

# I. Ensayo experimental de un aditivo biológico en la elaboración de hormigones y morteros de reparación<sup>1</sup>

Julio César Pérez Ríos\*

## Descripción de la investigación

Se trabajó experimentalmente en la preparación de las mezclas de hormigones y morteros usando cemento Pórtland y un aditivo biológico, obtenido después de un proceso de aislamiento, reproducción y adaptación de cepas nativas descubiertas en las aguas subterráneas de la mina «El Zancudo», esperan aparición de ella en el municipio de Titiribí (Antioquia) por el ing. químico Julio César Pérez Ríos.

El trabajo experimental se efectuó en diferentes laboratorios de la Universidad Nacional de Colombia (sede Medellín). Se realizaron ensayos para comparar la calidad de los morteros y hormigones tradicionales respecto a los elaborados con aditivo biológico. Se observaron diferencias en las propiedades físico-mecánicas de estos materiales pétreos cuando fueron sometidos a ensayos experimentales, tales como pruebas de resistencia a compresión y flexión, análisis de porosidad, conductividad térmica y resistencia a soluciones ácidas.

## Contenido

La investigación comienza con una recopilación bibliográfica acerca del tema. Se parte de la obtención de la *bacteria calcificante*, que fue aislada del medio natural de otras especies existentes de la mina de trabajo. Ésta se observó mediante un microscopio Karl Zeiss de 1600 aumentos y su identificación, adaptación y reproducción fue realizada en laboratorio por el ingeniero químico Julio César Pérez Ríos, para usarla como aditivo biológico en la preparación de las mezclas de morteros y hormigones.

En la obtención de concentrados mayores de bacterias, se realizan centrifugados del caldo de cultivo cada 5 días de crecimiento, a 2.500 revoluciones por minuto.

Se le suministra a cada lote de bacterias el medio nutriente 9K modificado ( $\text{kCl}$ ,  $\text{MgSO}_4$ ,  $\text{CaSO}_4$ ,  $\text{NH}_4\text{PO}_4$ ,  $\text{FeSO}_4$ ), y se le adiciona un YEAST nutritivo para completar la alimentación de la bacteria calcificante.

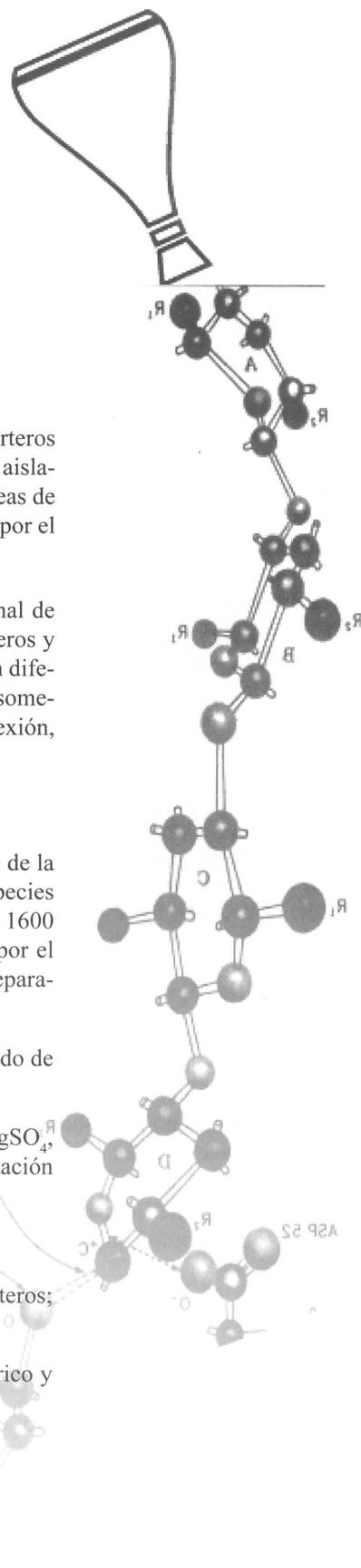
Se presentan los resultados obtenidos de los ensayos experimentales de las pruebas de:

Resistencia a la compresión de hormigones y morteros, y resistencia a la flexión en morteros; realizadas en el laboratorio de estructuras.

Resistencia al ataque de ácido sulfúrico, nítrico, fosfórico y una mezcla de ácido sulfúrico y nítrico que simula una solución de lluvia ácida de nuestra ciudad.

Análisis del diámetro de poro, realizado en el laboratorio de metalografía.

Alternamente con estudiantes de arquitectura, la conductividad térmica del mortero.



Después del análisis de los resultados provenientes del estudio de las probetas para cada propiedad estudiada, resistencia a compresión, porosidad, conductividad térmica y durabilidad ante ataque químico, se plantean conclusiones y recomendaciones.

### Procedimiento del método experimental

- Ensayos en laboratorio de los materiales componentes de hormigones y morteros. Cemento y materiales pétreos.
- Obtención de un diseño de mezcla estándar con 0% del aditivo biológico, que sirvió como parámetro de comparación.
- Obtención de un diseño de mezcla experimental con el *aditivo biológico*, utilizándolo en distintas proporciones –30%, 60% y 100% del total del agua requerida–.
- Realización de ensayos físico-mecánicos, térmicos y de microestructura, a las mezclas experimentales y a las mezclas estándar con el *aditivo biológico*, a distintas edades de fallado y diferente dosificación.

Las variables involucradas en el estudio son:

Variables independientes:

- Dosificación del *aditivo biológico*,
- Tiempo de fallado de las probetas a diferentes edades (3, 7, 28 y 90 días).

Variables dependientes:

La resistencia a la compresión.

- La resistencia a la flexión.
- La porosidad.
- La durabilidad.

- La conductividad térmica.

La recolección de las informaciones encuentra en una tabla diseñada para cada probeta, en la cual se especifican la dosificación del aditivo biológico, los días de curado y los resultados obtenidos en los ensayos.

La asociación/relación entre dosificación del aditivo biológico y la resistencia a compresión, resistencia a flexión, resistencia al ataque químico, porosidad y conductividad térmica de las probetas de hormigón y mortero fueron examinadas mediante análisis de varianza y estudio de correlación.

### Algunas características de la bacteria calcificante

Fisiológicamente se trata de una bacteria:

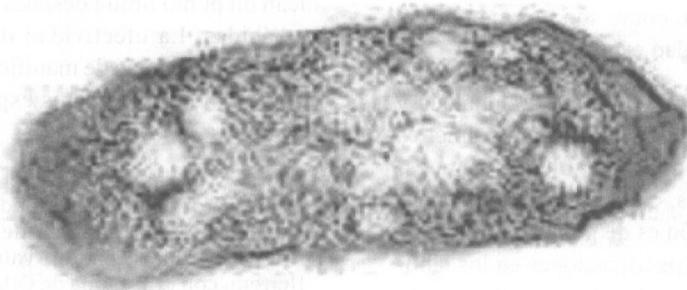
Gram-negativa, porque no toma la tinción de gram, debido a su pared membranaria que contiene lipoproteínas y fosfolípidos.

Acidófila, porque vive en medios ácidos.

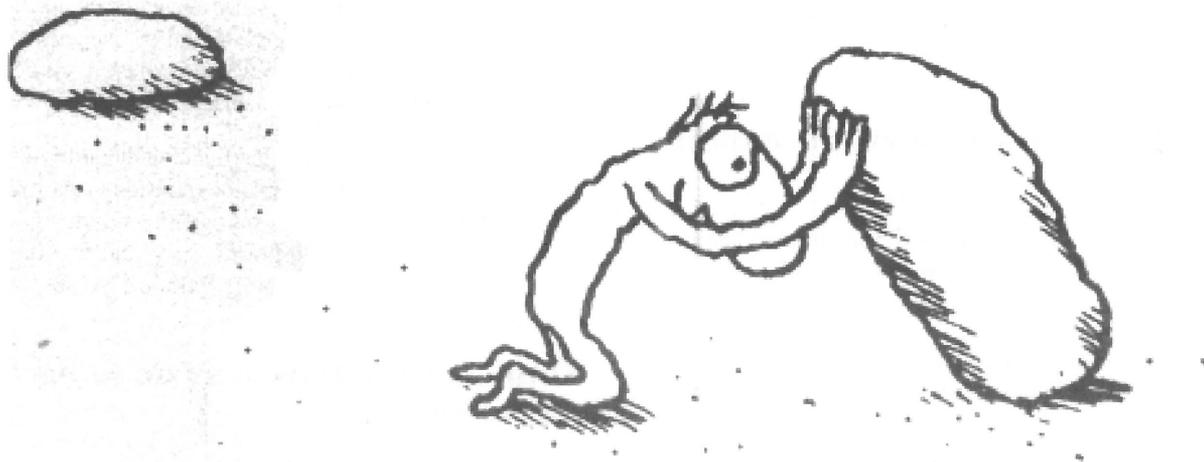
Mesófila, porque vive en temperaturas moderadas que ascienden hasta 37°C, y

quimioautótrofa, porque se nutre de la oxidación de minerales.

Morfológicamente las células son cortas y forman una especie de cilindros de aproximadamente, una a dos micras de largo y de 0,5 micras de diámetro (ver fotografía). Sus necesidades energéticas se obtienen de la oxidación del ión calcio. Esta energía se utiliza en la fijación de CO<sub>2</sub> y en otras funciones intermedias del metabolismo.



Fotografía electrónica de una bacteria calcificante.



## Conclusiones

### Propiedades físico-mecánicas en hormigones

Después del análisis estadístico se pudo comprobar que el aditivo biológico bacteria calcificante mostró una mejora en las propiedades físico-mecánicas de los hormigones tratados con una relación agua-cemento mayor.

### Propiedades físico-mecánicas en morteros

Como en los hormigones, podemos considerar también, que el comportamiento del aditivo biológico en las probetas de mortero, a mayor relación agua-cemento, las propiedades físico-mecánicas a compresión mejoran, sucediendo todo el efecto contrario en las pruebas a flexión.

### Porosidad en morteros

Teniendo presente los resultados que se obtuvieron en el análisis estadístico, otros factores esenciales que influyen en la resistencia de morteros se encuentran muy ligados a la porosidad de la pasta, como son por ejemplo la redondez del poro y la gravedad específica.

La información que se obtuvo por medio del análisis y procesamiento digital de imágenes es confiable, práctica y fácil de interpretar, debido a que los resultados se muestran bajo la forma de una tabla, con las cantidades precisas medidas; dicha información es de gran utilidad puesto que no requiere de tantas especificaciones en los laboratorios, que resultan muy complicadas y costosas a la hora de realizarse.

## Ataque de ácidos

El descenso del pH natural del mortero respecto a las muestras con aditivo biológico se debe a que existe una reacción alcalina de los carbonatos generados por la bacteria calcificante con las soluciones ácidas.

Es altamente probable que en las soluciones diferentes al ácido sulfúrico se generen productos de reacción que aumenten el peso de la muestra; y como a menor contenido de agua, se produce una menor difusión de la bacteria calcificante, el recubrimiento de poros pudo haber causado la aglomeración que indujera una concentración de tensiones, en detrimento de la resistencia. A mayor difusión, mejor recubrimiento del poro sin la acumulación de los efectos negativos anteriormente citados.

El ácido ataca el cemento y debilita su pH básico; pero los resultados experimentales muestran que el límite es sustancialmente el mismo para cualquier proporción de bacteria calcificante, con una oscilación de una unidad de pH. Con un pH debilitado en función del tiempo, disminuido por acción ácida (escasamente una unidad de pH), podríamos suponer ese debilitamiento posterior menos riguroso, puesto que los datos experimentales indican un punto límite después de la acción de las soluciones ácidas. La efectividad de la acción de la bacteria calcificante se pone de manifiesto en la reducción del poro como lo indican los datos experimentales. ♦

### Notas:

1 Con este trabajo accedieron al título de Arquitecto Constructor de la Universidad Nacional de Colombia sede Medellín, los estudiantes de construcción Kenzo Paolo Huertas Ardila (Kenzop@yahoo.com) y Juan Fernando Herrera, con la asesoría de Orlando Giraldo Bolívar, director del Laboratorio de Estructuras.