

Cambio Volumétrico, Presiones de Expansión Edométricas y Succión de Arcillas Naturales Sobreconsolidadas por Deseccación.

Avila Burgos Brigitte¹, Jorge Arturo Pineda Jaimes², PhD, José Andrés Cruz Wilches³, MSc.

¹Universidad Santo Tomás, Colombia, brigitteavila@usantotomas.edu.co, ² Universidad Santo Tomás, Colombia, jorgepineda@usantotomas.edu.co, Universidad Nacional de Colombia, jpinedaj@unal.edu.co ³ Universidad Santo Tomás, Colombia, josecruz@usantotomas.edu.co

Resumen- Los suelos localizados en el Occidente de la Sabana de Bogotá corresponden a arcillas de origen lacustre que han sido sometidas a procesos de pérdida de humedad (deseccación), debido a factores naturales y antrópicos. Esta pérdida de humedad, ha generado contracciones volumétricas que facilitan la formación de grietas semiverticales, situación que afecta la continuidad del material de apoyo para las carreteras que comunican a Bogotá con los municipios de ése sector. Con el fin de obtener una aproximación del cambio volumétrico que presenta este tipo de suelos para condiciones iniciales de humedad variable, este artículo muestra los resultados iniciales de ensayos de expansión edométrica realizados sobre muestras de arcilla de esa zona, con contenidos de humedad diferentes. Se encontró que la magnitud del cambio volumétrico, es mayor cuando el contenido de humedad disminuye debido a las fuerzas de tensión en la fase líquida asociadas a la succión matricial desarrollada durante los ciclos de humedecimiento-secado presentes en esos materiales.

Palabras claves- Arcillas, Deseccación, Expansión

I. INTRODUCCIÓN

En la parte central de la cordillera oriental de los Andes hay una zona conocida como la Sabana de Bogotá, Colombia, localizada aproximadamente a 2600msnm. En esta zona se encuentra la Formación Sabana, de edad cuaternaria, compuesta por depósitos lacustrinos depositados en una cuenca sedimentaria cretácica. Esta formación está constituida principalmente por arcillas de diversa consistencia, hacia los límites de la cuenca se encuentran arcillas orgánicas, arenosas y turba-lignita [1].

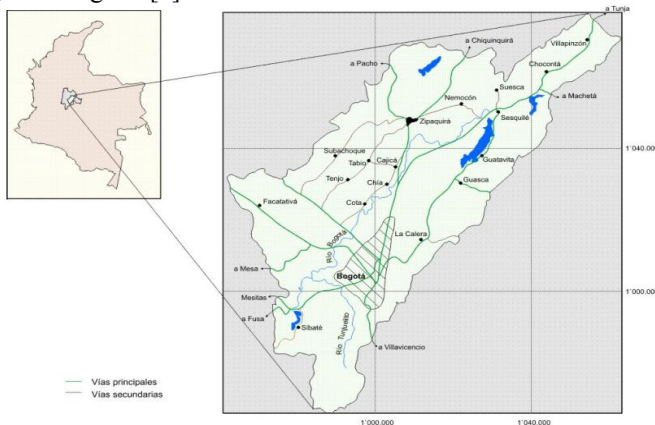


Figura 1: Localización de la Sabana de Bogotá [1].

Al occidente de la Sabana de Bogotá se ha venido manifestando un fenómeno de deseccación recurrente en la subrasante de la Formación Sabana. Las estructuras de pavimento flexible apoyadas sobre esta subrasante presentan hundimientos, depresiones y grietas, patologías asociadas a este fenómeno [2]. Estas patologías ocasionan que la vía pierda su nivel de servicio.



Figura 2: Cambio volumétrico por presencia de vegetación

Los cambios volumétricos están relacionados con la presencia de vegetación ubicada cerca de las vías como se puede ver en la Figura 2. Este es uno de los principales factores para que se presente el fenómeno de deseccación, ya que la presencia de especies como pinos, eucaliptos y acacias tienen una demanda hídrica alta para su normal desarrollo, estas especies inducen altas succiones al suelo y reducen la humedad natural del material [3].

A continuación, se presenta la relación entre el cambio volumétrico causado por expansión en procesos de humedecimiento, de cuatro muestras de arcilla, tomadas a diversas profundidades al occidente de la Sabana de Bogotá, con el fin de evaluar inicialmente las relaciones succión-expansión de éstas arcillas.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

Las muestras estudiadas corresponden a arcillas de origen lacustre, extraídas entre 6.0 y 12.6 m de profundidad, en sondeos realizados en la zona occidental de la Sabana de Bogotá, en sitios cercanos a los municipios de Tenjo y Funza. En la Tabla 1, se presenta la profundidad, algunas propiedades índices y clasificación de los materiales. La muestra 1 (M1) que se usó para realizar el ensayo de expansión (ver Figura 3), es de un color gris claro antes de que se presentara oxidación, a la muestra 2 (M2) del mismo tubo, se le aplicó un secado al ambiente hasta alcanzar un contenido gravimétrico de agua del 59%, antes de la realización del ensayo de expansión. Posteriormente, con el fin de comparar y obtener mayor información, se llevaron a cabo pruebas de expansión a dos muestras, muestra 3 (M3) y muestra 4 (M4), extraídas a diversas profundidades (ver Figura 4 y 5), estas dos muestras presentan un color gris oscuro.

TABLA 1:
TABLA DE VALORES CARACTERÍSTICOS PARA LAS MUESTRAS.

Muestra	M1	M2	M3	M4
Profundidad (m)	6.0 – 6.3		12.5	6.8
Humedad Natural (%)	70	59	52	48.30
Límite Líquido (%)	93.71		81.06	80.92
Límite Plástico (%)	39.03		32.98	31.23
Índice de Plasticidad (%)	54.68		48.08	49.69
USCS	CH		CH	CH
ASSTHO	A-7-6		A-7-6	A-7-6

Según el sistema de clasificación USCS las muestras son CH y para el sistema ASSTHO, las muestras son arcillas inorgánicas de alta compresibilidad/plasticidad tipo A-7-6, clasificación que concuerda con su aspecto visual [4].



Figura 3: Aspecto de una muestra de arcilla del occidente de Bogotá.



Figura 4: Muestras extraídas del occidente de la Sabana de Bogotá.
a) Muestra 3, b) Muestra 4

III. RESULTADOS

La muestra M1 ($w_1=70\%$), en relación con la M2, tuvo una variación del 11% en su contenido de agua que caracterizaba el aspecto inicial, respecto a M3 y M4, las humedades gravimétricas fueron de $w_3=52\%$ y $w_4=48.3\%$. En estas condiciones las cuatro muestras fueron llevadas a la celda edométrica para medir su expansión durante 24 horas llevándolas a una condición saturada. Para M1, la expansión medida fue de 0.571mm, para M2 de 0.988mm, para M3 de 0.335mm, y para M4 de 0.405mm.

En la Figura 6, se presenta la variación de la relación de vacíos con el esfuerzo efectivo durante el proceso de expansión de las muestras, incluyendo la disminución de ésta variable con la aplicación de esfuerzos verticales de 2868 y 5693 Pa, para llevar a las muestras a la misma relación de vacíos inicial estimada antes de la saturación.

TABLA 2:
VALORES REPRESENTATIVOS DE LAS RELACIONES DE VACÍOS
PARA CADA MUESTRA

Muestra	e_0	e_f	Δe
1	1.352	1.30	0.05
2	1.38	1.30	0.08
3	1.42	1.43	-0.01
4	1.32	1.30	0.02

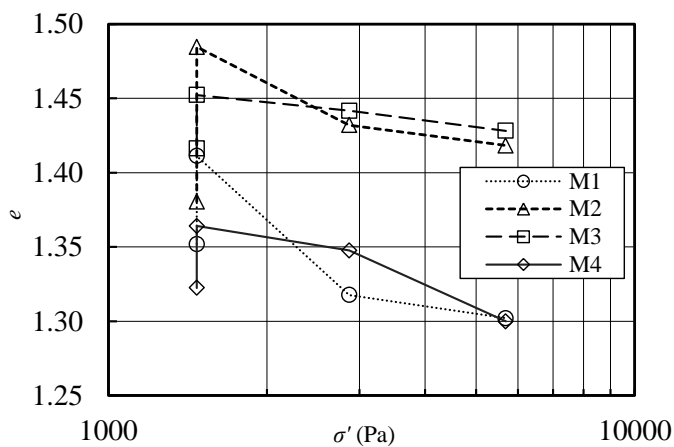


Figura 6: Relación de vacíos Esfuerzos efectivos.

La presión de expansión determinada para cada una de las muestras se presenta en la Tabla 3.

TABLA 3:
RELACIÓN CAMBIO VOLUMÉTRICO VS PROFUNDIDAD.

Muestra	Presión expansión (Pa)
1	1059
2	1095
3	985
4	1026

Posteriormente con el fin de comparar a la muestra 1 con las muestras 3 y 4 ($w_3=52\%$ y $w_4=48.3\%$) las cuales fueron extraídas a diversas profundidades en el mismo sector, se realizaron las gráficas representativas de la relación del cambio volumétrico para cada muestra según su profundidad, y la humedad gravimétrica inicial (ver Figuras 7 y 8).

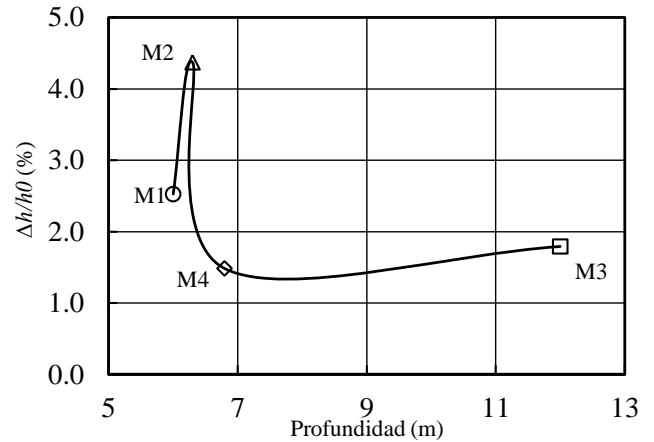


Figura 7: Relación Cambio volumétrico vs Contenido de agua.

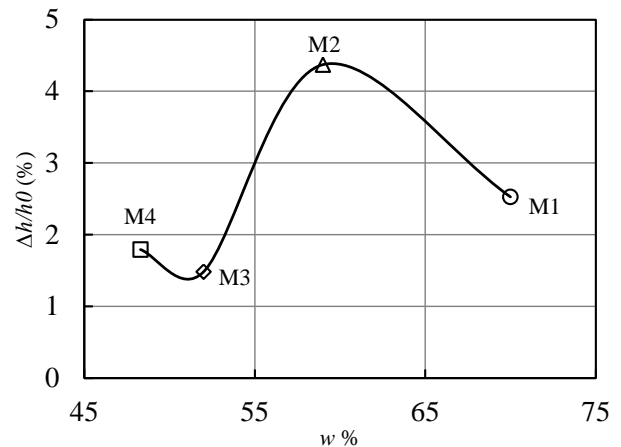


Figura 8: Relación cambio volumétrico vs profundidad.

Se observa que, para un contenido de agua mayor, el cambio volumétrico es menor y la presión de expansión se reduce, asociado a la profundidad de cada espécimen, el comportamiento de las Figuras 7 y 8 demuestran que M2 por sus características y la alteración en pérdida de contenido de agua se comporta de manera diferente a los demás especímenes de la misma zona, pese a la profundidad de la que fue extraída, esto explica porque a mayores profundidades el contenido de agua del espécimen aumenta.

Para las muestras 3 y 4, se midió la succión matricial mediante la técnica del papel de filtro para varios incrementos (ver Figura 9). Lo anterior con el fin de contextualizar las magnitudes de las expansiones considerando las humedades

iniciales de esos especímenes. La succión matricial obtenida para M3 fue de 100.18 kPa, con un grado de saturación inicial de 95.41% y para M4 fue de 143,89 kPa con una saturación igual a 94.91%.

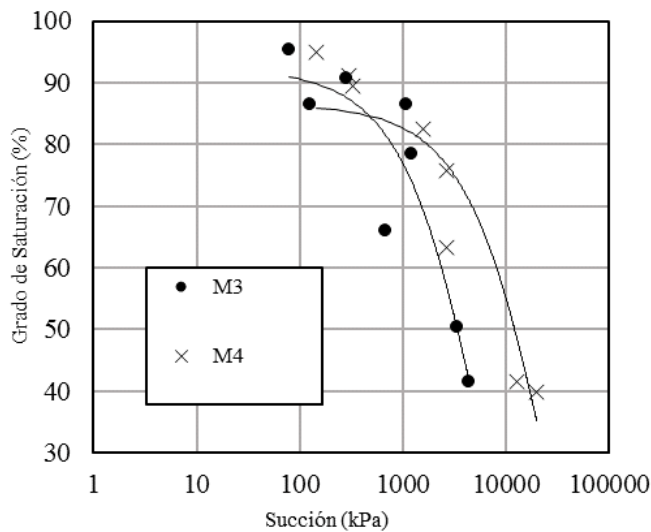


Figura 9: Grado de Saturación vs Succión.

La succión matricial, se evidencia mayor para M4 puesto que el contenido de humedad es menor que la M3, representado en la curva característica de succión (ver Figura 9), finalmente se obtuvo que para M2, M3 y M4, los cambios en la relación de vacíos fueron mayores que M1.

El contenido de humedad M1 es mayor al de las dos muestras en comparación (M3 y M4), podría estar relacionado al tiempo que permanecieron las muestras en conservación en el laboratorio, M1 fue la primera muestra analizada.

Generalmente los suelos expansivos cuando presentan cambios en el contenido de humedad produce también cambios en las presiones de poros ya que existen fuerzas de tensión mayores en la fase líquida asociadas a la succión matricial presente y por consiguiente cambios de volumen, se determinó así que la expansión de un suelo cohesivo como el analizado tiende a ser más alta cuando se realiza un proceso de pérdida de humedad controlada, esto en comparación con las muestras analizadas, que se encuentran en un estado de humedad natural.

A futuro, se pretende analizar un mayor número de muestras extraídas en la misma zona occidental de Bogotá, con el fin de estudiar con mayor detalle la problemática asociada a los ciclos de humedecimiento-secado en las propiedades de resistencia y rigidez de las arcillas lacustres de esa zona.

REFERENCES

- [1] D. Montoya y G. Reyes, "Geología de la Sabana de Bogotá", Ingeominas República de Colombia ministerio de minas y energía instituto colombiano de geología y minería ingeominas, pp 13-89, 2005.
- [2] M. Rueda y J. Pineda, "Patologías asociadas a desecación en pavimentos del sector Siberia-Tenjo, al occidente de la Sabana de Bogotá," *XVIII Simposio de Ingeniería de Pavimentos*. Cartagena, Colombia 2011.
- [3] Pineda-Jaimes J.A., Colmenares J.E., Murillo C.A. (2015). Caracterización de Patologías Asociadas a la Acción de Especies Vegetales en una Vía al Occidente de la Sabana de Bogotá. *Épsilon*, (25), 39-68.
- [4] J. A., Pineda, and J. E. Colmenares (2006). "Influence of desiccation on volume change behavior of Bogota clay". 13th Panamerican Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, at Isla Margarita, Venezuela
- [5] AASHTO. "Standard specification for classification of soils and soil-aggregate mixtures for highway construction purposes" American Association of State Highway Transportation Official. 2016.
- [6] AASHTO "Determining expansive soils", American Association of State Highway Transportation Official. 2016.