

Resumen

La hibridación de nanopartículas (NPs) con microorganismos vivos representa un gran desafío en el ámbito de la nanotecnología y microbiología. Las múltiples propiedades de las NPs que generan toxicidad, así como los diversos mecanismos de adaptación de las cianobacterias influyen en los resultados de adherencia y cinética de crecimiento en el organismo de estudio y por lo tanto en la generación de energía sustentable. El objetivo del presente estudio fue optimizar la producción de energía de los cultivos de *Fischerella muscicola* mediante la hibridación con NPs de oro y plata ($0,022 \text{ mg mL}^{-1}$ y $0,044 \text{ mg mL}^{-1}$), sintetizadas con agentes reductores naturales (F1 y F2) y químicos. Se analizó la cinética de crecimiento de *F. muscicola* con las NPs durante 60 días de tratamiento. Los híbridos fueron caracterizados morfológica y eléctricamente con microscopía de fuerza atómica (AFM) y voltametría cíclica y se corroboró la adherencia de NPs caracterizando el medio residual con las técnicas de espectrofotometría UV-Vis, difracción con rayos X (XRD) y dispersión de energía de rayos X (EDS). Se determinó que los híbridos con mayor viabilidad fueron los tratamientos con agentes reductores naturales (AuNPs_F2 y AgNPs_F2), con variaciones de crecimiento de 13 % y 11 % respecto al control. Por consiguiente, el mejor ensayo para la generación de energía fue con AgNPs_F2 ya que, la cianobacteria viva posee $3,14 \pm 0,94 \text{ eV}$; un HOMO de $-4,74 \text{ eV}$ y procesos de oxidación y reducción superiores a *F. muscicola* en 19 % y 29 % respectivamente. Así mismo, el medio residual de AgNPs_F2 presentó el porcentaje más bajo de Ag remanente (0.1%) en comparación con los tratamientos restantes. Esta información es relevante para posteriores estudios que pretendan generar energía eléctrica con híbridos en base a cianobacterias con NPs.

Palabras clave: *Fischerella muscicola*, nanopartículas (NPs), hibridación, energía

Abstract

The hybridization of nanoparticles (NPs) with living microorganisms represents a significant challenge in nanotechnology and microbiology. The multiple properties of NPs that generate toxicity and the various adaptation mechanisms of cyanobacteria influence the results of adherence and growth kinetics in the organism under study and, therefore, in the generation of sustainable energy. This study aimed to optimize the energy production of *Fischerella muscicola* cultures with gold and silver nanoparticles (0.022 mg mL^{-1} and 0.044 mg mL^{-1}), synthesized with natural (F1 and F2) and chemical reducing agents. The growth kinetics of *F. muscicola* with the different NPs was analyzed during 60 days of treatment. The hybrids were characterized morphologically and electrically with atomic force microscopy (AFM) and cyclic voltammetry, and the adherence of NPs was corroborated by characterizing the residual medium with UV-Vis spectrophotometry, X-ray diffraction analysis (XRD), and energy dispersive X-rays spectroscopy (EDS). The hybrids with the highest viability were the treatments with natural reducing agents (AuNPs_F2 and AgNPs_F2), with 13 % and 11 % growth variations compared to the control. Therefore, the best assay for energy generation was with AgNPs_F2 since the live cyanobacterium has $3.14 \pm 0.94 \text{ eV}$, a HOMO of -4.74 eV , and oxidation and reduction processes superior to *F. muscicola* in 19 % and 29 % respectively. Likewise, the residual medium of AgNPs_F2 presented the lowest percentage of remaining Ag (0,1%) compared to other treatments. This information is relevant for further studies that seek to generate electricity with hybrids based on cyanobacteria with NPs.

Keywords: *Fischerella muscicola*, nanoparticles (NPs), hybridization, energy