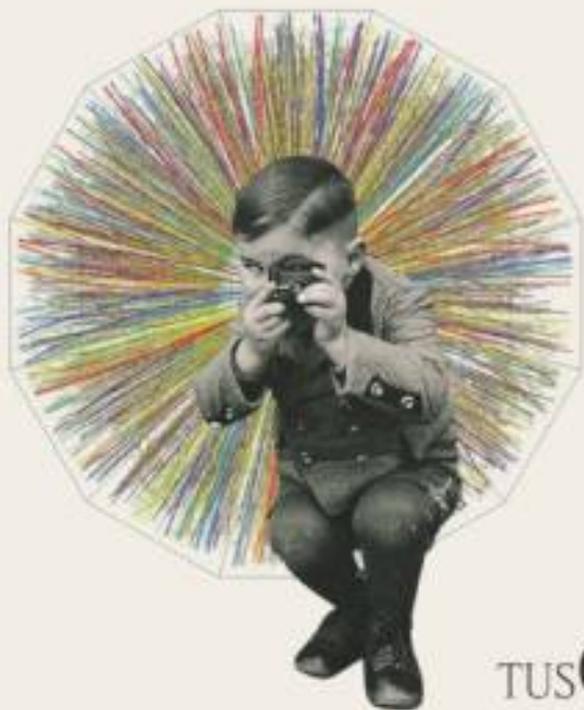


# Carlos Chimal

## El Universo en un puñado de átomos

Ciencia, arte y tecnología:  
de los quarks a las ondas gravitacionales



TUSQUETS  
EDITORES

## Índice

1. La Ciudad Escéptica en peligro
2. Monterroseana
3. Un zoológico elemental
4. La danza de las partículas
5. Mundos y antimundos
6. Algunas ideas aceleradas
7. Cámaras para atisbar lo que apenas existe
8. Una salamandra cuántica
9. Borges y las partículas que se bifurcan
10. Ciencia ficción vs. Ficción científica
11. Caminatas dentro de la Ciudad Escéptica
12. LH... *C'est pas sorcier!*
13. La epopeya de ATLAS
14. Sueños catedralicios
15. En la casona de Voltaire
16. Creadores de la Web
17. ALICE en el desierto de los tártaros
18. Los amigos de la precisión extrema:  
CMS y LHC-b
19. Sesenta años después
20. Un imperio de luz
21. Ondas de cierta gravedad
22. El futuro: entre pingüinos y calaveras

### Apéndice

Glosario

Índice onomástico

Bibliografía

Agradecimientos

Acerca del autor

Créditos

## 1

## La Ciudad Escéptica en peligro

El 13 de septiembre de 2008, tres días después de haberse puesto en marcha el Gran Colisionador de Hadrones, su red informática fue atacada por un grupo autodenominado Greek Security Team, quienes demostraron, como buenos hackers, que no existe código de seguridad inviolable. Por fortuna declararon que no era su propósito dañar los experimentos. Gracias, amigos. En los lugares de encuentro como la cafetería central se pide que ya no sea uno tan relajado con las computadoras portátiles, pues las ondas de internet viajan por el aire y los fisgones pueden estar haciendo su trabajo. El sitio donde se está gestando la siguiente revolución en redes computacionales ha sido golpeado por los cibernéticos rompetodo. Los astutos cazadores de partículas se vieron atrapados en su propio enjambre.

Ante la crisis hay quienes se hacen eco de las actitudes timoratas y piden invertir mejor en investigaciones pequeñas, «de mesa», que en megaproyectos como los del CERN. Según los defensores de esta física, su falta de visión no les permite entender que un proyecto de mesa genera un resultado, mientras que proyectos complejos como el LHC ayudan a esclarecer enigmas del Universo y, al mismo tiempo, ofrecen una derrama tecnológica que se traduce en la ya mencionada Web, en cámaras de alambres que toman imágenes médicas, como el PET para diagnóstico y estudio de la fisiología del cuerpo humano, en la GRID que

permite monitorear la diseminación del cáncer de mama en Europa, en los aceleradores de protones que ayudan a tratar diversos cánceres de manera eficiente, así como en innumerables dispositivos que conservan mejor la temperatura y que resisten mejor la radiación.

Y, para colmo, en octubre del mismo 2008 un investigador francés de origen argelino, que alguna vez ha venido al CERN a hacer investigación teórica, fue detenido por la policía de su país acusado él y su hermano de pertenecer a una rama de Al Qaeda. Algo similar se vivió en septiembre de 2014, quizá más dramático por la silenciosa insurrección que culminó en la regularización del ejército del Estado Islámico, plagada de europeos, algunos de ellos ciudadanos suizos y franceses. John Jihad degüella a un montañista francés secuestrado en Argelia frente a una cámara de video que algunos medios del mundo reproducen para las pantallas del público. Los pasos fronterizos entre Saint-Genis, Ferney-Voltaire y Ginebra se cerraron, los controles de pasaportes y documentos de identidad se volvieron estrictos como nunca se había visto desde la Segunda Guerra Mundial. En la estación de gasolina frente a la entrada principal de CERN se apostaron agentes de seguridad, tanto uniformados como civiles, y en los autobuses detenían sobre todo a gente de piel morena y negra. Al mismo tiempo en México sucedió un asesinato masivo que no era el primero ni sería, por desgracia, el último, pero que se convirtió en símbolo de la indignación generalizada por el estado de fascismo corriente, sin ideología, que impera en el país y cuyos sicarios asesinan con la mayor crueldad animados por su estrecho coto de poder. Una versión perversa y recargada de *Los bandidos de Río Frío* de Manuel Payno.

Regresemos a 2012, al momento en que faltaban pocos días para que volviera a arrancar la máquina LHC. Todo mundo está en lo suyo, repasando el peor de los escenarios posible porque confían en que todo saldrá a pedir de boca. Mientras algunos sacan la leche del refrigerador en la cocina común del hostel y alguien muele café para entender de qué está hecha la materia oscura equivalente al 96% del Universo. Un par de huevos revueltos con espárragos cuando uno desea preguntarse por qué un 4% restante es luminosa como nosotros. Jugo de frutas si quieres entender la causa de que existan más dimensiones que las cuatro que conocemos. Más café y nos pondremos en el camino de saber por qué el mundo está hecho de materia y no de antimateria. La señora que hace la limpieza pide a los que seguimos discutiendo cómo era el Universo a los 3 microsegundos de su existencia seguir la trascendental charla en otra parte. En una pared a la entrada de ATLAS hay un cartel que anuncia: «2012: ¡El fin se acerca!». En efecto, es el fin de una larga espera para los cazadores de partículas.

Sin embargo, las cosas se complicaron de nuevo. A mediados de 2011 todos esperaban que la hora del LHC llegara ya. La tensión crecía, física y mentalmente. Pocas semanas antes cada uno de los ocho sectores que componen el anillo subterráneo había sido probado en su etapa final de enfriamiento. De hecho, algunos puntos de esta enorme caverna pueden considerarse los refrigeradores más fríos del Universo. Una y otra ocasión, el equipo del galés Lynn Evans (en ese entonces a cargo del acelerador) llevó a cabo pruebas en los complejísima sistemas eléctricos, de conducción y de potencia.

En el lugar se dibuja una estética industrial hecha de manera artesanal, casi a mano. Es como si todas las escuderías de Fórmula 1 del mundo hubieran acordado diseñar y construir *el* prototipo, y estuvieran a punto de probarlo en la pista. Le dije a Lynn en ese entonces que él era ahora el jefe de la escudería terrícola a lo bestia. Se rio porque sabía que no había mañana. Si fallaba entonces, su cabeza caería en las siguientes horas. Varios millones de euros y las esperanzas de miles de científicos de la comunidad europea y de todo el mundo estaban puestas en su talento y sangre fría para coordinar el trabajo de tanta gente.

Las cosas siguieron su curso: el arranque del LHC fue aplaudido por todos los presentes como si el mundo hubiera sido salvado de una terrible catástrofe. En efecto, hemos sido salvados de la abominable ignorancia. Lynn comenzó a dirigir un nuevo proyecto, la construcción del Súper LHC, algunas cosas fallaron y otras han salido casi a la perfección. El balance es, pues, muy favorable. Y prometedor, según Gerardo Herrera Corral, quien llevaba en este entonces quince años colaborando en ALICE. Se trata de un viejo sueño hecho realidad, de algo irreal y concreto al mismo tiempo.

Pero ¿qué son los hadrones y por qué hacerlos chocar? Como veremos a lo largo de este libro, todo se remonta a la idea del griego Leucipo, quien hace 2,500 años afirmaba la existencia de un mundo atómico, esencial para entender la materia que compone todo de lo que estamos hechos, y para probarlo hacía falta contar con el cuchillo adecuado y ser un buen cazador. Las ideas atomistas y su comprobación experimental fueron el instrumento que permitió el tránsito de la alquimia a la química moderna, así como fuente de inspiración para descubrir las insospechadas cuali-

dades del electromagnetismo. Viejas ideas se reformularon a lo largo del siglo xx, mientras los experimentos montados en laboratorios como éste lograron niveles cada vez más increíbles y profundos en su estudio del interior del átomo. Se descubrió que había familias de partículas, con características y comportamiento propios, a una de las cuales pertenecen los hadrones. Nosotros, por ejemplo, estamos hechos de partículas hadrónicas.

Como veremos también, en 1920, el físico norteamericano Ernest O. Lawrence construyó el primer acelerador circular con un diámetro de apenas 13 centímetros, en el que se aceleraban protones a una energía casi insignificante. También hemos dicho que este tiovivo tiene una circunferencia de 27 kilómetros, el cual cruza la frontera con Francia y regresa a Suiza, como hace Rosemond. Por el túnel podrían circular automóviles en dos carriles. El LHC es una máquina rompe marcas, pues en 2012 producía haces siete veces más energéticos que los aceleradores precedentes y treinta veces más intensos cuando alcanzó su punto óptimo de operación en 2014. En 2015 volvió a batir su propia marca, proveyendo a los experimentos partículas a 13 TeV. Los haces de protones circulan en el anillo durante diez horas, lo que significa que recorren una distancia de ida y vuelta igual a la de aquí a Neptuno. El LHC es tan sensible que la acumulación de nieve del macizo montañoso llamado Jura, al pie del cual se encuentra este laboratorio, puede modificar su alineación.

Y ya no participan unos cuantos científicos. Cuando les he preguntado por sus ídolos, tanto el director general como los líderes de experimento y varios investigadores más han rechazado la idea, pues están muy acostumbrados a trabajar en equipo. Durante el siglo

xx estos laboratorios comenzaron a crecer hasta alcanzar los siete mil científicos. Todos trabajan en el acelerador de Ginebra, el cual finalmente estuvo listo para «romper la última cáscara de la nuez», en palabras del cosmólogo Stephen Hawking, quien cita a William Shakespeare. Al igual que muchos otros científicos de diversos campos de la ciencia y la tecnología Hawking espera constantemente noticias emanadas de aquí.

Le comento a Rosemond que la materia y la energía son intercambiables. Además, de acuerdo con la teoría cuántica, para ver pedazos de materia cada vez más pequeños y detalles antes invisibles es necesario reducir en forma proporcional la longitud de onda de la radiación que se utiliza. Pero resulta que conforme un objeto se acerca a la velocidad de la luz, se vuelve más pesado y es muy difícil aumentar su velocidad. Por ello se requiere de niveles de energía cada vez mayores. En 1920 Lawrence podía acelerar protones a 80 mil electrones Volt (eV); en 2009 el LHC los llevó a 5 tera eV en su búsqueda de estructuras inéditas de la materia, en 2012 a 8 TeV y, como dijimos, en 2015 a 13 TeV. Un tera eV (un billón de eV) equivale a la energía que derrocha un mosquito cuando vuela a nuestro alrededor concentrada en una superficie un millón de millones más pequeña. Nunca antes se había logrado controlar haces de protones de tal intensidad y de tan alta energía en un espacio tan diminuto.

Rosemond entiende que no es fácil para una ciencia que fue la estrella del siglo xx permanecer en los *pits*, ansiosa por abordar su flamante máquina hadrónica, que, además, viene equipada con cuatro gigantescos detectores, verdaderos gargantúas que engullirán partículas subatómicas casi a la velocidad de la luz. Los detectores ATLAS, CMS, ALICE y LHC-b son enormes

gargantas situadas de manera estratégica en diferentes sitios del anillo para saber lo que ocurrirá al chocar los chorros de partículas. En la caverna donde se halla instalado ATLAS, por ejemplo, cabría la iglesia de Nuestra Señora de París.

¿Por qué la comunidad europea invierte tanto dinero en estos extravagantes experimentos, considerados en algún momento extensiones de los sueños catedralicios de la humanidad? No sólo porque en este campo se han dado algunas de las ideas más sugerentes sobre el origen del Universo y su extraña y fascinante conexión con lo infinitamente pequeño; no sólo por la derrama tecnológica que ha dado ya beneficios a muchas empresas europeas y mejores servicios al público; tampoco por el entrenamiento que se adquiere aquí en los más altos niveles de diseño, construcción y toma de decisiones, incluso de grupos de países como India, Brasil y México. En realidad hay algo más.

En el otoño de 1992 visité por segunda vez a Leon Lederman, y él me convenció de que esto se hacía porque era una manera de honrar la memoria de grandes tipos como Leucipo y Demócrito, Galileo, Newton y Einstein, pues lo que habían hecho era invaluable: hacer de este mundo un lugar más reconocible al ofrecernos algunas certidumbres sobre él. A Rosemond parece gustarle esto último. El CERN fue la respuesta de la comunidad científica europea, en plena Guerra Fría (1954), para conducir la investigación subatómica en favor de la sociedad, así que es un sitio que despierta pasiones, provoca chifladuras y atrae los reflectores.

En palabras de Luciano Maiani, director del CERN (1999-2003), «si uno desea surcar la costa, no necesita más que una pequeña barca, pero si uno quiere cruzar el océano, requiere de un gran buque y estar dispues-

to a soportarlo todo». Un buque que es la envidia del mundo y, sin duda, causa de orgullo entre los ginebrinos. Y de regocijo, pues tan sólo los que vamos y venimos de nuestros países al CERN formamos casi el 7% de los pasajeros que usan el aeropuerto de la ciudad y sus servicios.

A pesar de las ventajas hay quienes tergiversan los términos de una aventura científica empeñada en un escepticismo creativo y tratan de confundirla con una empresa religiosa. En el autobús rumbo al centro de la ciudad me encuentro a un par de lunáticos que creen que la radiación del LHC provocará microagujeros negros por donde se fugará toda la materia terrenal y anexas. Otros hablan de saltarse una barda del laboratorio para provocar un gran «reventón» («*le plus grand Big bang*»). No es nueva la hostilidad hacia el conocimiento científico. Ya Galileo fue torturado por plantear dudas útiles y por su fidelidad al escepticismo y la evidencia experimental.

Incluso tengo que recordar aquí la distorsión que ha sufrido la metáfora de Leon Lederman, cuando tuvo el infortunio de intitular su libro *La partícula divina*, refiriéndose al bosón de Higgs en el sentido de que, como sucede con las divinidades, creemos que existen pero nadie ha visto una de ellas. Lo mismo pasaba con dicha partícula escurridiza. Pero esas expresiones de radicalismo pueril no distraen a los científicos y técnicos, concentrados en mantener a punto la máquina y los múltiples detectores montados como capas de cebolla en los cuatro puntos ya mencionados. En particular, los investigadores e ingenieros españoles, mexicanos y griegos con los que hablé en esos días estaban tratando de aprovechar al máximo la experiencia de tantos años.

También el prestigiado teórico Luis Álvarez Gaumé, decano, junto con Álvaro de Rújula, de los científicos españoles en CERN, tiene un juicio severo sobre dichas expresiones de radicalismo infantil. Álvarez Gaumé ha estudiado las propiedades cuánticas de los hoyos negros con base en los experimentos que se realizan en CERN. Dimos una última vuelta con Félix Rodríguez Mateos por el anillo antes de que fuera cerrado a la presencia humana y, junto con Luis Hervas, echamos un último vistazo al estado de las conexiones alámbricas, ahora que los imanes se han contraído por el enfriamiento a 1.9 kelvin, lo cual es casi el cero absoluto (-273.15 °C).

Estas maravillas tecnológicas al servicio de la ciencia no existían hace pocos años. Fueron concebidas y puestas en marcha por gente como Félix y Luis, dos de los expertos que todas las mañanas deben tener la mano bendita y la cabeza en orden para lidiar con las peticiones de la griega Yiota Foka (ALICE) y las del germanocatalán Frederic Teubert (LHC-b). Mientras que la primera necesita instalar un nuevo detector más cerca del haz, Frederic debe seguir su agenda, lo cual finalmente desembocará en verificar el desempeño de ATLAS. Es como el espejo de alguien que busca lo hipotético.

Todos ellos son protagonistas y están en el meollo del asunto. Viven a tope su momento. «*Carpe diem*», dice Frederic. Si Rosemond se tatuara, ese lema cubriría un trozo de su blanca y tersa piel. A lo largo del tiempo han visto pasar a mucha gente. Convivir aquí ha sido parte importante de sus vidas, incluso para aquellos que vienen a realizar estancias breves, como los jóvenes estudiantes africanos que estaban deseosos de aprender del súper cómputo que se inventa en

CERN y llevarlo a su continente para monitorear la desertificación, o bien los estudiantes españoles que buscan entender la fabulosa criogenia que mantiene frío el acelerador, resulta casi siempre una experiencia trascendental.



## 2

## Monterroseana

Soñé que soñaba, y en ese espacio antes blando fui testigo de cómo mis pies ligeros me llevaban por campos saturados de partículas elementales a la casa del escritor Tito Monterroso, quien me decía: «Oye, Chimal, pláticame más del espacio, el tiempo y la luz, háblame de lo fundamental. No importa que, siéndolo, no seas un experto, pues eso es lo que hacemos quienes escribimos, convertirnos en perfectos impostores de los mejores». Enseguida dibujaba una sonrisa maliciosa en su rostro apiñonado. El duende travieso de mirada vivaz se ponía a limpiar sus anteojos con intención de atacar las hojas de *El Quijote* mientras esperaba respuesta. Intenté articular alguna frase pero mi conciencia hizo su trabajo y desperté.

Me encontraba en el hostel dentro de los dominios del Centro Europeo de Investigaciones Nucleares (CERN), sitio que desde ahora llamaremos *la Ciudad Escéptica*, localizada en las afueras de la ciudad suiza de Ginebra. Entonces me di cuenta de que mi propio dinosaurio, el que me había ayudado a encontrar Augusto Monterroso, Tito, mi tutor y amigo de toda la vida, aún estaba ahí. Podía tratarse de un símbolo del autoritarismo y la decadencia social, de una pesadilla sin retorno. Pero también podía encarnar interrogantes esenciales que, por más crípticas y bizarras que pareciesen, buscaban respuestas sencillas y elegantes en términos estéticos. ¿Por qué el Universo es tan grande? ¿Qué explicación puede ofrecerse al hecho de que