

# DISCUSION

## PROBLEMAS DE GEOLOGIA PARA EL INGENIERO EN LAS CIMENTACIONES SOBRE SUELOS<sup>(1)</sup>

Comentarios por GUILLERMO GOMEZ LAA  
Profesor Doctor Ingeniero de Caminos

*«La tierra que responde, en fin, a los deseos del agricultor avaro es la que ha sentido dos veces el sol y dos veces los fríos; su inmensa cosecha revienta los graneros.»* Geórgias Libro I, 43-49, Virgilio

El número 62 de INGENIERIA CIVIL presenta la ponencia del profesor Jiménez Salas, en el quinto Congreso de la Asociación Internacional de Geología del Ingeniero celebrado en 1986, en Argentina. Siempre es gratificante leer un trabajo de síntesis y éste, que me tomo la libertad de apostillar, resulta en extremo sugerente; la vocación magistral del profesor, patente a lo largo de toda la ponencia, culmina en una generosa reseña bibliográfica, que convierte el artículo en un documento señero.

Antes de entrar en la discusión, quiero meditar la exhortación 74 de Epicuro: *«En las discusiones entre quienes aman razonar obtiene más provecho quien resulta vencido, por lo que del otro aprende.»* Ello me anima a admitir la derrota frente a Coridón y tomando como mentor a Virgilio, reconozco que *«al pastor Tíro le va bien apacentar ganado mayor, pero es capaz únicamente de componer poemas menores»* (Bucólica VI).

Desconozco la razón por la que los terrenos congelados, o que han sido sometidos a congelación, no son reconocidos, en este quinto congreso, como suelos o terrenos colapsables. En ambas metasetas españolas, pero primordialmente en la sep-

tentrional, abundan terrenos congelados temporalmente, o que fueron sometidos a congelación cuaternaria, en tiempos pleistocenos.

Si aceptamos considerar suelos colapsables a los que son susceptibles de asentamientos desproporcionados a la sobrecarga, es indudable que los suelos, terrenos en general, sometidos a procesos de hielo-deshielo, son colapsables: los glacis de pie de monte, acostados a consecuencia de la descongelación, al haber excedido el umbral de «límite líquido» durante la congelación nocturna, estacional o geológica; las navas de solifluxión tan características de la morfología meseteña; los «caminos de ganado» que surcan las laderas orientadas al norte; tantas charcas y lagunas cuyo origen está en «pingos» de congelación, unido a la deflación eólica en zonas frías y planas y, finalmente, en el colapso subsiguiente a la descongelación; las cavidades internas mantenidas en aquellos casos en que la génesis del propio «pingo» genera un techo de mayor competencia, por concentración de sales, el cual impide la posterior subsidencia; y tantos ejemplos más que las obras y la interpretación del paisaje sugieren al hombre de campo, con tiempo y ataraxia para observar y meditar.

Con la venia del lector paciente, voy a explicitar, con base en la cimentación de la presa de Retuerta, el último de los fenómenos mencionados. La presa de Retuerta, en el río Arlanza, provincia de Burgos, se inició aguas arriba de Covarrubias, siendo suspendidas las obras para evitar anegar el monasterio de San Pedro de Arlanza. Consiste la cimentación de vaso y cerrada en conglomerados terciarios; los que nos ocupan son conglomerados poligénicos de cemento arcilloso, situados al pie de la Sierra de la Demanda. La obra fue proyectada de fábrica y vuelta a proyectar de tierras, dada la previsible colapsabilidad del cimientado, colapsabilidad local relacionada con la existencia en su masa, de cavidades fusiformes distribuidas de forma no comprobada.

En la década de los sesenta se comenzó la excavación de laderas, perforándose el túnel de desvío, diversas galerías en ambos márgenes, y excavándose parcialmente el apoyo del estribo derecho, así como el apoyo para el aliviadero, en un collado en margen derecha. Estos cortes pusieron en evidencia la existencia de cavidades de dimensiones métricas: el desarrollo vertical no suele alcanzar el metro, siendo el horizontal sensiblemente mayor, conformando una morfología fusiforme, rematada en forma de fisura.

Describiré brevemente una de estas oquedades: el muro consiste en una arcilla limosa consolidada, el techo es el propio conglomerado, algo más calcificado. Se trata de dos circunstancias compatibles con la diagénesis de la congelación: formación de

(1) Artículo de J. A. Jiménez Salas, publicado en Ingeniería Civil de abril, mayo y junio de 1987.

un lentejón de hielo y segregación de sales hacia el exterior o frente frío, en un proceso combinado de ósmosis y congelación selectiva.

Otros indicios de congelación reputados como evidentes son la existencia de cantos de arenisca, degradados «in situ» al estado de limo; aparente conexión entre las terrazas fluviales y consiguientes períodos glaciares y la disposición de las cavidades encontradas, o posibles pingos: ...se trata de una interesante hipótesis por investigar. Por dos veces se ha intentado como «tesis doctoral» y por dos veces se ha abandonado el intento. Al suspenderse las obras de construcción de la presa, escasearon los medios y no fue posible proseguir el análisis de cavidades.

Son ya muchos lustros vagando de norte a sur y de oriente a occidente, por la meseta de Castilla-León; mi imaginación se ha ido colmando de muestras de un pasado frío, estepario, de una morfología condicionada a la colapsabilidad y soliflucción consecuentemente con ciclos fríos y cálidos. Es probable que los fenómenos de subsidencia y fluencia se hayan producido ya, en su mayor parte, por lo que no son problema suficientemente sugestivo para la ingeniería, salvo en zonas de congelación permanente o estacional actual; en todo caso se trata de una situación que, por lo generalizada en el cuaternario, habrá de ser tenida en cuenta.

He querido traer a colación este sugestivo acontecimiento geológico, no sólo por su incidencia en la ingeniería, en zonas de «permafrost» actual o pretérito, sino fundamentalmente como prueba de la colapsabilidad de cimientos en terreno congelado en tiempos actuales o geológicos, patentizando una vez más la influencia ubiquista del período pleistoceno.

No quisiera acabar sin el recuerdo a quien creyó y alentó estas investigaciones, el conspicuo y malogrado compañero José Antonio Salazar. A su memoria mi emocionado agradecimiento.

## RESPUESTA DE

JOSE A. JIMENEZ SALAS

Universidad Politécnica de Madrid

**A**gradezco a mi buen amigo Guillermo su opinión, por tres razones: por las amables e inmerecidas palabras que me dedica, inspiradas por la amistad. Por ser testimonio de que alguien ha leído lo que uno ha escrito, lo que siempre reconforta a un autor y, en tercero y principalísimo lugar, por los interesantes datos que nos aporta, que serán de utilidad para la comunidad geotécnica.

Me veo obligado, sin embargo, a acudir en reparo de una injusticia que Guillermo comete, sin duda inadvertidamente. Dice: «Desconozco la razón por lo que los terrenos congelados, o que han sido sometidos a congelación, no son reconocidos, en este quinto congreso, como suelos o terrenos colapsables.» De esta manera, acusa a todo el Congreso de algo de lo que sólo es culpable, a lo más, el que suscribe, Ponente General de una de las sesiones.

Sin salirnos de la sesión a que éste le correspondía, hubo dos comunicados que se referían al problema en cuestión, que fueron:

— **W. C. Kowalski.** «*The aggregate and granulometric grain size distributions of the air-dry and water saturated soils in the loess covers.*»

— **J. F. Wagner y K. A. Czurda.** «*In situ observations on an expansive clay subject to freezing and thawing.*»

Ciertamente, no era mucho el interés despertado por este tipo de fenómenos, y esto condujo a algo que, a su vez, ha llevado a error a Guillermo. Como en el artículo publicado se dice, éste no es la Ponencia General, mucho más extensa, que, bueno será decirlo ahora claramente, no hubiese sido correcto publicarla antes de que lo haya hecho el Comité Organizador del Congreso, en el último tomo de las Memorias. Se trata tan sólo de la presentación oral, con tiempo muy limitado, y cuyo objeto principal es abrir la discusión. Puesto que de 48 trabajos presentados tan sólo dos se referían a la helada, le pareció al Ponente que no había mucha posibilidad de intervenciones sobre ello, y omitió el tema, siendo, en consecuencia, él, el único a quien puede reprocharse la falta.

En la versión completa de la Ponencia General, sin embargo, sí se refiere a este problema, con los párrafos que voy a copiar:

«Los dos trabajos (son los dos referidos más arriba) contienen información sobre la influencia de los ciclos estacionales, sobre las capas superficiales del terreno, que producen estructuras colapsables. De esta manera, tenemos soluciones alternativas al problema de la génesis de suelos que ostentan estas características. En efecto, estas soluciones son válidas en ciertos casos, y resulta evidente que existen muchos tipos distintos de suelos colapsables, incluso dentro del loess, que, considerado en tiempos pasados como unidad genética, hoy se piensa que procede de varios orígenes distintos.

En su trabajo, Kowalski insiste en el «examen megascópico del terreno», que ha sido sistemá-

zado por dicho autor, y recogido en la Norma polaca PN-74-B-04452. De acuerdo con ello, las capas superiores del loess, que han sido desecadas al aire, tienen una granulometría de limo, e incluso de arena, mientras que las capas más profundas, que se conservan húmedas en todo tiempo, aparecen como "loam" o incluso como suelos arcillosos.

Esta diferencia es reflejo tan sólo de la formación de agregados resistentes, por la acción repetida de los ciclos de humedad-sequedad, lo cual ha sido demostrado por el autor sometiendo monolitos de suelo inalterado a dichos ciclos. Ha estudiado la evolución de su granulometría, determinada mediante técnicas especiales que conservan la identidad de los agregados, hasta una cierta resistencia de los mismos a la dispersión. De esta forma ha probado que la transición del tipo de suelo profundo al existente en las capas superficiales puede conseguirse con estas alternativas.

Describe también otros experimentos del mismo tipo, pero en los que somete el suelo a ciclos de hielo y deshielo, lo cual enlaza con el otro trabajo que incluimos en este subgrupo.

En efecto, aun cuando el título del trabajo de Wagner y Czurdá puede sugerir otra cosa, no trata del fenómeno de hinchamiento que tantos problemas origina en suelos tales como el "black cotton", los vertisoles, etc. Aun cuando la arcilla de que tratan (con 40 % de montmorillonita cálcica) puede muy bien ser expansiva en dicho sentido, si se encontrase en las condiciones climáticas precisas, el problema a que se refieren es diferente.

Los autores han observado el proceso de hielo y deshielo en una capa de arcilla que, previamente, no había sido nunca sometida a ello, por encontrarse cubierta por otras capas de suelo, que se excavaron. Estos ciclos repetidos, condujeron a una estructura floja muy susceptible a la erosión, compuesta de terrones muy densos, pero con uniones débiles y macroporos. Así pues, este proceso constituye otra alternativa para la producción de suelos colapsables.

Un punto particular, que deseo comentar, es el dato de que la cubierta de nieve protege al terreno, hasta un punto determinado, del levantamiento por la helada. Y también observar que el

que el suelo tenga una vegetación herbácea contribuye a conservar la cubierta de nieve, ya que ésta, al caer sobre la hierba, no entra en contacto íntimo con la tierra, que está más caliente. Y posteriormente, cuando la temperatura baja, la nieve, mala conductora, dificulta el flujo de calor y la formación de lentejones de hielo dentro del terreno. Y ésta es, por lo que este Ponente pudo observar, en tiempo de deshielo (en las laderas del Porma), la producción de corrimientos planos, muy superficiales, y en planta, intrigantemente de perfecta forma rectangular. Afectaba a campos en barbecho, en los que la nieve se había fundido poco después de caer, mientras que, en los campos sembrados, la cubierta de nieve se había conservado, aislada por la capa herbácea.»

Hasta aquí la cita de la Ponencia General, y ya no me queda más que reprochar a Guillermo su ausencia de la Sesión, en la que sus interesantes observaciones hubieran tenido mayor difusión y resonancia, si bien supongo que no fue de él la culpa, por lo que le ruego que se aparte rápidamente para dejar el reproche y que vaya a parar «a quien corresponda».

La información tecnológica que hoy se produce es fabulosa, pero el problema está en enterarse de ella. Si lo hacemos con cinco años de retraso, quiere decir que estamos despreciando los intereses que podría producir el enorme capital correspondiente a cinco años de actividad científica. Las revistas proporcionan información, pero están bloqueadas, y tardan, las más prestigiosas, dos años en publicar un artículo, que también habrá tardado, quizá, otros dos años en ser preparado. El artículo habrá sido seleccionado, además, entre otros muchos, y el criterio generalmente seguido es que trate de algo «seguro»; es decir, de algo que, en cierto modo ya está consagrado y, en consecuencia, es conocido.

La diferencia entre asistir a un Congreso y leer una revista es como la que existe entre visitar una sala de exposiciones o un museo. Ciertamente, podremos encontrarnos con muchas exposiciones triviales o incluso despreciables, pero quizá el ojo experto sea capaz de detectar la cualidad que hará del chapucero principiante un artista considerable. Pero de lo que no cabe la menor duda es que no se puede estar al día de las tendencias artísticas visitando los museos.