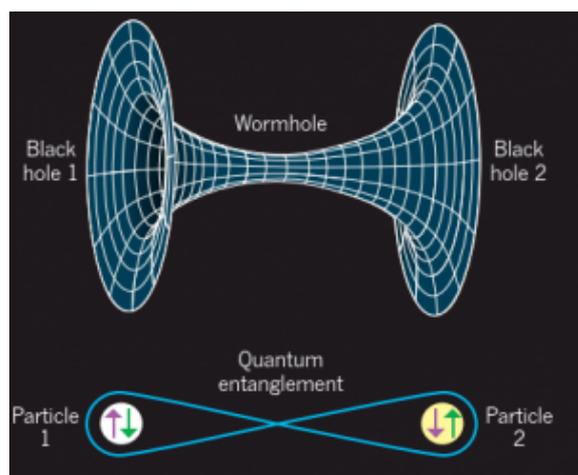


Entrelazamiento y geometría del espacio-tiempo

La mecánica cuántica sienta las bases para la formulación de la teoría cuántica de campos, que describe satisfactoriamente la física de las interacciones electromagnética, débil y fuerte a través del modelo estándar de la física de partículas. Uno de los grandes desafíos actuales de la física es encontrar también una descripción cuántica consistente de la interacción gravitatoria. Esta descripción es esencial para entender algunas de las preguntas más fundamentales de la física teórica, incluyendo la física del big bang y la naturaleza de los agujeros negros.

En el marco provisto por la teoría de la relatividad general de Einstein las teorías de gravedad estudian la dinámica del espacio-tiempo y su interacción con la materia a través de las ecuaciones de Einstein. La forma directa de obtener una versión cuántica de esta teoría sería aplicar el proceso de cuantización estándar a las variables que describen la geometría del espacio-tiempo. Sin embargo, este acercamiento encuentra rápidamente problemas, y hoy en día hay razones profundas para creer que la ruta correcta hacia la formulación de una teoría cuántica de la gravedad debe ser fundamentalmente diferente. Uno de los indicios que dan cuenta de esto, es la idea de que la gravedad es *holográfica*. Es decir, que dada una región del espacio-tiempo, el número de grados de libertad no es proporcional al volumen de la región (como sucede con las teorías de campos convencionales) sino que es proporcional al área del borde de la región. Por lo tanto, pensar en una formulación cuántica de la gravedad en términos de una teoría de campos *local* no parece el camino a seguir, dado que las fluctuaciones locales en la geometría del espacio-tiempo no pueden representar grados de libertad fundamentales (como lo sí lo representan, por ejemplo, las fluctuaciones del campo electromagnético en el electromagnetismo).

En las últimas décadas, en forma relacionada al estudio de la teoría de cuerdas, se ha logrado cierto progreso en el entendimiento de la gravedad cuántica, culminando esto en los primeros modelos no perturbativos de gravedad cuántica provistos por la correspondencia (o dualidad) AdS/CFT. Estos modelos representan una realización concreta del llamado *principio holográfico*. Las teorías cuánticas de gravedad se definen así en términos de teorías cuánticas ordinarias no gravitatorias (típicamente, teorías de campos *conformes*, abreviadas como CFT) en un espacio-tiempo estático de dimensión menor. La idea básica de la correspondencia es que cada estado del sistema cuántico ordinario codifica toda la información acerca del estado del sistema gravitatorio. Por ejemplo, el vacío de la teoría cuántica típicamente corresponde a un espacio-tiempo vacío (Anti-de Sitter o AdS), las excitaciones de baja energía se asocian a un espacio-tiempo con algunas ondas gravitacionales, y las excitaciones de alta energía suelen representar geometrías que presentan agujeros negros.



Desde la propuesta de la correspondencia en 1997, se ha acumulado bastante evidencia que sugiere una gran relevancia de esta dualidad. Sin embargo, al día de hoy no existe una demostración precisa de la conjetura y aún resta responder ciertas preguntas básicas, como entender cómo es que emerge el espacio-tiempo y la gravitación a partir de la física de la CFT, qué estados de la CFT corresponden a espacio-tiempos clásicos, cuáles son las condiciones necesarias y suficientes para que una teoría cuántica tenga un dual gravitatorio, entre otras. En los últimos años, se ha visto que para entender mejor estas preguntas resulta muy útil pensar en la CFT desde la perspectiva de la teoría cuántica de la información. Hay mucha evidencia que sugiere que la geometría del espacio-tiempo está directamente relacionada con la estructura del **entrelazamiento** de los grados de libertad cuánticos subyacentes y que ciertos aspectos de la dinámica del espacio-tiempo pueden entenderse a partir de restricciones provenientes de la teoría de la información cuántica. Les dejamos este [artículo](#) de divulgación, en el cual se mencionan brevemente algunos de estos desarrollos recientes, por si les interesa conocer estos temas de investigación.