como era ni donde era, sino que todo se mueve, se transforma, deviene y perece...

F ENGELS

Concebir una naturaleza interconectada y sujeta a principios generales, en un estado de cambio permanente, cuyos sistemas muestran múltiples estados cuantitativamente equivalentes pero cualitativamente distintos, y en la cual el motor de las transformaciones, la fuente de la complejidad, es el producto de dinámicas antagónicas, en donde los fenómenos azarosos no son más que instancias del caos, es decir, de un orden dinámico subyacente, ha sido la tarea de destacados pensadores, desde Heráclito hasta Engels, y de sus herederos intelectuales. A este esfuerzo sumamos el nuestro.

Estas ideas son nuestra propuesta, están sustentadas en resultados fuertes y bien establecidos de la física y las matemáticas contemporáneas. Y nuestra insistencia en hacer hincapié en la parte dinámica de los procesos y relegar a segundo plano los detalles de la composición material de los objetos que constituyen los sistemas tiende el puente para que se busquen sus contrapartes en las ciencias naturales y sociales.

El trabajo por hacer es ingente, pero creemos que en estos tiempos de crisis y desencanto, la opción de los abogados de los derechos ilimitados del individuo y del mercado, como única posibilidad “práctica” de organización social —una vez derrotada la opción del estado omnipotente y reglamentador— es un engaño, pues se basa en una dicotomía reduccionista e inválida desde el punto de vista de la ciencia, e inaceptable desde el de la ética.

En la situación actual de un país como México, la ciencia tiene mucho más que hacer que rendirse y ceder ante las modas impuestas por la competencia y el sentido individual de la propiedad; se abre ahora la posibilidad de buscar formas novedosas e imaginativas de organización de la comunidad de científicos como entes académicos y sociales que promuevan la educación y el acercamiento con los estudiosos de las ciencias sociales de manera que nuestras demandas y propuestas sean más efectivas y racionales.

Estamos seguros de que existen formas de organización de la sociedad que pueden superar la dicotomía mencionada arriba, y que estas organizaciones —instancias de la eufemísticamente llamada *sociedad civil* y que no es otra cosa que *el pueblo*— pueden dar lugar a propiedades de emergencia colectiva: inteligencia o emoción colectivas, metafóricamente hablando, que hagan compatibles los derechos del individuo con los de la comunidad y que contribuyan a la aparición de una sociedad más justa.

No podemos descartar que nuestras ideas y planteamientos a su vez se conviertan fatalmente en las mismas iglesias intolerantes y beatíficas en que se metamorfosearon las ideas frescas y revolucionarias del darwinismo, marxismo y freudianismo. Sin embargo, no dudamos de que vendrán nuevos herejes que contribuirán a su sustitución; los saludamos desde ahora.