



# Huellas

Colección Hno. Hildeberto María.

Revista Científica De

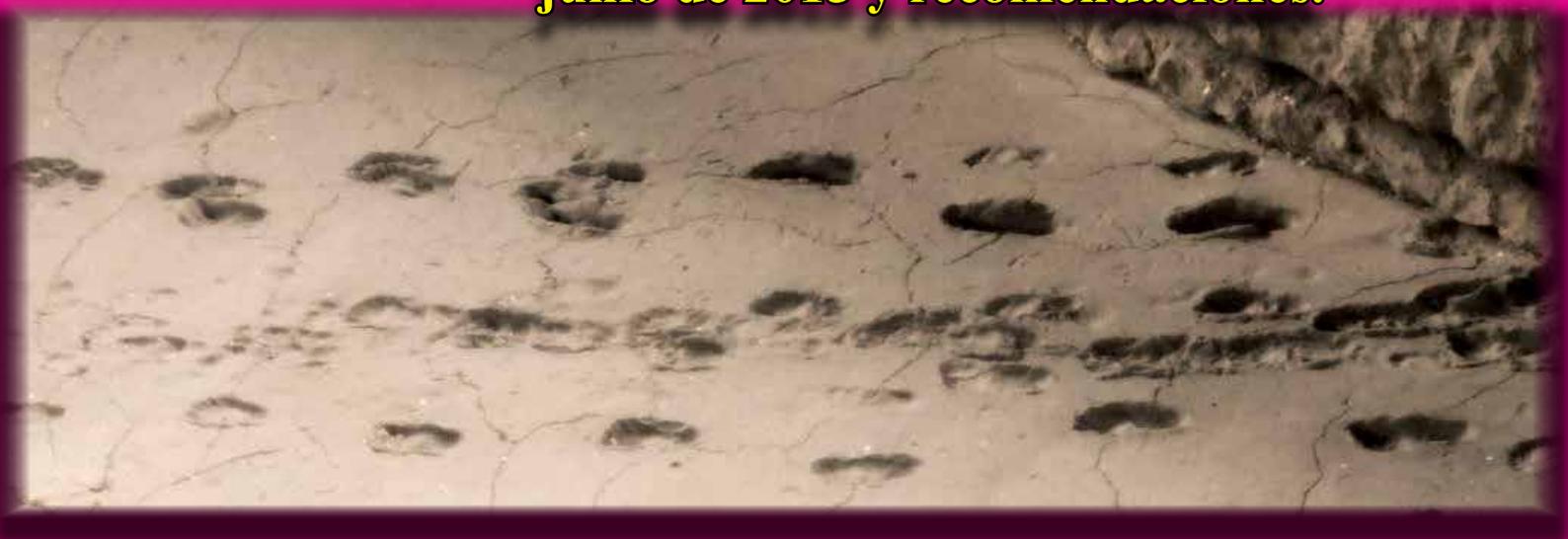
Las Huellas de Acahualinca

Con el Apoyo  
de:



“Museo Huellas de Acahualinca”

Un breve análisis sobre las posibles causas del colapso de la Fosa 1, el pasado 2 de junio de 2015 y recomendaciones.



- Publicación Oficial de la Alcaldía de Managua -



## DIRECTORIO

Una producción de la Dirección General de Desarrollo Humano, a través de la Dirección Específica de Cultura y Patrimonio Histórico, correspondiente al año 2016, Mayo, a 82 años del paso a la inmortalidad del General Augusto C. Sandino Y en el I Centenario del paso a la inmortalidad de Rubén Darío.

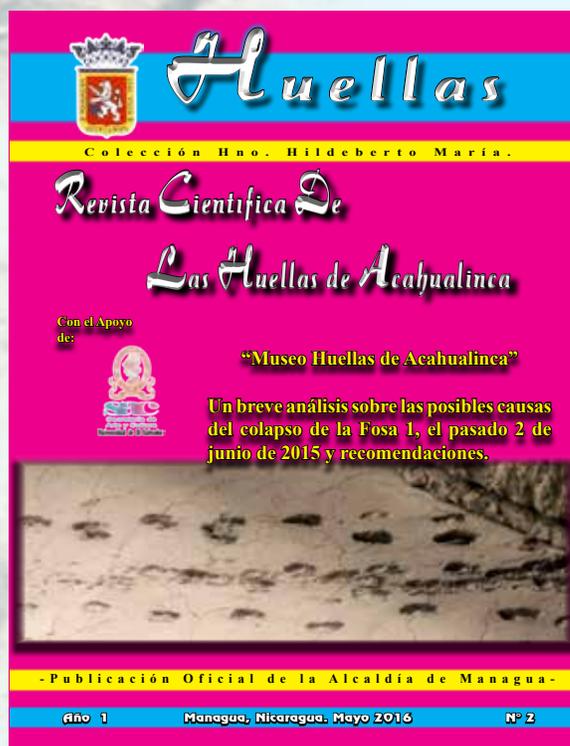
Una Publicacion de la Alcaldia de Managua

**Fotografías:** Responsabilidad del Autor

**Arte y diseño:** Cro. Octavio Morales S.  
Red de Bibliotecas Públicas Municipales.

Financiado con fondos PIA 2016 del Departamento de Bibliotecas y Archivo Municipal de Managua.

Tiraje: 1,000 mil ejemplares







## “Museo Huellas de Acahualinca”

Un breve análisis sobre las posibles causas del colapso de la Fosa 1, el pasado 2 de junio de 2015 y recomendaciones



Presentado por Mario Romero Quezada  
Asistente en Recursos Culturales  
Secretaría de Arte y Cultura Universidad de El Salvador

**INDICE GENERAL**

Resumen .....	Pág. 5
Introducción .....	Pág. 5
Descripción general del entorno de las Fosas 1 y 2 del Museo Huellas de Acahualinca .....	Pág. 8
Acción del entorno en las posibles causas del derrumbe del 2 de Junio de 2015 .....	Pág. 10
Cuenca hidrográfica .....	Pág. 10
Perfil estratigráfico e Hidrogeología .....	Pág. 14
Efectos del Cauce Acahualinca .....	Pág. 17
Discusión .....	Pág. 21
Conclusiones y recomendaciones .....	Pág. 22
Agradecimientos .....	Pág. 24
Referencias bibliográficas .....	Pág. 24
Bibliografía complementaria .....	Pág. 25
Reporte CIGEO, UNAN-Managua. Material constitutivo de la toba andesítica de las Huellas de acahualinca .....	Pág. 27

## Resumen

Retomando el evento ocasionado por las lluvias del pasado 2 de junio de 2015, se hace una reflexión de las posibles causas que han convergido en el derrumbe de la pared Este, correspondiente a la “fosa 1”, del “Museo de Huellas de Acahualinca”, sepultando e inundando en su totalidad la icnoevidencia humana a la que hace referencia la localidad.

Por lo tanto se realiza un análisis de las condiciones hidrológicas, geológicas, climáticas e intempericas, que predominan en la cuenca sur del lago de Managua, y que pudieron a medio o largo plazo, inevitablemente coadyuvar a las causas que originaron el desastre en la localidad, de igual forma se proponen medidas y obras mitigatorias a considerar, que permitan proteger y preservar a la posteridad, este patrimonio cultural no renovable.

Palabras clave; Huellas de Acahualinca, icnoevidencia, cuenca hidrológica, subcuenca, litología, cauce o acequia.

## Introducción

El Museo “Huellas de Acahualinca”, corresponde a una localidad con icnoevidencia humana, considerada coloquialmente como las pisadas humanas más antiguas de Centroamérica, encontrándose acompañadas con icnoevidencia faunística, sustentando la idea de una coexistencia entre pobladores y fauna local contemporánea, lo cual genera un precedente importante para ser considerado Patrimonio Cultural de Nicaragua y de la Humanidad, (Ver figura 1).

Las Huellas de Acahualinca, fueron descubiertas por el médico norteamericano residente, Earl Flint en 1878 (Richardson, 1941) y las mismas se encuentran localizadas al noroeste desde el centro de la ciudad de Managua.

Luego de los estudios, registros y documentación, realizado por el Carnegie Institute (Washington DC, USA), la localidad posteriormente fue adecuada y abierta al público visitante en general, y desde entonces los trabajos de preservación, se han limitado a la protección perimetral del lugar así como también al techado de las fosas para prevenir deterioros directos por acciones meteóricas, dejando en un bajo perfil los trabajos de conservación, consolidación y registro, de la icnoevidencia expuesta, así como también la observación del comportamiento de la nueva micro ambientación generada, por las condiciones actuales y cambios climáticos surgidos hasta la fecha.



*Figura 1. Ubicación de la Localidad “Museo Huellas de Acahualinca” en Nicaragua, Centro América.*

Estos factores externos no controlables, tales como; extremo calor, cambios bruscos de temperaturas, humedad, sequedad, movimientos sísmicos, vibraciones por el tráfico vehicular local, bacterias, hongos, crecimiento de vegetación pionera, lluvia, vientos, repentinas crecidas de los drenajes por lluvias, mantos freáticos elevados o disminuidos y variabilidad del nivel medio del lago, han ejercido su accionar durante más de cien años, desde su descubrimiento, repercutiendo no solamente en la icnoevidencia, sino también en los sustratos superiores del horizonte portador, y más aún en las edificaciones que protegen los rasgos culturales.

Otra situación muy compleja es el crecimiento del área urbana y consiguientemente el crecimiento poblacional, especialmente en la zona noroeste de la ciudad en donde se encuentra el Museo Huellas de Acahualinca, esta situación aunque aparentemente aislada afecta de forma directa e indirecta a la localidad, misma que forma parte de una subcuenca hidrográfica que se inicia varios kilómetros hacia el sur los cauces de esta subcuenca son tributados con las aguas y desechos que genera el área urbana y el mismo pasa al costado Este del museo, la presión hidráulica en este punto es exponencial al considerar el trayecto de las aguas grises desde su origen, más los tributarios.

Esta combinación de factores no controlables en su mayoría, han generado a largo plazo un invisible deterioro de la estructura edificada que protege los rasgos culturales, y que solo es posible notar cuando el daño ya está hecho.

La invisibilidad es una expresión relativa, consiste simplemente en la forma rutinaria o cotidiana de ver las cosas sin percibir cambios sustanciales a lo largo de la línea del tiempo, hasta que un cambio drástico estimula al observador que algo ya no está igual.

Este ocularismo viciado casi siempre está muy de la mano con el bajo registro sistemático de la evolución del estado de los objetos, en relación a la acción de los factores externos.

Los registros sistemáticos, son parte del proceso de conservación y preservación y nos permiten adelantarnos a posibles deterioros o potenciales riesgos de los objetos en resguardo, actuando así de manera preventiva.

Aun cuando lo anteriormente mencionado no es nuevo para nadie, muy poco se practica por diferentes razones, y generalmente no sirve de nada si existe además error u omisión humana.

En muchas ocasiones, aun cuando se practiquen los registros sistemáticos y acciones preventivas, los eventos sencillamente son inalterables y una buena parte terminan su curso en un desastre.

Es posible deducir que lo sucedido el pasado 2 de Junio de 2015, es el resultado de una serie de eventos combinados y sumados a lo largo del tiempo, dando por efecto el colapso de la pared Este de la fosa uno, soterrando la icnoevidencia y someténdola nuevas condiciones de deterioro como es; la presión, abrasión, inundación y contusión, a lo cual se le agrega el riesgo de colapso de los techos, columnas y vigas que protegen la fosa del intemperismo.

Aun cuando se han tomado medidas inmediatas de rescate a los rasgos culturales, es importante también considerar otras medidas de carácter macro, a fin de prevenir otras posibles causas de colapso de la localidad a futuro.

De igual manera es importante que las autoridades competentes, responsable de la salvaguarda del patrimonio cultural, consideren a bien efectuar los desembolsos necesarios, bajo la conciencia que las inversiones, cualquiera sea su costo, son renovables y recuperables a largo plazo pero los rasgos culturales no.

El escrito no es un estudio con fines de sustentar una hipótesis, sino más bien se presenta una valoración de las posibles causas del desastre y los riesgos potenciales, sobre los cuales se pueden trabajar a futuro en investigaciones concretas.

## Descripción general del entorno de las fosas 1 y 2 del Museo “Huellas de Acahualinca”

El área del terreno correspondiente al “Museo Huellas de Acahualinca” posee una extensión de 1919.55 metros cuadrados, colindando hacia el Norte con viviendas de habitación, al este limita por el Cauce Acuahualinca, consistente en una acequia o canaleta de drenaje urbano, hacia el sur se ubica la Calle Santa Ana y hacia el oeste colinda con la 24 Avenida Noroeste (?). (Ver figura 2.)

Esta parte de la ciudad es mejor conocida como el Barrio Acahualinca. Su nombre, según Dávila Bolaños, 1967, se lo atribuye a un Nahuatismo que significa “Lugar de los Girasoles” o “Lugar de los Acahuals”.

La propiedad en cuestión, tiene importantes puntos de referencia que se mencionan, debido a que a lo largo del escrito mantendrán una relación continua.

De esta manera los puntos de referencia en línea recta son los siguientes

- Lago de Managua, dirección 0.0 grados, N. con una distancia de 0.70 km aprox.
- Parque central de Managua, Centro Histórico de la Ciudad, dirección 100.03 grados, S.E. con una distancia de 2.44 km aprox.
- Laguna Asososca, dirección 221,26 grados S.O. con una distancia de 2.94 km aprox., en el borde más cercano.
- Laguna de Apoyeque, dirección 331,32 grados, N.O. con una distancia de 9.62 km aprox. En el borde más cercano.

La localidad del “Museo de Acahualinca” está situada en un área urbana consolidada, colindante con el Lago de Managua, el mismo posee una pendiente promedio del 0.02%, lo cual lo hace relativamente plano y el suelo aflorante corresponde a depósitos del holoceno.



*Figura 2. Ubicación de la Localidad “Museo Huellas de Acahualinca” en la ciudad de Managua, Nicaragua.*

La altura relativa sobre el nivel medio del mar es de 54 metros y la cota media del nivel del lago de Managua y la Laguna de Asososca, es de 41 msnm. Por lo que es posible deducir una dinámica hídrica a través del subsuelo entre sí, generando a la vez un manto freático muy cercano a la superficie, que oscila entre los 2 metros y 5 metros de profundidad en la mayoría del área urbana de Managua.

De esta manera la profundidad del agua disminuye a medida que se acerca al Lago de Managua, en cuyas riberas es inferior a los 2 metros y aumenta hacia el sur con aproximadamente 430 metros de profundidad específicamente en el sector “El Crucero”. (Losilla et.al., 2001).

El perfil topográfico desde la sierra sur hacia la ciudad, refleja una amplia cuenca hidrográfica que desemboca en el lago de Managua, y las revisiones geológicas de la zona tienden a mostrar una alta permeabilidad, lo que permite una gran dinámica hidrogeológica, repercutiendo en que los mantos freáticos cada vez se encuentren más cerca de la superficie según se acerca la cota al nivel medio del lago.

De esta forma el subsuelo de la ciudad de Managua y especialmente de Acahualinca, contendrá una alta humedad generando ocasionalmente, áreas pantanosas y procesos de deflación. La Localidad del “Museo Huellas de Acahualinca” no está libre de esta hidrodinámica, considerando que se encuentra en un cota de 54 msnm, apenas con unos 12m aproximadamente sobre el nivel medio del lago de Managua, con manto freático medio de 6 metros de profundidad, que tiende a reducirse en la temporada de lluvias cuando el subsuelo se satura de agua.

El suelo aflorante se describe como un conjunto de aglomerados basáltico-andesítico, con brechas tobáceas, tobas simples y flujos piroclásticos, correspondiente litológicamente al “Grupo Medio Las Sierras”. Y en la ribera del lago predominarán los sedimentos de arena y de arcilla con materiales piroclásticos y depósitos de escombros, correspondiente a detritos aluviales. Al conjunto se le asigna una edad holocénica, este suelo aflorante también se le denomina suelo moderno y sus estratos subyacentes hasta el suelo fósil tienen una secuencia con una antigüedad estimada hasta 5000 años, en esta franja de horizontes se encuentra el estrato en el que están impresas las Huellas de Acahualinca, sin que esto signifique que las mismas tengan esa edad, (Ver figura 7).

Las consideraciones anteriores sobre el entorno de la localidad, resultan importantes cuando se analiza en conjunto y en relación a los factores externos no controlables y de acción deteriorante, que a largo plazo generan riesgos en la conservación y preservación, de los rasgos culturales expuestos.

### **Acción del entorno como posibles causas del derrumbe del 2 de junio**

Existen características intrínsecas determinantes en el entorno del Museo Huellas de Acahualinca y las mismas incluyen factores de relativa invisibilidad, que en la mayoría de los casos solo serán evidentes cuando convergen con otros fenómenos no controlables.

De esta forma el colapso de la pared Este de la Fosa 1, es posible atribuirla al resultado de la convergencia de estos factores, entre ellos la lluvia del pasado 2 de junio y las consecuentes inundaciones de la ciudad de Managua, este colapso puede ser la primer muestra o aviso que las estructuras edificadas del museo, han llegado al límite de su vida útil o al límite de resistencia al fatigamiento ante estas condiciones adversas.

Entre los factores a considerar se mencionan los siguientes:

#### **Cuenca Hidrográfica.**

Según el censo de 2007, realizado por el Instituto Nacional de Estadística y Censos, INEC y sus proyecciones para el presente año, el crecimiento urbano de la ciudad de Managua, ha estado muy de la mano con el crecimiento poblacional, el cual en 1950 únicamente contaba con 140,334 habitantes, en contraste con la población estimada para este 2015 de 1,142,794 personas.

Esto trae en consecuencia el aumento del área impermeabilizada, reduciendo la capacidad de filtración de agua en la cuenca, aumentando el caudal y la velocidad de la escorrentía superficial, lo que también ha hecho colapsar las capacidades de los cauces, las acequias y las estructuras hidráulicas de la ciudad. A esto hay que agregar la diversidad de materiales con las que están construidas y aquellas que están a perfil expuesto.

La parte sur de la cuenca también tiene sus cambios, entre ellos la deforestación, es por esta razón que el consorcio “Abt Associates Inc.” y “CISCONCO, Ingenieros Consultores”, en 1995 realizaron estudios de factibilidad para el manejo de los recursos naturales y mejoras del sistema de drenaje pluvial, en el que se presentaron diagnósticos y diseños de obras correctivas para el control de caudales de las estructuras hidráulicas de la ciudad de Managua.

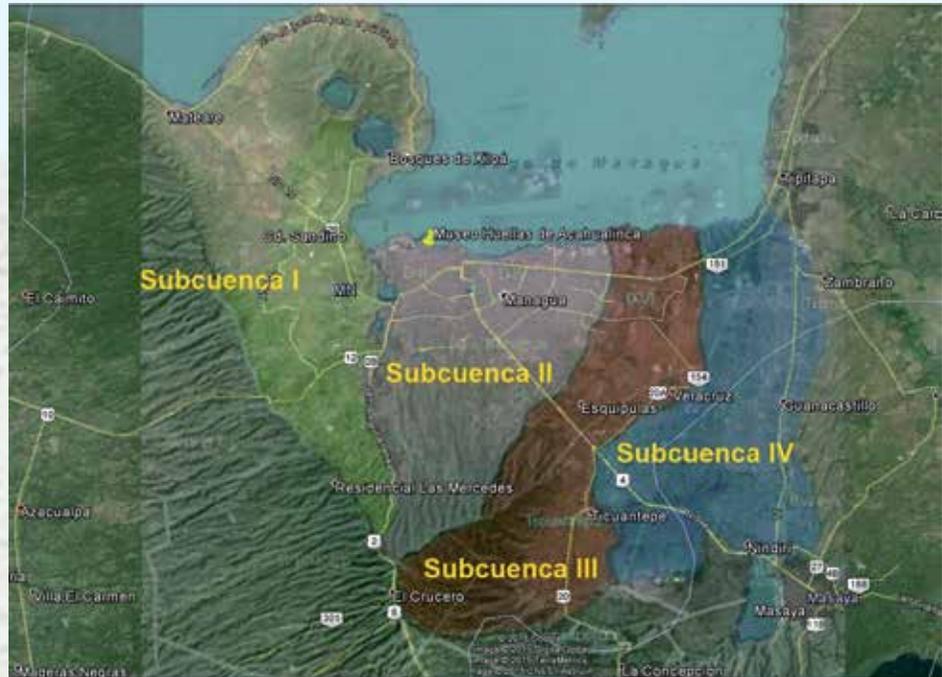
Este trabajo fue realizado debido a que la ciudad de Managua tiene un historial de inundaciones, desde que se obtuvo el primer registro bien documentado el 4 de octubre de 1876, siendo recurrentes en cada estación lluviosa, empeorando cuando existe la acción de un huracán o sistemas organizados de baja presión.

La red del sistema pluvial inicia en 1930 y el proyecto de revestimiento de los principales cauces se realiza 1970, respondiendo a la necesidad y el contexto de esa época, sin considerar que a futuro el incremento de los huracanes, temporales, cambio climático y fenómenos del niño o la niña, harían que los cauces colapsaran de manera más continua cada año.

El colapso de la cuenca por el exceso de aguas lluvias resulta en un grave problema, especialmente si consideramos que se estima en una extensión de 825 km<sup>2</sup>, dividido en 4 subcuencas, siendo la que afecta directamente el barrio de Acahualinca la subcuenca II, con 232 km<sup>2</sup> aproximadamente, no obstante esta subcuenca es de las menos estudiadas a la fecha, en contraste con la subcuenca III. (Ver figura 3).

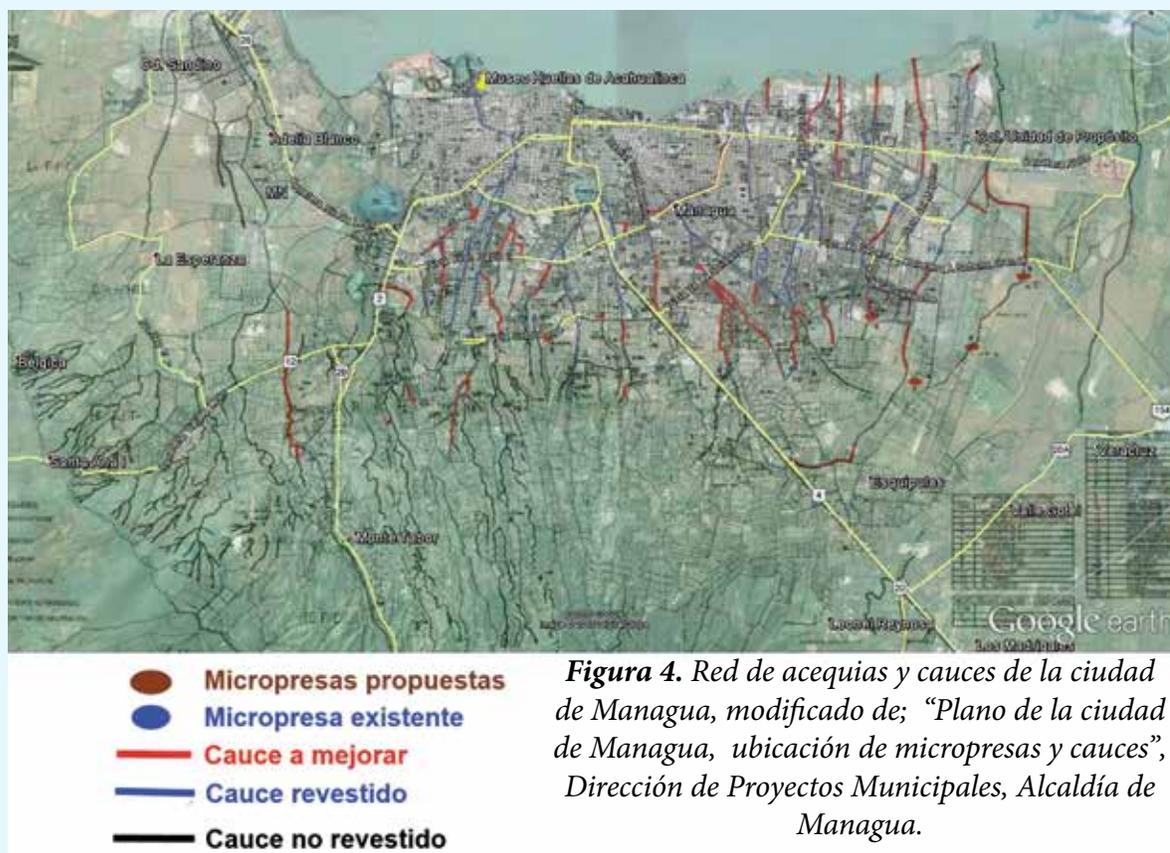
Esta área se ubica en una zona amenazada con actividad sísmica y volcánica, compuesto con un subsuelo de considerable fragilidad con relieves y pendientes irregulares en el límite sur y sur-oeste, a esto hay que agregar que es una importante superficie de recarga acuífera para la ciudad, en la que se incluye la misma Laguna Asososca.

*Figura 3. Detalle de la cuenca sur del lago de Managua, conformado de 4 subcuencas, mismas en la que se encuentra la ciudad de Managua, Nicaragua.*



Del total de la extensión de la subcuenca II, 78 km<sup>2</sup> aproximadamente corresponde al área urbana, lo que resulta en un total del 33.6% de superficie impermeabilizada, y el 66.3% restante corresponde a superficie de infiltración de aguas lluvias al subsuelo, alimentando el manto freático con una dinámica hidrogeológica hacia el lago, esto sin contar el agua que genera escorrentía por la saturación del subsuelo o cuando el agua que cae sobre la superficie sobrepasa la velocidad de absorción de los suelos.

Para este último caso existe la red de acequias, estructuras hidráulicas y canales urbanos, cuyo objetivo es hacer fluir las aguas de forma controlada y dinámica hacia el lago, esta red tiene características geográficas complejas y extensas, de tal manera que solo el conjunto de vertientes que tributan al Cauce Acahualinca, y que pasa al costado este del Museo Huellas de Acahualinca, superan los 28.58 km de longitud para el área urbana, y a esto hay que sumarle la carga hidráulica que se genera desde el límite sur de la subcuenca II. (Ver figura 4).

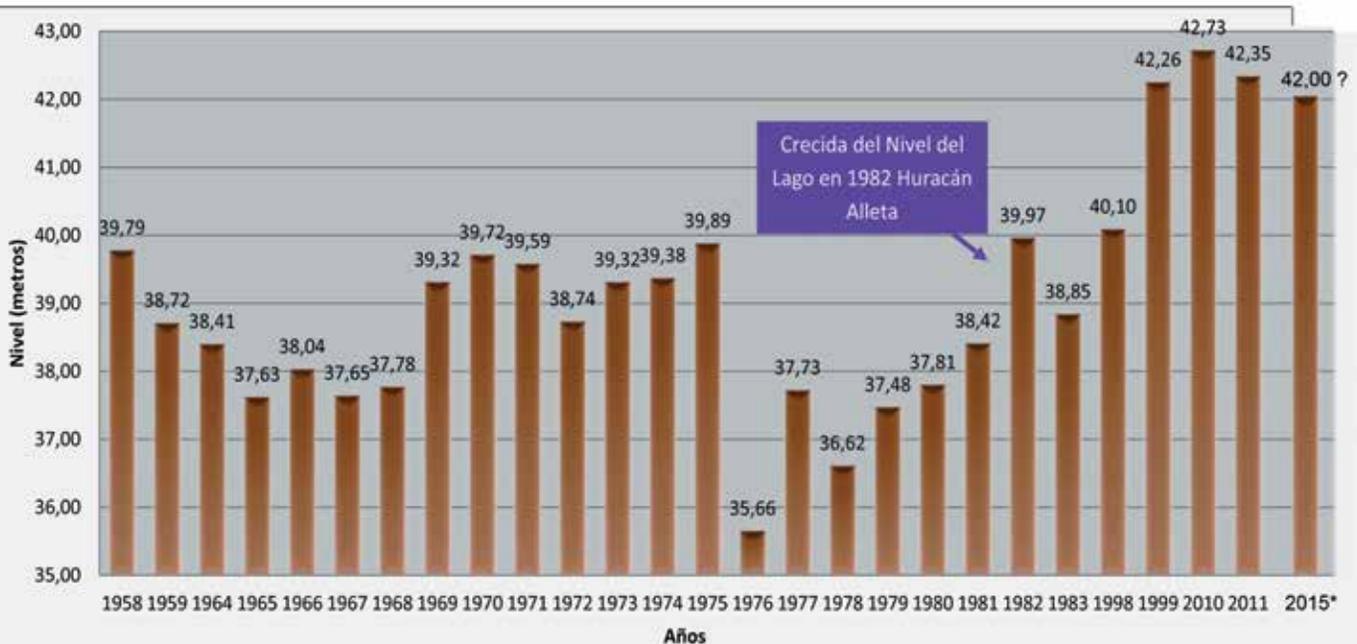


**Figura 4.** Red de acequias y cauces de la ciudad de Managua, modificado de; “Plano de la ciudad de Managua, ubicación de micropresas y cauces”, Dirección de Proyectos Municipales, Alcaldía de Managua.

La cantidad de agua que recogen las subcuencas en conjunto, se refleja como parte del aumento del nivel del Lago de Nicaragua el cual en 1976 registraba su nivel más bajo con 35.66 msnm y durante el 2010 registro su mayor cota en 42.73 msnm, según datos del Instituto Nicaraguense de Estudios Territoriales INETER, 2011, actualmente el lago de Managua se mantiene en la cota de los 41 msnm.

Una tesis de investigación, acerca del Balance de la Subcuenca del Acuífero de Managua, indica que la recarga neta consiste en 135,611.8455 m<sup>3</sup>/día y que la extracción por bombeo corresponde a 114,289.3000 m<sup>3</sup>/día, concluyendo que aún no se evidencia sobreexplotación de los acuíferos y por lo tanto no hay inversión de flujo hidráulico desde el lago hacia las reservas acuíferas esto mismo sustenta la descripción del acuífero como uno de tipo libre, no confinado cuya elevación se encuentra desde los 300 msnm hasta los -250 msnm, condicionado a presión atmosférica y carente de techo (Martínez, 2005), (Ver figura 5).

## Niveles anuales máximos históricos del lago de Managua.



**Figura 5.** Detalle de los niveles del Lago de Managua a través de los años. El 2015\* corresponde a un dato estimado desde Google Earth, Modificado del grafico de la Dirección General de Recursos Hídricos del INETER

Estas consideraciones hacen reflexionar sobre la cercanía a la superficie del manto freático durante su recorrido en el subsuelo desde el límite sur de esta subcuenca hacia el Lago, lo que genera en consecuencia un exceso de humedad en cualquier estructura edificada o aparición de agua ante la apertura de suelos para cualquier obra, generando a mediano o largo plazo un inevitable deterioro muy difícil de controlar, (Ver figura 6)

### **Perfil estratigráfico e hidrogeología**

La geología de Managua ha sido ampliamente documentada, con el objeto de comprender mejor el riesgo sísmico, luego del terremoto de diciembre de 1972. Estos estudios abrieron paso a otros más que están relacionados a la mitigación de riesgos naturales, entre ellos los más recurrentes como eventos climáticos y vulcanológicos, lo que ha permitido trabajar en propuestas para el ordenamiento territorial urbano.

Es así como se determina que el acuífero de Managua desde el punto de vista geológico, se sitúa en el borde centro occidental de una estructura regional denominada Depresión de Nicaragua, en la cual yace y aflora material litológico predominantemente volcánico con edad cuaternaria y en los niveles inferiores se encuentran rocas de origen sedimentario (Montgomery et. al., 1979).

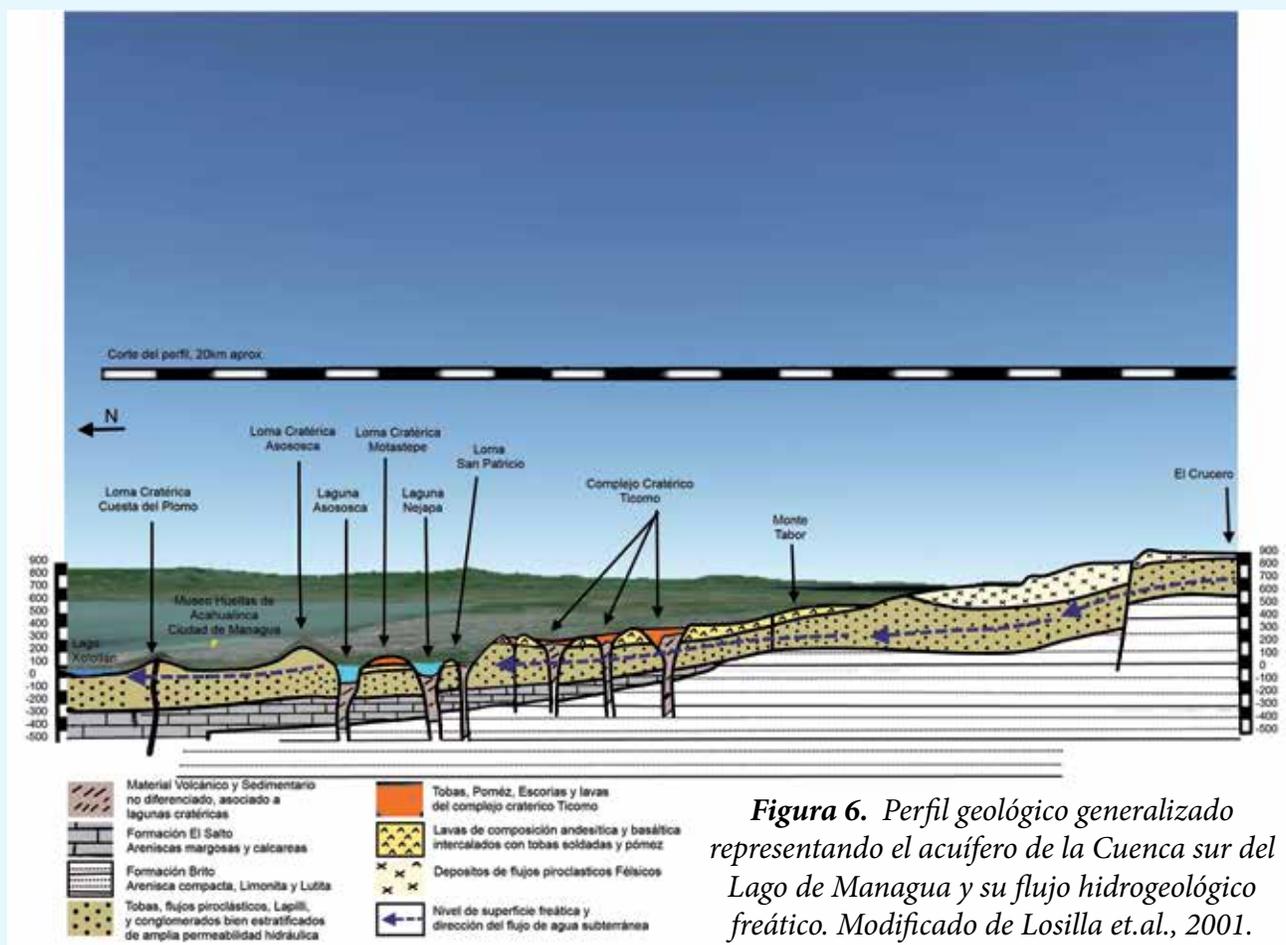


Figura 6. Perfil geológico generalizado representando el acuífero de la Cuenca sur del Lago de Managua y su flujo hidrogeológico freático. Modificado de Losilla et.al., 2001.

De esta forma el perfil estratigráfico sobre el que está asentado la ciudad de Managua, se resume en la predominante conformación de llanos aluviales de características sedimentarias de tipo alóctono, sobre el que han actuado energías hidráulicas de débiles a moderadas como efecto de la erosión, generalmente con origen en la sierra montañosa al sur de la ciudad.

El campo sedimentario es producto del intemperismo al que están sometidos los piroclastos de caída, cuyos orígenes son terciario-cuaternarios.

Los horizontes desde el suelo aflorante, están caracterizados por una secuencia de depósitos volcánicos y sedimentarios, siendo los de interés en este documento los correspondientes hasta el estrato en el que se encuentra la icnoevidencia del Museo Huellas de Acahualinca, la fracción de este perfil geológico está asignado al Grupo Managua, los cuales corresponden a una sucesión de rocas volcánicas intercaladas por suelo fósiles y/o suelos residuales, cuya litología está constituida principalmente por; escorias, pómez, tobas, oleadas y flujos piroclásticos, de edad Holoceno-Pleistoceno, (Hradecky et. al., 1997).

La mayoría de la composición de estos horizontes tienen su origen en los edificios volcánicos circundantes, tales como el de Masaya, Apoyeque, Apoyo, Nejapa, Tiscapa, Chico Pelón (Viramonte 1997), totalizando siete unidades piroclásticas de composición basáltica y riolítica, separadas como ya se mencionó por paleosuelos.

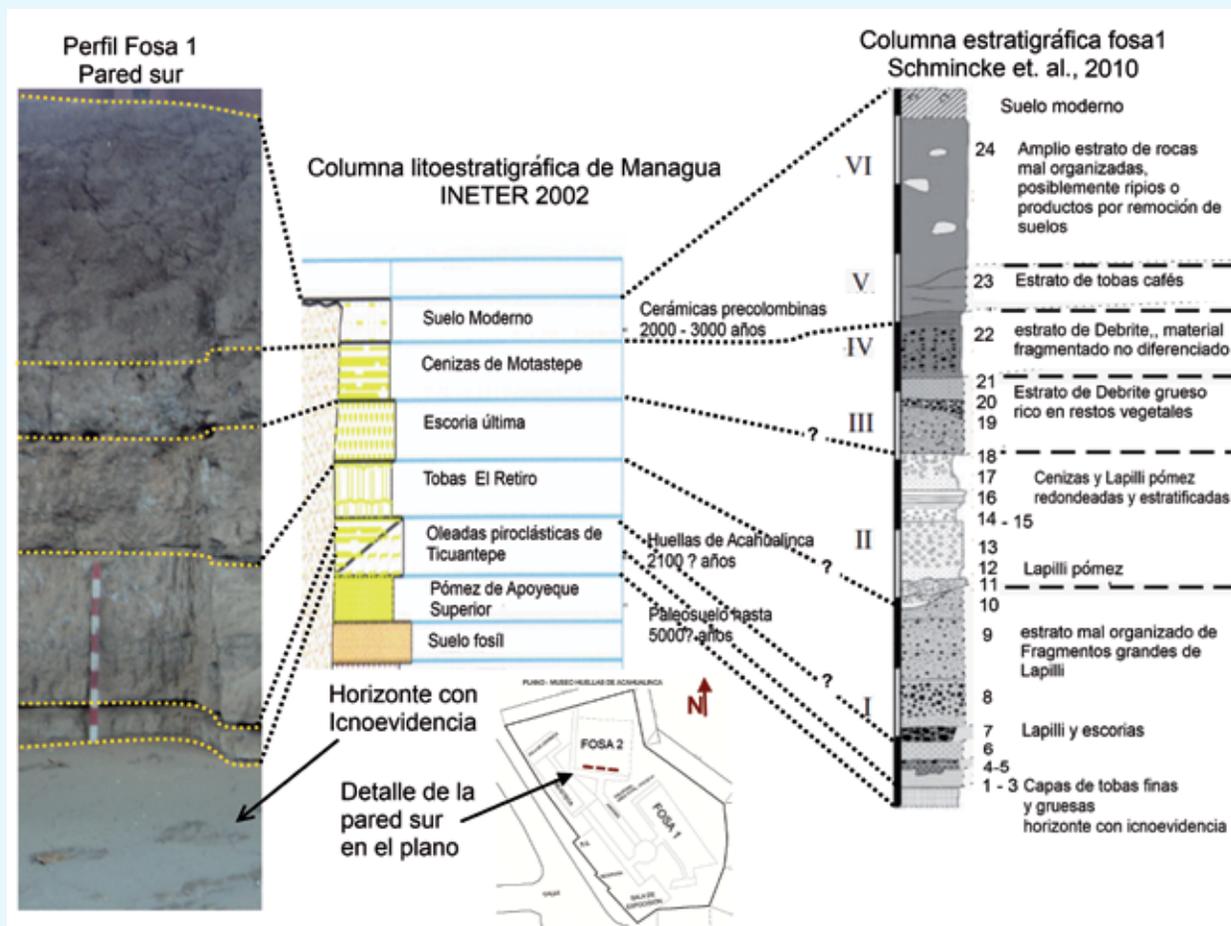
La propuesta de los perfiles estratigráficos indica que los mismos no son homogéneos, mostrando zonas de baja permeabilidad muy cerca de otras que poseen alta permeabilidad, (Proyecto de Aguas y Saneamiento en el gran Managua PRASMA, 2010).

Mediante una revisión del perfil estratigráfico desde el suelo moderno, hasta el estrato en el que se encuentra la icnoevidencia en las fosas 1 y 2, es posible hacer una referenciación entre la columna litoestratigráfica de Managua, propuesta por el INETER en el 2002, y la propuesta por Schmincke et.al., 2010, para la Fosa 1 del Museo Huellas de Acahualinca, situando la formación de estos horizontes durante el holoceno, asignándolos al Grupo Managua y generalizándolo a 5 estratos desde la superficie por el primer autor, pero desglosado en 24 por el segundo, (Ver figura 7).

Estratos generalizados por el INETER:

- Suelo moderno
- Cenizas motastepe
- Escoria ultima (sin definir origen)
- Tobas El Retiro
- Oleadas piroclásticas de Ticuantepe

Es posible encontrar residuos o intercalaciones de suelos aluviales holocénicos, como parte de la actividad histórica de la subcuenca II.



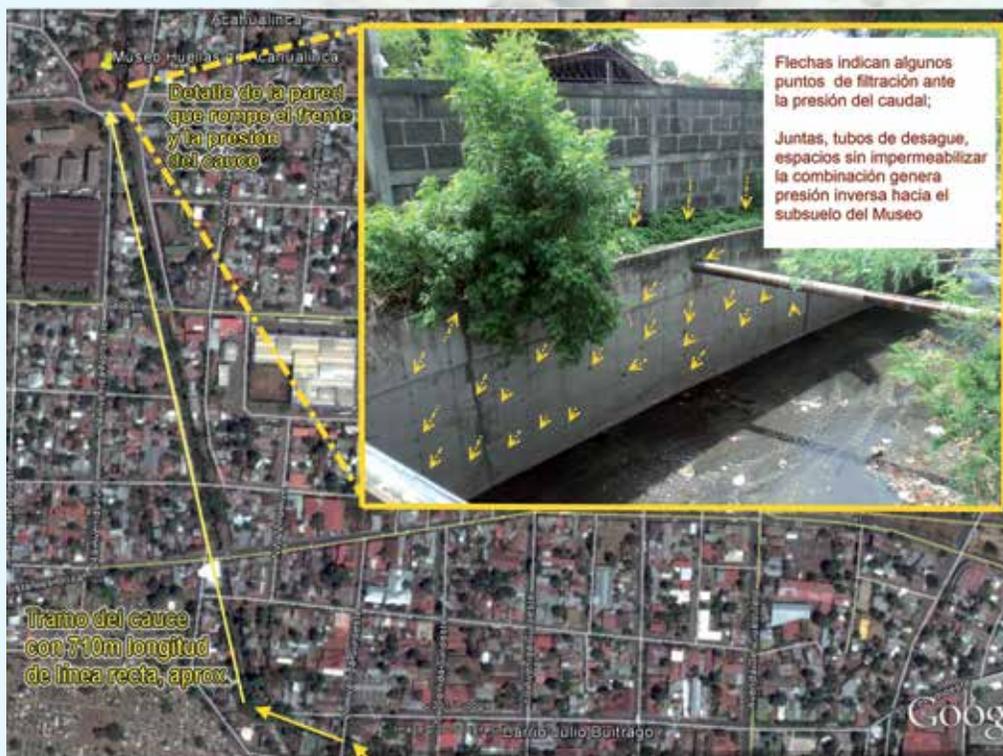
**Figura 7.** Relación estratigráfica entre la Fosa 2, columna litoestratigráfica de Managua INETER 2002, y la columna estratigráfica de Schmincke et. al., 2010. Imagen de la pared sur Fosa 2, y plano del Museo Huellas de Acahualinca por Narioski Castro.

La naturaleza de alta permeabilidad de estos perfiles, favorece las escorrentías de aguas subterráneas hacia el lago como ya se mencionó, y esto es sumado a la presión inversa por el incremento del Cauce Acahualinca cuando es sobrepasado en la estación lluviosa, en el cual los tubos de desagüe de las paredes del mismo permiten el ingreso de agua hacia el subsuelo del museo en vez de drenarlo hacia el cauce, esto sin contar las posibles fisuras que puedan existir por la actividad sísmica o la falta de mantenimiento de este, resultando en una situación contraria a lo que está diseñado el Cauce Acahualinca, especialmente en este punto.

### **Efectos del “Cauce Acahualinca”**

Espinoza, 2015, en su informe “Colapso de la pared Este, de la Primera Excavación del Museo Huellas de Acahualinca”, determina que el drenaje pluvial del museo está organizado para captar aguas lluvias y depositarlo en el Cauce Acahualinca, a través de un único tubo, a la vez menciona que el agua de este cauce subió más de 1.5m provocando que las aguas en vez de salir, entrara al terreno del museo inundando la fosa de excavación.

A estas observaciones hay que sumarle la sobre saturación del subsuelo a través de la cuenca, más la que tributa el cauce a través de los pequeños tubos de desagüe del subsuelo, el efecto sobre las paredes de la fosa 1, es el resultado de una presión inversa por agua subterránea que se encuentra represada, situación para lo cual no fue diseñado el muro de contención, esto sin considerar los problemas de diseño que puedan o no quedar evidenciados a través de este evento, (Ver figura 8)



**Figura 8.**  
Ubicación del Museo Huellas de Acahualinca, en relación al cauce Acahualinca. El desvío de la acequia está en función de la preservación de las huellas.

Imagen del cauce de Acahualinca por Narioski Castro.

En este punto del cauce, la capacidad de la acequia, es superada por el caudal de agua considerando que al pasar por esta zona ya ha recogido aproximadamente el 99% de las aguas lluvias de todo su recorrido, indistintamente del total de aguas lluvias que se estén precipitando. (Ver figura 9)



*Figura 9. De izquierda a derecha, detalle del Cauce Acahualinca y sus tributarios, al centro, detalle de la ubicación del Museo Huellas de Acahualinca en el trayecto del cauce y su relación con el flujo hidráulico de la acequia, derecha imágenes del cauce vista hacia el norte y hacia el sur desde el puente, nótese la cantidad de biomasa y escombros en el fondo del canal, un vistazo mas detallado de la vista sur, revela grietas y fisuras en el piso de concreto del cauce*

*Imagen de las vistas del cauce de Acahualinca por Narioski Castro.*

Es posible verificar en la zona del colapso, un horizonte en específico, consistente en gravas y depósitos de cenizas pobremente consolidados, que para este caso resulta ser uno de los horizontes de mayor porosidad y por tanto de mayor permeabilidad, el flujo de agua en este estrato resultara ser relativamente mayor, generando una deflación del subsuelo y es por esta razón que estos horizontes colapsan a la par del muro.

El segmento del Cauce Acahualinca antes de llegar al Museo, tiene una recta con una longitud de 710m aproximadamente, que es cortada y desviada hacia a la derecha por el muro de contención del mismo museo, la cual recibe la presión de la carga hidráulica y frena la velocidad que esta pueda llevar, favoreciendo la posibilidad de un desborde debido a la abrupta interrupción del caudal vectorial en este punto, (Ver figura 8)

Otro aspecto importante es la carga de desechos sólidos, en su mayoría domésticos y en menor grado los de tipo industrial que son vertidos al Cauce Acahualinca, también hay que agregar las malezas que puedan desarrollarse y enraizamientos que en conjunto restan volumen del caudal drenado, reduciendo la eficiencia de conducción hidráulica hasta en un 60% (Matilla, 2005). (Ver figura 9, detalle de las vistas de las acequias)

El Cauce de Acahualinca, desde el límite sur de la ciudad hasta sus orígenes se encuentra desprovisto de protección anti-erosiva, predominando los suelos expuestos, lo que genera el transporte de sedimentos, rocas y otros materiales sólido como consecuencia de la energía hidráulica.

Una importante parte del cauce dentro de la ciudad, está revestido con gaviones, y otra buena parte incluyendo el tramo correspondiente a las cercanías del Museo de Acahualinca, posee un revestimiento de hormigón, siendo este el material más duradero en relación al primero. Las canaletas construidas con gaviones tienen una vida media de 10 años, son altamente permeables y permiten flujos de agua en ambas direcciones dependiendo las presiones hidráulicas generadas, su uso no está recomendado para cauces en los que se puedan verter aguas negras o grises debido a que las mallas tienden a reaccionar hasta degradarse y deteriorarse con estos vertidos.

Los revestimientos de hormigón tienen un vida útil entre los 40 y 50 años con su debido mantenimiento, el cual consiste además de su limpieza, la vigilancia ante el eventual apareamiento de grietas o separación de juntas, en las que puedan filtrarse aguas a la estructura de hierro interna haciendo disminuir su resistencia hidráulica y su vida útil.

El Cauce Acahualinca a la altura del Museo, se encuentra revestido de hormigón pero es posible observar en su lecho desechos sólidos, acumulación de material erosivo, y posiblemente vertidos de aguas grises o negras, a esto hay que sumarle que la caída hidráulica es muy baja considerando una pendiente del 0.02%, lo que hace que la velocidad de evacuación del caudal sea relativamente lenta, lo que provocaría desbordamientos durante crecidas repentinas, esto genera un proceso de estanqueidad temporal mientras el agua se evacua, y a pesar que los revestimientos de hormigón se consideran impermeables, ha sido posible determinar mediante estudios que la infiltración de agua resulta ser de 21 litros por metro cuadrado al día como promedio, y que es posible reducirlo hasta el 95% si se usan aditivos de cloruro polivinilo en las mezclas de cemento. (Calero & Gómez, 2013).

## Discusión.

A pesar de que los estragos ocurridos en el Museo Huellas de Acahualinca, son atribuidos en primer grado a las lluvias del pasado 2 de junio, es posible también considerar la convergencia de factores externos que facilitaron indirectamente el colapso de la pared Este de la fosa 1.

Los informes de colaboradores interesados en la conservación de las Huellas de Acahualinca, coinciden en el deficiente drenaje de aguas lluvias del terreno, la liviana construcción y la falta de reforzamientos estructurales, presencia de material vegetal y otros sólidos que obstruyeron los drenajes, así como el evidente ingreso de agua a la fosa como parte de un flujo hidráulico inverso desde el subsuelo, agregando la dificultad de evacuar esta agua una vez está dentro de la fosa, y lo que aún queda en pie muestra amenaza de colapso.

A estas observaciones hay que sumarles otros factores externos que aun cuando se supere el problema, siempre estarán presentes y estos son las lluvias, sismicidad, vibración por tránsito vehicular, temperatura ambiental, microclimas en las fosas, y amplias áreas de suelos permeables, deficiente manejo de escorrentías, todo en conjunto resulta difícil de controlar por su naturaleza, las consideraciones macro permiten analizar los riesgos para preparar acciones mitigatorias, pero es necesario profundizar en la posible existencia de otros factores no considerados en el presente escrito.

Por un lado se evidencia el riesgo del imtemperismo al que está sometida la icnoevidencia, y por otro es necesario considerar el riesgo que existe por la exposición del mismo ante su descubrimiento, pero en este último caso, hay que agregar el riesgo mismo que representa la estructura edificada que supone proteger los rasgos culturales.

Dado a que no es posible cambiar el material clástico del subsuelo, ni evitar el ascenso de mantos freáticos o modificar la permeabilidad de los horizontes, Es importante considerar futuras acciones y construcciones, que garanticen una mayor vida útil y optimicen la preservación de la icnoevidencia

Autores ajenos al desarrollo de las obras en el Museo Huellas de Acahualinca, también coinciden en la necesidad de trabajar en mitigar riesgos en las zonas inundables de la ciudad, ordenando y modernizando la red de canales fluviales, de igual manera se plantean zonas de riesgos sísmicos, en los cuales previenen la necesidad de construir con sistemas asísmicos, y más importante aún, todos reconocen la existencia de una cuenca hidrográfica compuesta en 4 subcuencas en la zona sur del lago, pero la mayoría de estudios están centrados en la subcuenca III, y muy poco se presenta acerca de la Subcuenca II, que es la de interés en este documento por encontrarse en ella el Museo Huellas de Acahualinca y una parte de la ciudad de Managua densamente poblada.

En relación al aspecto geológico ampliamente estudiado, los autores convergen en las características geofísicas del subsuelo de Managua, se demuestra la presencia de fallas geológicas con riesgos considerables, pero es muy importante saber que ninguno de los autores registra fallas activas o fallas supuestas en al menos un kilómetro a la redonda de la localidad de interés, por tanto la afectación sísmica que pueda existir es de tipo indirecto, pero los daños que puedan sufrir, dependerá de la intensidad de este, no obstante el INETER, 2002 recomienda realizar más investigaciones.

### **Conclusiones y recomendaciones**

Algunos de estos factores como el agua, la lluvia, la actividad volcánica, y la clase de suelos, es la que precisamente dieron las condiciones necesarias para que fuese posible, la formación de las huellas y su preservación a través del tiempo hasta su descubrimiento.

Después de todo, la continuidad de estos factores no debería ser problema para la conservación, pero hay que considerar las nuevas condiciones luego del descubrimiento, por tanto la infraestructura que se pueda edificar para su protección, debería en algún modo proporcionar, imitar o acercarse a estas condiciones, mientras estén expuestas al ambiente.

La estructura que deba proteger estos rasgos culturales debe en todo momento proveer y garantizar el resguardo del mismo, no suponer un riesgo más ante las eventualidades a las que pueda estar sometida la localidad.

Las obras de protección y resguardo deben iniciarse desde el subsuelo, realizando estudios de factibilidad que permitan la construcción de barreras para desviar los flujos de aguas subterráneas, sin impedir su recorrido hasta el lago.

Dado a que el área, propiedad del Museo Huellas de Acahualinca es relativamente pequeña, es posible considerar la suplantación de techado existente, por uno de mayor cobertura y estabilidad estructural, siendo los de primera elección los techos curvos con estructuras de hierro, ambos con aleaciones de zinc, la ventaja es que además de ser livianos, su aleación reduce los costos de mantenimiento por su durabilidad, y sus características permiten que un solo techo cubra grandes áreas manejando únicamente dos caídas de aguas, que perfectamente pueden descargarse en los límites del terreno, este mismo sistema constructivo es el implementado en naves industriales, techos de complejos deportivos, e inclusive uno ha sido instalado en el sitio arqueológico Joya de Cerén, Patrimonio de la Humanidad en El Salvador, cuyas características de suelo, climáticas y los rasgos culturales son muy similares a los del Museo Huellas de Acahualinca.

Es recomendable realizar trabajos de mantenimiento en el Cauce Acahualinca, retirando los materiales vegetales, geológicos y desechos sólidos que se puedan acumular, de igual manera es aconsejable realizar trabajos para optimizar la impermeabilización, en por lo menos un tramo de 250 metros, acequia arriba desde el Museo, y extenderlo en un tramo de 200 metros acequia abajo.

La impermeabilización debe tener énfasis en la localidad misma, y el drenaje de las aguas lluvias de los techos de la nueva infraestructura, puede hacerse directamente al cauce manejando caídas directas sin cajas receptoras, pero las que se manejen a nivel del suelo deben realizarse mediante tuberías con cajas y desarenadores, hasta una distancia prudente en una cota que no genere reversión de las aguas y hasta ese punto verterlas al Cauce Acahualinca.

También se considera muy importante trabajar en el manejo de las aguas residuales domésticas para proveer una mayor vida útil a la estructura hidráulica en el Cauce Acahualinca.

Hay que considerar la implementación y manejo de represas en su recorrido, el mapa de drenaje pluvial de la ciudad de Managua refleja la existencia de dos micro presas para este cauce y las mismas se encontrarían hacia el sur de la vertiente, en el límite de la ciudad para esto es importante la realización de estudios de esta subcuenca para una mejor comprensión de la carga hidrográfica.

Es posible considerar una acequia auxiliar a 1.4 km acequia arriba desde la localidad del Museo, ubicándose en los alrededores del final de la 3ra. Calle Suroeste y la Avenida del Guerrillero, de esta forma se estarían aliviando la carga hidráulica desde este punto.

En relación a las actividades de rescate los autores y colaboradores interesados en el tema, proponen técnicas apropiadas que mediante supervisión es posible desarrollarlas con éxito.

En materia de conservación de las huellas mismas, es posible implementar procedimientos de consolidación reversibles mediante la aplicación de Polimetil-Metacrilato (Paraloid B-72 o Neocryl) “Consolidante y adhesivo” cuyas propiedades y ventajas ya han sido probadas y aceptadas por años en trabajos de conservación y restauración de material cerámico precolombino, fósiles, material geológico, inclusive en trabajos relacionados a la localidad arqueológica Joya de Cerén en El Salvador.

Aun cuando se reconoce que no es posible recetar las mismas acciones en sitios de similar naturaleza, es necesario considerarlas tomando en cuenta las características propias de cada sitio.

En Joya de Cerén, existen medidas que respaldan la suspensión de prácticas reconocidas como dañinas, tales como; no humedecer las estructuras, no barrerlas y no hacer reconstrucciones innecesarias, incluyendo los llamados “repellos de sacrificio” los cuales, cuando se descascaran, también se llevan partes originales de las estructuras.

La mayoría de las medidas acordadas han sido cumplidas, incluyendo el monitoreo de las estructuras, reparación de techos, construcción de techos nuevos y el confinamiento de un área con malla fina para evitar la entrada de animales.

Algunas de estas medidas son implementadas ya en las Fosas del Museo Huellas de Acahualinca, pero a la vez se deja a criterio pertinente, el uso de otras aquí mencionadas.

### **Agradecimientos:**

Al Lic. Francisco Clemente Guido, Director de la Oficina de Patrimonio Histórico de la Alcaldía de Managua, por tomar en cuenta la opinión del autor del presente documento, en función de este importante Patrimonio de la Humanidad, Narioski Castro, Geógrafa asignada, para la facilitación de fotografías in situ e información paralela, útil para el actual análisis, al Lic. Fernando Carranza, Secretario de Arte y Cultura de la Universidad de El Salvador, por la facilitación de los insumos digitales, tecnológicos y recurso humano para la realización del presente trabajo, especial mención a la Licda. Ligia Manzano, Catedrática de la Escuela de Artes de la UES, y experta en Arte Rupestre, por la revisión del actual documento, y por sus apreciaciones e interés en materia de conservación del patrimonio rupestre y para este caso en particular el icnológico.

A la Universidad de El Salvador por el espacio y recursos brindados para la realización y redacción del actual documento.

### **Referencia bibliográfica**

Alcaldía de Managua, Dirección Especifica Catastro Municipal, (s/f). Huellas de Acahualinca, Plano Catastral, Museo Huellas de Acahualinca, Managua, Nicaragua: Autor.

Calero, K., Gómez, L., (2013). Diseño hidráulico para la extensión del cauce Las Américas IV en el Distrito VI, de la ciudad de Managua.(Tesis para optar al título de Ingeniero Civil). Universidad Centroamericana, Nicaragua.

Espinoza, E., (2015). Colapso de la pared Este de la “primera excavación del Museo Huellas de Acahualinca”. Reconocimiento y propuestas de mitigación y medidas de conservación temporal, informe técnico, Nicaragua, (paper).

Hradecky, P. (2002). Actualización del mapa de fallas geológicas de Managua, informe técnico. Instituto Nicaraguense de Estudios Territoriales INETER.

Losilla, M., Rodríguez, H., Schosinsky, G., Stimson, J., Bethune, D., (2001). Los acuíferos volcánicos y el desarrollo sostenible en América Central, (1ra. Ed.). Costa Rica: Editorial de la Universidad de Costa Rica.

Rausch, J., Schmincke, H.U., (2010). Nejapa tephra: the youngest (C.1 Ka Bp) highly explosive hydroclastic eruption in western Managua (Nicaragua)- *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 192 (3-4):159-177

Richardson, B. (1941). La más Antigua huella del hombre nicaragüense. Washington D.C.: Carnegie Institution,

Schmincke, H.U., Kutterolf, S., Perez, W., Rausch, J., Freundt, A., & Strauch, W., (2009). Walking through volcanic mud: 2100 – year-old Acahualinca footprints (Nicaragua) I: Stratigraphy, Lithology, Volcanology and age of the Acahualinca section – *Bull. Volcanology*. 71:479 – 493. doi 10.1007/s00531 – 009 – 0438 – 0

Velásquez, G., Ayala, I., Hernández, J., Gavidia, J., (2014). La zonificación morfotectónica – volcánica en el análisis morfoestructural del relieve: el caso del municipio de Managua, Nicaragua – *Investigaciones Geofísicas, boletín del instituto de Geografía, UNAM*. ISSN 018-4611, dx.doi.org/10.14350/reg.43549

### **Bibliografía complementaria**

Brown, Jr., Plafker, G., (1973). Geologic and Seismologic aspects of the Managua, Nicaragua, earthquakes of December 23, 1972. Geological Survey Professional Paper No. 838, 1-34

Catastro e Inventario de Recursos Naturales, (1971). Mapa geológico de Nicaragua, 1:50,000, Hoja 2952 III. Nicaragua, Autor.

Centro de Investigaciones Geocientíficas, CIGEO, UNAN-Managua, (2008). Estudio y evaluación de la peligrosidad y vulnerabilidad sísmica – estructural del Estadio Nacional de Béisbol “Denis Martínez” de Managua, Nicaragua, Autor.

García, R., (2015). Recomendaciones generales sobre el impacto a las Huellas de Acahualinca, por las últimas lluvias de 2 de junio de 2015, informe técnico, Nicaragua, Paper.

Guía técnica de la elaboración del “Mapa geológico del área de Managua y sus alrededores, (Nicaragua)”. (s/f) Nicaragua (s/a).

Hradecky, P., (1997). Estudio para el reconocimiento de la amenaza geológica en el área de Managua, Nicaragua, Servicio Geológico Checo, INETER.

INETER, (2001). Amenazas naturales de Nicaragua. INETER, 1ra edición, Nicaragua, Autor.

Martínez, R., (2005). Balance de la subcuenca central del acuífero de Managua utilizando software flowpath II . (Tesis para optar al título de Maestro en Ingeniería Ambiental) Universidad Nacional de Ingeniería y Estudios Medio Ambiente, Nicaragua.

Navarro, R., Morales, W., (2015). Evaluación y recomendaciones para el Museo Huellas de Acahualinca, Informe Técnico, Etudes et Valorisations Archeologiques, EVEHA, Nicaragua, Paper.

Quille, H., Fernández, C., Machado, K., Terraza, H., Martínez, G., Arguello. Z., Álvarez, B., Landazuri, C. Romero, M., Nuques, C., (2009). Programa de drenaje pluvial y gestión de desarrollo de la Subcuenca III de Managua, Análisis Ambiental. Nicaragua. BID

Strauch, W. (ed). (2000). Estudio de la microzonificación sísmica de Managua, Informe técnico, INETER.

Vammer, K., (2010 September). The actual situation of water resource in Central America and initiatives to improve water capacity, ( International Symposium, Improving access to safe water perspective from Africa and the Americas (s/pp), Managua, Nicaragua, CIRA / UNAN.



Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua

UNAN-Managua.

Instituto de Geología y Geofísica

IGG-CIGEO  
UNAN-Managua

Geología – Geofísica – Hidrogeología – Geotecnia – Evaluación de Riesgos a Desastres

“AÑO DE LA UNIVERSIDAD SALUDABLE”

## MATERIAL CONSTITUTIVO DE LA TOBA ANDESÍTICA DE LAS HUELLAS DE ACAHUALINCA

LAB-150005

Fosa 1

Nombre: Toba Andesítica

Textura general: Cristalolitovitreooclástica

Textura cemento: vitreooclástica

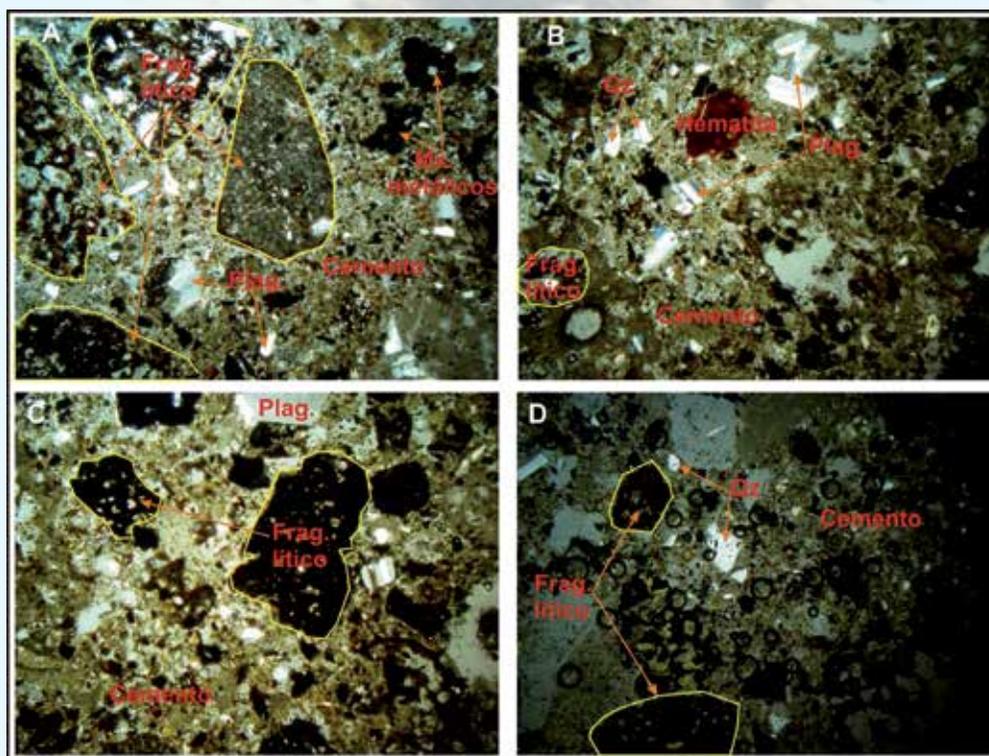


Foto 1. Lab. 150005. Toba andesítica. A). Fragmentos líticos subangulosos de composición andesítica, cristales de plagioclasas (plag) y minerales metálicos inmersos en el cemento de la muestra. Aumento: 5x. B). Fragmento lítico subredondeado de composición andesítica, cristales de cuarzo (Qz), cristales de plagioclasas (plag) inmersos en el cemento de la muestra. Aumento: 5x. C). Fragmentos líticos angulosos de composición andesítica y plagioclasas (plag) subhedrales inmersos en el cemento de la muestra. Aumento: 5x. D). Fragmentos líticos subredondeados de composición andesítica y cristales de cuarzo (Qz) inmersos en el cemento de la muestra. Aumento: 5x.

En esta muestra se pueden observar dos tipos de fragmentos líticos, los que en conjunto conforman el 15% de toda la sección delgada.

- El primer tipo de fragmentos líticos poseen formas subredondeados y corresponden a una roca volcánica muy alterada a minerales de arcilla (foto 1. B y D).
- El segundo tipo de fragmentos líticos corresponde a una roca volcánica efusiva de composición andesítica, con microlitos corroídos en la matriz. Estos líticos poseen formas angulosas y se observan mejor preservados (foto 1. A y C).

#### Composición mineralógica

**Plagioclasas:** conforman el 20% de la muestra, son de composición media (andesina) se observan como cristales con formas prismáticas largas de aspecto subhedral, alteradas a minerales arcillosos y con sus bordes corroídos por minerales metálicos y por el material cementante que posee la muestra (foto 1. A, B y C).

**Anfíboles:** constituyen el 5% de la muestra y se encuentran representados por hornblenda, se observan con formas prismáticas alargadas y de aspecto subhedral, afectados por alteraciones de clorita y sus bordes están corroídos por los minerales metálicos que posee la muestra.

**Piroxenos:** conforman el 2% de la muestra se observan con formas prismáticas cortas, se encuentran alterados a clorita y con sus bordes corroídos por los minerales metálicos presentes en la muestra. En algunas partes de la muestra se observan afectados por alteraciones de hematita (foto 1. B).

**Cuarzo:** conforman el 3% de la muestra, de aspecto alotriomórfico distribuido de manera irregular en el material cementante de la muestra y en los fragmentos líticos (foto 1. B y D).

**Minerales metálicos:** estos constituyen el 4% de la muestra, aparecen distribuidos de manera irregular por toda la sección con aspecto alotriomórfico (foto 1. A).

**Cemento:** conforma el 51% de la muestra, está compuesto por una mezcla de vidrio volcánico, cristales de plagioclasas y minerales máficos (foto 1. A, B, C y D). En algunas partes de la sección puede observarse bien preservada la textura fluidal del vidrio volcánico.

#### Alteraciones:

**Cloritización:** aparece afectando al material cementante y a los minerales máficos que posee la muestra.

**Hematización:** se observa afectando a los minerales máficos (anfíboles y piroxenos) presentes en la muestra (foto 1. B).



PODER  
CIUDADANO  
**ALCALDÍA**  
**DE MANAGUA**  
BUEN GOBIERNO!

**2016**  
*Vamos Adelante!* EN BUENA  
ESPERANZA,  
EN VICTORIAS!



EN BUENA ESPERANZA,  
EN BUEN CORAZÓN, EN VICTORIAS!

AMOR A  
*Nicaragua!*