

# Concrete Incorporating Supplementary Cementitious Materials: Temporal Evolution of Compressive Strength and Environmental Life Cycle Assessment

## PROBLEMA

El concreto es el material más utilizado en la industria de la construcción y el segundo más utilizado después del agua. El cemento es el principal componente del concreto. Un total del 8% de las emisiones globales de CO<sub>2</sub> corresponden a la industria del cemento. El CO<sub>2</sub> es el principal gas de efecto invernadero que contribuye al calentamiento global. Para mitigar el cambio climático, es necesario explorar materiales cementicios alternativos que permitan reemplazar el cemento y medir su impacto ambiental en su ciclo de vida.

## OBJETIVO GENERAL

Esta investigación se centró en la evolución temporal de la resistencia a la compresión del concreto utilizando residuos de otras industrias: cenizas volantes (FA) y humo de sílice (SF) como reemplazos parciales del cemento, y se calculó la influencia de estos materiales alternativos en el perfil ambiental del concreto utilizando life cycle assessment (LCA).

## PROPUESTA

El programa experimental de este estudio involucró desarrollar concreto con y sin materiales cementantes suplementarios (SCMs) con una relación agua-material cementante (w/b) fija de 0.54. El diseño de la mezcla incluyó siete mezclas: una mezcla de control (100% cemento), 10% FA, 20% FA, 30% SF, 5% SF, 10% SF y 15% SF. La proporción de masa relativa de las mezclas de concreto se mantuvo constante, con el único cambio en las proporciones de SCMs.

Finalmente, se calculó el impacto ambiental del control y las alternativas utilizando LCA, el software a emplear es OpenLCA 1.11, la metodología de impacto ReCiPe Midpoint (H) V1.13 incluyendo Huella de Carbono.

## RESULTADOS

- Los resultados indican que la resistencia del concreto con FA es menor que la del control hasta los 28 días debido a la baja reactividad puzolánica inicial. Sin embargo, a edades posteriores (28-56 días), la resistencia de FA10 y FA20 presentan aumento de resistencia del 2% y 4%. En contraste, FA30 mostró un efecto negativo en todas las edades debido a la menor eficiencia cementante y la falta de hidróxido de calcio para la reacción.
- A los 3 días, la resistencia de SF05 y SF10 fue superior a la del control, con un aumento del 17% y 5%, respectivamente, debido a la densificación de la microestructura de la matriz. A los 28 días, SF10 mostró una resistencia comparable al control, con un leve aumento del 2% a los 56 días. Sin embargo, el SF15 mostró una ganancia de resistencia menor que el control, debido a un exceso de sílice que retardó la hidratación del cemento.
- Sustituir cemento con FA y SF aporta beneficios ambientales al perfil del concreto. Incorporar 10%, 20% y 30% de FA reduce la huella de carbono en 9%, 19% y 29%, respectivamente. Usar 5%, 10% y 15% SF reduce la huella de carbono en 5%, 9% y 14%. Esto se debe a que FA y SF son subproductos inevitables que no generan cargas ambientales en su producción.

## CONCLUSIONES

- Los resultados experimentales mostraron que la adición de FA en el concreto aumentó ligeramente la resistencia a los 56 días, mientras que el SF mejoró la resistencia tanto en edades tempranas como tardías. Los valores óptimos de reemplazo parcial de cemento fueron 15-20% para FA y 5-15% para SF.
- Los resultados de LCA determinaron que reducir el contenido de cemento es la forma más eficiente de mejorar el desempeño ambiental del concreto premezclado, ya que la producción de cemento contribuye al 90% de los impactos ambientales aproximadamente.

**MATERIAL CONVENCIONAL:**



Cemento

**ALTERNATIVAS:**



Cenizas Volantes



Humo de Sílice

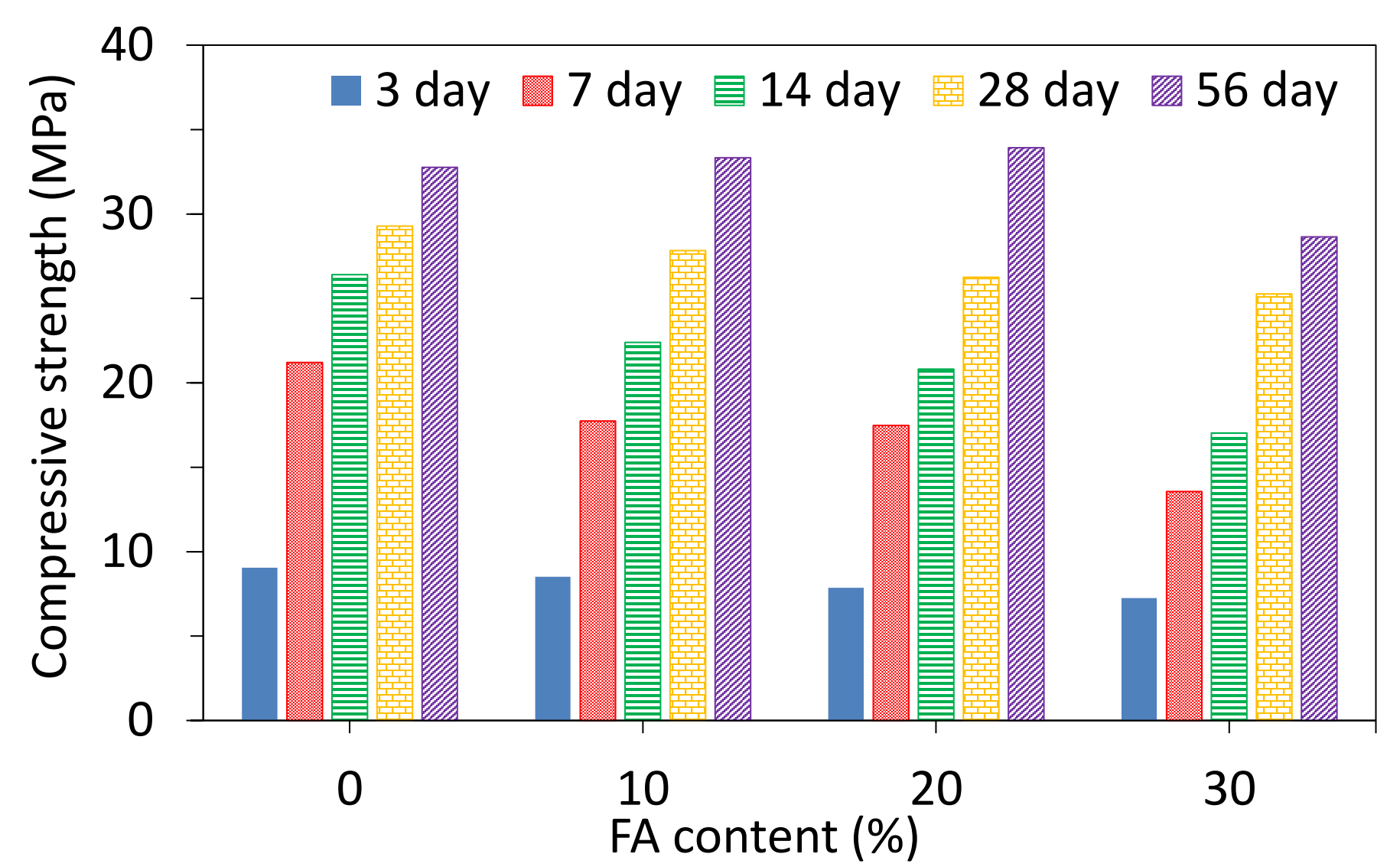


Figura 1. Resistencia a la compresión a diferentes edades en función del porcentaje de contenido de cenizas volantes.

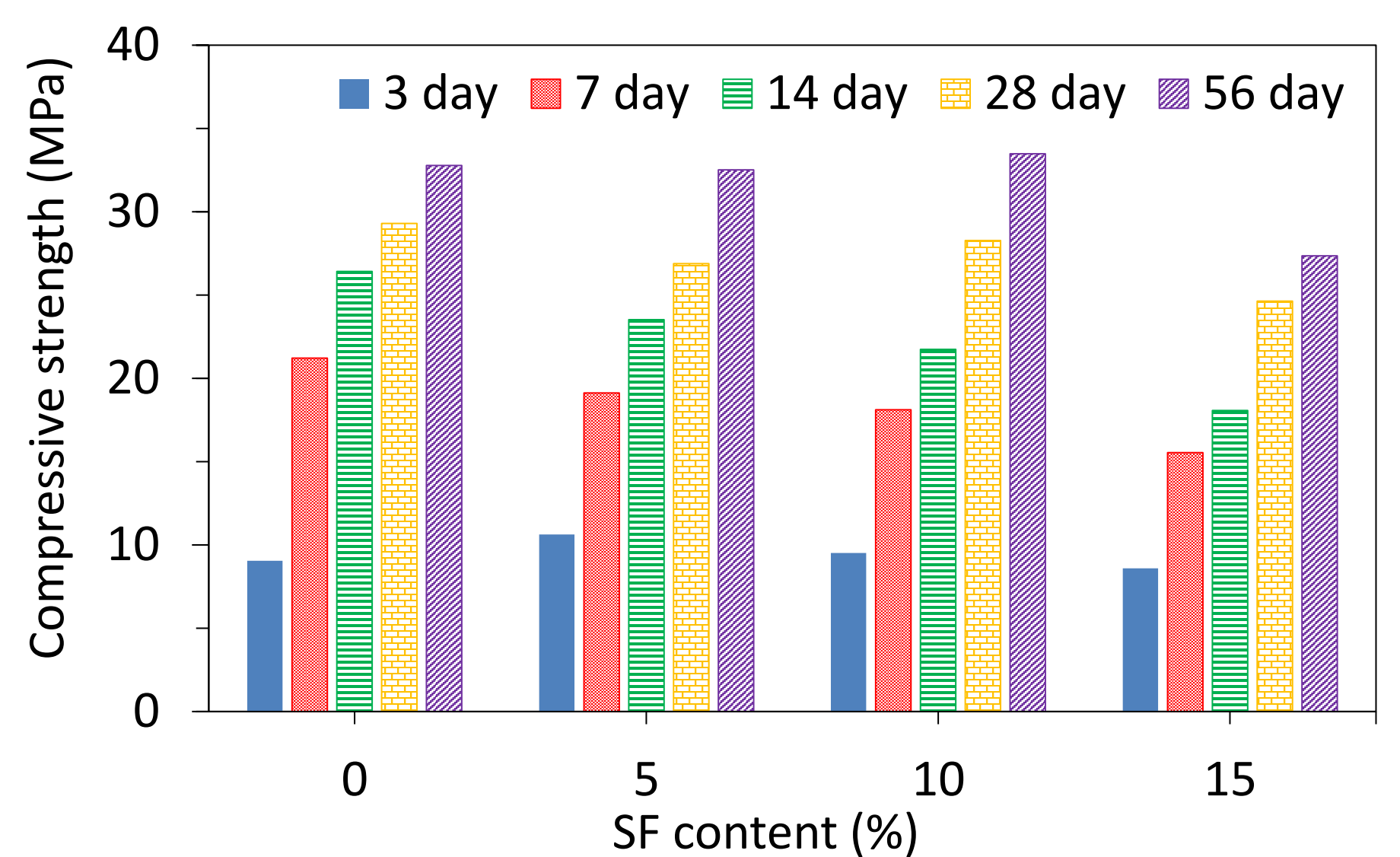


Figura 2. Resistencia a la compresión a diferentes edades en función del porcentaje de contenido de humo de sílice.

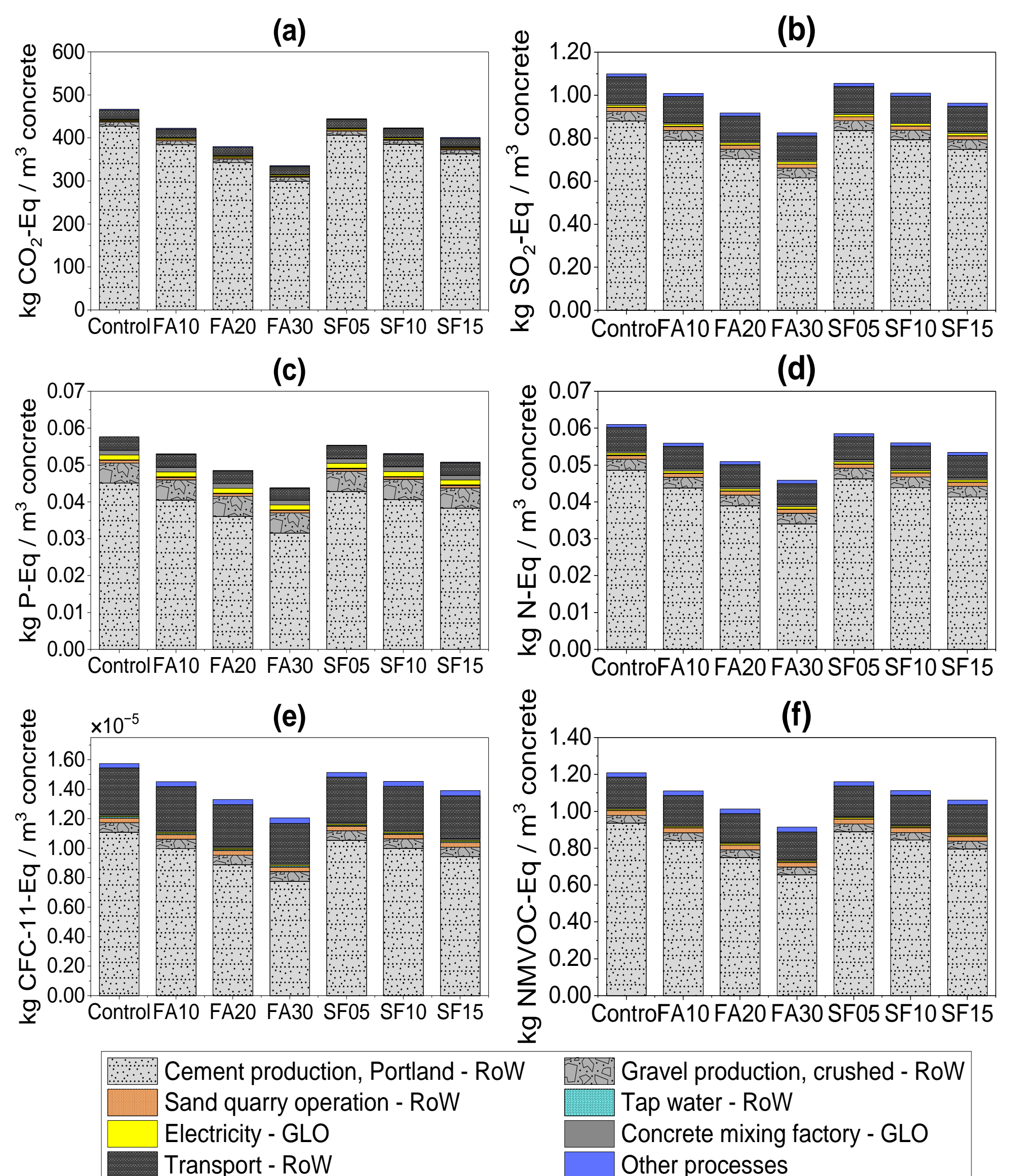


Figura 3. Resultados de caracterización para las categorías de impacto. Los gráficos muestran los resultados de impacto por 1 m<sup>3</sup> de concreto premezclado (unidad funcional) y un análisis de contribución para los procesos.