

Artículo publicado en el Repositorio Institucional del IMTA

<i>Título</i>	Flujo de lodos y debris.
<i>Autor / Adscripción</i>	Gilberto Salgado Instituto Mexicano de Tecnología del Agua
<i>Publicación</i>	Gaceta del IMTA, (4)
<i>Fecha de publicación</i>	2007
<i>Resumen</i>	Se describen las características e investigación que se realiza sobre el flujo de lodo, debris o escombros el cual representa un fenómeno que genera eventos lamentables. Este se define como mezclas naturales de agua y sedimentos, con altas concentraciones que fluyen en las zonas montañosas después de periodos de lluvia largos e intensos, los cuales pueden causar daños considerables a su paso y en los sitios de depósito (Coussot et al., 1998).
<i>Identificador</i>	http://hdl.handle.net/123456789/1332



Gaceta del IMTA

INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA

Número 4, Agosto de 2007

Flujo de lodos y *debris*

Gilberto Salgado

Como si fuera una moda, año con año, o con periodicidad mayor que cada vez se acorta, aparecen noticias sobre eventos lamentables producidos por el flujo de lodos, *debris* o escombros. Son muchos los nombres que se han dado a este fenómeno, dependiendo principalmente de la traducción de la palabra *debris* al idioma de la región en que ocurra. Así también, existen varias definiciones del fenómeno; a continuación se mencionan dos que lo hacen en forma clara y sencilla:

Son una forma de movimiento rápido de masa de sólidos granulares, vegetación, agua y aire (Wieczorek, 1993).

Son mezclas naturales de agua y sedimentos, con altas concentraciones que fluyen en las zonas montañosas después de periodos de lluvia largos e intensos, los cuales pueden causar daños considerables a su paso y en los sitios de depósito (Coussot et al., 1998).

En su comportamiento, se asemejan a la forma en que el concreto se mueve cuando se vacía después de haber sido agitado en la

revolvedora. Los flujos más grandes pueden transportar bloques de 10 m de diámetro o mayores. Las ondas más grandes tienden a alcanzar y “comerse” a las más pequeñas. Generalmente, el frente de onda contiene la concentración mayor de los fragmentos más grandes. El flujo ofrece resistencia al inicio, así como también se detiene súbitamente. Esto muestra su propiedad de esfuerzo de fluencia.

Cuando el desplazamiento es de material seco, se trata de un deslizamiento de suelo, de un talud generalmente. En este caso, su estudio corresponde a la mecánica de suelos.

Cuando el flujo es saturado, se relaciona con el de una mezcla de agua con sedimentos. Su comportamiento depende de la concentración de éstos, lo cual hace ingresar el fenómeno en el campo de la hidráulica.

Se ha observado que la concentración de la fracción más fina, limos y arcillas, es la que influye en forma primordial en el comportamiento del flujo.



Figura 1. La finalización del flujo de *debris*, o depósito, es un caso especial de su movimiento; ocurre cuando la energía cinética en su totalidad se convierte en formas no reversibles.



Figura 2. Flujo de *debris*, evento de Tijuana, B.C., 1998.

Si la relación sedimento-agua es relativamente baja, hasta un máximo de aproximadamente 5% del volumen, su comportamiento es como el de un flujo de agua; es decir, su viscosidad no cambia notablemente. En este caso, se puede tratar como una avenida de agua con sedimentos en suspensión.

Pero cuando la relación de agua-sedimento es alta, mayor al 5%, y hasta un máximo de aproximadamente el 55% del volumen, su comportamiento es el de un flujo hiperconcentrado de lodos, o *debris*.

El flujo de lodos puede presentarse en zonas relativamente cercanas y más bajas con respecto al cauce de un escurrimiento, cuya cuenca está sujeta a erosión y deslizamientos, o al pie de taludes cuyo suelo superficial es muy erosionable.

En un escurrimiento, una vez que el material se acumula y se encuentra disponible en el cauce, se requiere de una lluvia de magnitud suficiente para que la mezcla alcance concentraciones que originen el flujo de lodos.

En una ladera, se requiere que el material alcance la saturación necesaria, en volumen y profundidad, para que se desplace talud abajo.

El comportamiento del flujo de lodos es similar a un flujo viscoso, cuya resistencia a fluir varía con la rapidez de deformación del material. Prácticamente, esto se puede traducir como: "A mayor velocidad del flujo se presenta mayor resistencia". La propiedad que influye en este comportamiento es la viscosidad.

La reología es la ciencia del estudio de la deformación y flujo de la materia bajo la aplicación de un esfuerzo. El término fue acuñado por el Profesor Eugene Bingham, de la Universidad de Lehigh, en 1920, a sugerencia de su colega Markus Reiner. El término se inspiró en la expresión *Panta rei*, de Heráclito: "Todo fluye".

Es importante efectuar estudios sobre la reología del material de cada sitio, ya que, de acuerdo con la experiencia de varios investigadores, este comportamiento varía considerablemente, como lo muestran las siguientes gráficas.

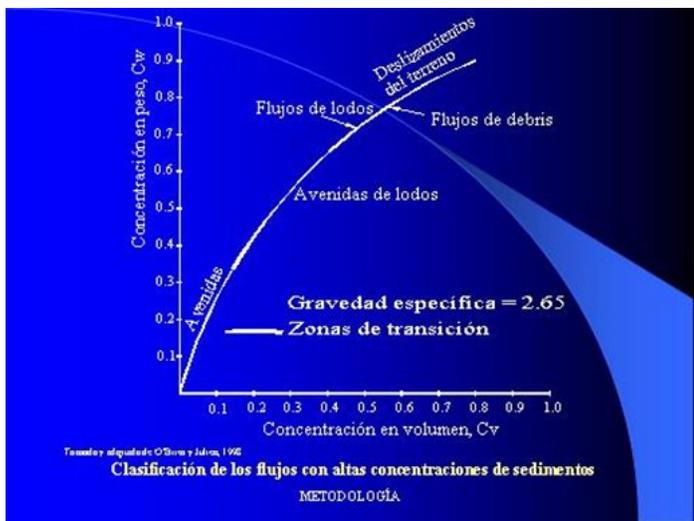


Figura 3. Clasificación de los flujos con altas concentraciones de sedimentos.

Considerando como riesgo la posibilidad de que un *peligro* pueda llegar a materializarse, entonces el riesgo que implica un flujo de *debris* es la combinación de que ocurra el fenómeno, y que además produzca un daño. Los flujos de lodos suceden periódicamente en la naturaleza. En muchos casos no se tiene conocimiento de ellos, y sólo se advierten cuando provocan algún daño. De ahí que el riesgo se origine principalmente cuando nos acercamos a sitios peligrosos y, en general, como consecuencia de consideraciones inadecuadas en la definición de algún proyecto o trabajo ubicado en esta clase de sitios.

Sobre todo por observación directa, se pueden detectar movimientos de talud de una ladera, o bien mediante fotografías de satélite. Una adecuada interpretación de dichas fotografías nos puede indicar en forma general la topografía, el tipo de suelo del que está conformada una ladera, y también si han existido deslizamientos o coladas de un flujo de lodos, e incluso el número de esos eventos.

Si se conoce un sitio susceptible de deslizamiento, ya sea por sus características o por la existencia de una falla, el fenómeno se puede monitorear. Es decir, pueden colocarse sensores que midan alguna magnitud física: esfuerzo, desplazamiento, cantidad de lluvia, etc.

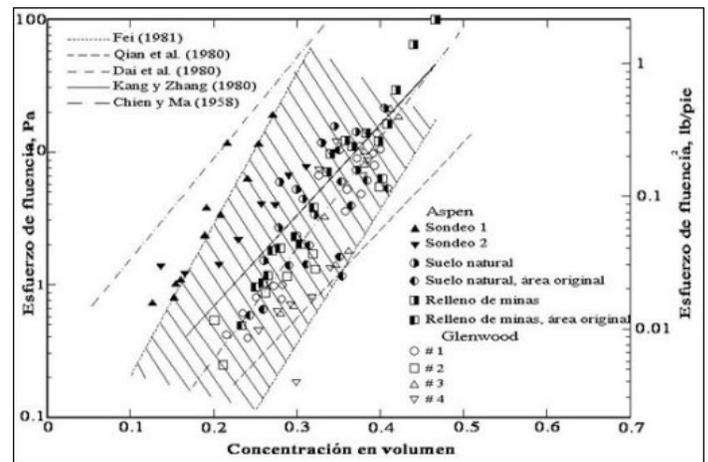


Figura 4. Comportamiento reológico del material. Gráfica de valores de esfuerzo de cedencia contra concentración. Tomada y adaptada de O'Brien y Julien, 1988.

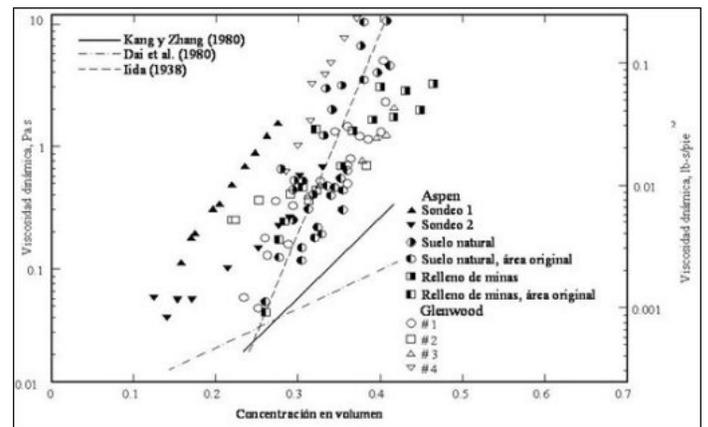


Figura 5. Comportamiento reológico del material. Gráfica de valores de viscosidad contra concentración. Tomada y adaptada de O'Brien y Julien, 1988.

Eventualmente, éstos podrían indicar la cercanía o aun el inicio de un evento. Algo parecido a un sistema de alerta temprana. Claro que entre más temprano se dé la voz de alarma, más posibilidades se tendrá de mitigar el daño.

Pero la mejor opción para protegerse del peligro es alejarse de la zona de riesgo. Esta sería una acción no estructural, como lo son también un sistema de alerta temprana o un plan de evacuación y seguimiento. La primera sería una medida preventiva, mientras que las otras dos serían medidas de mitigación

También se pueden aplicar acciones estructurales, como colocar muros de retención de azolves, bordos, muros de contención, muros de encauzamiento, estanques de depósito, etc., si bien todas ellas pueden resultar costosas.

En el año de 1998, por iniciativa del Dr. Polioptro F. Martínez Austria, se abrió una línea de investigación en el IMTA para estudiar estos fenómenos. Se desarrolló, así, una metodología para el análisis de este tipo de eventos. Consiste ésta, principalmente, en la recopilación y

procesamiento de información disponible en nuestro país, así como en la aplicación del modelo numérico FLO 2D y la obtención de los parámetros reológicos de muestras de suelo.

Ha sido aplicada para simular el evento del huracán “Paulina”, que afectó el puerto de Acapulco en 1997; en el diagnóstico integral de la cuenca hidrológica del Cañón de los Laureles, en Tijuana, B.C., y en el proyecto de cooperación internacional “Zonificación de la ciudad de Managua por niveles de vulnerabilidad en cuanto a deslizamientos, flujo de lodos y debris”.

Otros resultados importantes de esta índole en el IMTA, o relacionados con el fenómeno que se describe, han sido el desarrollo de metodologías y dispositivos; la caracterización reológica de materiales en el laboratorio de mecánica de suelos y la producción de artículos y tesis de licenciatura relacionados con el tema. Actualmente se está asesorando la elaboración de una tesis de posgrado con la aplicación de la metodología desarrollada en torno al desastre que el huracán Stan ocasionó en una comunidad del occidente de Guatemala en el año 2005.

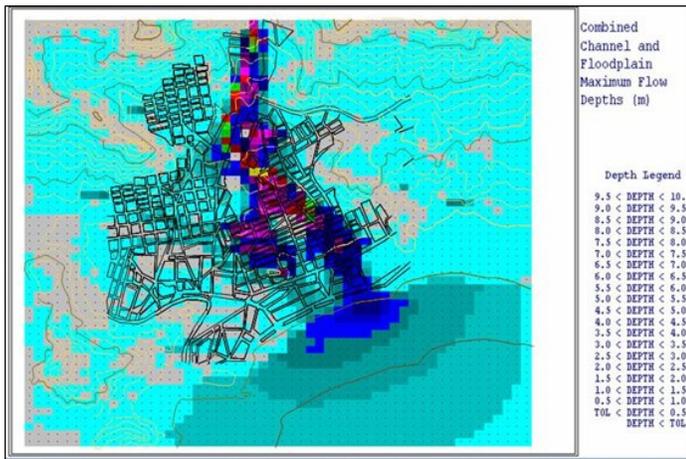


Figura 6. Simulación del evento del huracán “Paulina” en Acapulco.

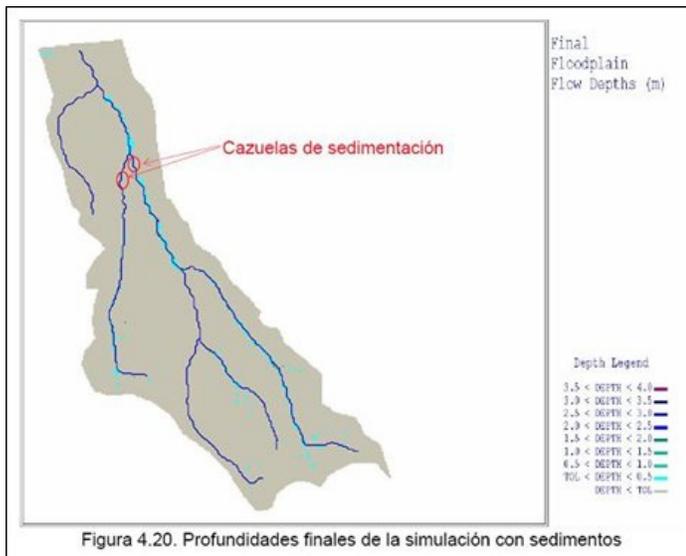


Figura 7. Resultados del estudio para la cuenca del Cañón de los Laureles, en Tijuana, Baja California.



Figura 8. Resultados del estudio de la cuenca sur de la ciudad de Managua, Nicaragua.

Es importante mencionar que para la integración de las disciplinas, el grupo que ha desarrollado la línea de investigación está conformado por: Isaac Bonola Alonso, cuya formación es la geotecnia o mecánica de suelos, a la vez que con Ignacio Caldiño Villagómez y Gilberto Salgado Maldonado, que tienen especialidad en hidráulica. Sin embargo, para el caso del proyecto del cañón de los Laureles, de Tijuana, participaron especialistas de prácticamente todas las áreas del IMTA, a fin de integrar el proyecto desde los puntos de vista técnico, social, económico y de difusión cultural.

Queda todavía mucho trabajo por hacer en el país respecto de la elaboración de mapas de riesgo en los que se puedan incluir, no sólo el flujo de lodos, sino prácticamente todos los fenómenos naturales que representen un peligro de daño para la sociedad.