

# LOS DESLIZAMIENTOS SUBMARINOS PRODUCIDOS POR HIDRATOS DE GAS

Franco M. Francisca, Ph.D.<sup>1</sup>

Existen distintos mecanismos que pueden ser generadores o disparadores de grandes deslizamientos de masas submarinas. Entre los mecanismos posibles se encuentra la desestabilización de hidratos de gas en los sedimentos. Muchos de los deslizamientos que ocurrieron desde hace 30,000 a 50,000 años atrás originaron olas gigantes o tsunamis y presentan características particulares que pueden observarse hoy en día y que están relacionadas con el debilitamiento que sufren los sedimentos en las márgenes continentales cuando se produce la desestabilización de los hidratos de gas (como el deslizamiento ocurrido en la margen continental de Noruega, conocido como “*Storegga Slide*”).

Los hidratos de gas son compuestos cristalinos que aparecen en la naturaleza formados por moléculas de agua asociadas en forma de celdas que alojan en su interior moléculas de algún gas (generalmente metano). Esta forma sólida del agua se genera bajo ciertas condiciones de presión y temperatura cuando existe una cantidad adecuada de agua en proximidad de las moléculas de gas. Los hidratos se forman a presiones elevadas y temperatura tanto inferior como superior al 0° centígrado, en ocasiones varios grados por encima del punto de congelamiento del agua. En general la formación de los hidratos ocurre dentro de los sedimentos aunque pueden observarse sobre el lecho marino en las plataformas continentales. A pesar de encontrarse en el océano, los iones hidratados que pudiera contener el agua de mar son eliminados durante la solidificación. La formación de hidratos modifica las propiedades físicas del sedimento transformándolo en un sólido, disminuyendo la permeabilidad y alterando cualquier proceso de diagénesis, disminución de volumen durante la sedimentación y/o consolidación del mismo.

La desestabilización de los hidratos de gas repercute sobre la estabilidad de los taludes en el fondo del mar, la estabilidad de las estructuras costa afuera, el funcionamiento de las tuberías de extracción de petróleo, la integridad de los conductos y cables submarinos, e influye directamente en el cambio climático global de nuestro planeta (el gas metano es más peligroso que el dióxido de carbono para el efecto invernadero).

Cuando se desestabiliza 1 m<sup>3</sup> de hidratos de gas se transforma en aproximadamente 0,8 m<sup>3</sup> de agua y 160 m<sup>3</sup> de gas (volumen equivalente para condiciones normales de presión y temperatura). A las presiones que se encuentran los hidratos, el cambio de volumen que experimenta el gas es menor y en general se estima que el volumen descompuesto rondaría el 250% del volumen original para profundidades de agua de 1 km. A mayor profundidad menor es el incremento de volumen sufrido cuando se descomponen los hidratos, dependiendo de la compresibilidad del gas y de las condiciones de presión.

¿Cuándo se produce la desestabilización de los hidratos de gas? Existen distintas causas que pueden producir el derretimiento de los hidratos de gas. En cualquier caso se debe traspasar la frontera de estabilidad determinada por condiciones de presión, temperatura y equilibrio químico. Por ejemplo, se produciría la desestabilización en el caso de un aumento de temperatura a presión constante o en el caso de una disminución de presión a temperatura constante. Entre las causas que pueden identificarse hoy en día se encuentran el calentamiento local producido durante operaciones de perforación en el océano y el aumento de temperatura observado alrededor de las tuberías durante la extracción de hidrocarburos de reservorios profundos. A una escala mayor, en la naturaleza la desestabilización de los hidratos podría ocurrir por un incremento en la temperatura cuando aumenta en el espesor de sedimentos por encima de los hidratos (e.g. durante fenómenos de sedimentación y debido al gradiente geotérmico), por un incremento en la temperatura del agua de mar, por una disminución de presión producto de un descenso del nivel del mar (e.g. durante las glaciaciones), o por una disminución de la salinidad en la zona donde los hidratos son estables para condiciones de presión y temperatura constantes.

¿Por qué se vincula la desestabilización de laderas con los hidratos de gas? Cada vez que ocurre un deslizamiento gigantesco de masas quedan en el lugar trazas o señales que posibilitan identificar y estudiar el movimiento de los sedimentos aún miles de años después de su ocurrencia. En el fondo del océano estas señales son generalmente identificadas a través de estudios o sondeos geofísicos. Existen deslizamientos submarinos donde hay clara evidencia de

---

<sup>1</sup> Investigador Asistente, Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas de Argentina (CONICET), Facultad de Ciencias Exactas Físicas y Naturales, Universidad Nacional de Córdoba, Av. Vélez Sarsfield 1611, CP 5016, Córdoba, Argentina. E-mail: [ffrancis@gtwing.efn.uncor.edu](mailto:ffrancis@gtwing.efn.uncor.edu)

la presencia de hidratos de gas en las proximidades y alrededor de estas marcas de erosión o trazas dejados durante el movimiento de los sedimentos en las plataformas submarinas. En algunos casos los hidratos de gas han sido observados en forma directa y en otros su presencia es inferida a través de prospecciones e interpretaciones geo-sísmicas. Por otro lado, muchos de los deslizamientos están asociados con los límites de las zonas donde los hidratos son estables y no con la presencia de taludes más empinados, los cuales para sedimentos con similares características tendrían una mayor probabilidad de falla si se consideran sólo aspectos geomecánicos. Otras veces, a pesar de no haberse identificado evidencias directas que relacionen el deslizamiento con los hidratos se han observado fallas pseudo-verticales en los sedimentos blandos a través de las cuales se encuentran migrando gases desde reservorios profundos, los cuales suelen formar hidratos de gas en sedimentos próximos al lecho marino (menos de 500 metros por debajo del fondo del mar).

Cuando se desestabilizan los hidratos se transforma el sólido en líquido más gas (e.g. metano) dentro de los poros del sedimento. Esta transformación de fases tiene fundamentalmente tres consecuencias bien definidas que afectan el comportamiento de los sedimentos y dan origen a la falla de taludes y deslizamientos submarinos. En primer lugar, la liberación del gas y el aumento de volumen observado al disociarse los hidratos generan presiones de poros en el sedimento que causan una disminución de las tensiones efectivas y resistencia al corte, disminución de la densidad del sedimento y aumento de la compresibilidad del mismo. En segundo lugar, el derretimiento de los hidratos implica no sólo una disminución de la resistencia al corte de los sedimentos producto del cambio de estado sino que también generaría zonas débiles por tratarse de sedimentos subconsolidados estabilizados por el congelamiento. Finalmente, el agua generada a partir de la desestabilización de hidratos no contiene iones y es susceptible de modificar la interacción fluido-partícula en los sedimentos finos saturados y con altas concentraciones de iones. Al producirse una disminución de la concentración, las partículas finas rodeadas de agua tienden a dispersarse disminuyendo de esta manera la resistencia al corte (teoría de doble capa adsorbida).

Como las condiciones de estabilidad están dadas por la presión y temperatura, determinadas por la profundidad del agua y gradiente geo-térmico, el límite inferior de la zona donde los hidratos son estables tiende a ser paralelo al fondo del mar. Al producirse la desestabilización de los hidratos de gas el estrato o capa que sufre una disminución de la resistencia resulta por lo tanto paralelo al lecho marino en las plataformas continentales lo cual es un factor adicional capaz de generar deslizamientos gigantes de sedimentos submarinos.