

ESTUDIO COMPARATIVO ACERCA DEL PORCENTAJE DE HUMEDAD CONTENIDA EN PAREDES DE YESO EN EDIFICACIONES AFECTADAS Y NO AFECTADAS POR LA PRESENCIA DE AGUA

Gabriel F. Ramírez Bello
Departamento de Ciencias Ambientales
Facultad de Ciencias Naturales, UPR RP

Recibido: 16/9/2020; Revisado: 14/4/2021; Aceptado: 5/11/2021

Resumen

El crecimiento de hongos en el interior de un edificio puede ser resultado de la humedad retenida en los materiales utilizados en su construcción. Esto puede causar problemas respiratorios en algunos ocupantes. En esta investigación, estudié el porcentaje de humedad contenida en paredes de yeso ubicadas en edificios del recinto de Río Piedras de la Universidad de Puerto Rico. En general, los edificios más afectados por el huracán María sí resultaron estar en peores condiciones si usamos las medidas ambientales como criterio. Se espera que este trabajo sirva de indicador de la predisposición o posible presencia de crecimiento de hongos en estos lugares.

Palabras claves: hongo, temperatura, edificio, huracán, yeso

Abstract

The growth of fungi in the interior of a building can be the result of the humidity retained in the construction materials. This can be detrimental to some occupant's respiratory health. Because of this, I studied the percentages of humidity contained in the gypsum walls found in buildings of the Río Piedras campus of the University of Puerto Rico. Overall, buildings that were more greatly affected by the passing of Hurricane María turned out to be in worse conditions when using environmental measurements as criteria. It is hoped that this study brings awareness to the predisposition and possible fungi growth in this type of buildings.

Keywords: fungi, temperature, building, hurricane, gypsum

Introducción

La exposición prolongada a ciertos hongos puede ocasionar problemas respiratorios en algunas personas (Chew et al., 2006). El crecimiento de hongos en un edificio muchas veces está relacionado con la humedad resultante por problemas de plomería, inundaciones o condensación de agua (Andersen et al., 2011). La humedad relativa en el aire y el porcentaje de humedad contenida en los materiales son factores que sirven para determinar la probabilidad de ocurrencia de hongos en los espacios (Hoang et al., 2010). Entre ambos factores, algunos autores argumentan que la humedad presente en el material es un mejor indicador (Dedesko & Siegel, 2015). Materiales como el yeso, el cual tiene un nivel crítico de humedad entre 80% y 85% (Johansson et al., 2012), son susceptibles al crecimiento de hongos, especialmente cuando tienen un alto contenido de humedad (Mendell et al., 2018). Luego de pasar este umbral de humedad relativa en el aire inmediato, se propicia el crecimiento de hongos. Por otro lado, el nivel crítico de humedad para el crecimiento de hongos también está relacionado a la temperatura en el ambiente (Johansson et al., 2013). Según el *American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers* (ASHRAE), la temperatura en el interior no se debe exceder de los 62.2 °F para garantizar la comodidad del ocupante y evitar el desarrollo de hongos (Dedesko & Siegel, 2015). En Puerto Rico existe una gran predisposición para la proliferación de hongos por tener unos niveles bastante elevados de humedad relativa. Esta predisposición aumenta aún más si no se atienden los problemas de humedad causados por la presencia de agua en el ambiente construido.

En el 2017, el huracán María azotó la isla de Puerto Rico. Este huracán de categoría 5 trajo vientos de 155 millas por hora y ráfagas de hasta 210 millas por hora y resultó ser el más fuerte que ha impactado a Puerto Rico en alrededor de casi noventa años (García, 2018). El mismo causó mucho daño a la infraestructura física en toda la isla, incluyendo los edificios de los diferentes recintos de la universidad pública. En el recinto de Río Piedras de la Universidad de Puerto Rico, el recinto principal de esa institución, algunos edificios sufrieron daños de tal magnitud que necesitarán ser demolidos, como es el caso de la actual Escuela de Comunicación Pública y el Anexo Facundo Bueso.

El objetivo de este estudio es contestar primeramente la siguiente pregunta: ¿Hay diferencias significativas entre la humedad contenida en paredes de yeso entre edificaciones que fueron afectadas por la presencia del agua durante y luego del huracán María, en comparación con aquellas que no? Para contestar esta pregunta, se evaluó la siguiente hipótesis: Las paredes de yeso en los edificios que sostuvieron mayores daños por la presencia de agua luego del paso del huracán María contendrán unos porcentajes de humedad mayores, al compararlos con el porcentaje de humedad

contenido en las paredes de yeso de edificios que se han mantenido en uso. También se cuestionó: ¿Habrá alguna tendencia en los valores de humedad contenida y temperatura en la superficie de las paredes de yeso, al compararlos a diferentes distancias del piso, entre los edificios más afectados por la presencia de agua y los menos afectados? Esperaba que, como consecuencia de las inundaciones, las muestras tomadas más cercanas al piso en los edificios más afectados por la presencia de agua mostrarían porcentajes de humedad contenida mayores y valores menores de temperatura en la superficie, al compararlos con valores de muestras tomadas a mayor distancia del piso, mientras que en los edificios menos afectados por la presencia de agua no se esperaba ver una tendencia clara. Por último, se cuestionó: ¿Cómo comparan la humedad relativa y la temperatura del aire interior de los edificios estudiados con la humedad relativa y la temperatura en el aire en el exterior de estos? Esperaba que los valores de la humedad relativa y la temperatura en el aire en el interior de los edificios más afectados por la presencia de agua fuesen mayores que los valores en el exterior, ya que los edificios que no han sido intervenidos, no se han podido secar adecuadamente, ya que varios han estado clausurados. En los edificios menos afectados por la presencia de agua, se esperaba que los valores de la humedad relativa y la temperatura del aire en el interior resultaran menores que en el exterior, ya que se presume que los edificios menos afectados cuentan con aire acondicionado. Para evaluar estas hipótesis, se hicieron medidas de temperatura ambiental y humedad relativa en el aire, y de temperatura y humedad contenida en las superficies de paredes de yeso en el interior de algunos de los edificios más afectados por la presencia de agua a causa del huracán María, algunos de los menos afectados o no afectados por la presencia de agua y unos que sí fueron afectados, pero habían sido restaurados al momento del muestreo, todos dentro del recinto de Río Piedras de la Universidad de Puerto Rico. La humedad y temperatura en esos lugares nos sirven de indicadores de la posible presencia de hongos o de la predisposición de estos lugares para propiciar su crecimiento.

Métodos

El estudio se llevó a cabo en el campus de la Universidad de Puerto Rico, recinto de Río Piedras. Para seleccionar los edificios a estudiarse y clasificarlos según su estado luego del paso del huracán María, se consultó al profesor Jorge Ramos, director de la Oficina de Protección Ambiental y Seguridad Ocupacional del recinto. Se escogieron en total 12 edificios para el estudio: cinco de los más afectados por la presencia de agua luego del paso del Huracán María, cinco de los menos afectados o que no fueron afectados y dos que sí fueron afectados, pero habían sido

intervenidos y ya restaurados al momento en el cual se tomaron los datos (ver Figura 1).



FIGURA 1: SITIO DE ESTUDIO Y LOCALIZACIÓN DE EDIFICIOS A SER MUESTREADOS EN LA UNIVERSIDAD DE PUERTO RICO, RECINTO DE RIO PIEDRAS, IDENTIFICADOS SEGÚN SU ESTADO (AFECTADO, NO AFECTADO Y RESTAURADO).

FUENTE: MAPA BASE FUE FACILITADO POR LA OFICINA DE PLANIFICACIÓN Y DESARROLLO FÍSICO DE LA UNIVERSIDAD DE PUERTO RICO, RECINTO DE RÍO PIEDRAS. FUE MODIFICADO POR EL AUTOR

Se escogieron las paredes según la accesibilidad que se tuvo a los espacios, dándole prioridad a aquellas paredes que mostraban daños visibles o que estaban cercanas a alguna ventana. En cada pared se tomaron tres muestras en contacto directo con el material, para las siguientes variables: el porcentaje de humedad, el cual se determinó usando un medidor de humedad de dos pines o *2 pin moisture meter* (*Moisture Meter M050, Extech Instruments*), y la temperatura en la superficie del material, la cual se determinó usando un termómetro láser (*IR Thermometer IR400, Extech Instruments*) (ver Figura 2). Los puntos de muestreo se tomaron a nivel piso, a tres pies (3') de altura y a cinco pies (5') de altura; el posicionamiento de la línea de muestreos en el eje horizontal fue escogido tomando en cuenta la accesibilidad y las características físicas de la pared, así como por la presencia visible de hongo o cercanía a una ventana. También se midió la humedad relativa y temperatura del aire

usando un termohigrómetro (*Precision Psychrometer RH390, Extech Instruments*). Las medidas de la humedad relativa y temperatura del aire en el interior se tomaron tres veces en cada edificio, en el área inmediata, frente a cada pared de yeso estudiada. Estas muestras se tomaron a no menos de un pie y medio (1'6") de distancia de la línea de muestreo que se llevó a cabo en cada pared de yeso, y a seis pies (6') de altura del piso. Solo se tomó una medida de la humedad relativa y la temperatura del aire en el exterior de cada edificio. Estas muestras se tomaron en el área inmediata, frente a las entradas principales de los edificios, a una altura de seis pies (6') del piso.

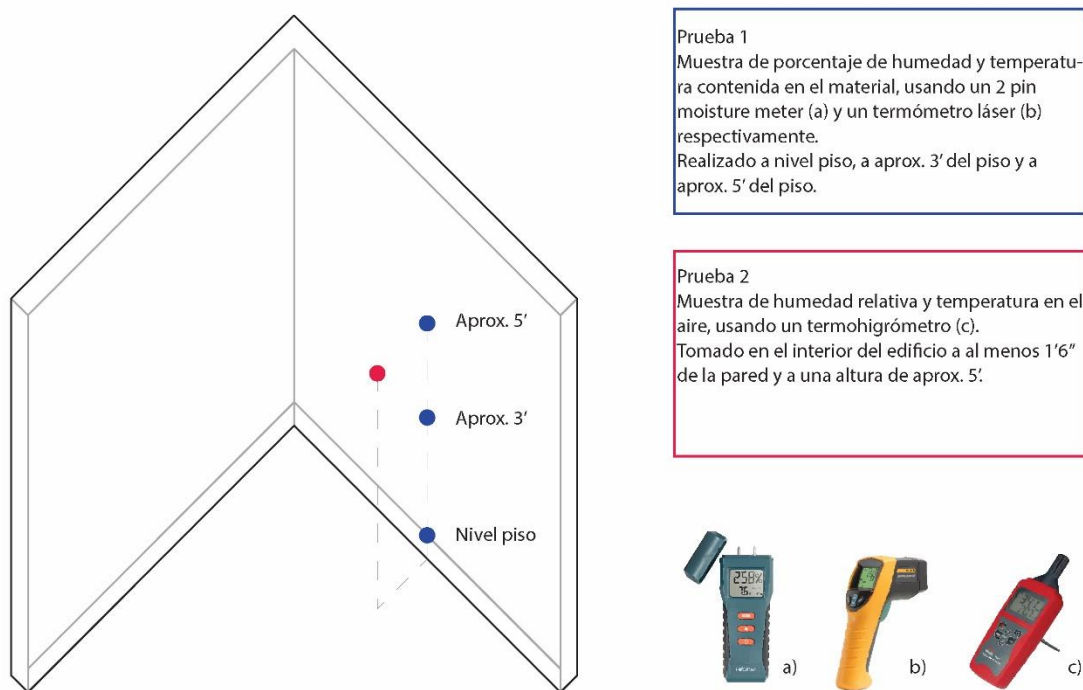


FIGURA 2: DISEÑO DE MUESTREO PARA LAS MEDIDAS AMBIENTALES DENTRO DE LOS EDIFICIOS.

Para analizar los datos se realizaron estadísticas descriptivas y pruebas paramétricas con aquellos datos tomados de variables físicas y ambientales de edificios afectados y no afectados por el huracán. Se realizaron análisis de varianza anidado para determinar si existía diferencia significativa entre el porcentaje de humedad hallado en las paredes de yeso, la temperatura en su superficie y las variables ambientales de los edificios muestreados en función de factores tales como su estado, la pared muestreada y la altura a la cual se tomaron las medidas. Este último factor se analizó para ver alguna tendencia en los datos tomados de la humedad contenida y la

temperatura en la superficie, en las paredes de yeso por niveles (a nivel piso, tres pies (3') del piso y a cinco pies (5') del piso), comparando los resultados de los cinco (5) edificios más afectados por la presencia de agua, los cinco (5) edificios menos afectados, y los dos (2) edificios que fueron afectados, pero ya habían sido restaurados al momento de tomar las muestras. Se llevó a cabo una Prueba t pareada para comparar las variables ambientales del interior de cada edificio con las de su exterior, estas siendo la humedad relativa y la temperatura en el aire. Se realizó otro análisis de varianza anidado y una prueba *Post-hoc* para comparar los edificios de forma individual según su temperatura ambiental interna, para así tener una prueba en el cual los edificios no estén agrupados, para ver cuánta varianza hay entre sí, aún dentro de los grupos estudiados. Por último, se realizaron una serie de *Box-plots* para tener una representación visual de cómo comparan las medidas tomadas en los edificios según las diferentes variables muestreadas y según las diferentes alturas a las cuales se muestrearon las variables en las paredes de yeso (ver Figura 3 y Figura 4).

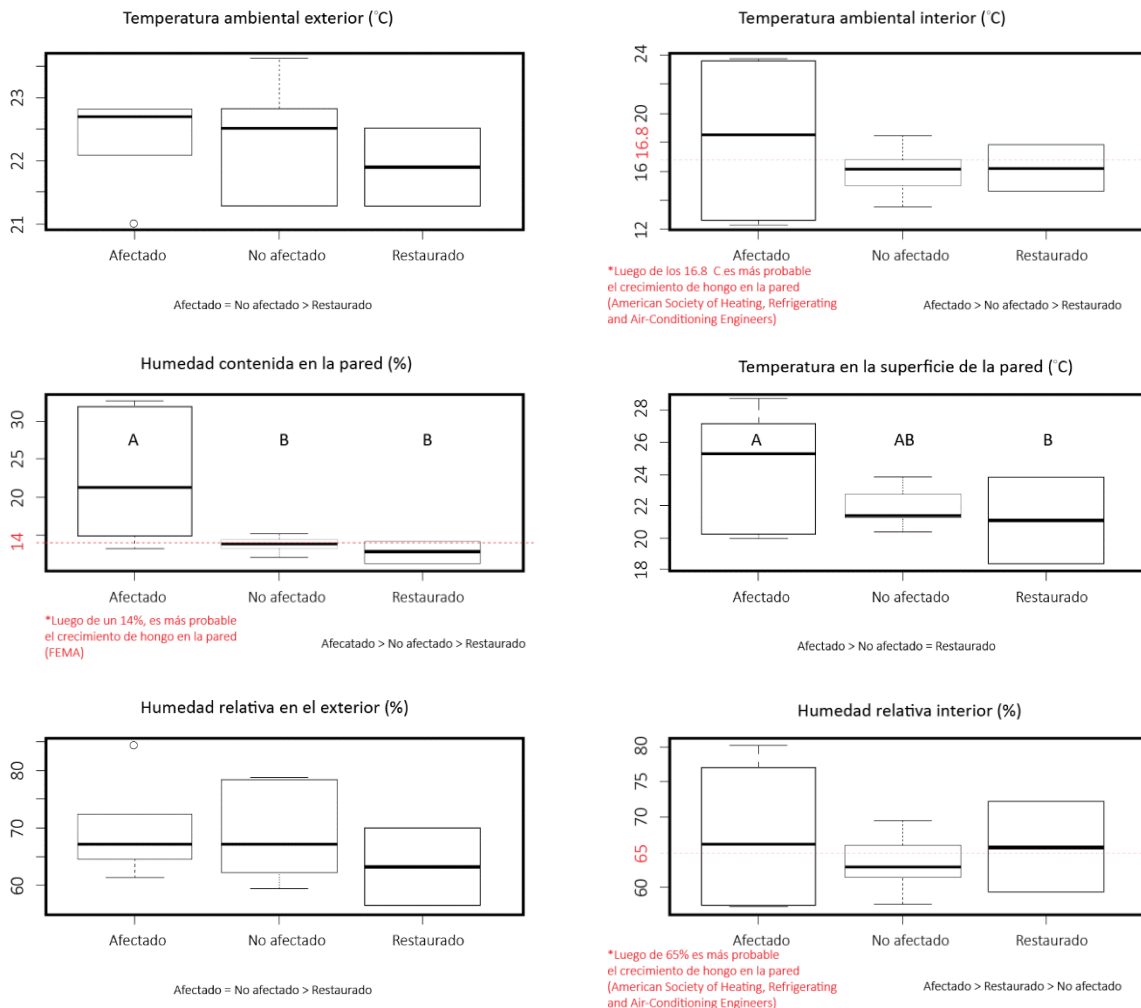


FIGURA 3: DIAGRAMAS DE CAJA DE VARIABLES AMBIENTALES EN FUNCIÓN DEL ESTADO DE EDIFICIOS (AFECTADO, NO AFECTADO, RESTAURADO) EVALUADOS LUEGO DEL HURACÁN MARÍA EN LA UNIVERSIDAD DE PUERTO RICO, RECINTO DE RIO PIEDRAS Y PRUEBAS DE CONTRASTE EVALUANDO DIFERENCIAS ENTRE LOS PROMEDIOS. HUMEDAD CONTENIDA EN LA PARED (AFECTADO > NO AFECTADO > RESTAURADO), TEMPERATURA EN LA PARED (AFECTADO > NO AFECTADO = RESTAURADO), HUMEDAD RELATIVA EN EL EXTERIOR (AFECTADO = NO AFECTADO > RESTAURADO), HUMEDAD RELATIVA EN EL INTERIOR (AFECTADO > RESTAURADO > NO AFECTADO), TEMPERATURA AMBIENTAL INTERIOR (AFECTADO = NO AFECTADO > RESTAURADO), TEMPERATURA AMBIENTAL EXTERIOR (AFECTADO > NO AFECTADO > RESTAURADO).

NOTA: LETRAS DIFERENTES SEÑALAN DIFERENCIA SIGNIFICATIVA ($P < 0.05$)

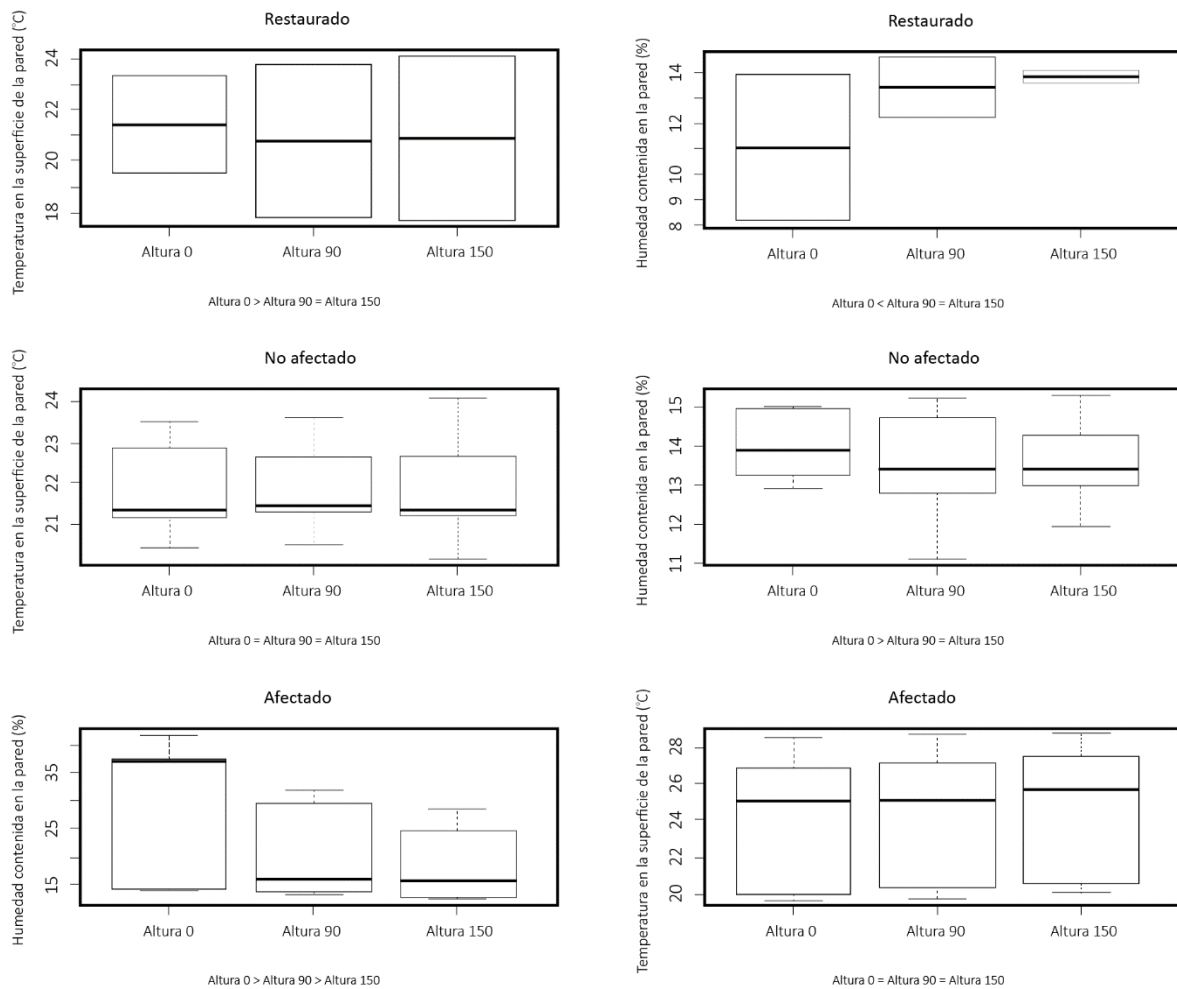


FIGURA 4: DIAGRAMAS DE CAJA DE LAS VARIABLES AMBIENTAL MUESTREADA EN LAS PAREDES DE YESO (HUMEDAD CONTENIDA EN LA PARED Y TEMPERATURA EN LA SUPERFICIE DE LA PARED), SEGÚN LA ALTURA A LAS CUALES FUERON TOMADAS (0 (NIVEL PISO), 90 (0.91M O 3 PIES APROX.), 150 (1.52M O 5 PIES APROX.) Y, EN FUNCIÓN DEL ESTADO DEL EDIFICIO (NO AFECTADO, AFECTADO, RESTAURADO). TEMPERATURA EN LA SUPERFICIE DE LA PARED: RESTAURADO (ALTURA 0 > ALTURA 90 = ALTURA 150), NO AFECTADO (ALTURA 0 = ALTURA 90 = ALTURA 150), AFECTADO (ALTURA 0 = ALTURA 90 = ALTURA 150). HUMEDAD CONTENIDA EN LA PARED: RESTAURADO (ALTURA 0 > ALTURA 90 = ALTURA 150), NO AFECTADO (ALTURA 0 = ALTURA 90 = ALTURA 150), AFECTADO (ALTURA 0 = ALTURA 90 = ALTURA 150)

Resultados

Los resultados de un ANOVA anidado para evaluar diferencias en los promedios de humedad contenida en la pared y temperatura en el punto de muestreo en la superficie de la pared arrojaron diferencias significativas para el factor ‘estado del edificio’, pero no para el factor ‘pared’. Los edificios afectados mostraron valores de humedad contenida en las paredes significativamente mayores a los de los edificios ‘no afectados’ y ‘restaurados’, quienes no fueron significativamente diferentes entre sí (ver Figura 3). Mientras, los edificios afectados tuvieron temperaturas en la superficie de la pared mucho mayores que la de los edificios restaurados, pero no significativamente diferentes a la de los edificios no afectados, aunque estos mostraban una tendencia para valores menores (ver Figura 3).

Los análisis para el ANOVA anidado para evaluar diferencias en la humedad relativa en función del estado del edificio y la pared no fueron significativos para ninguno de los dos efectos. Igualmente, no se detectaron diferencias significativas en la temperatura interior ambiental en función del estado del edificio, pero sí se encontraron diferencias significativas entre edificios. El valor máximo de temperatura ambiental interior lo mostró tener la Escuela de Comunicación (74.7 °F) el edificio más afectado por la presencia de agua, y el valor menor de temperatura en promedio lo obtuvo la Escuela de Arquitectura (54.3 °F), también entre los más visiblemente afectados.

Ni la temperatura ni la humedad contenida de la pared variaron significativamente en función de la altura. La temperatura tendió a ser menos variable en los edificios no afectados, mientras que los valores de humedad fueron más variables cuando fueron medidos en la superficie de las paredes, pero menos variables cuando fueron medidos específicamente a cinco pies de altura en los edificios afectados y restaurados (ver Figura 4).

Cuando se evaluaron las diferencias entre la temperatura y humedad relativa ambiental del interior y el exterior del edificio utilizando pruebas t-pareadas, solo se encontró una diferencia significativa en la temperatura, pero únicamente en los edificios no afectados. En esos edificios la temperatura exterior era en promedio cuatro grados mayor (medidos en °C) que la temperatura interior.

Discusión

Los resultados apoyaron parcialmente las hipótesis planteadas. La primera hipótesis establecía que debería haber diferencia significativa en cuanto a la humedad contenida en las paredes de yeso de los edificios de la universidad, al comparar los edificios por su estado. Específicamente, que aquellos edificios que fueron afectados por la presencia de agua luego del paso del huracán María en un mayor grado deberían, en promedio, tener un valor significativamente mayor en cuanto a la humedad contenida en las paredes, que aquellos menos afectados o ya restaurados al momento de muestrear. Los resultados apoyaron esta hipótesis para la humedad en las paredes. Primero, la humedad contenida en las paredes era más alta en los edificios afectados. Segundo, la temperatura de las paredes en los edificios afectados fue mayor. Una posibilidad para tener humedades relativas más altas en los edificios afectados es que estos habían permanecido cerrados hasta el momento del muestreo, mientras que los no afectados ya estaban en uso al realizarse este estudio.

Teniendo estos datos de diversas variables ambientales, es posible compararlos contra valores de umbrales establecidos por diferentes agencias, para identificar los edificios que pudieran estar más propensos a sufrir problemas por la proliferación de hongos. Según Federal Emergency Management Agency (FEMA) la humedad contenida en una pared no debe pasar de 14% porque luego de este nivel la pared es más susceptible al crecimiento de hongos (*Initial Restoration for Flooded Buildings*, 2005). Los promedios de los edificios menos afectados se acercan a este umbral, pero los más afectados se exceden, llegando a un promedio de humedad contenida en las paredes de 22%. Los parámetros establecidos por el Instituto Nacional de Salud son más estrictos aún, ya que la humedad de una pared de yeso debería estar entre 7% y 10% (*Moisture and Mold Remediation Standard Operating Procedures*, 2014). Según esos parámetros, todos los edificios estudiados se exceden. En cuanto al interior, según ASHRAE, la humedad relativa no debe pasar del 65% y la temperatura no debe exceder de 62.2 °F, para garantizar la comodidad del ocupante y evitar el desarrollo de hongos (Dedesko & Siegel, 2015). Los resultados demuestran que cuatro de los edificios clasificados como afectados se exceden de los valores estándares de humedad relativa y temperatura ambiental, mientras que los demás edificios caen dentro de lo aceptado por un margen pequeño. Esto solo si se toman en cuenta los promedios, ya que, si se observa la dispersión de los datos en los edificios estudiados, estos se exceden de los límites establecidos por ASHRAE.

Para la última hipótesis se quería evaluar la relación entre la humedad relativa y la temperatura ambiental interior, y la humedad relativa y temperatura ambiental exterior. Para los edificios afectados se pensaba que deberían tener en su interior

unos valores mayores para estas variables ambientales, por haber estado clausurados, mientras que los menos afectados, incluyendo los restaurados, deberían tener valores mayores para su exterior, asumiendo que contaban con el uso de aire acondicionado. La hipótesis en parte no se dio, ya que las medidas tomadas en el aire exterior en su mayoría fueron mayores que las del interior, incluyendo a los más afectados. Donde único se vio un valor mayor para el interior al compararlo con el exterior fue en la humedad relativa de los restaurados. Al comparar los resultados con algunos parámetros establecidos, según la dispersión de sus promedios, algunos edificios se exceden de los niveles ideales de humedad relativa y temperatura ambiental en el interior; esto en todos los grupos, no solo los más afectados. Esto muestra que es muy probable que el mantenimiento y acondicionamiento de estos edificios varía, y por eso se arrojó diferencia significativa en los edificios no afectados. Se evaluaron también las diferencias entre estas variables ambientales, y solo se encontró diferencia significativa en la temperatura exterior vs. interior de los no afectados. En esos edificios la temperatura exterior era en promedio cuatro (4) grados (medido en °C) mayor que la temperatura interior. Esto se debe mayormente al uso de aire acondicionado en los edificios menos afectados, mientras que los edificios más afectados no tenían aire acondicionado y muchos se encontraban clausurados (por lo que la ventilación natural estaba muy restringida).

El estudio tiene sus limitaciones. No hay un estándar para este tipo de estudio (Dedesko & Siegel, 2015), por esta razón el diseño de esta investigación es uno experimental. La segunda hipótesis trataba sobre las medidas tomadas a diferentes alturas en las paredes. Se pensaba que las medidas tomadas más cercanas al piso iban a ser mayores, tanto para la humedad contenida en las paredes, así como para la temperatura en la superficie de las paredes, en los edificios más afectados por la presencia de agua, al haber estado inundados. Por otra parte, se pensaba que en los edificios menos afectados no se iba a ver una tendencia clara y que los valores serían más similares entre sí. No obstante, sí se observó que el promedio de humedad contenida en las paredes fue mayor para las muestras tomada al nivel de piso en los edificios más afectados, al compararlos con las muestras tomadas a mayor altura en esos mismos edificios, y al compararlos con los promedios de humedad a nivel piso de los demás edificios. Al evaluar los datos para estas variables en función de altura en un ANOVA anidado, no se vio una diferencia significativa, así que no se cumplió la hipótesis. Puede ser porque la mayoría del agua no haya entrado por inundación, sino que también se introdujera por las ventanas y percolara por los techos. En varios de los resultados se vio mucha variación. Esto se puede deber a que, aunque se estén agrupando los edificios por su estado, cada edificio tiene sus características individuales. El mantenimiento de la infraestructura y el acondicionamiento interno

de cada edificio son factores que también pudieran afectar los niveles de humedad y temperatura.

Este estudio aporta conocimientos sobre lo crítico que puede ser mantener niveles aceptables de humedad y temperatura en los edificios, subrayando la importancia de protegerlos durante el paso de fenómenos atmosféricos, brindarles el mantenimiento adecuado y proveer una ventilación apropiada en sus espacios, no solo por la comodidad de sus ocupantes, sino para evitar también que se creen ambientes que propicien el crecimiento de ciertos hongos que pudieran resultar perjudiciales a la salud (Andersen et al., 2011). Los resultados de este estudio sirven para evaluar cuáles de los edificios estudiados se encuentran más afectados por problemas de humedad y requerirán medidas más agresivas de mitigación.

Conclusión

En conclusión, se logró lo establecido de observar y comparar la condición de algunos de los edificios de la universidad en términos de los parámetros estudiados. Aunque no se hayan cumplido la totalidad de las hipótesis, pude ver varios resultados esperados. En general, los edificios más afectados sí resultaron estar en peores condiciones si usamos las medidas ambientales como criterio. Algunos mostraban de manera visible el crecimiento de hongos como consecuencia directa de los valores elevados de humedad que se pudieron registrar. Entre las limitaciones de este estudio, se encuentran que no se consideraron las diferencias entre las características individuales de los edificios, incluyendo su acondicionamiento. A pesar de esto, el estudio logró registrar niveles de humedad que sobrepasan lo recomendado por algunos estándares, enfatizando la importancia de monitorear frecuentemente las condiciones y atender aquellos parámetros que se salgan de los niveles recomendados para evitar que estos edificios se enfermen, y como consecuencia, se enfermen también las personas que los frecuentan.

Referencias

- Andersen, B., Frisvad, J. C., Søndergaard, I., Rasmussen, I. S., & Larsen, L. S. (2011). Associations between fungal species and water-damaged building materials. *Applied and Environmental Microbiology*, 77(12), 4180–4188. <https://doi.org/10.1128/AEM.02513-10>
- Chew, G. L., Wilson, J., Rabito, F. A., Grimsley, F., Iqbal, S., Reponen, T.,

- Muilenberg, M. L., Thorne, P. S., Dearborn, D. G., & Morley, R. L. (2006). Mold and endotoxin levels in the aftermath of hurricane Katrina: A pilot project of homes in New Orleans undergoing renovation. *Environmental Health Perspectives*, 114(12), 1883–1889. <https://doi.org/10.1289/ehp.9258>
- Dedesko, S., & Siegel, J. A. (2015). Moisture parameters and fungal communities associated with gypsum drywall in buildings. *Microbiome*, 3, 71. <https://doi.org/10.1186/s40168-015-0137-y>
- García, J. (2018). Apuntes sobre la evaluación de los daños causados por el Huracán María en Puerto Rico. *Revista de Administración Pública*, 49(2018), 157–182. <https://revistas.upr.edu/index.php/ap/article/view/13784/11493>
- Hoang, C. P., Kinney, K. A., Corsi, R. L., & Szaniszlo, P. J. (2010). Resistance of green building materials to fungal growth. *International Biodeterioration and Biodegradation*, 64(2), 104–113. <https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2009.11.001>
- Federal Emergency Management Agency. *Initial Restoration for Flooded Buildings* (Issue November). (2005). https://archive.epa.gov/region02/sandy/web/pdf/fema_flood.pdf
- Johansson, P., Ekstrand-Tobin, A., Svensson, T., & Bok, G. (2012). Laboratory study to determine the critical moisture level for mould growth on building materials. *International Biodeterioration and Biodegradation*, 73, 23–32. <https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2012.05.014>
- Johansson, P., Svensson, T., & Ekstrand-Tobin, A. (2013). Validation of critical moisture conditions for mould growth on building materials. *Building and Environment*, 62, 201–209. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2013.01.012>
- Mendell, M. J., Macher, J. M., & Kumagai, K. (2018). Measured moisture in buildings and adverse health effects: A review. *Indoor Air*, 28(4), 488–499. <https://doi.org/10.1111/ina.12464>
- National Institutes of Health, Office of Research Services. (2014). *Moisture and Mold Remediation Standard Operating Procedures* (Issue August). <https://www.ors.od.nih.gov/sr/dohs/Documents/MoldSOP.pdf>

