



# COMPLEJIDAD:

El caos como  
generador de orden

**ROGER  
LEWIN**



METATEMAS  
LIBROS PARA PENSAR LA CIENCIA

Los científicos vienen afirmando desde hace ya varias décadas que la ciencia del siglo XXI será la de los sistemas complejos. Y es que en la base de todo sistema complejo — desde el comportamiento de las moléculas hasta las medidas que deben adoptar los Estados para lograr el equilibrio con la naturaleza— subyace una serie de reglas que, una vez identificadas, contribuirán a unificar ampliamente las ciencias de la vida.

Roger Lewin ha querido reunir aquí las ideas de los auténticos pioneros de este descubrimiento para que podamos seguir de cerca la hermosa aventura en la que ya nos hemos embarcado todos irremediablemente.

Desde las colinas que rodean el Cañón del Chaco en Nuevo México hasta los páramos del condado de Devonshire, desde la selva de Costa Rica hasta los laboratorios más sofisticados de Estados Unidos, conversando entre muchos otros biólogos, matemáticos, físicos y químicos, con científicos tan célebres como Edward O. Wilson, entomólogo creador de la sociobiología, Stephen Jay Gould, protagonista de la polémica sobre la noción del progreso en la evolución biológica, James Lovelock, cuya hipótesis de Gaia ha conmocionado el debate sobre el orden emergente, Murray Gell-Mann, físico ganador del Premio Nobel por el descubrimiento de los quarks, o Chris Langton, estudioso de los sistemas complejos adaptativos en las culturas del suroeste norteamericano, Lewin no sólo ha levantado un auténtico mapa del recorrido realizado hasta hoy por lo que pronto se conocerá como Teoría de la Complejidad, sino que ha trazado la apasionante historia de la lenta, pero obstinada, conquista de sus descubridores.

## Agradecimientos

La ciencia de la complejidad ha acabado siendo uno de los conjuntos de ideas más estimulantes intelectualmente que he encontrado en mucho tiempo, y debo agradecer a mi agente, John Brockman, el haberme alentado en esa dirección. Por lo general, donde hay ideas interesantes, hay también gente interesante, y esta experiencia no ha constituido una excepción. Quisiera expresar mi gratitud a aquellas personas que han hecho un hueco en sus apretadas agendas para hablar conmigo y responder con paciencia a lo que en alguna ocasión debieron de parecer preguntas estúpidas. Este libro trata de ellos y de su trabajo, y sus nombres aparecerán en las páginas que siguen. Tengo contraída una deuda especial con un puñado de personas que me ofrecieron su tiempo y sus ideas de un modo extraordinariamente generoso. Son Stuart Kauffman, Chris Langton, Norman Packard, Stuart Pimm y Tom Ray. A Tom también tengo que darle las gracias por mi primera experiencia en una selva tropical. Patricia Crown, Jeff Dean y Chip Wills organizaron la visita al cañón del Chaco y me introdujeron en una faceta de la arqueología que me era desconocida. Nunca lo olvidaré. Los miembros del Instituto de Santa Fe, cuna de la nueva ciencia de la complejidad, se mostraron pacientes y colaboradores ante cada nueva petición por mi

parte; a todos ellos mi más sincero reconocimiento. Y Trish Hoard me resultó siempre útil en la búsqueda de las referencias más oscuras: gracias.

Muchas personas tuvieron la amabilidad de leer algunas partes del manuscrito y hacer comentarios útiles. Mi constante apoyo a lo largo de todo el proceso —y mi crítica editorial más amable— ha sido Gail, mi esposa. Sin ella, la redacción del libro habría sido menos gratificante y el resultado final más pobre.

# 1

## La vista desde el cañón del Chaco

La subida fue corta pero escarpada, casi una escalada. Habíamos visto el camino desde la carretera, serpenteando por el pedregoso terreno al pie de un abrupto acantilado, aunque no tardaba en desaparecer tortuosamente por una estrecha y sombría grieta formada muchos años atrás cuando un enorme bloque de roca se separó parcialmente de la cara del acantilado. Las paredes de arenisca marrón casi se tocaban, el pasaje era apenas más ancho que mis hombros y subía unos 40 metros hasta llegar a la cima. Miré hacia arriba y vi una gran desgarradura azul donde el pasaje llegaba al cielo abierto, azul oscuro sobre marrón. Estaba ansioso por llegar, pero tenía que mirar donde pisaba; a veces era sobre suave arena, otras sobre piedras traicioneras. Mis tres compañeros llegaron al final de la escalada antes que yo y aprovecharon para recuperar el aliento mientras los alcanzaba.

«Desde aquí te harás una buena idea de cómo se desarrolló todo», dijo Chip Wills. «Era un sistema vasto y complejo, no se parece a nada». Hizo con el brazo un movimiento de énfasis de 180 grados. Estábamos mirando hacia

el sur, frente a un abrupto cañón de casi un kilómetro de ancho. Parecía casi imposible que el pequeño río que veía recorrer irregularmente el fondo del cañón hubiera podido labrar en el paisaje algo tan impresionante. Flanqueado por elevados álamos de Virginia, de un brillante amarillo otoñal, el río completaba un panorama de sobrecogedora belleza. Es el cañón del Chaco, en la cuenca del San Juan, Nuevo México, un lugar que ejemplifica el majestuoso escenario del sudoeste estadounidense: mesas, cerros y cañones; desolado, aunque suavizado por los cálidos tonos terrosos. Es también el emplazamiento de algunos de los restos arqueológicos más importantes al norte de México. «Venga», dijo Chip, arqueólogo de la Universidad de Nuevo México y especialista en culturas sudoccidentales primitivas. «Un poco más allá hay una vista estupenda de Bonito».

Hace casi un milenio, el cañón del Chaco fue el centro de la cultura anasazi. Era el foco de una red de influencia económica, política y religiosa que abarcaba más de 260.000 kilómetros cuadrados de lo que hoy es un terreno riguroso, implacable: la meseta de Colorado. Ninguna otra sociedad precolombina alcanzó un estadio tan complejo al norte de México. Los arqueólogos lo llaman el fenómeno del Chaco.

Chip nos guió a lo largo del borde septentrional del cañón. Completaban el grupo Patricia Crown, de la Universidad Estatal de Arizona, y Jeffrey Dean, de la Universidad de Arizona, expertos también en arqueología sudoccidental. La árida arenisca que pisábamos se había depositado unos 80 millones de años atrás, cuando un gigantesco mar interior dividió Norteamérica en dos subcontinentes, el oriental y el occidental. Elevada y erosionada hoy por una conspiración de los elementos y el tiempo, una exigua vegetación desértica crece a ras de suelo, regada por lluvias ocasionales. Entre hierbas agostadas, crecen aquí y allá atrofiados enebros de hojas rojas, artemisas con una nube de lanudas

hojas plateadas, y «malas mujeres», un miembro de la familia del zumaque muy utilizado en cestería.

Siempre dispuesto a disfrutar del olor de las hierbas, cogí varias hojas de artemisa y las froté entre los dedos mientras las olía. Durante las siguientes dos horas, mis ojos no pararon de llorar, y mi nariz de gotear. «Característico olor acre (produce fiebre del heno)», fue la descripción que leí más tarde.

Podía confirmarlo. Patty contó la historia de una amiga que, nueva en la región, rellenoó un pavo con esas hojas, pensando que eran parecidas a la salvia. No volvió a repetir el error.

Jeff explicó que aunque los anasazi habían utilizado artemisa para muchos propósitos diferentes, incluso como ingrediente de cigarrillos ceremoniales y como antídoto para las mordeduras de serpientes, nadie le conoce hoy ningún uso. «Es una lástima, porque hay por todas partes», dijo.

Habíamos andado unos cuatrocientos metros a lo largo del borde del cañón, deteniéndonos por el camino para examinar dos agujeros circulares, de unos 35 centímetros de diámetro, cortados en la roca. Alguien había sugerido recientemente que eran restos de algún tipo de señalización. Chip, delante de nosotros, nos hizo señas. «Ahí», dijo señalando el fondo del cañón. «Eso es Bonito». Patty y Jeff lo habían visto antes muchas veces. Su trabajo los había llevado con frecuencia al lugar. Sin embargo, la familiaridad no enfrió el encuentro. En forma de D y con una longitud de 170 metros en el lado recto, Pueblo Bonito era la mayor de las llamadas Casas Grandes de la cultura del Chaco. «¿No es fantástico?», dijo Patty. Nos quedamos mirando, en silencio. El sol de primera hora de la mañana proyectaba alargadas sombras de las innumerables paredes. Alguien caminaba lentamente en uno de los espacios abiertos, una figura minúscula que subrayaba la grandeza de la estructura.



«Lo sorprendente de la arquitectura chaqueña es que los edificios surgen literalmente del suelo», dijo Jeff. «Como se puede ver, en aquella sección de allá, algunas partes tenían cuatro, cinco pisos de altura». Estaba señalando la parte redondeada de la D, donde una catacumba de estancias interconectadas de varios pisos de altura formaba una curva de cinco, seis, a veces siete habitaciones de profundidad, que se adentraban en el espacio abierto de la D. El lado recto, paralelo al acantilado, daba al cañón y tenía sólo una habitación de profundidad y un piso de altura. Desde su mitad, una línea de habitaciones y cámaras circulares cavadas en el suelo dividía en dos el espacio central. Cuanto más miraba, más iba descubriendo en todas partes esas cámaras circulares, unas veinticinco, algunas pequeñas, otras de hasta quince metros de diámetro, con pequeñas estructuras cuadradas y rectangulares en su interior. «Son kivas», explicó Patty. «Se utilizaban para reuniones ceremoniales, sobre todo las grandes». Contó que algunas de las pequeñas formas cuadradas y rectangulares del interior de las kivas eran estructurales, servían para colocar grandes postes que sostenían un techo de madera. Otras eran simbólicas, como el pequeño hoyo circular situado a menudo en mitad del suelo, la puerta del mundo de los espíritus.

Desde el borde del cañón, Bonito resultaba impresionante con sus seiscientas habitaciones, centro sin duda de una intensa actividad. Los arqueólogos han llegado a estimarle una población de cinco mil habitantes. De cerca, Bonito es tan sorprendente como desde la elevación del borde del cañón. Las paredes de las fachadas se construyeron con pequeñas piezas de arenisca, lo que produjo un diseño intrincado y muy entrelazado. A menudo macizas, las paredes han resistido sin mortero casi mil años debido a la precisión de la construcción y a su volumen. Curvas largas y precisas, juntas invisibles, ángulos improbables para las ventanas y las puertas, algunas con la característica forma de T; los rasgos de Bonito ponen de manifiesto que los



anasazi fueron unos consumados arquitectos y unos constructores meticulosos. «Las paredes nos parecen increíblemente hermosas, pero a menudo estaban revocadas, de forma que no se veían los detalles», dijo Patty. «Ése es sólo uno de los enigmas del Chaco», dijo Chip. «Hay muchos más».

En la construcción de Bonito se emplearon hasta 70 millones de piezas de arenisca, treinta mil toneladas de roca que hubo que transportar a lo largo de quince kilómetros, moldear y colocar cuidadosamente siguiendo un diseño impecable. Como vigas y postes se utilizaron más de veintiséis mil árboles, algunos pesaban trescientos kilos y todos tuvieron que traerse desde una distancia de al menos ochenta kilómetros. «Parte de la madera vino de allá», dijo Jeff, señalando el lejano horizonte occidental, los montes Chuska, donde todavía crecen el pino ponderosa, el abeto de Douglas y la picea. Experto en técnicas de datación, Jeff es quien mejor conoce la madera de las Casas Grandes del Chaco. Ha sacado el corazón de muchas vigas y ha elaborado un extenso catálogo de fechas para cada uno de los pueblos. «Se puede seguir bastante bien la secuencia de construcción utilizando las fechas», explicó. También comentó que quizá muy pronto sería posible identificar la fuente geográfica de cada viga comparando los oligoelementos de la madera con los de los actuales bosques de la región.

Veintiséis mil árboles, arrastrados ochenta kilómetros, sin otro medio de transporte que la fuerza muscular y el ingenio humanos: esas cifras pedían unos cálculos rápidos. A seis personas por árbol y un viaje de cuatro días, me salieron mil setecientos años-persona de trabajo. Y Bonito era sólo una de las nueve Casas Grandes de la zona, seis en el fondo del cañón y tres en diversos lugares de las mesas. «Eso es lo que me impresiona de todo esto», dijo Chip. «No tienes la sensación de que fuera un pueblo que pasara hambre. Notas una exuberancia, un pueblo capaz de orga-

nizar enormes hazañas constructoras y, también, trabajos de regadío y agricultura bajo unas circunstancias muy duras. No hay duda, Chaco fue un lugar importante, muy importante». El descubrimiento en Bonito de joyas de turquesa y unas cuantas sepulturas importantes habla de antiguas ceremonias.

Chaco es también importante hoy para los seguidores del movimiento New Age, que acuden al cañón para celebrar sus ceremonias, en las que incorporan cantos budistas, técnicas de meditación y bolas de cristal. «Van a Casa Rinconada, un poco más allá», dijo Jeff, señalando una zona ligeramente elevada al otro lado del cañón. Rinconada es una de las tres grandes kivas independientes situadas estratégicamente en el fondo del cañón; mide veinte metros de diámetro, se entra por un túnel de estructura simbólica y tiene nichos tallados en la pared circular. Es fácil imaginar la fuerza de semejante lugar: el techo de troncos, la penumbra de las antorchas, objetos sagrados en los nichos, el decisivo canto de los maestros religiosos. «Por eso les encanta a los New Agers», dijo Jeff. Para ellos, como para los antiguos anasazi, las grandes kivas son lugares sagrados.

Jeff nos habló de un grupo New Age que había visitado Rinconada el año pasado, procedente de algún lugar de Tejas. Al irse, uno de ellos murió de un ataque al corazón cuando entraba en el coche. Los amigos se lo llevaron, lo incineraron, volvieron con sus cenizas, y las esparcieron por el suelo de Rinconada. «Los navajos se horrorizaron», dijo Jeff. «No pueden tolerar una sensación de muerte en las kivas». Hubo que eliminar la contaminación mortal del suelo de la kiva antes de que volvieran los indios. «Se destruyeron muchos detalles arqueológicos».

La impresión de la importancia que el Chaco tuvo para los anasazi se vio acrecentada cuando nos alejamos del borde del cañón y nos dirigimos hacia el norte, hacia los restos de otra Casa Grande, Pueblo Alto. Con cierta dificultad localizamos los restos de un camino construido hacía

casi mil años por los anasazi para unir Bonito y Alto. El camino, que a veces discurría por un terreno relativamente llano y otras por pronunciados desniveles con escalones tallados en la roca, trazaba una línea recta entre las dos poblaciones. Pero era un camino extraño. Sin caballos ni medios de transporte con ruedas, a los anasazi les habría sido más fácil seguir los contornos naturales del terreno en lugar de ponerse a prueba a cada paso. Una simple pista habría bastado, no una carretera de unos diez metros de anchura. Para los anasazi, los caminos, como la arquitectura, superaban sin duda lo meramente funcional.

Los caminos anasazi se conocían desde principios de siglo, aunque sólo a partir de fragmentos dispersos. Su naturaleza y extensión no se hizo evidente hasta los años setenta, con la utilización de las modernas técnicas de detección remota. «Van en línea recta, salen del cañón del Chaco y recorren grandes distancias», dijo Jeff. «Pero no van en todas direcciones. Hacia el este no hay muchos, por ejemplo». Los caminos quizá sigan rutas anteriores usadas para llevar suministros al Chaco, especuló Jeff. Si ése fue su origen, más tarde adquirieron otro papel. Se sabe ahora que los caminos conectaban poblaciones alejadas, algunas a más de ciento cincuenta kilómetros del cañón del Chaco. Los asentamientos, entre 150 y 300, son chaqueños en su arquitectura y organización, y está claro que conformaron algún tipo de sistema social unificado.

No tardamos en llegar a Pueblo Alto, más pequeño que Bonito y excavado menos extensamente. Nos dimos la vuelta y miramos hacia atrás, esforzándonos por ver el lugar donde el camino que habíamos seguido llegaba hasta el borde del cañón, antes de descender por unos empinados peldaños tallados en la pared del acantilado. Más allá, al otro lado del cañón, está el desfiladero Sur, una de las salidas que van a dar a un camino importante. En la lejanía, se eleva Cerro Hosta como un centinela en el desierto. «Acercarse al cañón por ese camino debió de ser muy impresio-

nante», dijo Chip. «Está muy trabajado, tiene al menos diez metros de anchura, y al entrar al cañón hay taludes construidos a ambos lados del camino, cada vez más altos. Tienes la impresión que de te hundes poco a poco, como si el Chaco te tragara».

Me estaba formando una idea de cómo pudo haberse desarrollado todo, tal como había prometido Chip. Las nueve Casas Grandes y varias grandes kivas aisladas del cañón del Chaco no fueron sólo el centro geográfico de los anasazi hace un milenio; fueron, de algún modo, el centro de una poderosa influencia. Supuse, por analogía con los Estados modernos, que Chaco representó algún tipo de capital, quizá con Pueblo Bonito como centro principal. «Las recientes excavaciones en Pueblo Alto y una nueva valoración de Bonito señalan que, fuera lo que fuera el fenómeno del Chaco, no es algo que hoy nos sea familiar», dijo Chip, echando por tierra mis reflexiones. «Las Casas Grandes no estaban densamente pobladas; por ejemplo, es posible que en Bonito sólo vivieran unos pocos centenares de personas. En absoluto los miles que imaginábamos antes». Adiós a la idea de Pueblo Bonito con su bulliciosa población de cinco mil habitantes. Ahora prevalece la imagen de alrededor de una veintena de personas, algunas dedicadas al cumplimiento de la misteriosa función de este hermoso y arquitectónicamente elaborado lugar, otras atendiendo los campos, donde se cultivaba maíz.

Algunos arqueólogos han sostenido la hipótesis de que las numerosas habitaciones de las Casas Grandes servían de almacén, de modo que Chaco habría sido un gigantesco centro de distribución. Pero hay pocas pruebas directas en favor de esa idea, y la intrincada configuración de muchas de las Casas Grandes, así como la importancia de las kivas, la desmienten. «Muchos arqueólogos piensan que fue un centro ceremonial», dijo Patty. «Aquí vivirían unas pocas personas, algunas como guardianes, otras como figuras destacadas en las ceremonias. Pero la mayoría acudi-

ría como visitante, quizá de forma periódica para los ritos estacionales». No cabe duda de que al Chaco se trajo piedra y alfarería en grandes cantidades y desde lugares alejados, así como conchas marinas y turquesas. «¿Ves ese montículo de ahí?», preguntó Patty, señalando una pedregosa elevación al este de Pueblo Alto. «Es un montón de escombros, está lleno de trozos de alfarería».

En efecto, podíamos ver decenas de cascotes, algunos decorados, otros no. Esas vasijas habrían llevado los motivos característicos de la época, dibujos trenzados o un diseño geométrico en blanco y negro. Tenían un tamaño adecuado para ser sostenidas con las dos manos y eran objetos bellos y útiles al mismo tiempo. Una década y media antes, cuando se excavó ese montículo de cuatro metros, se encontraron cantidades sorprendentes de cascotes, especialmente para una población tan modesta como Pueblo Alto. Se habían roto dos mil quinientas vasijas al año, lo que representa veinticinco recipientes anuales por persona. «O eran muy torpes o no utilizaban las vasijas de modo convencional», observó Chip. «La excavación demostró que los cascotes se tiraban periódicamente, algo inusual en el caso de un uso diario. Eso quizá significa que Pueblo Alto sólo estaba ocupado estacionalmente. O que había acontecimientos ceremoniales en los que se rompían recipientes. Me inclino por lo segundo».

Mientras volvíamos a las ruinas de Palo Alto, Chip destacó la sensación de elevación, de dominio desde el lugar, con una panorámica de horizonte a horizonte. Sólo otras dos Casas Grandes del cañón del Chaco gozan de una visión de 360 grados. La región, cercana a la línea continental divisoria de las aguas, tiene una altura de unos dos mil quinientos metros. Desde el norte, cuatro o cinco caminos anasazi convergen sobre Pueblo Alto, cruzando como flechas la elevada meseta. Un recorrido de la mirada desde el norte hasta el oeste, el sur y un poco hacia el este, abarca

el vasto territorio por el que se extendió la influencia de las Casas Grandes del cañón del Chaco.

Cuando llegó la hora de comer, encontramos un lugar resguardado en el extremo occidental del emplazamiento, con casi todas las paredes redondeadas por siglos de erosión. La reciente excavación había puesto al descubierto el 10 por ciento de la estructura y sacado a la luz algunas variantes de la sillería chaqueña. Chip señaló una pequeña habitación cercana. «Aquí se encontraron tres piedras de moler, una al lado de otra», dijo. «Frente a cada una de ellas, había en el suelo de arcilla las huellas de tres cestas. Podemos imaginar a tres personas moliendo periódicamente maíz y depositando la harina en las cestas, haciendo comentarios sobre la gente y la vida de Pueblo Alto». Una actividad de lo más corriente en un lugar de lo más especial.

El sol estaba en su cénit otoñal, el cielo de un nebuloso azul indicaba la tormenta prevista para mañana. Hacía calor a pesar de la brisa. Disfrutamos serenamente de la tranquilidad del lugar, entre paredes en ruinas que albergaban antiguos secretos.

Santa Fe parecía estar muy lejos.

\*\*\*

Jeff, Patty, Chip y yo habíamos planeado nuestra excursión un año antes, al final de un congreso científico en Santa Fe, a unos 200 kilómetros al este del Chaco, entre los montes Sangre de Cristo y Jemez. El título del congreso, «Organización y evolución de las sociedades sudoccidentales prehistóricas», era bastante corriente. Muchos de los participantes eran antropólogos y arqueólogos, como cabría esperar de un encuentro así. Pero también había físicos, informáticos y un biólogo teórico. Uno de los organizadores era Murray Gell-Mann, un premio Nobel del Instituto

de Tecnología de California, más conocido por desvelar los misterios del quark que por descubrir civilizaciones pasadas. El encuentro se celebraba bajo los auspicios del Instituto de Santa Fe, donde, según ha observado recientemente *The Wall Street Journal*, «ninguna idea es demasiado descabellada».

Los arqueólogos estaban ahí para intentar comprender mejor el esquema general de la prehistoria del Sudoeste. ¿Por qué, por ejemplo, había tenido una repercusión tan pequeña en la organización social la introducción de la agricultura del maíz en la región tres mil años atrás? Y lo mismo había ocurrido con la cerámica poco más de mil años más tarde. ¿Qué había desencadenado el estallido de nuevas formas de organización social a partir del año 200? ¿Qué había detrás del rápido crecimiento del cañón del Chaco como importante centro regional entre los años 900 y 1150, el fenómeno conocido como del Chaco? De modo similar, ¿por qué se hundió Chaco y nunca recuperó la posición que había tenido?

Chaco nunca alcanzó el nivel de complejidad social de lo que puede denominarse una ciudad-estado, como las que habían surgido antes en México, Centroamérica y Sudamérica, así como en el Viejo Mundo. Pero, de modo incuestionable, incluyó elementos de organización social y económica que son percusores de la formación de un estado, una cuestión que ha intrigado siempre a los prehistoriadores. Por lo tanto, los arqueólogos y antropólogos asistentes a la reunión de Santa Fe tenían la oportunidad de reflexionar sobre el marco general de la formación de los estados y analizar algunos de sus detalles.

Para los miembros del Instituto de Santa Fe, el motivo era diferente. Para ellos, la evolución cultural y la formación de los estados no son sino otro ejemplo más de un importante fenómeno general. Desde su creación en 1984, el instituto ha atraído a un núcleo de físicos, matemáticos y expertos informáticos. El ordenador es el microscopio por