

DIFERENCIAS EN LA RESISTENCIA DE CONCRETOS SUJETOS A CURADOS HÚMEDOS Y AL AMBIENTE EN CLIMA CÁLIDO SUBHÚMEDO

Rómel Solís-Carcaño¹, Éric I. Moreno² y Cecilio Vázquez-Rojas³

RESUMEN

Curar el concreto es una práctica unánimemente aceptada para lograr un material de la mejor calidad posible. El hecho de mantener húmedo el concreto durante las primeras semanas de edad permite que la mayor parte del cemento se transforme en productos hidratados, los cuales le dan su poder aglutinante al material. En algunas regiones del mundo la humedad del medio ambiente podría mantener húmedo al concreto en forma natural, por lo que probablemente las necesidades de curados sean menores, respecto a regiones más secas.

El objetivo del presente trabajo fue comparar las resistencias a la compresión que se obtienen cuando el concreto es sometido a procesos de curado húmedo y al ambiente durante las diferentes épocas del año, en un contexto de clima cálido subhúmedo. Los resultados mostraron a edad temprana poca influencia del curado húmedo en la resistencia, y a edad mediana una influencia moderada. Se encontró también poca variación en los resultados a lo largo de un año.

Palabras clave: concreto, curado, agregado calizo, clima cálido subhúmedo.

ABSTRACT

Concrete curing is an undisputed accepted practice to obtain the best possible quality material. Keeping the concrete humid during the first weeks allows most of the cement to transform in hydrated products, which give the material its agglutinating power. In some regions around the world, ambient humid would keep concrete moist in natural form, thus it is not required to allocate resources to refill the water or to seal the surface. The aim of this work was to compare the compressive strength values obtained when concrete is subjected to moist and ambient curing processes during the different seasons of the year, under a hot subhumid climate. Results showed a meaningless influence of moist curing in the strength at early age, and a moderate influence at medium age. Also, it was found little variation in the results along the year.

Keywords: concrete, curing, limestone aggregate, hot sub-humid climate.

RESUMO

Curar o concreto é uma prática universalmente aceita para obter um material da melhor qualidade possível. O fato de manter o concreto úmido durante as primeiras semanas de idade permite que a maior parte do cimento se transforme em produtos hidratados, os quais lhe dão seu poder aglutinante ao material. Em algumas regiões do mundo a umidade do meio ambiente poderia manter o concreto úmido de forma natural, pelo que provavelmente as necessidades de curados sejam menores, em comparação com as regiões mais secas. O objetivo do presente trabalho foi comparar as resistências à compressão que se obtêm quando o concreto é submetido a processos de cura úmida e ao ambiente durante as diferentes épocas do ano, num contexto de clima cálido subúmido. Os resultados mostraram na primeira idade a pouca influência do curado úmido na resistência, e na meia idade uma influência moderada. Foi encontrada também pouca variação nos resultados ao longo de um ano.

Palavras chave: concreto, curado, adicionado calcário, clima cálido subúmido.

INTRODUCCIÓN

En materiales de múltiples fases, como es el concreto, su resistencia depende de la porosidad de cada componente. La porosidad de los agregados pétreos depende de las características físico-químicas de la roca madre que les da origen, así como de sus procesos de fabricación y/o manejo. Por su parte la relación entre el agua/ y el cemento (A/C) es la

¹ Profesor de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Yucatán. ² Profesor de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Yucatán. ³ Estudiante de posgrado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Yucatán.

que, teóricamente, determina la porosidad de la matriz de cemento hidratado y de la zona de transición entre ésta y los agregados pétreos¹. Sin embargo, no todo el cemento de una mezcla de concreto reacciona con el agua, de ahí que lo que realmente determina la calidad de la pasta de cemento es la concentración de productos sólidos de hidratación del cemento. Por lo que mantener el concreto durante el mayor tiempo posible en un estado que favorezca la hidratación del cemento se ha considerado tradicionalmente como una práctica recomendada en la construcción².

Se denomina curado húmedo del concreto a cualquier procedimiento que reabastezca de agua al material durante sus primeros días de edad, con la finalidad de compensar la pérdida de agua que, generalmente, tiende a sufrir para equilibrar la diferencia de humedad entre el concreto y el aire. La pérdida también suele evitarse sellando la superficie del concreto con una resina sintética de hidrocarburo³.

En ausencia de curado húmedo (o de sellado superficial) se esperaría que la capa más externa del concreto tenga un proceso de secado más o menos rápido dependiendo, principalmente, de la humedad relativa y la temperatura del medio ambiente. En regiones con alta humedad se ha comprobado que el curado podría no ser necesario para alcanzar la resistencia de diseño especificada; sin embargo, algunos estudios han reportado que el secado prematuro de la capa externa del concreto podría ser un factor que afecte su durabilidad en ambientes agresivos⁴.

La mayor parte de las zonas tropicales del continente americano suelen tener altos porcentajes de humedad relativa en el aire y, en muchos casos también, poca variabilidad en el clima durante las cuatro estaciones del año. Por lo que en ciertas regiones, el concreto podría curarse en forma natural en cualquier época del año. Por otro lado, es probable que la capacidad que tengan los agregados pétreos para retener agua sea otro factor que ayude a mantener húmedo el concreto (superficial e internamente), lo cual podría también hacer menos necesario reabastecer de agua al mismo. Cabe decir que agregados de alta absorción podrían ocasionar este fenómeno de curado interno, independientemente de que sean un factor que afecte en forma negativa la resistencia del concreto⁵.

El objetivo del estudio fue comparar las resistencias a la compresión que se obtienen a edades temprana y mediana, cuando el concreto se somete a un proceso de curado húmedo y al ambiente, en un contexto de clima cálido subhúmedo; así como explorar sobre la variabilidad que se da en el fenómeno del curado al ambiente cuando el concreto se fabrica y cura en los diferentes meses del año. El experimento fue realizado en la Península de Yucatán en México, cuyo clima está clasificado como de Sabana Tropical (Aw) según tipología de Köppen-Geiger-Pohl⁶. Las características que definen este clima son: todos los meses con una temperatura media superior a 18°C; no existe estación invernal y las lluvias son abundantes. Este tipo de clima se tiene también en el sur de la Florida, en casi todos los países de América Central; Cuba, República Dominicana y otras islas del Mar Caribe; y parte de Brasil, Venezuela y Colombia.

METODOLOGÍA

La unidad de análisis estudiada fue el concreto fabricado con agregados calizos de alta absorción expuesto a un clima cálido subhúmedo. La muestra estuvo conformada por especímenes fabricados en laboratorio a lo largo de un año civil con una relación A/C de 0,5. Cabe decir que se seleccionó esta A/C debido a que corresponde a una calidad de concreto muy empleada en la construcción de estructuras, por lo que ha sido utilizada en varios estudios sobre el curado.

El procedimiento experimental consistió en los siguientes pasos: fabricar de manera repetitiva concreto con la misma dosificación durante los doce meses de un año civil; moldear probetas cilíndricas estándar (30 cm de alto y 15 cm de diámetro); exponer aleatoriamente las probetas a uno de dos diferentes tratamientos de curado; y probar de manera aleatoria las probetas a compresión axial a una de tres diferentes edades.

La dosificación se diseñó con el método de volúmenes absolutos del ACI 211.2. Se utilizó cemento compuesto Portland de 30 MPa de fabricación mexicana (CPC-30), equivalente al Tipo I (436 kg de cemento por m³ de concreto).

Tabla 1. Propiedades de la muestra de agregados pétreos utilizados.

Agregado	Densidad relativa	Masa volumétrica seca suelta (kg/m ³)	Absorción (%)	Módulo de finura
Arena	2,30	1 361	5,5	3,52
Grava	2,24	1 224	5,7	-

El agua teórica de mezclado fue de 218 kg por m³ de concreto. Conviene subrayar que antes de cada uno de los colados se hizo el ajuste al agua mezclada, en función del contenido de humedad que presentaban los agregados en cada caso. Los agregados utilizados fueron triturados de piedra caliza cuya característica principal es que tienen alta absorción⁸. En la Tabla 1 se presentan propiedades físicas de la muestra de los agregados utilizados.

El concreto fue fabricado en condiciones controladas de laboratorio. Los tratamientos de curado se aplicaron a las 24 horas de su fabricación a partir de que las probetas fueron retiradas de sus moldes, y fueron los siguientes:

- Exposición al medio ambiente –a la intemperie bajo sombra– hasta el día de las pruebas a compresión, las cuales se realizaron a las edades de 7, 28 y 90 días; en lo sucesivo se menciona como curado al ambiente.

- Exposición a curado húmedo por inmersión, que para las pruebas a compresión a 7 y 28 días se aplicó hasta el día de la ejecución de las mismas; y para las pruebas a 90 días se aplicó hasta el día 28, combinándose posteriormente durante el resto del período (62 días) con un curado al ambiente –igual al que se explicó arriba–; en lo sucesivo se menciona como curado húmedo.

La razón para suspender el curado húmedo a los 28 días en el segundo tratamiento obedeció a las siguientes tres razones: la primera, debido a que 28 días es el lapso de curado estándar para pruebas a compresión (ya que después de 28 días de saturación el concreto ha alcanzado la mayoría de su resistencia), y que al iniciar el segundo período (al ambiente) el concreto se encuentra saturado por lo que sigue teniendo, por un tiempo, una condición propicia para que continúe el proceso de hidratación. La segunda, a que difícilmente en las construcciones se pueda continuar un curado húmedo después de cuatro semanas. Y la tercera, a que se decidió que en las mediciones de resistencia a 90 días las probetas sujetas a los dos tratamientos de curado tuvieran la misma condición de humedad, factor que ha demostrado provocar diferencias en la resistencia a la compresión.

El experimento fue replicado (en dos procesos de fabricación por mes), y la resistencia se midió con dos repeticiones para las pruebas a 7 días y con tres repeticiones para las pruebas a 28 y 90 días.

El análisis de los datos consistió en estadística descriptiva de la variable resistencia –a una misma edad– para cada grupo de concreto sujeto a un tratamiento de curado (media, desviación estándar y error estándar de la media); pruebas de diferencia de medias de Student y de diferencia de rangos de Mann-Whitney de la resistencia –a una misma edad–

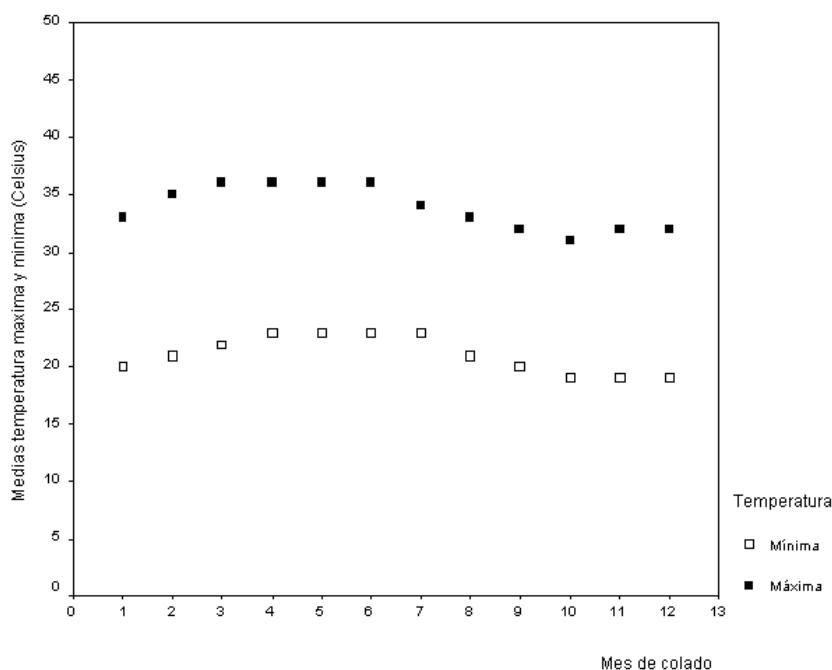


Fig. 1. Medias de la temperatura máxima diaria y de la temperatura mínima diaria durante el período de curado para pruebas a 90 días, correspondientes a los concretos fabricados en cada mes (Comisión Nacional del Agua).

entre los dos grupos sujetos a diferentes tratamientos de curado; y análisis de varianza y prueba de contraste Post Hoc de Tukey para probar diferencia entre las medias de las resistencias de los concretos colados en los diferentes meses del año. Se consideró un valor de significancia mínimo aceptable de 5% para todas las pruebas de contraste.

Contexto climático durante el experimento

Del seguimiento del contexto climático que se tuvo durante el estudio se presentan para el caso de las pruebas a 90 días las figuras 1, 2 y 3 que incluyen los principales parámetros del clima medidos durante el período de curado de los concretos; en estas figuras los datos se asocian con el mes en el que los concretos fueron fabricados. La Fig. 1 presenta las medias de la temperatura máxima diaria y la temperatura mínima diaria que se presentaron durante los 90 días de curado correspondientes a los concretos fabricados en cada mes del año.

La Fig. 2 presenta las medias de la humedad relativa máxima diaria y la humedad relativa mínima diaria durante el período de curado para las pruebas a 90 días.

La Fig. 3 presenta la gráfica de precipitación pluvial acumulada durante el período de curado para las pruebas a 90 días.

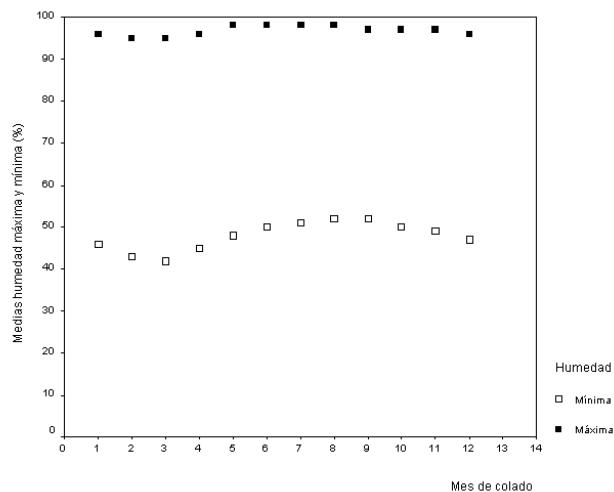


Fig. 2. Medias de la humedad relativa máxima diaria y la humedad relativa mínima diaria durante el período de curado para pruebas a 90 días, correspondientes a los concretos fabricados en cada mes (Comisión Nacional del Agua).

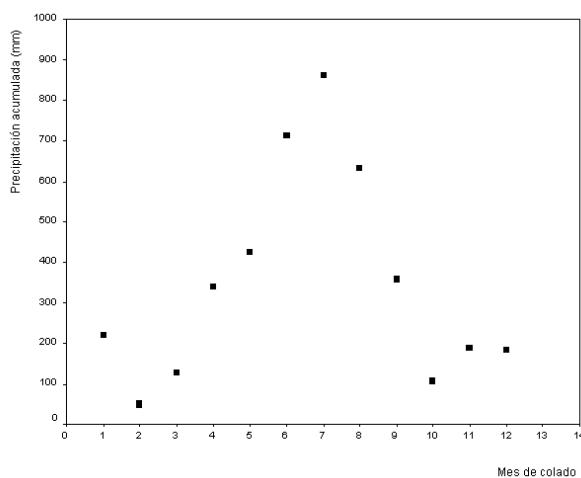


Fig. 3. Precipitación pluvial acumulada durante el período de curado para pruebas a 90 días (Comisión Nacional del Agua).

RESULTADOS

Análisis por edades de prueba

Para cada edad de prueba y cada uno de los tratamientos de curado se calcularon los estadísticos descriptivos de la resistencia de los concretos fabricados en cada mes del año. En la Fig. 4 se presenta la grafica de las medias a 7 días, con sus respectivas bandas de confianza para un 95% de probabilidad. Para esta edad de prueba, en el 67% de los meses la media de la resistencia de los concretos que tuvieron un curado húmedo fue menor a la de los concretos que tuvieron un curado al ambiente.

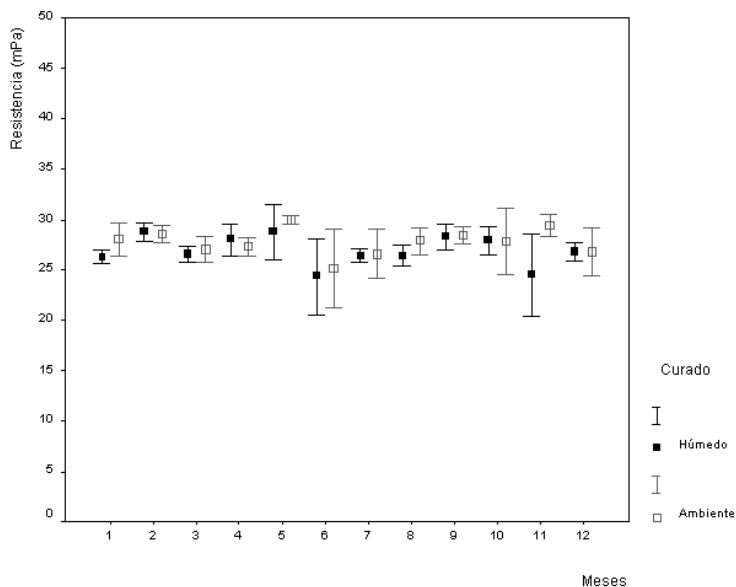


Fig. 4. Comparación entre las medias de la resistencia a 7 días para concretos colados en los diferentes meses del año (bandas de confianza 95%).

Lo anterior se reflejó de manera global en el hecho de que a la edad de 7 días la media de la resistencia de todos los concretos –colados durante un año– que fueron curados al ambiente (27,73 MPa) fue mayor a la de los concretos que tuvieron curado húmedo (26,90 MPa). La Tabla 2 presenta la estadística descriptiva de la resistencia de los dos grupos de concretos que resultaron de los dos tratamientos de curado estudiados.

Tabla 2. Estadística descriptiva de la resistencia (MPa) de los concretos probados a 7 días (N es el tamaño de la muestra).

Curado	N	Media	Desviación estándar	Error estándar de la media
Húmedo	48	26,90	1,82	0,26
Ambiente	48	27,73	1,68	0,24

La diferencia en la resistencia entre los dos grupos fue estadísticamente significativa tanto para la prueba paramétrica (diferencia de medias), como para la prueba no paramétrica (diferencia de rangos). Los resultados de las dos pruebas realizadas se presentan en la Tabla 3.

Tabla 3. Pruebas estadísticas de contraste entre la resistencia a 7 días de los concretos sujetos a los dos tratamientos de curado.

Análisis	Prueba	Estadístico de prueba	Valor del estadístico	Significancia
Paramétrico	Student	t	-2,345	0,021
No paramétrico	Mann-Whitney	Z	-2,877	0,004

En la Fig. 5 se grafican las medias de las resistencias a la edad de 28 días de los concretos colados en los diferentes meses del año, con sus respectivas bandas de confianza. En el 75% de los casos la media de la resistencia de los concretos que tuvieron un proceso de curado húmedo fue mayor o igual a la de los concretos que tuvieron un curado al ambiente.

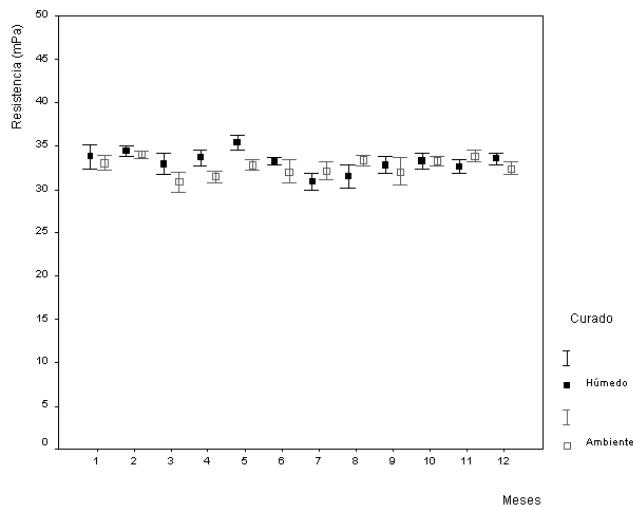


Fig. 5. Comparación entre las medias de la resistencia a 28 días para concretos colados en los diferentes meses del año (bandas de confianza 95%)

A esta edad de prueba la media de la resistencia de todos los concretos que tuvieron curado húmedo (33,14 MPa) fue mayor a la de los concretos que fueron curados al ambiente (32,58 MPa) durante el año que abarcó el estudio. La Tabla 4 presenta la estadística descriptiva de la resistencia a 28 días de los dos grupos de concretos que resultaron de los dos tratamientos de curado.

Tabla 4. Estadística descriptiva de la resistencia (MPa) de los concretos probados a 28 días (N es el tamaño de la muestra).

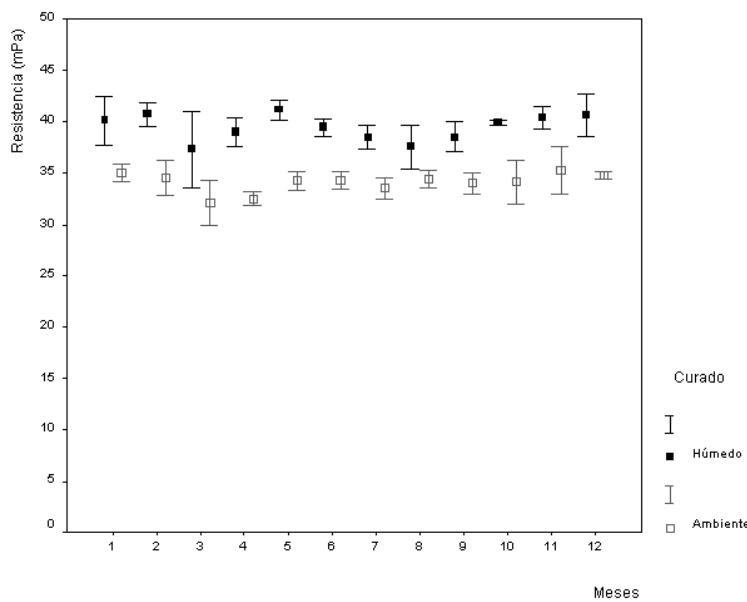
Curado	N	Media	Desviación estándar	Error estándar de la media
Húmedo	72	33,14	1,43	0,17
Ambiente	72	32,58	1,21	0,14

La diferencia en la resistencia a 28 días entre los dos grupos fue estadísticamente significativa tanto para la prueba paramétrica, como para la prueba no paramétrica. Los resultados de las dos pruebas realizadas se presentan en la Tabla 5.

Tabla 5. Pruebas estadísticas de contraste entre la resistencia a 28 días de los concretos sujetos a los dos tratamientos de curado.

Análisis	Prueba	Estadístico de prueba	Valor del estadístico	Significancia
Paramétrico	Student	t	2,558	0,012
No paramétrico	Mann-Whitney	Z	-2,659	0,008

En la Figura 6 se presenta la grafica de las medias de las resistencias a la edad de 90 días de los concretos colados en los diferentes meses del año, con sus respectivas bandas de confianza. Para esta edad de prueba, en todos los casos, la media de la resistencia de los concretos que tuvieron un tratamiento de curado húmedo fue notablemente mayor a la de los concretos que fueron curados al ambiente.

**Fig. 6. Comparación entre las medias de la resistencia a 90 días para concretos colados en los diferentes meses del año (bandas de confianza 95%)**

A la edad de 90 días, la media de la resistencia de todos los concretos que tuvieron curado húmedo (39,06 MPa) fue mayor a la de los concretos que fueron curados al medio ambiente (34,06 MPa) durante el año que abarcó el estudio. La Tabla 6 presenta la estadística descriptiva de la resistencia a 90 días de los dos grupos de concretos que resultaron de los dos tratamientos de curado.

Tabla 6. Estadística descriptiva de la resistencia (MPa) de los concretos probados a 90 días (N es el tamaño de la muestra).

Curado	N	Media	Desviación estándar	Error estándar de la media
Húmedo	72	39,42	2,01	0,24
Ambiente	72	34,06	1,51	0,18

La diferencia entre la resistencia a 90 días de los dos grupos fue estadísticamente significativa tanto para la prueba paramétrica, como para la prueba no paramétrica. Los resultados de las dos pruebas realizadas se presentan en la Tabla 7.

Tabla 7. Pruebas estadísticas de contraste entre la resistencia a 90 días de los concretos sujetos a los dos tratamientos de curado.

Análisis	Prueba	Estadístico de prueba	Valor del estadístico	Significancia
Paramétrico	Student	t	18,078	<0,000
No paramétrico	Mann-Whitney	Z	-9,707	<0,000

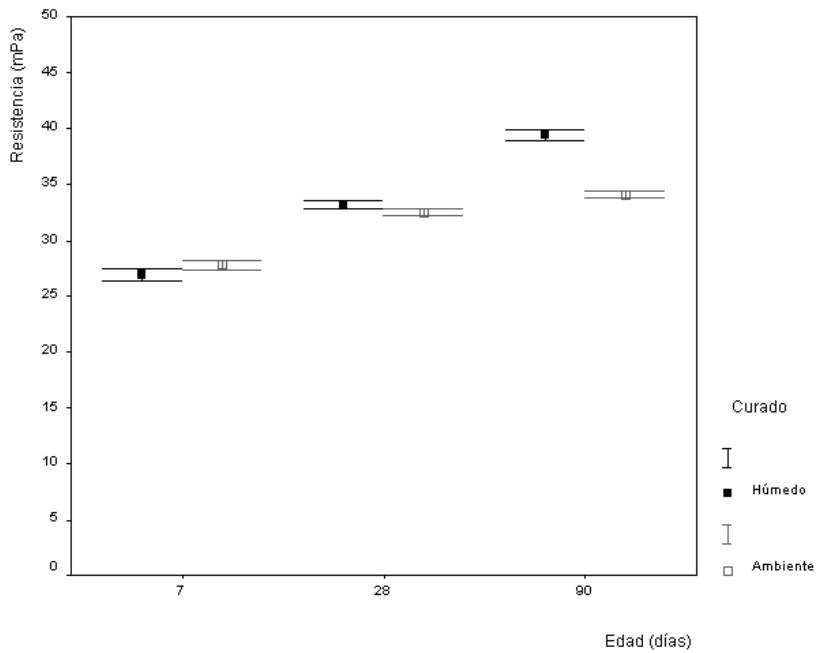


Fig. 7. Comparación entre las medias de las resistencias (bandas de confianza 95%) de los concretos sujetos a los dos tratamientos de curado, para las tres edades estudiadas.

En la Fig. 7 se comparan las medias a las tres edades de las resistencias de todos los concretos sujetos a los dos tratamientos de curado. Se puede notar que para los dos primeros períodos de curado (1-7 y 8-28 días) las tasas de ganancia de resistencia para los dos tratamientos fueron muy similares, mientras que para el último período (29-90 días) la tasa de ganancia de los concretos sujetos a curado húmedo fue 4,24 veces mayor a la de los que fueron curados al ambiente.

Análisis por meses de colado

Para el tratamiento de curado al ambiente y la edad de prueba de 90 días –caso en el que el concreto estuvo más tiempo expuesto a las condiciones del clima– se analizó si la resistencia fue diferente según el factor determinado por el mes en el que se llevó a cabo el proceso de fabricación. La diferencia entre las resistencias medidas fue estadísticamente significativa, tanto para la prueba paramétrica, como para la prueba no paramétrica. Los datos de las dos pruebas realizadas se presentan en la Tabla 8.

Tabla 8. Pruebas estadísticas de contraste entre la resistencia a 90 días de los concretos curados al ambiente durante los doce meses del año.

Análisis	Prueba	Estadístico de prueba	Valor del estadístico	Significancia
Paramétrico	ANOVA	F	3,201	0,002
No paramétrico	Kruskal-Wallis	Chi cuadrada	24,888	0,009

Por medio de la prueba Post Hoc de Tukey se obtuvo que únicamente en cinco combinaciones de meses de fabricación la diferencia en la resistencia resultara significativa a la edad de 90 días. En esos cinco casos los concretos que fueron curados en períodos que correspondieron mayoritariamente al invierno, tuvieron mayor resistencia que aquellos que fueron curados en períodos que correspondieron mayoritariamente a la primavera. La Tabla 9 presenta las resistencias de cada grupo, así como sus diferencias y sus significancias.

Tabla 9. Diferencias entre los grupos cuya resistencia fue significativamente diferente, según los meses de fabricación y las estaciones de curado (prueba de Tukey).

Mes de colado	Estación curado (% del período)	Resistencia MPa	Diferencia MPa	Significancia
Enero	Invierno (80%)	35,08	2,96	0,011
Marzo	Primavera (82%)	32,12		
Enero	Invierno (80%)	35,08	2,60	0,044
Abril	Primavera (82%)	32,48		
Noviembre	Invierno (58%)	35,27	3,15	0,005
Marzo	Primavera (82%)	32,12		
Noviembre	Invierno (58%)	35,27	2,79	0,21
Abril	Primavera (82%)	32,48		
Diciembre	Invierno (89%)	34,78	2,66	0,035
Marzo	Primavera (82%)	32,12		

Entre los dos grupos de concretos que presentaron diferencias significativas en su resistencia (Tabla 9) por la estación de curado (invierno o primavera), se probó si hubo diferencia entre los parámetros del clima medidos; el análisis arrojó diferencias significativas en los promedios de la temperatura máxima diaria y de la temperatura mínima diaria, con valores del estadístico t de Student de -7,75 y -5,56, y significancias de 0,004 y 0,011, respectivamente. La humedad relativa y la precipitación no mostraron ser diferentes entre los dos grupos.

DISCUSIÓN

A la edad de 7 días el concreto con curado húmedo se encontraba en condición de saturación al ser probado y alcanzó menor resistencia que el concreto curado al ambiente que estaba relativamente seco. A la edad de 28 días el concreto con curado húmedo (condición de saturación) alcanzó mayor resistencia que el concreto curado al ambiente (condición

seca). A la edad de 90 días el concreto con curado húmedo –durante 28 días– (condición seca) alcanzó mayor resistencia que el concreto curado al ambiente (condición seca).

De lo anterior se obtuvo que a edad temprana el efecto del curado húmedo en la resistencia fue pequeño: -3% a 7 días y +2% a 28 días (los porcentaje de diferencia están calculados respecto a la resistencia del concreto curado al ambiente); de aquí que en estos casos fuera más notable el efecto del estado de humedad de la probeta, que el efecto de el tratamiento de curado. Mientras que a edad mediana el efecto del tratamiento de curado fue más notable: +16% a 90 días. Estos resultados contrastan con los que arrojó el experimento clásico de curado de Price⁹ que mostró un efecto del curado húmedo de aproximadamente +80% (90 días), para la misma A/C y los mismos tratamientos de curado aplicados en laboratorio. Este estudio ha sido citado extensamente para hacer notar que el concreto que no se cura alcanza una resistencia muy inferior a la que podría alcanzar si se cura¹⁰.

Por otro lado, estudios previos con los mismos materiales y en el mismo contexto climático han mostrado también poca influencia del tratamiento de curado húmedo en la resistencia del concreto. Al respecto Moreno, et. al.¹¹ reportaron efectos del tratamiento de curado húmedo de +3%, -8% y -8% a las edades de 7, 28 y 90 días respectivamente, para la misma A/C. Este estudio fue realizado con una muestra de concretos colados en una sola estación del año, y el tratamiento de curado al ambiente se aplicó en laboratorio. En otro trabajo, Solís y Moreno¹² reportaron que el curado húmedo no tuvo efecto en la resistencia a 28 días en núcleos extraídos de vigas expuestas a los mismos tratamientos de curado, para la misma A/C. Este estudio fue realizado en el mismo contexto climático con una muestra de concretos colados en una sola estación del año, y el tratamiento de curado al ambiente se aplicó a la intemperie.

Comparando la resistencia del concreto colado en los diferentes meses del año (sólo para curado al ambiente y edad de prueba de 90 días), aun cuando estadísticamente se encontró diferencia significativa entre los grupos, un análisis post hoc mostró diferencia únicamente en 5 de las 66 posibles comparaciones entre parejas de meses; lo anterior puede interpretarse como que, en la mayor parte del año, el efecto del curado en ambiente natural se produce de manera uniforme. Sin embargo en los cinco casos en los que se tuvo diferencia significativa, los concretos curados durante el invierno alcanzaron mayor resistencia que los que se curaron en primavera. Es de hacer notar que, de acuerdo al clima característico de la región, estas dos estaciones son las más secas del año (meses de colado 11, 12, 1, 2, 3 y 4 en Fig. 3), y que en primavera –en la que obtuvieron las menores resistencias– las temperaturas promedio fueron significativamente mayores (meses 2, 3 y 4 en Figura 1); de ahí que estando las probetas a la intemperie, la evaporación producida por la mayor temperatura podría ser el factor que provocó la diferencia en resistencia.

Por los resultados del estudio que se reportan y de los otros dos mencionados arriba –todos ellos utilizando concreto fabricado con agregados calizos de alta absorción y expuesto a un clima cálido subhúmedo– se puede suponer que se esté produciendo un curado natural en el concreto producto de la alta humedad del ambiente, o que las características de los agregados estén provocando el efecto de un curado interno, o bien, una mezcla de ambos efectos.

CONCLUSIONES

A edades de 7 y 28 días el efecto del curado húmedo fue pequeño, mientras que a 90 días el efecto fue notorio, pero muy inferior al que se esperaría de acuerdo a la literatura clásica sobre la tecnología del concreto. Se observó una variabilidad pequeña en la resistencia del concreto cuando es curado al ambiente durante los doce meses de un año civil. Las principales diferencias se tuvieron entre los concretos curados en invierno y primavera, siendo mayores las resistencias de aquellos que se curaron en invierno.

Referencias

1. Mehta, K.; Monteiro, P., “Concreto, estructura, propiedades y materiales”. IMCYC, primera edición, México, 1998.
2. Neville, A., “Tecnología del concreto”, IMCYC, cuarta edición, México, 1999.
3. ACI 308R-01, “Guide to curing concrete”, ACI Committee 308, Detroit. 2001.
4. Solís R.; Moreno E. I., “Durabilidad del concreto en clima cálido subhúmedo: Efecto del curado, CONPAT’09, Valparaíso, Chile, 2009.
5. López, M.; Kahn, L.; Kurtis, K., “Curado interno en hormigones de alto desempeño: Un nuevo paradigma”, en *Revista Ingeniería de Construcción*, Pontificia Universidad Católica de Chile, vol. 20, núm. 2, pp. 117-126, 2005.
6. Kimmel, T., “GRG301K–Weather and climate Köppen climate classification flow chart”, Department of Geography, University of Texas at Austin. (Recuperado de Internet el 23 de noviembre de 2010, en la dirección electrónica: <http://www.utexas.edu/depts/grg/kimmel/GRG301K/grg301kkoppen.html>.)

7. ACI 211.2-98, "Standard practice for selecting proportions for normal, heavyweight and mass concrete", ACI Committee 211, Detroit. 1998.
8. Solís, R.; Moreno, E., "Análisis de la porosidad del concreto con agregado calizo", en *Revista de la Facultad de Ingeniería*, Universidad Central de Venezuela, vol. 21, núm. 3. pp. 101-112, 2006.
9. Moreno, E.; Solís, R.; Serrano, C., "Natural concrete curing under hot subhumid climate", Fifth ACI/CAME International Conference on High Performance Concrete Structures and Materials; Editores: E. P. Figueiredo; T. C. Holland; V. M. Malhotra; P. Helene, American Concrete Institute, Farmington Hills, Michigan, pp. 291-303, 2008.
10. Price, W., "Factors influencing concrete strength", en *Journal of the American Concrete Institute*, vol. 47. pp. 417-432, 1951.
11. Kosmatka, S.; Kerkhoff, B.; Panarese, W., "Design and control of concrete mixtures", Portland Cement Association, Catorceava edición, Skokie. 2002.
12. Solís, R.; Moreno, E., "Influencia del curado húmedo en la resistencia a compresión del concreto en clima cálido subhúmedo", en *Ingeniería, Revista Académica de la Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Yucatán*, vol. 9, núm. 3, pp. 5-17, 2005.