

A scanning electron micrograph (SEM) showing a dense field of copper nanoparticles. The particles are spherical and highly agglomerated, appearing as a complex, porous network of interconnected particles. The color is a golden-brown or yellowish-orange, typical of copper at this scale. The background is dark, making the particles stand out.

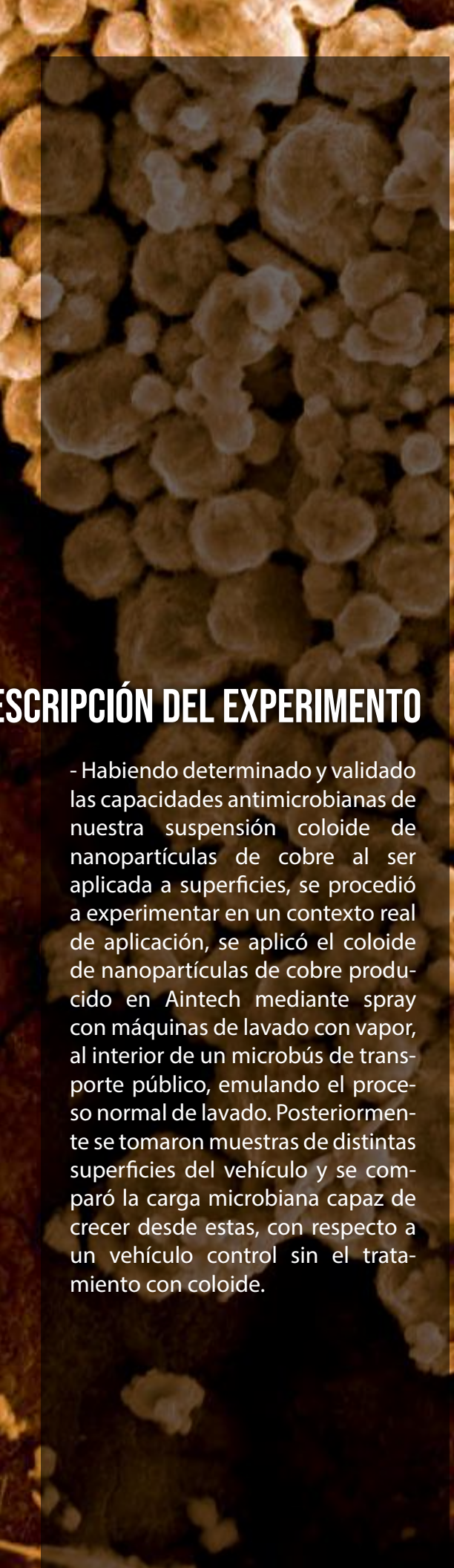
EXPERIMENTO N°6

VALIDACIÓN DE LAS CAPACIDADES ANTIMICROBIANAS DE
LAS NANOPARTÍCULAS DE COBRE



I. BREVE DESCRIPCIÓN DEL EXPERIMENTO

- Habiendo determinado y validado las capacidades antimicrobianas de nuestra suspensión coloidal de nanopartículas de cobre al ser aplicada a superficies, se procedió a experimentar en un contexto real de aplicación, se aplicó el coloide de nanopartículas de cobre producido en Aintech mediante spray con máquinas de lavado con vapor, al interior de un microbús de transporte público, emulando el proceso normal de lavado. Posteriormente se tomaron muestras de distintas superficies del vehículo y se comparó la carga microbiana capaz de crecer desde estas, con respecto a un vehículo control sin el tratamiento con coloide.



III. RESULTADOS

- En las imágenes de crecimiento bacteriano para las superficies pintadas con látex + nanopartículas de cobre (figura 1) no se observó crecimiento en las impresiones sobre agar de las superficies tratadas con nanopartículas de cobre, ni para el tratamiento con la pintura sin nanopartículas de cobre. Por lo tanto, se concluye que el látex utilizado posee actividad antibacteriana.



Figura 1. Ensayo de impresión sobre agar de superficies pintadas con Látex. Se imprimieron sobre agar LB, superficie no pintada, pintada con látex sin nanopartículas de cobre, pintada con látex + 1 mg/mL de nanopartículas de cobre y látex + 10 mg/mL nanopartículas de cobre, previamente inoculadas con 1 millón de UFC de E. coli y S. aureus. Para cada tratamiento n = 2.



II. METODOLOGIA

- Se masó 5 y 50 mg de nanopartículas de cobre y se resuspendió en 500 μ L de etanol absoluto
- Se sonicó por 20 min y se mezcló con 5 mL de Látex, poliuretano o acrílico, con la misma punta de micropipeta utilizada.
- Se cortaron superficies de madera de 4x4 cm y se limpiaron con un paño húmedo con etanol 70%
- Se pintó 1 capa con brocha, dejando secar por 48h.
- Las superficies se inocularon con 1 millón de UFC y se dejó incubar por 3 horas en condiciones ambientales.
- Se imprimió en agar LB por 15 – 20 min, poniendo en contacto físico directo la superficies inoculada de madera con el medio nutritivo.
- Se incubó por 24 horas
- Se fotografiaron las placas y se evaluó la cantidad de colonias presentes.
- Como controles se utilizaron cuadrados sin pintar, pintados sin nanopartículas de cobre
- Algunas de las superficies pintadas sin inoculación de bacterias fueron observadas mediante SEM (Scanning Electron Microscopy) para verificar la presencia de nanopartículas de cobre en las matriz de polímero.

-Al evaluar las superficies pintadas con poliuretano, se observó que la pintura presentó leve actividad antibacteriana. No obstante, las superficies impresas que fueron tratadas con poliuretano + 1 mg/mL de nanopartículas de cobre, presentaron un claro efecto antibacteriano, para ambas bacterias ensayadas, con solo unas pocas colonias formadas. En tanto, la impresión de la superficie tratada con poliuretano + 10 mg/mL de nanopartículas de cobre, no presentó colonias visibles. Por lo tanto, el incremento en la cantidad de nanopartículas de cobre aumentó la capacidad bactericida de la superficie (Figura 2).



Figura 2. Ensayo de impresión sobre agar de superficies pintadas con poliuretano. Se imprimieron sobre agar LB, superficie no pintada, pintada con poliuretano sin nanopartículas de cobre, pintada con poliuretano + 1 mg/mL de nanopartículas de cobre y poliuretano + 10 mg/mL nanopartículas de cobre, previamente inoculadas con 1 millón de UFC de E. coli y S. aureus. Para cada tratamiento n = 2.

- Las superficies pintadas con resina acrílica no presentaron actividad antibacteriana, comparándolas con las superficies sin pintar. Sin embargo, al incorporar las nanopartículas de cobre 1 mg/mL, se observa un claro efecto antibacteriano, presentándose una baja cantidad de colonias. Al aumentar la concentración de nanopartículas de cobre a 10 mg/mL no se observó crecimiento bacteriano en absoluto (figura 3).

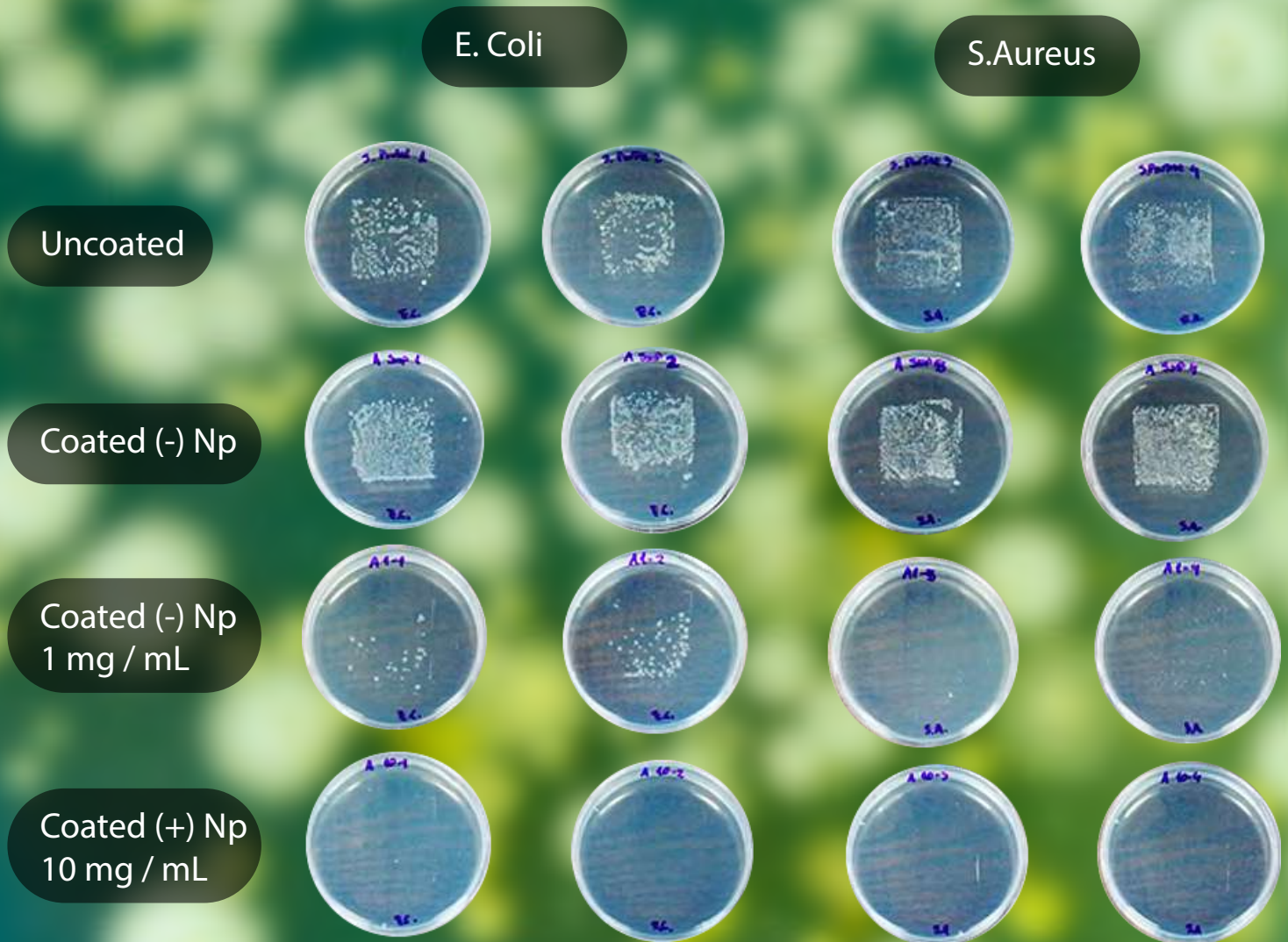


Figura 3. Ensayo de impresión sobre agar de superficies pintadas con acrílico. Se imprimieron sobre agar LB, superficie no pintada, pintada con acrílico sin nanopartículas de cobre, pintada con acrílico + 1 mg/mL de nanopartículas de cobre y acrílico + 10 mg/mL nanopartículas de cobre, previamente inoculadas con 1 millón de UFC de E. coli y S. aureus. Para cada tratamiento n = 2.

-Las superficies pintadas con poliuretano y acrílico + 10 mg/mL nanopartículas de cobre fueron visualizadas en un microscopio high resolution scanning transmission electron microscope (HR-STEM) modelo INSTPECT-F50, marca FEI. En donde se observó la presencia de partículas incorporadas en la matriz polimérica. Para las muestras pintadas con poliuretano (figura 4) y acrílico (figura 5), se observa, con respecto de la pintura sin nanopartículas de cobre la presencia de partículas señaladas con flechas amarillas, correspondientes a las nanopartículas

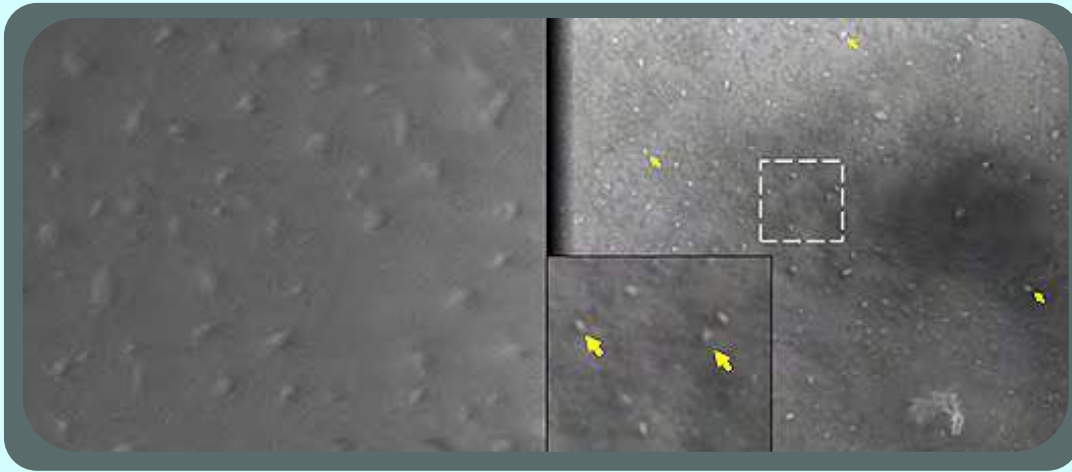


Figura 4. Imagen de microscopía SEM de superficies pintadas con poliuretano. A derecha se observa una imagen representativa de la superficie pintada con poliuretano sin nanopartículas de cobre, a la derecha, la superficie pintada con poliuretano + 10 mg/mL nanopartículas de cobre. Las flechas amarillas señalan la ubicación de partículas, el cuadrado segmentado corresponde al área del inserto maximizado.

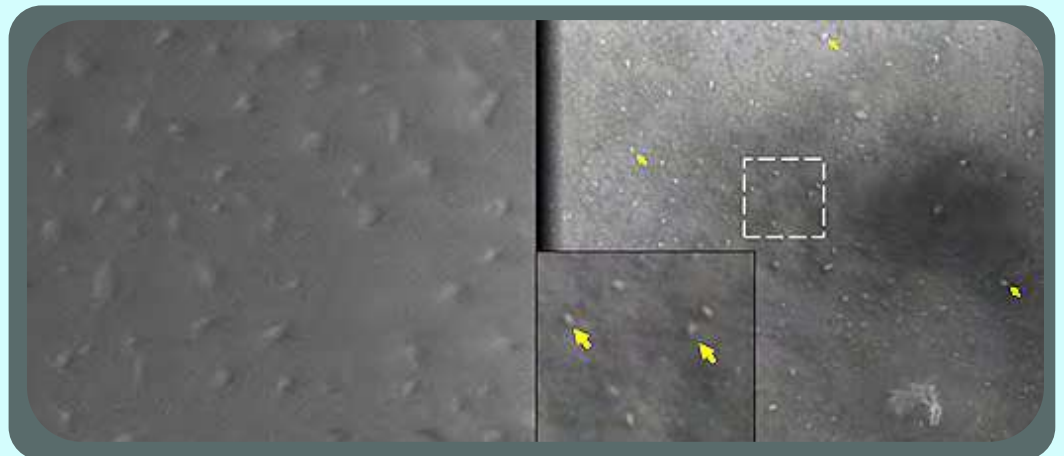
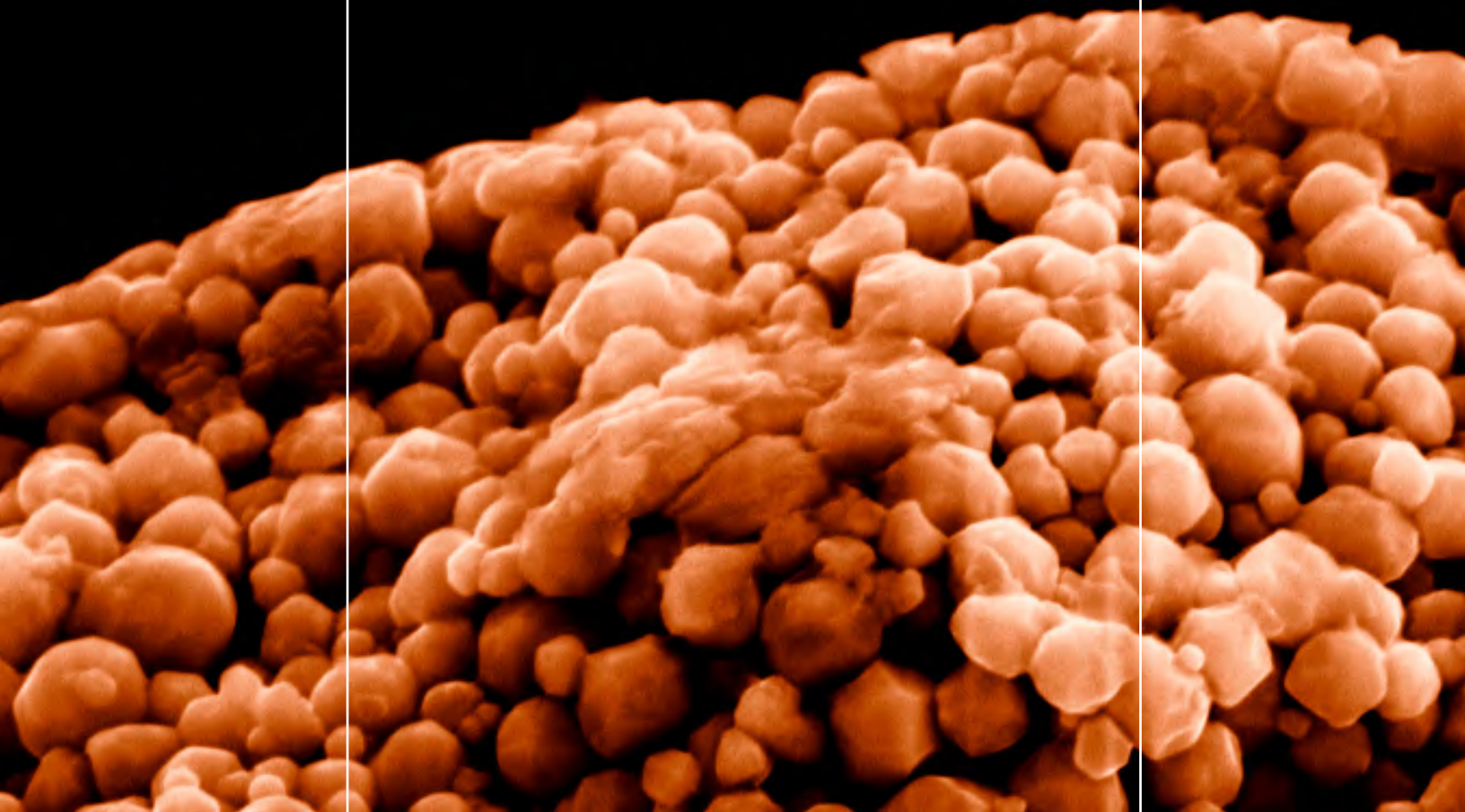


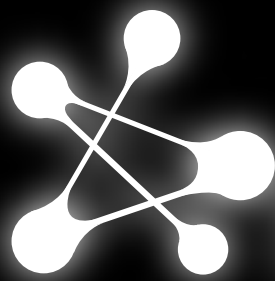
Figura 5. Imagen de microscopía SEM de superficies pintadas con acrílico. A derecha se observa una imagen representativa de la superficie pintada con acrílico sin nanopartículas de cobre, a la derecha, la superficie pintada con acrílico + 10 mg/mL nanopartículas de cobre. Las flechas amarillas señalan la ubicación de partículas, el cuadrado segmentado corresponde al área del inserto maximizado.

CONCLUSIÓN

La incorporación de nanopartículas de cobre en matrices como látex, poliuretano y acrílico incrementó el potencial antimicrobiano de superficies pintadas con estas matrices. En polímeros como el látex, no se pudo evidenciar la actividad antimicrobiana ejercida por las nanopartículas debido a que esta pintura tiene actividad antimicrobiana por ser producto de su colorante Dióxido de titanio. Sin embargo, en poliuretano, en donde se observó una leve actividad antimicrobiana, esta, fue incrementada debido a la incorporación del nanocobre. Para acrílico en tanto, se observó que esta matriz posee nula actividad antibacteriana, y la incorporación de nanopartículas de cobre le otorgó la propiedad antibacteriana. Tanto en poliuretano como acrílico, bajas concentraciones de nanopartículas de cobre tuvieron efectos importantes en la disminución del crecimiento. Así mismo, esta actividad fue evidente para ambos modelos de bacterias utilizadas, tanto gram positivas, como gram negativas.

Mediante microscopía de barrido, se pudo corroborar la presencia de las nanopartículas en las matrices poliméricas de los materiales pintados. Lo que correlaciona la actividad antimicrobiana evidenciada, con la presencia de estructuras nanométricas incorporadas en la matriz.





AINTECH

BUILDING THE CORE OF THE FUTURE

