Productos de nanocristalización para la construcción de infraestructuras forestales de baja huella de carbono

Ignacio Rojo Nuñez[1], Nicolás Ramírez Saiz[1], Mayra Aguado López[2], Pedro Alcoba Gómez[2], Esteban Jordán González[2]

[1] *Dirección General del Medio Natural. Región de Murcia*

[2] *Ingeniería del Entorno Natural S.L.*

Fotografías página derecha:
- Detalle de albarrada construida con BTC, con protección de malla de alambre
- Cárcava corregida con secuencia de albarradas de BTC, en la cuenca del Río Guadalentín
- Bloques BTC en infraestructuras de uso público y facilitando la recogida de agua para la fauna

SOLUCIONES ADAPTATIVAS PARA FRENAR EL CAMBIO CLIMÁTICO CON ADITIVOS INNOVADORES DE NANOCRISTALIZACIÓN

El cambio climático es una de las mayores amenazas para el planeta, liderando la Unión Europea la ambición de adaptación climática a nivel mundial. El 11 de diciembre de 2019 la Comisión Europea publicó un marco de acción para luchar contra el cambio climático (*European Green Deal*) desde una perspectiva multisectorial, en la que los sistemas forestales deben jugar un papel esencial. Este pacto europeo tiene como objetivo alinear todas las nuevas iniciativas de la Comisión con soluciones adaptativas innovadoras.

La comunidad autónoma de la Región de Murcia, a través de la Dirección General del Medio Natural, ha desarrollado un proyecto innovador, para ensayar la construcción de infraestructuras forestales mediante el uso de aditivos que generan una red nanocristalina interna. Estos aditivos favorecen la cohesión de los materiales y generan elementos constructivos que pueden formar parte de pequeñas infraestructuras de hidrología, conservación de suelos o uso público dentro del ámbito forestal.

¿QUÉ SON LOS PRODUCTOS DE NANOCRISTALIZACIÓN?

Son productos inocuos para el medio ambiente, basados en la cristalización del silicato de sodio y el calcio libre (Ca^{+}) existente en los materiales en los que se aplica el tratamiento, formando internamente pequeños cristales que impiden el paso de los líquidos a su interior. Así, se genera en los materiales una red nanocristalina que aporta mayor durabilidad e incrementa la resistencia a la compresión. La nanocristalización catalizada crea una red de cristales nanométricos (entre 0,1 y 0,7 nanómetros) que, gracias a los catalizadores, permite controlar el grado de penetración en el material de construcción utilizado. En la experiencia se ha empleado una combinación de tres productos: silicato de sodio (Innerseal), silicato de litio (Innerseal Plus+) y silicato de potasio (Topseal).

FABRICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE BLOQUES DE TIERRA COMPRIMIDA (BTC)

La filosofía de este experimento es el empleo de materiales locales para reducir la huella de carbono del transporte, en lugares con ausencia de piedra o materiales naturales para fabricar infraestructuras forestales de pequeñas dimensiones, y donde la maquinaria tenga dificultades de acceso. Para ello se ha empleado una prensa portátil, accionada por un gato hidráulico de 10 t, fabricando *in situ* bloques de tierra comprimida (BTC) junto a las infraestructuras.

Fig. 1. Características de los aditivos de nanocristalización

Los BTC presentan unas dimensiones de 30 x 20 x 15 cm. El material base utilizado ha sido la tierra natural, garbillada con una criba de forma previa al aporte de aditivos. La densidad de los BTC resultantes es de 2.056 kg/m³ frente a los 1.141 kg/m³ de la tierra natural. El peso medio de los BTC obtenidos es de 18,5 kg.

ENSAYOS A COMPRESIÓN DE LOS BLOQUES DE TIERRA COMPRIMIDA CON DIFERENTES ADITIVOS

Se ha desarrollado un ensayo empleando diferentes aditivos para mezclar con la tierra antes de formar los BTC. Como aditivos básicos se han utilizado cal y cemento, ampliamente conocidos por su uso tradicional en construcción, y además se han empleado aditivos especiales de nanocristalización, estos últimos objeto de este ensayo de innovación. Las dosis aplicadas de cal han sido del 3 % (baja), 6 % (media) y 9 % (alta) en peso. Las dosis de cemento han sido del 5 % (baja), 11 % (media) y 16 % (alta) en peso. Para cada dosis de cal y cemento, se ha preparado un lote de BTC a los que se le han aplicado aditivos especiales de nanocristalización: 0,65 l/m² de Innerseal, 0,35 l/m² de Innerseal Plus+ y 0,12 l/m² de Topseal.

Los lotes de bloques de cal y cemento, de cada una de las tres dosis aplicadas, así como aquellos otros lotes con aditivos especiales de nanocristalización, han sido trasladados a un laboratorio acreditado para realizar un ensayo a compresión simple.

Para el caso de empleo de aditivo de cal no se han observado diferencias significativas entre las dosis empleadas; cuando además se aplica un aditivo de nanocristalización, tampoco se observan diferencias significativas al variar la dosis de cal (Tabla 1).

Para el caso del ensayo con aditivo básico de cemento se observa que al incrementar la dosis existe un incremento significativo de la resistencia a compresión de los BTC. Cuando se aplica aditivo de nanocristalización las diferencias se acentúan para el caso de una dosis alta de cemento, alcanzándose valores de 7,9 N/mm² (Tabla 2).

Esta técnica se ha ensayado a nivel práctico en la construcción de pequeñas infraestructuras para la corrección hidrológica (albarradas) y la conservación de suelos (muretes), actuaciones de uso público en el medio natural (escaleras y bancos de descanso) y para la mejora de calidad y disponibilidad de agua para la fauna en medios semiáridos.

CONCLUSIONES

La fabricación de BTC con una combinación de aditivos de cemento con dosis alta (16 % en peso) y de nanocristalización, ofrece unos resultados satisfactorios desde el punto de vista de resistencia a la compresión de los materiales, alcanzando valores de 7,9 N/mm². Las infraestructuras así construidas presentan una baja huella de carbono.

Tabla 1. Resistencia a compresión de BTC con aditivos de cal y nanocristalización

Dosis cal	Resistencia (N/mm²)		F	Sig.
	Sin aditivo nanocristalización	Con aditivo nanocristalización		
Baja	1,37 a	1,50 a	1,600	0,275
Media	1,57 a	1,96 a	4,500	0,101
Alta	1,70 a	1,83 a	0,400	0,561
F	2,171	3,319		
Sig	0,195	0,107		

a: letras iguales pertenecen al mismo grupo homogéneo de datos.

Tabla 2. Resistencia a compresión de BTC con aditivos de cemento y nanocristalización

Dosis cemento	Resistencia (N/mm²)		F	Sig.
	Sin aditivo nanocristalización	Con aditivo nanocristalización		
Baja	4,13 a	4,83 a	1,412	0,300
Media	5,53 b	5,60 a	0,012	0,918
Alta	5,47 b	7,90 b *	33,940	0,004
F	8,505	11,386		
Sig	0,018	0,009		

a,b: letras iguales pertenecen al mismo grupo homogéneo de datos

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación, desarrollada en la cuenca del Río Guadalentín (Murcia), ha sido financiada por la Obra Social La Caixa, por medio del proyecto "Obras de hidrotecnias para investigación del uso de la nanocristalización para mejoras en áreas vulnerables a la erosión".