

Les biohybrides, un nouveau type de matériau à l'interphase du monde minéral et du vivant

Mardi 25 Octobre 2011 à 17 h

Prof. Eduardo Ruiz-Hitzky

Institut des Sciences des Matériaux de Madrid, CSIC, Espagne

Résumé

Il est bien connu que la combinaison à l'échelle nanométrique de composés organiques avec des solides inorganiques conduit à une classe de matériaux nanostructurés que l'on nomme *hybrides*. Habituellement la partie organique provient de composés synthétiques, mais leur substitution par des substances provenant d'espèces biologiques est à l'origine des matériaux dits *biohybrides*. Ceci représente un progrès très important dans le domaine des matériaux fonctionnels car l'incorporation d'entités biologiques telles que des fragments cellulaires ou même des micro-espèces intégrales confère aux solides inorganiques des propriétés qui surpassent largement les systèmes utilisant exclusivement des composés synthétiques.

Comme exemples de systèmes biohybrides, on peut citer le cas de nanoparticules inorganiques modifiées avec des fragments d'espèces cellulaires végétales réalisant la photosynthèse artificielle. On peut encore citer l'assemblage d'enzymes sur des solides biocompatibles pour le développement de biocapteurs et de biocatalyseurs, ou même, l'immobilisation de cellules vivantes dans des matrices silicatées qui permettent leur survie pendant de longues périodes de temps.

La préparation de biohybrides selon les méthodes du type *bottom-up* appliquées à la Nanotechnologie utilise des unités de construction bien définies et suit les procédés typiques de la *chimie douce*, afin d'éviter l'altération des entités d'origine biologique, généralement fragiles et sensibles. Dans cet ordre d'idée, on peut citer quelques systèmes d'intérêt prioritaire comme l'immobilisation d'enzymes par des matrices sol-gel, l'inclusion de chlorophylle dans des silices mésoporeuses, l'encapsulation de cellules vivantes dans des matrices rigides ou flexibles et l'intercalation de biopolymères dans des solides à organisation bidimensionnelle.

Un grand nombre de biohybrides d'origine naturelle sont connus sous le nom de *bionanocomposites*. Il s'agit de matériaux résultants de l'assemblage de solides inorganiques avec des polymères d'origine naturelle tels que des polysaccharides, des protéines, des lipides et des acides nucléiques. On peut noter que certains bionanocomposites se trouvent dans la nature, comme l'os ou la nacre qui sont constitués par des particules de phosphates ou de carbonates liés à l'échelle nanométrique avec des biopolymères comme par exemple le collagène ou la lustrine A. Ces bionanocomposites naturels ont des propriétés mécaniques très élevées. L'utilisation de différents solides inorganiques, comme les silices et les silicates, avec le grand choix qu'offrent les biopolymères, ouvre des possibilités presque illimitées pour

le design de nouveaux matériaux biomimétiques d'intérêt structurel aussi bien que fonctionnel.

Des silicates argileux du type lamellaire ou fibreux ont été récemment utilisés pour le développement de matériaux biohybrides avancés. La conformation de ces matériaux sous la forme de films ou de mousses permet de préparer des membranes pour la séparation de gaz ou des matériaux à structure cellulaire de basse densité. Ces derniers sont préparés par l'application des techniques de lyophilisation ou de séchage supercritique en produisant des biocomposites ultralégers d'une densité extraordinairement faible (inférieure à 20 kg/m^3) qui pourraient avoir une utilité pour l'isolement acoustique et thermique. De plus, ces matériaux sont biodégradables, biocompatibles et ignifuges ce qui mène à de multiples applications potentielles dans des domaines très variés. Des membranes biomimétiques basées sur des systèmes biohybrides phosphatidylcholine-argiles constituent un environnement adéquat pour l'immobilisation d'enzymes et présentent un intérêt comme bioréacteurs très performants. Des polysaccharides-argiles peuvent être assemblés avec des cellules de microalgues et des particules virales grâce à leur excellente compatibilité. Ces systèmes, intermédiaires entre le monde minéral et le vivant, affichent un certain niveau de bioactivité et sont à l'heure actuelle étudiés en vue de leur application dans la production de biomasse, de vaccins ou de biocapteurs très sélectifs.

Ce n'est que le début d'une ligne de recherche extrêmement attractive et avec un bel avenir, qui choisit de profiter de la versatilité des fonctions de la matière vivante et de l'apport de la structure et de la texture des substances minérales.