

# Apuntes



**LOS TERREMOTOS DEL HIMALAYA** (Nepal, *fila de arriba*) podrían fracturar presas y conducir a situaciones desastrosas, como las vistas en la localidad india de Kedarnath cuando las lluvias monzónicas de 2013 hicieron que se desbordara un lago (*fila de abajo*).

## GEOLOGÍA

### El desastre que se cierne sobre las presas del Himalaya

Dos naciones tan pobladas como China e India están construyendo presas en una zona de gran actividad sísmica

A principios de este año, los terremotos de Nepal arrasaron miles de edificios, mataron a más de 8500 personas e hirieron a cientos de miles más. Los temblores, de magnitudes 7,8 y 7,3, al agrietar o dañar además varias centrales hidroeléctricas, subrayaron otro peligro inminente: que revienten presas. Se han construido o se encuentran en alguna fase de su construcción o planificación más de 600 grandes presas en el Himalaya; aunque es una región geológicamente activa, es probable que muchas no estén diseñadas para aguantar los peores terremotos que podrían golpear allí, según sostienen diversos sismólogos e ingenieros de obras públicas. Si cayese alguna, pantanos tan grandes como un lago se

verterían corriente abajo sobre pueblos y ciudades. Que se hundiese, por ejemplo, la presa de Tehri, en el Himalaya central, asentada sobre una falla, liberaría una pared de agua de 200 metros de alto que embestiría contra dos ciudades. La inundación afectaría a seis núcleos urbanos, con una población entre todos de dos millones de personas.

Los modelos sismológicos muestran que es probable que haya más terremotos potentes en el Himalaya en los próximos decenios. El subcontinente indio va empujando por debajo de la meseta tibetana a un paso de alrededor de 1,8 metros por siglo, pero con regularidad se atasca; cuando la obstrucción cede, una parte de la placa tibetana se desplaza de gol-

pe unos metros hacia el sur y libera la energía acumulada con un terremoto. Los terremotos de Nepal desestabilizaron también la región hacia el oeste, observa Laurent Bollinger, sismólogo de la Comisión de Energías Alternativas y Energía Atómica de Francia. Esta desestabilización aumenta la probabilidad de que se produzca pronto un gran terremoto, que, por definición, es uno de magnitud 8 o mayor. Otros estudios indican que los terremotos han liberado solo una parte de la tensión de esa línea de falla, de la que se espera que se reajuste con seísmos de una magnitud igual o mayor. «Si será ahora cuando se rompan, con un 8, o si esperarán doscientos años y cederán entonces con un 8,7, es algo que no

puede saberse», comenta Vinod K. Gaur, del Instituto del Cuarto Paradigma, del Consejo de Investigaciones Científicas e Industriales, en Bangalore.

En esas zonas, con semejante actividad sísmica, es precisamente donde se están construyendo cientos de presas o se piensa erigirlas, la mayoría para suministrar energía hidroeléctrica a India o a China. Una presa construida en este furor hidráulico pagado por los Gobiernos debería, como cualquiera de las ya terminadas, resistir las fuertes sacudidas del suelo causadas por un terremoto extremo, apunta Martin Wieland, de la Comisión Internacional de Grandes Presas, grupo de ingenieros que hace recomendaciones relativas a los estándares estructurales. Aunque todas las naciones tienen sus propias normas, India y China mantienen en secreto el diseño de sus presas cuando se quiere inspeccionarlo internacionalmente. Rara vez se permite que ingenieros independientes evalúen la robustez de las estructuras, y cuando consiguen hacerlo, los resultados pueden ser inquietantes.

Según Probe Internacional, organización canadiense que efectúa investigaciones ambientales, los diseñadores de la presa de las Tres Gargantas adoptaron «la interpretación más optimista posible» de la sacudida que se produciría con un terremoto cercano. De modo parecido, nunca se sometió a la presa de Tehri a simulaciones realistas, en opinión de Gaur, que participó en su comité supervisor, y también en la del ingeniero de obras públicas



**LA PRESA DE TEHRI**, en India, retiene al río Bhagirathi, uno de los principales afluentes del Ganges.

R. N. Iyengar, que fue miembro del Instituto Indio de Ciencias, en Bangalore. Los científicos e ingenieros que trabajan para el Gobierno sostienen que la presa de Tehri sobreviviría a una sacudida de magnitud 8,5, pero los expertos externos no son tan optimistas. Entre cientos de presas, una u otra correrán peligro de reventar cuando llegue el siguiente gran terremoto. Si ocurriese durante los monzones, cuando las presas están llenas, las consecuencias podrían ser catastróficas.

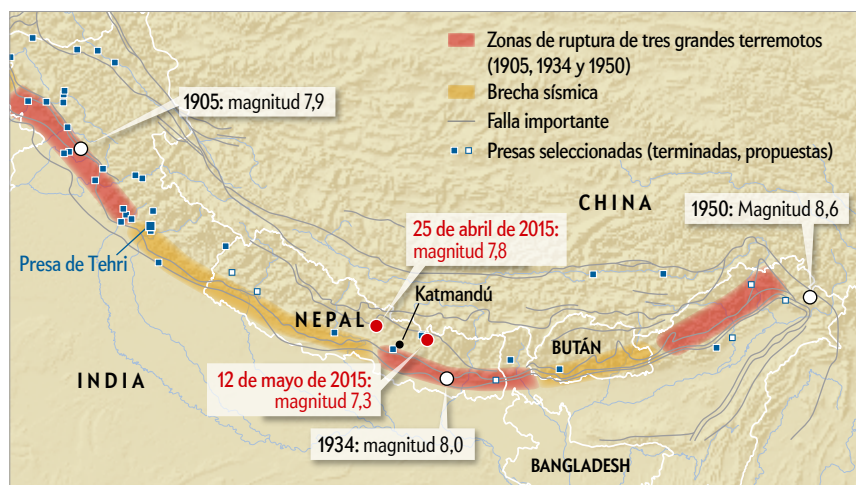
La corrupción local complica las cosas. Gracias a ella, los constructores usan impunemente materiales de calidad inferior a la exigida o incumplen los parámetros obligatorios. Según un estudio que publicó *Nature* en 2011, una mayoría abrumadora de las muertes causadas por el derrumbe de edificios en terremotos se produjo en países corruptos. Más aún,

Transparencia Internacional, organización no gubernamental que pone el foco en la corrupción, considera que las obras públicas de construcción son uno de los ramos más propensos al cohecho, y las presas preocupan en especial. Escándalos relativos a proyectos de presas han perturbado tanto a India como a China, hasta el punto de que el ex primer ministro chino Zhu Rongji acuñó la gráfica expresión «construcción de tofu» para referirse a una presa defectuosa.

Un puñado de científicos, bien conscientes del peligro oculto en el Himalaya, encabeza la defensa de que haya evaluaciones realistas y sin tapujos, encaminadas a proteger a la población de la zona. No están teniendo mucho éxito. El Tribunal Supremo de la India, al dictaminar sobre una demanda interpuesta por ecologistas contra la presa de Tehri, se puso de parte de los científicos del Gobierno y desestimó las dudas sobre la seguridad de la misma. Y en 2012 el sismólogo Roger Bilham, de la Universidad de Colorado en Boulder, fue deportado desde el aeropuerto de Nueva Delhi, en parte, dice, por su predicción, no bien recibida, de que en el Himalaya podría haber un terremoto de magnitud 9. Bilham mantiene que el Gobierno indio desanima desde entonces las colaboraciones en sismología con extranjeros.

Por ahora, todo lo que las partes interesadas pueden hacer es llamar la atención sobre el problema. «La luz del sol es el mejor desinfectante» —dice Peter Bosshard, de Internacional Rivers, en Berkeley, California—. «Sin el control público, se necesitará algo más que luz solar: el próximo gran terremoto que se produzca en esa zona quizá se convierta en un tsunami artificial.»

—Madhusree Mukerjee



**LOS SISMÓLOGOS** esperan que haya futuros temblores de magnitud 8 o mayor en el Himalaya, donde se encuentran cientos de presas; se muestra aquí la localización de algunas.

## SISTEMA SOLAR

### La mugre marrón de Europa

Una sustancia oscura observada en la superficie del satélite joviano sugiere la existencia de un mar salado

**Hace tiempo** que los expertos creen que Europa, la luna de Júpiter, podría albergar vida en sus océanos subsuperficiales. Pero otro de los secretos de este mundo helado se encuentra bien a la vista: la misteriosa «mugre marrón» que rellena buena parte de las fisuras y cráteres que surcan la superficie. «Ese es nuestro mejor término para denominarla: mugre marrón (*brown gunk*)», señala Curt Niebur, de la NASA. En un congreso reciente, el experto argumentó que lo más probable era que esa sustancia desconocida hubiese llegado a la superficie del satélite mediante erupciones de agua procedente de las profundidades. «Si averiguásemos qué es, sabríamos qué hay en los océanos de Europa», apunta el investigador. Así pues, conocer la composición de la mugre marrón resultaría de gran ayuda para evaluar la posibilidad de que Europa albergue vida.

Ahora, Kevin Hand y Robert Carlson, planetólogos de la NASA, parece que han dado con una pista: la misteriosa sustancia bien podría ser sal, idéntica a la de los océanos terrestres pero «cocinada» por la radiación. Los investigadores llegaron a esa conclusión tras simular el duro entorno del satélite joviano en el laboratorio. Al introducir sal común en una cámara de vacío criogénica bañada con haces de electrones, observaron que las muestras tomaban un color pardamarillento y desarrollaban rasgos espectroscópicos similares a los observados en la mugre marrón de Europa. Los resultados del trabajo aparecieron publicados el pasado mes de mayo en *Geophysical Research Letters*.

Si la enigmática sustancia resultase ser sal irradiada, ello significaría que el océano subsuperficial de Europa se encuentra, al igual que el de la Tierra, en contacto directo con la roca y enriquecido con minerales potencialmente útiles para la vida. En el experimento, la sal se tornaba más oscura cuanto más tiempo permanecía expuesta a las condiciones de la cámara. Esta propiedad podría ayudar a localizar las zonas de Europa en que el agua emerge a la superficie, ya que en ellas la mugre marrón presentaría una tonalidad más clara. En todo caso, no falta mucho para que la NASA comience a explorar el satélite: la pasada primavera, la agencia anunció que planea enviar una misión para la década de 2020.

—Lee Billings

**GRIETAS Y CRESTAS** de color oscuro en la superficie de Europa.



## FÍSICA

### La sala con el campo magnético más débil de la Tierra

Cinco cuestiones que podría resolver

**Rara vez se festeja** que algo sea «lo más débil» de su género. Este verano, sin embargo, han comenzado los experimentos en una sala que puede presumir de albergar el campo magnético más débil del planeta. Construida en la Universidad Técnica de Mú-nich, la estancia consigue reducir la intensidad del campo magnético ambiente hasta diez veces más que cualquier otra estructura fabricada antes. La actividad magnética que se registra en su interior es incluso menor que la que reina en el vasto vacío interplanetario. El blindaje de la cámara consta de varias capas de metales muy magnetizables, lo que evita que los campos penetren en el interior. Esas condiciones permiten llevar a cabo experimentos ultraprecisos sin apenas sufrir las interferencias causadas por la Tierra, los dispositivos electrónicos o el cuerpo humano, entre otros factores. El particular «silencio» de esta sala ofrece una oportunidad única para investigar cuestiones de todo tipo en física, biología y medicina.

—Sarah Lewin



**1 ¿Por qué en el universo hay más materia que antimateria?** Los físicos de Mú-nich intentarán determinar si el neutrón posee un pequeño momento dipolar eléctrico; es decir, si la carga eléctrica de sus quarks se distribuye o no de manera completamente uniforme. La observación de una asimetría de este tipo en una partícula subatómica podría ayudar a entender qué proceso inclinó la balanza del lado de la materia al inicio del universo.

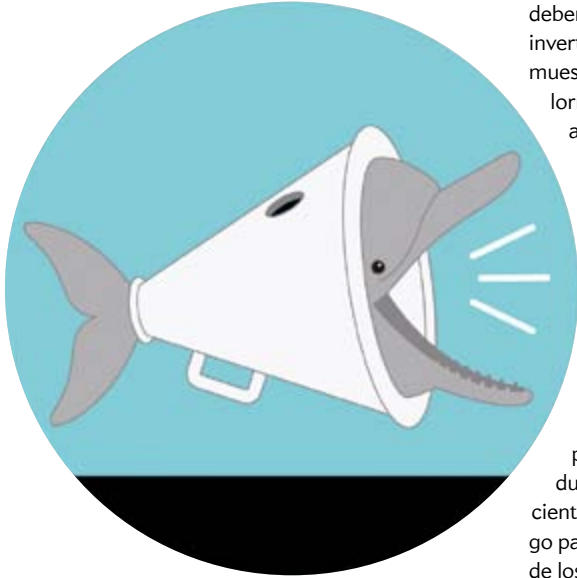
**2 ¿Existen los monopolos magnéticos?** Si en el mundo hay partículas magnéticas con un solo polo, estas podrían atravesar el blindaje de la sala. Sin interferencias magnéticas de otro tipo, sería posible detectar su presencia.

**3 ¿De qué está hecha la materia oscura?** Los investigadores planean em-

plear la sala para buscar partículas de materia oscura de tipo axión. En caso de existir, estas podrían interactuar muy débilmente con algunos átomos.

**4 ¿Cómo emplean los animales los campos magnéticos para orientarse?** Al criar organismos en un entorno con muy poca actividad magnética, tal vez sea posible averiguar si la orientación magnética constituye un rasgo aprendido o innato.

**5 Magnetismo y salud humana.** Un entorno sin apenas interferencias magnéticas permitiría llevar a cabo pruebas diagnósticas de gran precisión. Por ejemplo, distinguir el campo magnético del corazón de una mujer embarazada y el de su feto para buscar irregularidades.



COMPORTAMIENTO ANIMAL

¿Alguien me escucha?

Los delfines chasquean con fuerza para ser oídos entre el rumor de las embarcaciones, con el consiguiente gasto energético

¡Clic! Clic-clic-clic-clic. Buffff. ¡Ciiiiiiiiiii!  
 Un delfín mular intenta comunicarse con colegas cercanos, pero nadie oye su llamada. Hay demasiadas embarcaciones en el agua, y el ruido resulta ensordecedor. Si quieren ser oídos entre tanto alboroto, las ballenas y los delfines han de alzar el volumen de la voz, cosa que consiguen modificando la frecuencia, la amplitud o la duración de las vocalizaciones o, sencillamente, repitiendo una y otra vez las llamadas.

Por desgracia, esa alteración acústica mina su salud. Marla M. Holt, bióloga de la Administración Nacional de la Atmósfera y el Océano, y sus colaboradores lo comprobaron al estudiar un par de delfines mulares del laboratorio marino Joseph M. Long, de la Universidad de California en Santa Cruz. La pareja fue adiestrada para emitir una vocalización de bajo tono y amplitud, así como una llamada de alta amplitud, diez decibelios más potente. Los investigadores analizaron el consumo de oxígeno de los delfines en el curso de las dos llamadas y verificaron que los chasquidos más potentes requerían más oxígeno.

El equipo combinó esos hallazgos con los datos de delfines en libertad para calcular el número de calorías adicionales que

deberían ingerir para compensar el esfuerzo invertido en las llamadas. Los cálculos demuestran que los animales necesitan dos calorías más por cada dos minutos de charla a viva voz para ser oídos por encima del rumor de los buques. Este coste metabólico puede parecer pequeño, pero se acumula con el tiempo. «Para sobrevivir y procrear, uno tiene que estar seguro de que dispondrá cada día de las calorías necesarias para sustentar esas actividades», explica Holt. Y los animales que viven en entornos ruidosos donde el alimento escasea y que dependen del sonido para la comunicación, la caza y la reproducción tal vez no hallen el pescado suficiente para compensar la diferencia. El riesgo para la salud es aún más grave en el caso de los individuos juveniles y de las hembras con crías, ya que por su condición precisan de un mayor aporte nutritivo. Los resultados se publicaron la pasada primavera en *Journal of Experimental Biology*.

El ruido subacuático generado por la actividad humana, ya sea por el giro de las hélices, el ronroneo de los motores, el tintineo de las obras de construcción o las detonaciones para la exploración sísmica, obligan a alzar la voz a los odontocetos. Otras investigaciones demuestran que las ballenas y los delfines emergen, saltan fuera del agua y coletean con más frecuencia cuando cerca de ellos rondan embarcaciones, actitudes que incrementan aún más el consumo de energía. El sónar militar también trastoca el oído de los

Cuanto más fuerte chasquean los delfines, más oxígeno consumen

cetáceos y altera su comportamiento de buceo, y con toda probabilidad los hace enfermar y los desorienta, abocándolos a quedar varados en muchos casos. El siguiente paso para Holt y sus colaboradores consistirá en estudiar actuaciones concretas para mitigar los perjuicios del ruido antrópico en los delfines y otra fauna marina, tales como exigir a los buques que ralenticen los motores antes de su arribada a puerto o mantener los barcos de observación de cetáceos a una distancia prudencial de los individuos avistados.

¿Acaso no lo sabemos todos? Interrumpir una conversación es de mala educación.

—Jason G. Goldman

EXPOSICIONES

La vida al límite

Museo Americano de Historia Natural  
 Nueva York  
[www.amnh.org](http://www.amnh.org)

Diseña tu futuro

Museo de la Ciencia  
 Londres  
[www.sciencemuseum.org.uk](http://www.sciencemuseum.org.uk)

Bienvenidos al Antropoceno.

La Tierra en nuestras manos

Deutsches Museum  
 Múnich  
[www.deutsches-museum.de](http://www.deutsches-museum.de)



Muultiplicaos

Exposición sobre acuicultura  
 Aquarium Finisterrae  
 La Coruña  
<http://mc2coruna.org/aquarium>

La mujer guanche. La fuerza de lo invisible

Museo de la Naturaleza y el Hombre  
 Santa Cruz de Tenerife  
[www.museosdetenerife.org](http://www.museosdetenerife.org)

OTROS

Del 26 al 28 de agosto - Curso  
**Patrimonio geológico, geoparques y geoturismo**

Castillo de Aínsa (Huesca)  
[www.geoparquepirineos.com](http://www.geoparquepirineos.com)

27 y 28 de agosto - Taller

**Cómo se escribe y se publica un artículo de investigación**

Palacio Miramar  
 San Sebastián  
<http://udaikastaroak-dev.i2basque.es>

29 de agosto - Actividad familiar

**Hoy nos convertimos en neolíticos**

Parque Neolítico de la Draga  
 Bañolas (Gerona)  
[www.museusdebanyoles.cat](http://www.museusdebanyoles.cat)

Sábados y domingos - Taller

**BrainGames pon a prueba tu cerebro**

Casa de la Ciencia, Sevilla  
[www.casadela-ciencia.csic.es](http://www.casadela-ciencia.csic.es)