

La Ciencia de la Mula Francis



Por **Francisco R. Villatoro** ➡

[INICIO](#)
[CONTACTO](#)
[CONTENIDOS](#)
[TIENDA NAUKAS](#)
[BLOGS NAUKAS](#)

NAUKAS

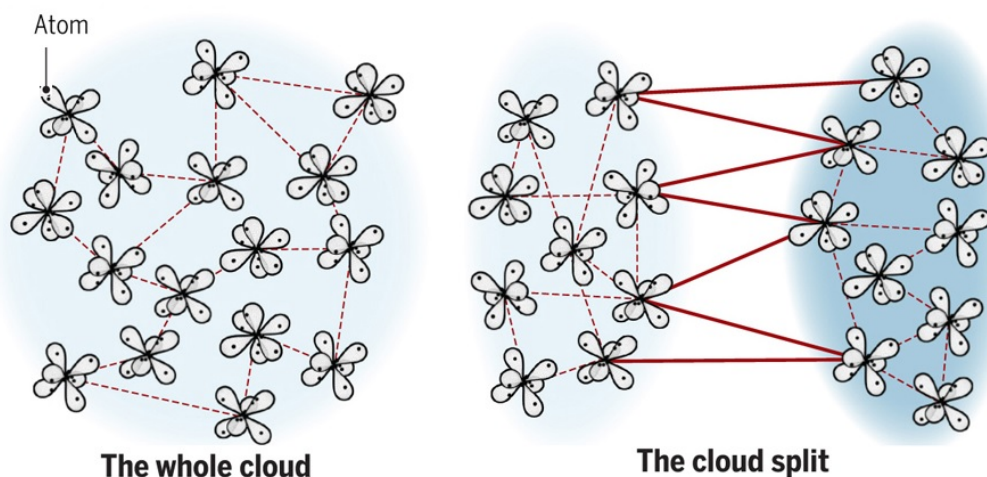
Search La Ciencia de la Mula Francis

- [Las últimas entradas por RSS](#)
- [Síguenos en Twitter](#)
- [Únete a nosotros en Facebook](#)
- [Síguenos en Google+](#)
- [Follow us on YouTube](#)

El entrelazamiento cuántico entre dos condensados de Bose-Einstein separados

[Francisco R. Villatoro](#) 30 Abr 18 [1 Comentario](#)

Ultracold atom entanglement



El entrelazamiento cuántico es una correlación entre dos sistemas cuánticos más fuerte que cualquier correlación posible entre dos sistemas clásicos. Explotar el entrelazamiento en aplicaciones prácticas requiere un control preciso de su creación, manipulación, almacenamiento y detección. Se publican en *Science* tres experimentos que muestran que el entrelazamiento en una nube de miles de átomos ultrafríos se preserva tras su división en dos nubes de átomos separadas en el espacio. Todo un hito ya que el entrelazamiento es una propiedad cuántica tan frágil que requiere niveles de ruido ultrabajos.

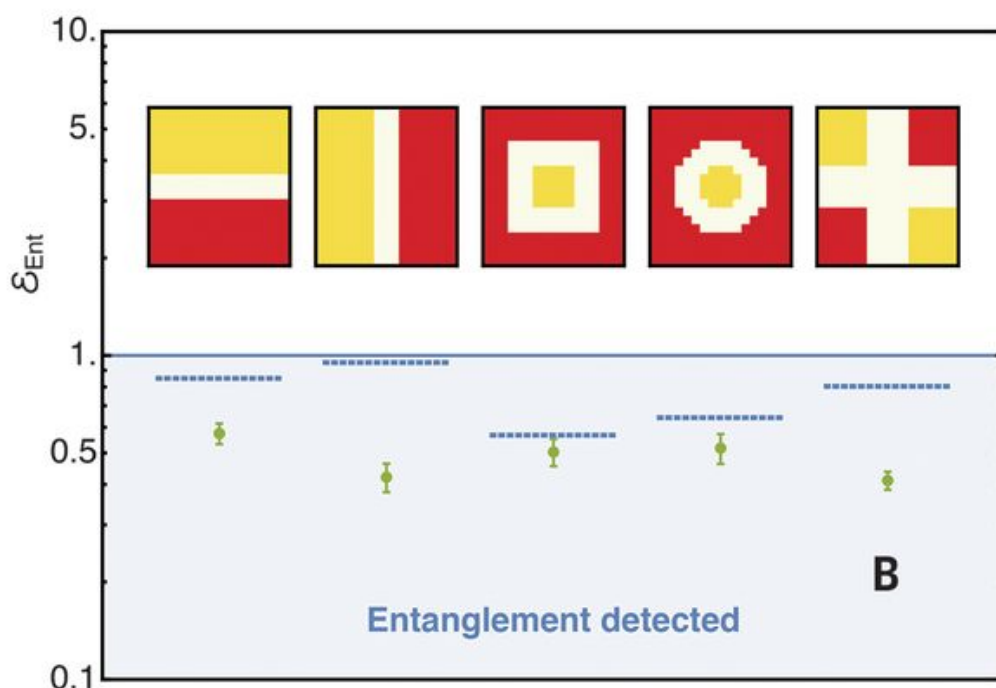
Entrelazar uno a uno los miles de átomos de un condensado es imposible (solo se ha logrado con hasta diez fotones y hasta veinte iones). Hay que usar operaciones globales que afectan a todos los átomos del condensado (aprovechando que está descrito por una función de onda común a todos ellos). Este procedimiento fue demostrado en 2016 por el grupo de Philipp Treutlein (Univ. Basilea, Suiza). Ahora tres experimentos usan dicha técnica para explorar si el entrelazamiento se preserva cuando se separa dicho condensado en dos trozos. Para detectar el entrelazamiento no local entre los átomos de ambos trozos

separados se usan operadores locales para los que se cumple el principio de indeterminación de Heisenberg. Esta técnica promete futuras aplicaciones en metrología y en tratamiento de la información cuántica.

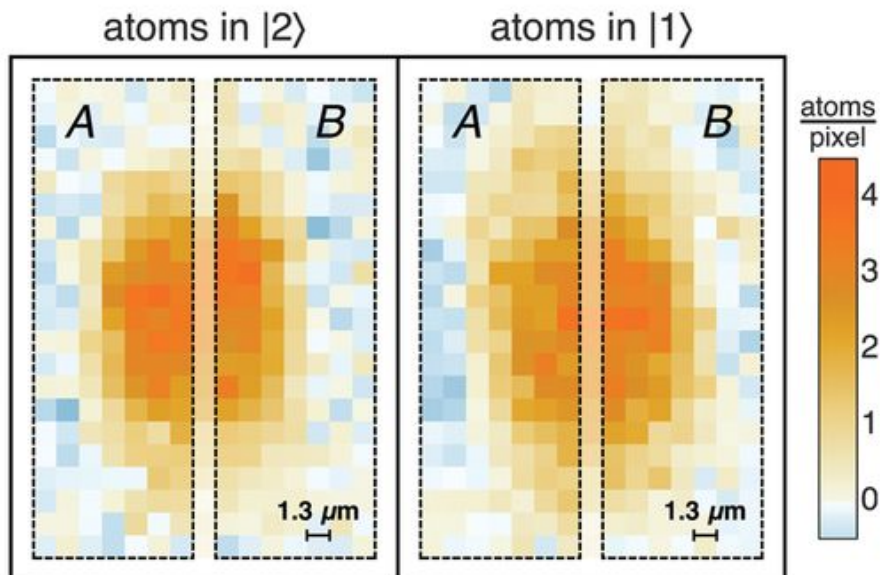
Los artículos son Matteo Fadel, Tilman Zibold, ..., Philipp Treutlein, "Spatial entanglement patterns and Einstein-Podolsky-Rosen steering in Bose-Einstein condensates," *Science* 360: 409-413 (27 Apr 2018), doi: [10.1126/science.aao1850](https://doi.org/10.1126/science.aao1850), [arXiv:1708.02534](https://arxiv.org/abs/1708.02534) [quant-ph]; Philipp Kunkel, Maximilian Prüfer, ..., Markus K. Oberthaler, "Spatially distributed multipartite entanglement enables EPR steering of atomic clouds," *Science* 360: 413-416 (27 Apr 2018), doi: [10.1126/science.aao2254](https://doi.org/10.1126/science.aao2254), [arXiv:1708.02407](https://arxiv.org/abs/1708.02407) [cond-mat.quant-gas]; y Karsten Lange, Jan Peise, ..., Carsten Klempt, "Entanglement between two spatially separated atomic modes," *Science* 360: 416-418 (27 Apr 2018), doi: [10.1126/science.aao2035](https://doi.org/10.1126/science.aao2035), [arXiv:1708.02480](https://arxiv.org/abs/1708.02480) [quant-ph].

Más información divulgativa en Daniel Cavalcanti, "Split, but still attached," *Science* 360: 376-377 (27 Apr 2018), doi: [10.1126/science.aat4590](https://doi.org/10.1126/science.aat4590). Por cierto, el entrelazamiento global de condensados se publicó en Luca Pezzè, Augusto Smerzi, ..., Philipp Treutlein, "Quantum metrology with nonclassical states of atomic ensembles," [arXiv:1609.01609](https://arxiv.org/abs/1609.01609) [quant-ph].

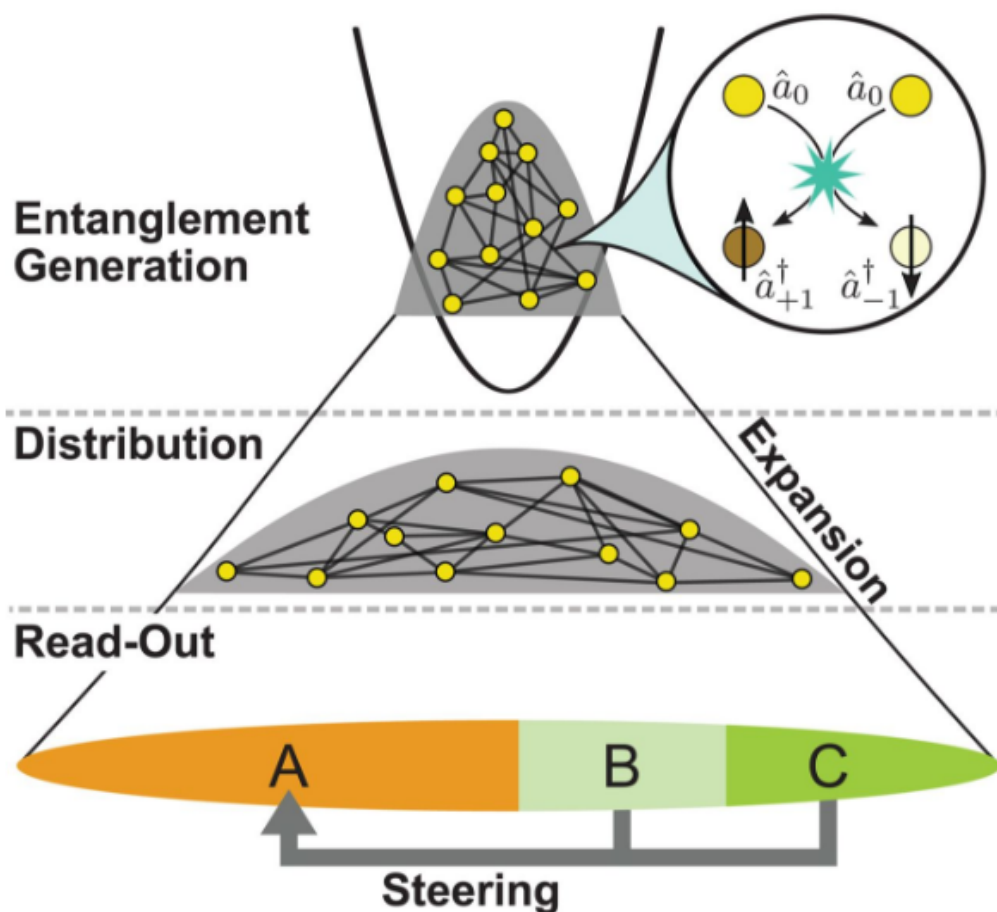
[PS 06 May 2018] Recomiendo leer a César Tomé, "Entrelazamiento cuántico entre dos nubes de átomos ultrafríos", Cuaderno de [Cultura Científica, 04 May 2018](#). Géza Tóth (Ikerbasque) cuena que «la ventaja que ofrecen los átomos ultra fríos es que se pueden conseguir estados fuertemente entrelazados que contienen cantidades de partículas superiores en varios órdenes de magnitud a otros sistemas físicos, lo cual podrá ser la base para la computación cuántica a gran escala». [/PS]



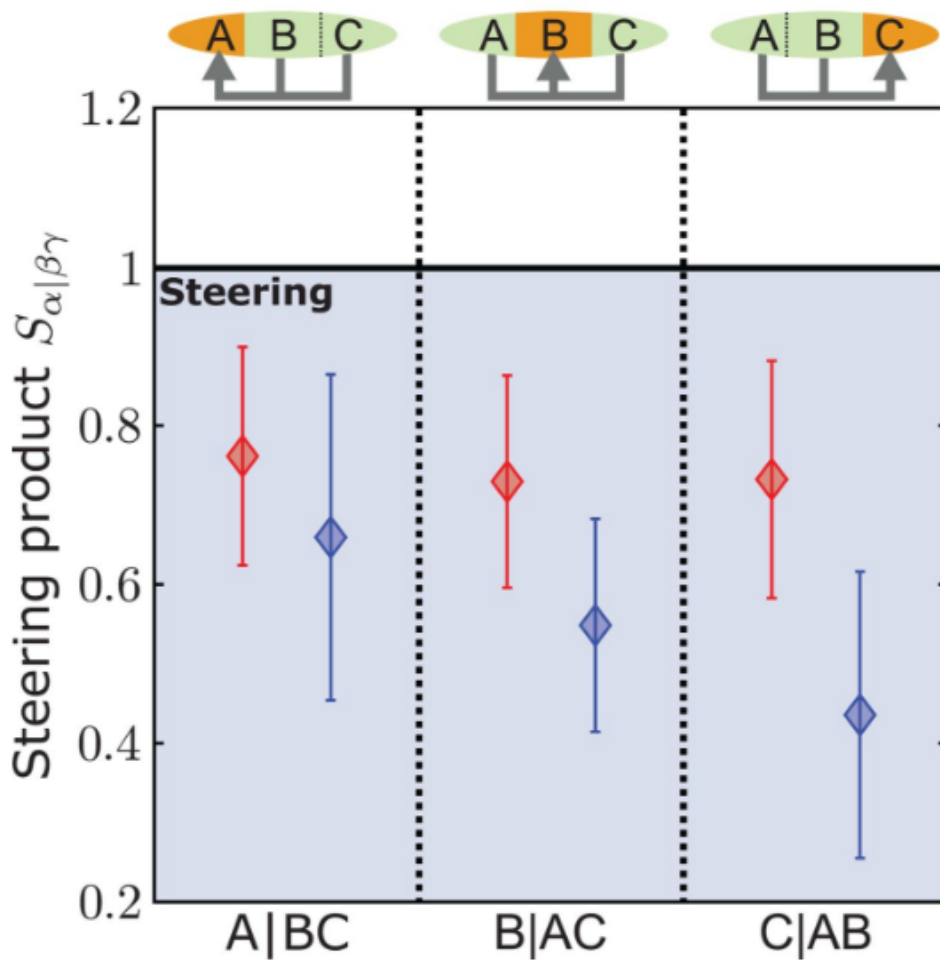
En el trabajo de Matteo Fadel y sus colegas de la Universidad de Basilea, Suiza, se usa una técnica de imagen de alta resolución para explorar las correlaciones espaciales entre los espines de los átomos de ambas nubes (*spin-squeezed Bose-Einstein condensates*). Así se explora el entrelazamiento mediante el llamado *steering* EPR (el término *steering* fue introducido por Schrödinger en 1935 y no se suele traducir). Usando dos operadores locales que no conmutan, basados en cómo se distribuyen los píxeles alrededor de un píxel dado, se observa el *steering* EPR cuando las correlaciones no locales son tan fuertes que el producto de sus incertidumbres (estimaciones de sus varianzas) es menor que la cota superior del principio de Heisenberg (que aplica a todo par de operadores que no conmuten).



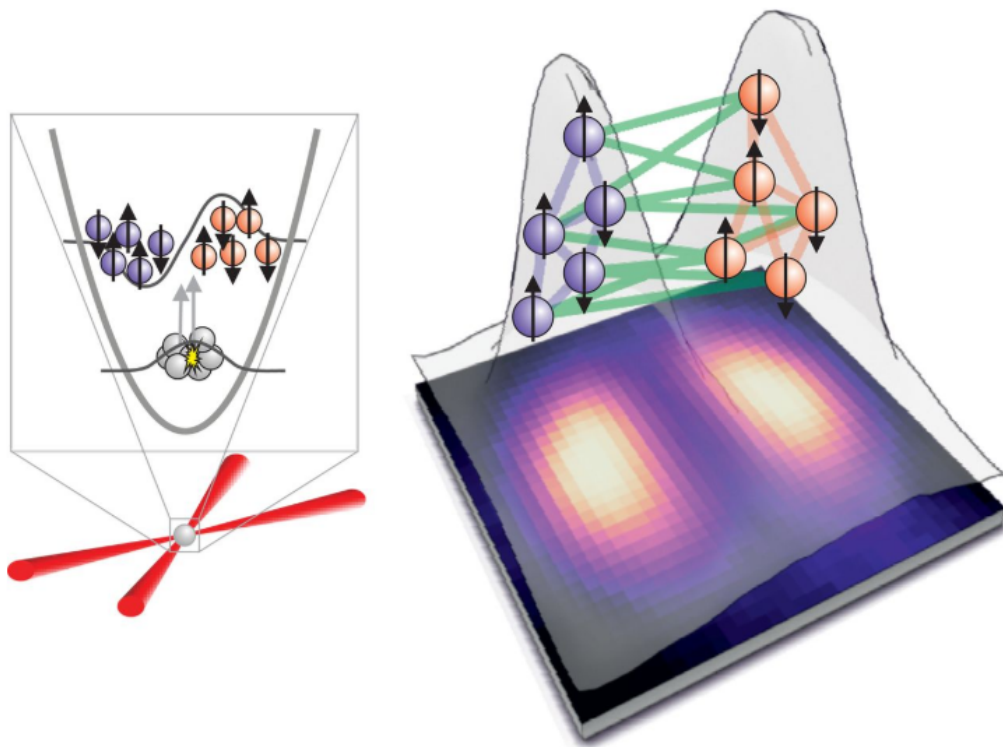
La técnica de *steering* EPR basada en las imágenes permite demostrar el entrelazamiento dentro de cada nube de átomos y entre las dos nubes de átomos separadas cierta distancia. En los experimentos se ha usado un condensado con $N = 590 \pm 30$ átomos de ^{87}Rb atrapados por campos magnéticos un chip de átomos. Al eliminar el campo magnético, el condensado se expande durante 2.2 ms y se separa en dos regiones. Mediante pulsos de Rabi se miden espines en ambas regiones y se registran dos imágenes de alta resolución de la densidad atómica en los condensados. Las correlaciones entre los operadores entre ambas imágenes permiten explorar las correlaciones que demuestran el *steering* EPR.



En el trabajo de Philipp Kunkel y sus colegas de la Universidad de Heidelberg, Alemania, se usa una técnica muy similar a la usada por los físicos de Basilea, pero con un condensado más grande, con $N \approx 11\,000$ átomos de ^{87}Rb . Como se usa un mayor número de átomos, tras la expansión del condensado se pueden realizar medidas en tres regiones (A, B y C) para verificar el *steering* EPR. Así, además del entrelazamiento bipartito, también se demuestra el multipartito (tripartito).

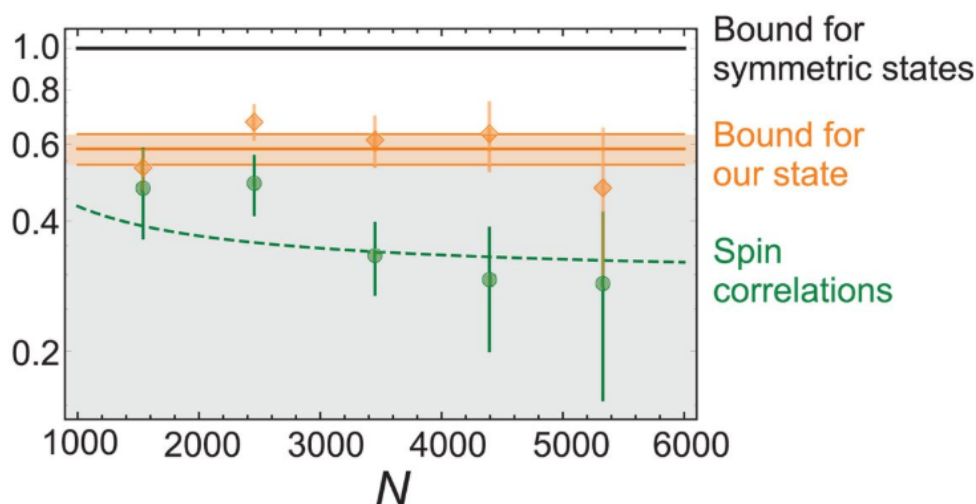


Además de demostrar el steering EPR bipartito $S_{A|B} < 1$, en concreto, $S_{A|B} = 0.62 \pm 0.12$ tras 60 ms de separación y $S_{A|B} = 0.51 \pm 0.19$ tras 150 ms, también se ha demostrado el tripartito $S_{A|BC}$, $S_{B|AC}$, y $S_{C|AB}$, como ilustra esta figura. La separación máxima entre las regiones A y B que se ha logrado es de $\sim 13 \mu\text{m}$. Por supuesto, lo importante para las aplicaciones no son los detalles de estos experimentos, sino la técnica desarrollada para manipular gases ultrafríos preservando su entrelazamiento.



El trabajo de Karsten Lange (Instituto de Óptica Cuántica de la Universidad Leibniz de Hannover, Alemania) y sus colegas, uno de ellos afiliado en Ikerbasque (Bilbao, España), usa una técnica diferente para atrapar los $N \approx 20\,000$ átomos de ^{87}Rb , una trampa de tipo dipolo óptico de haces cruzados, y para entrelazar dichos átomos. Como resultado se estima que el entrelazamiento se logra solo en unos 5000 átomos repartidos entre las dos regiones separadas en el espacio.

$$\left(\left[\begin{array}{c} \uparrow \\ \downarrow \end{array} \right] + \frac{1}{2} \right) \times \left(\left[\begin{array}{c} \uparrow \\ \downarrow \end{array} \right] \right) \geq f \left(\left[\begin{array}{c} \uparrow \\ \downarrow \end{array} \right], \left[\begin{array}{c} \uparrow \\ \downarrow \end{array} \right] \right)$$



Lo más interesante de este trabajo es que se demuestra la entrelazamiento mediante un criterio de separabilidad (una medida diferente a la usada en los otros artículos, aunque relacionada con ella) entre el espín total de cada condensado atrapado en la trampa dipolar. El entrelazamiento entre los espines totales es bipartito, pero resulta del entrelazamiento multipartito de todos los átomos de cada condensado. De nuevo, se usa la cota superior predicha por el principio de incertidumbre de Heisenberg para demostrar el grado de separabilidad. El mejor resultado se obtiene para 3460 átomos en ambas nubes de átomos, lográndose una violación del criterio de separabilidad de 2,8 sigmas (desviaciones estándares).

En resumen, tres interesantes artículos que muestran cómo estimar de forma experimental el grado de entrelazamiento entre condensados de Bose-Einstein separados espacialmente. Como trabajos pioneros, habrá que esperar algún tiempo para que se dominen estas técnicas antes de disfrutar de sus aplicaciones potenciales.

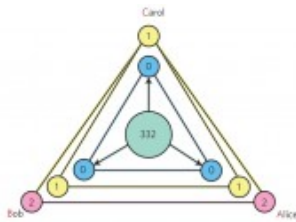
Categorías

- [Ciencia](#)
- [Física](#)
- [Noticias](#)
- [Physics](#)
- [Science](#)

Etiquetas

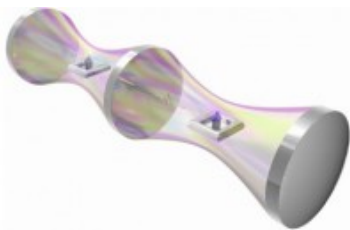
- [Ciencia](#)
- [Condensado de Bose-Einstein](#)
- [Curiosidades](#)
- [Entrelazamiento cuántico](#)
- [Entrelazamiento multipartito](#)
- [Experimento](#)
- [Física](#)
- [Noticias](#)
- [Science magazine](#)

Entradas relacionadas



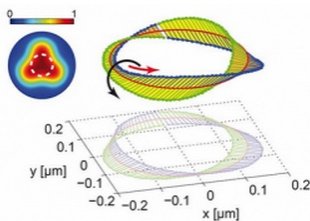
•

[Entrelazamiento multifotón de dos cutrits y un cubit](#)



•

[El efecto Casimir dinámico permite entrelazar cubits superconductores](#)



•

[Una banda de Moebius con luz](#)

1 Comentario

[Participa](#) [Suscríbete](#)



José [2 mayo, 2018](#)

Las aplicaciones prácticas de estos descubrimientos, creo que se verán mejor empleados en las comunicaciones en naves de exploración y, en funciones antigravedacionales.

[Responde](#)

Deja un comentario

Tu email *nunca* será mostrado o compartido. No olvides rellenar los campos obligatorios.

Nombre Obligatorio

Email Obligatorio

Web

Comentario Obligatorio

You may use these HTML tags and attributes: `` `<abbr title="">` `<acronym title="">` `` `<blockquote cite="">` `<cite>` `<code>` `<del datetime="">` `` `<i>` `<q cite="">` `<s>` `<strike>` ``

Blog alojado en

dinahosting 

Suscripción

- [Las últimas entradas por RSS](#)

Recibe las actualizaciones por e-mail





blogs
NAUKAS



•

[Radio Skylab 56: Ingravidez](#)

[Daniel Marín 1 Comentario](#)



•

[Tardígrados y rosas de Jericó inspiran vacunas más resistentes](#)

[maikelnai 0 Comentarios](#)



•

[Episodio 26: Vitaminas en pastillas, el engaño de supervitaminarse.](#)

[farmagemma 16 Comentarios](#)



•

[El Podcast Irreductible llega a Ivoox](#)

[Irreductible 0 Comentarios](#)



[Relojes astronómicos del norte de Italia](#)

[Paco Bellido 0 Comentarios](#)



[La Historia del tomate en “A ciencia cierta”](#)

[J. M. Mulet 2 Comentarios](#)



[Los márgenes de Duque y Montón \(II\): los productos homeopáticos y su normativa](#)

[Fernando Frías 0 Comentarios](#)



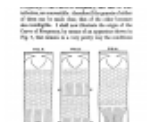
[Cosas que he aprendido trabajando en un grupo multidisciplinar](#)

[Pablo Rodríguez 3 Comentarios](#)



[Concurso ED: Moisés](#)

[César Tomé López 0 Comentarios](#)



[El primo manitas de Darwin y ciencia palindrómica](#)

[Eugenio Manuel 2 Comentarios](#)



[Doble nota de prensa AAO/IAC](#)

[El Lobo Rayado 4 Comentarios](#)



- [**Vuelve el curso ACME sobre método científico, escepticismo y anumerismo**](#)

[Arturo Quirantes 2 Comentarios](#)



- [**Sigue al conejo blanco**](#)

[Clara Grima 5 Comentarios](#)



- [**Los colibríes no se envenenan con agua**](#)

[Juan Ignacio Pérez 10 Comentarios](#)



- [**¿Cómo afecta el tiempo al estado de ánimo?**](#)

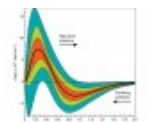
[Joaquin Sevilla 2 Comentarios](#)

Entradas populares



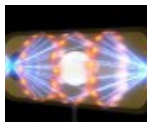
- [**Atención, pregunta: ¿Cuánto costará la construcción del reactor de fusión experimental ITER?**](#)

[23 Comentarios](#)



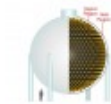
- [**La presión en el interior de un protón**](#)

[20 Comentarios](#)



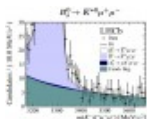
[Nuevo hito del NIF hacia la fusión por confinamiento inercial](#)

[17 Comentarios](#)



[MiniBooNE y LSND observan un exceso a 6.1 sigmas cuyo origen apunta a neutrinos estériles](#)

[16 Comentarios](#)



[LHCb observa a 3,4 sigmas una desintegración aún no calculada con el modelo estándar](#)

[15 Comentarios](#)



[Sobre pulpos con genes extraterrestres y la falacia del argumento de autoridad](#)

[14 Comentarios](#)

[Francisco R. Villatoro](#)



Francis estudió informática, física, se doctoró en matemáticas, investiga en ciencias computacionales, le dió clases a ingenieros industriales y ahora imparte bioinformática a futuros bioquímicos en la Universidad de Málaga. Quiere ser escritor de libros de divulgación científica cuando se jubile. Mientras tanto escribe en su blog para practicar el arte de hacer fácil lo difícil. Aunque no siempre lo logre.

[Registrado en Safe Creative](#)

Este blog pertenece a [Naukas Network](#) [Aviso legal](#) [Safe Creative](#)