

Hacia una gestión sostenible de metales y contaminantes emergentes: herramientas analíticas y bioindicadores vegetales para la evaluación del impacto ambiental

Autores:

Luca Terraciano

Mailén Petri

Sofía Dahir

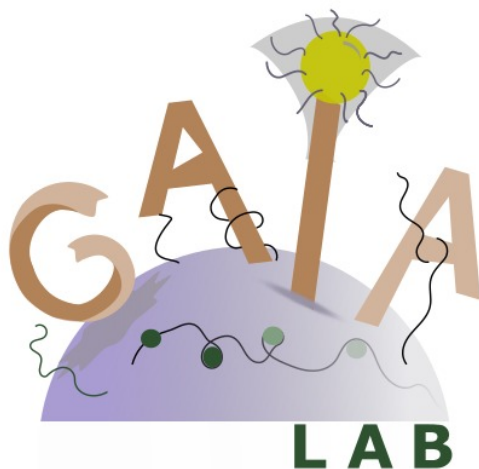
Maia Cruz

Virginia Diz

Ezequiel Morzán

Gabriela Lagorio

Graciela González



GRUPO DE ANÁLISIS DE INTERFASES Y APLICACIONES

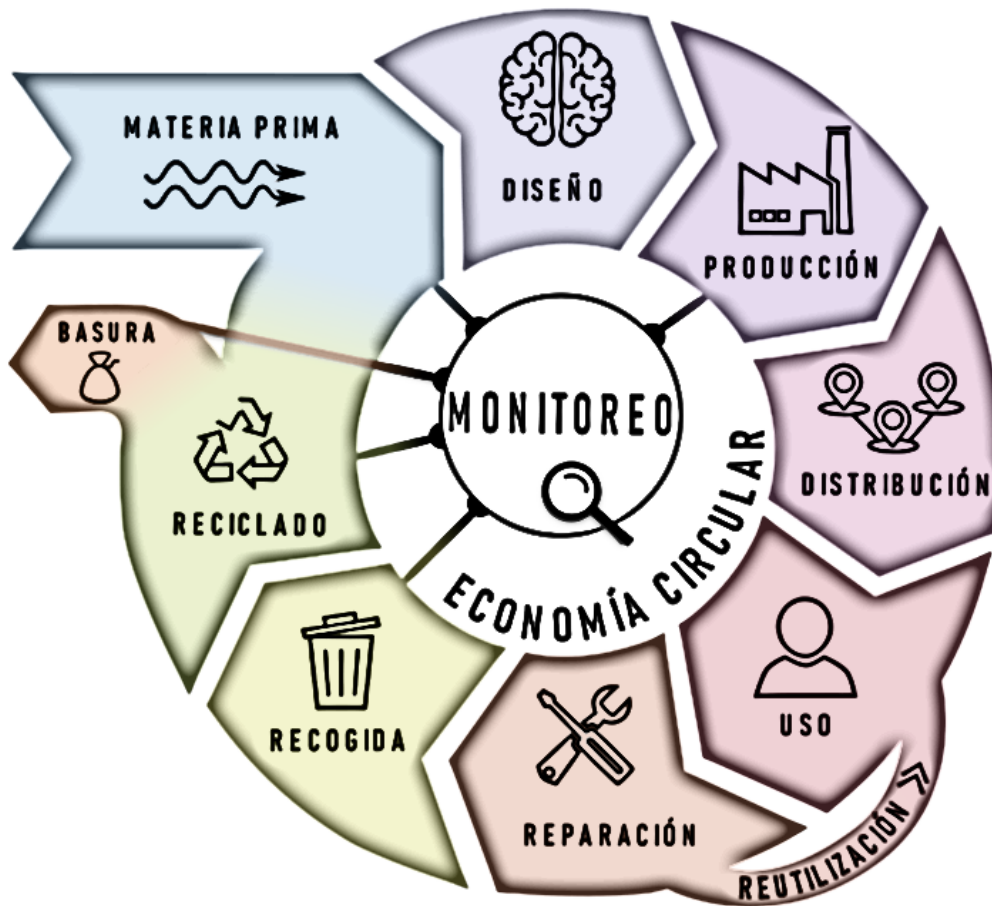


Ciudad Universitaria
Buenos Aires, Argentina





Química Analítica Circular y Química Analítica Verde

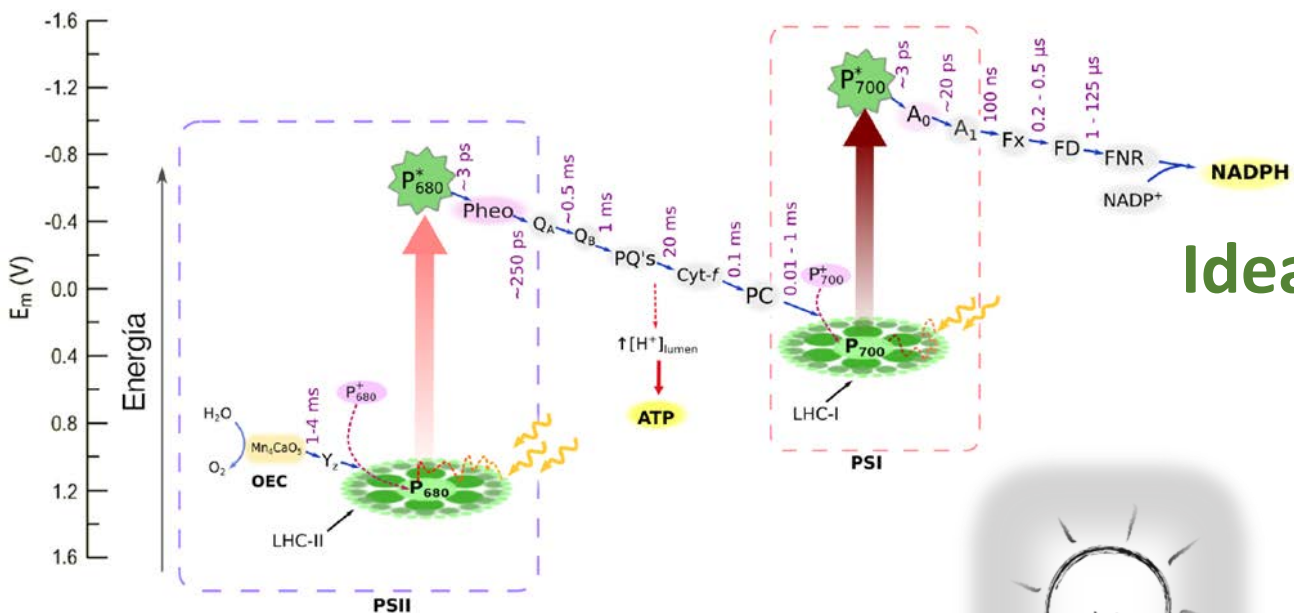


- Permite identificar el impacto ambiental potencial de los procesos
- Asegura que los materiales y productos reciclados cumplan con estrictos estándares de calidad, en productos finales como materias primas.

12 PRINCIPIOS DE LA QUÍMICA ANALÍTICA VERDE

GAC

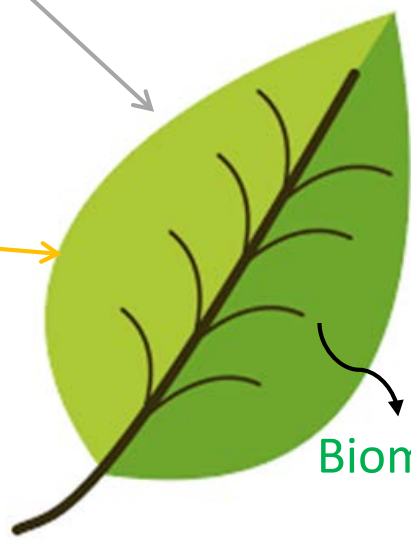




Idea general de una planta centinela

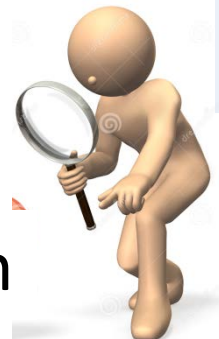
Herramientas
fotoquímicas
In situ

Compuesto
de interés



Biomarcadores
(lab)

emisión



Información
En tiempo real, no
destructiva y muy
sensible

correlación

HERRAMIENTAS FOTOQUÍMICAS:

➤ Variable Fluorescence

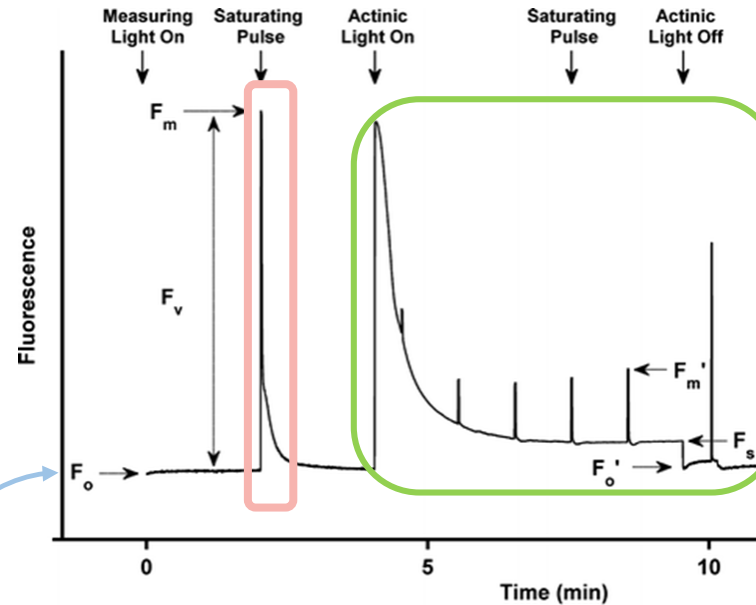
Kautsky Kinetics

Fast transient. OJIP curve

➤ Spectral distribution Fluorescence

➤ Reflectance

➤ Colour coordinates RGB



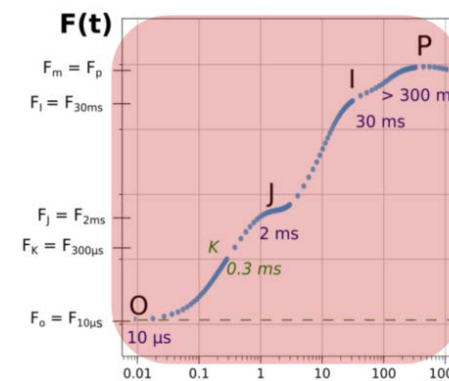
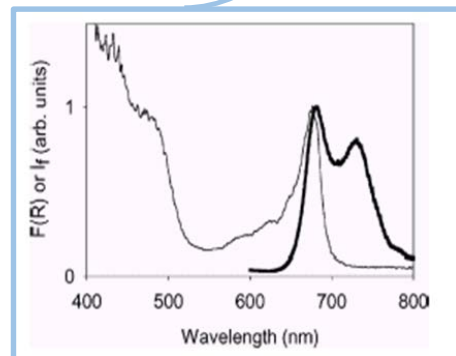
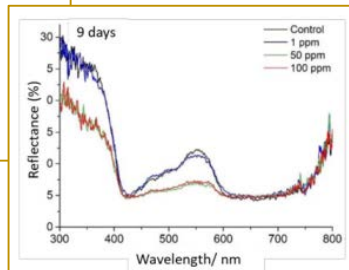
Reflectance indexes

$$\text{NDVI} = \frac{R_{800} - R_{680}}{R_{800} + R_{680}}$$

$$\text{mNDVI} = \frac{R_{750} - R_{705}}{R_{750} + R_{705} - 2 \cdot R_{445}}$$

$$\text{PSND}_a = \frac{R_{800} - R_{675}}{R_{800} + R_{675}}$$

$$\text{PSND}_b = \frac{R_{800} - R_{650}}{R_{800} + R_{650}}$$



$$\Phi_{\text{PSII}} = \frac{k_P}{k_C + k_{\text{NPQ}} + k_P} = \frac{F'_m - F_s}{F'_m}$$

$$\Phi_{\text{NPQ}} = \frac{k_{\text{NPQ}}}{k_C + k_{\text{NPQ}} + k_P} = \frac{F_m - F'_m}{F_m} \times \frac{F_s}{F'_m}$$

$$\Phi_C = \frac{k_C}{k_C + k_{\text{NPQ}} + k_P} = \frac{F_s}{F'_m}$$

$$\Phi_{\text{PSII}} + \Phi_{\text{NPQ}} + \Phi_C = 1$$

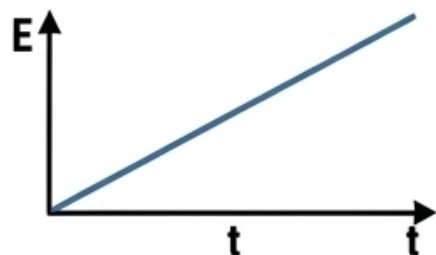
HERRAMIENTAS ELECTROQUÍMICAS:



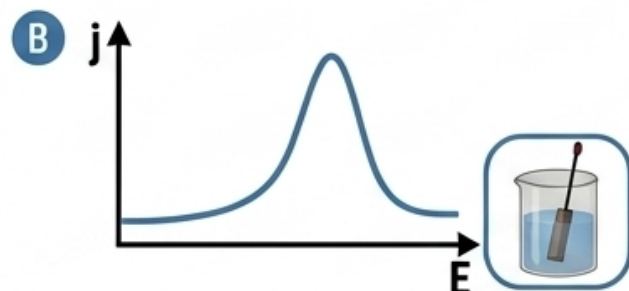
LSV

(Voltamperometría de Barrido Lineal
Linear Sweep Voltammetry)

A Señal de excitación (Evs.t)



Señal: Rampa de potencial lineal



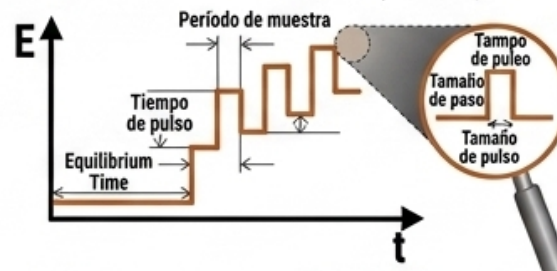
Respuesta (jvs.E)
Pico de corriente
voltamperométrica



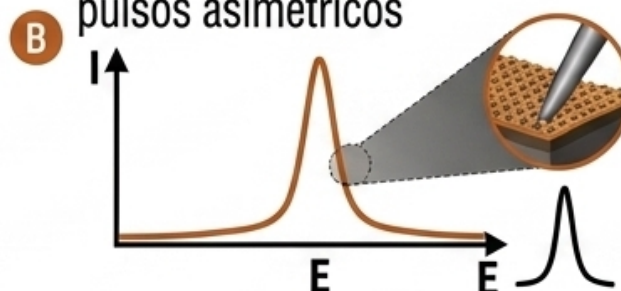
DPV

(Voltamperometría de Pulsos Diferenciales
Differential Pulse Voltammetry)

A Señal de excitación (Evs.t)



Señal de excitación (Evs.t)
Forma de onda detallada de
pulsos asimétricos



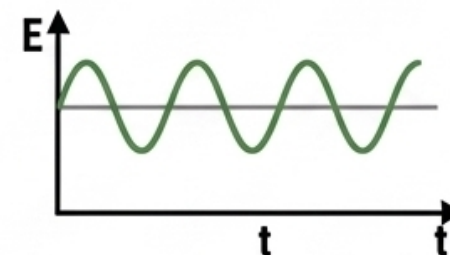
Respuesta (Ivs.E)
Pico de corriente diferencial



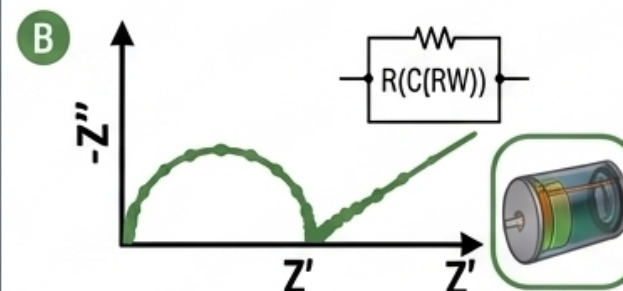
EIS

(Espectroscopía de Impedancia Electroquímica
Electrochemical Impedance Spectroscopy)

A Señal de excitación (Evs.t)



Señal: Onda senoidal AC de
pequeña amplitud



Respuesta (Nyquist / $-Z''$ vs. Z')
Diagrama de Nyquist:
 $Z''(\omega)$ vs $Z'(\omega)$

PLAN DE TRABAJO

Plantas en estudio



Glycine max - *Cichorium intybus* - *Salvinia molesta* - *Vallisneria* - *Spathiphyllum wallisii* – *Spirodela intermedia*

Compuestos de interés

Chlorpyrifos, **Ag (I), AgNPs, Ag₂SNPs**, Cu(II), CuNPs, Pb(II), Cd(II),
sinergia con microplásticos y quelantes (EDTA; EN; CIT)

Biomarcadores determinados electroquímicamente

Actividad de Ascorbato oxidasa, Acetilcolinesterasa, Glutathione peroxidase

1. Silver-Form-Driven Nanotoxicity Reveals Spirodela intermedia W. Koch as a Potential Bioindicator for Aquatic Systems. CHEMICAL RESEARCH IN TOXICOLOGY <https://doi.org/10.1021/acs.chemrestox.5c00490.s001>.
2. Bioplatform for Detecting Organophosphorus Compound Exposure" in its current form for publication in Health Security. HEALTH SECURITY, 2025, <https://doi.org/10.1177/23265094251384642>
3. Tracking acetylcholinesterase inhibitor pesticides in the environment using the rapid transient of chlorophyll fluorescence. PHOTOCHEMISTRY AND PHOTOBIOLOGY, 2025, <https://doi.org/10.1111/php.14080>
4. Chlorophyll fluorescence in sentinel plants for the surveillance of chemical risk <https://doi.org/10.1016/j.jphotobiol.2024.112965>

Sistema Plata

Tabla 1. Concentraciones de Ag total (ppm) y controles.

Tratamientos	Concentración (ppm)		
	A	B	C
Ag ⁺	0,06	0,006	0,0006
Ag ₂ SNPs	0,1	0,01	0,001
AgNPs	0,1	0,01	0,001
Controles			
PVP		0,1	
Agua desionizada (Control)			

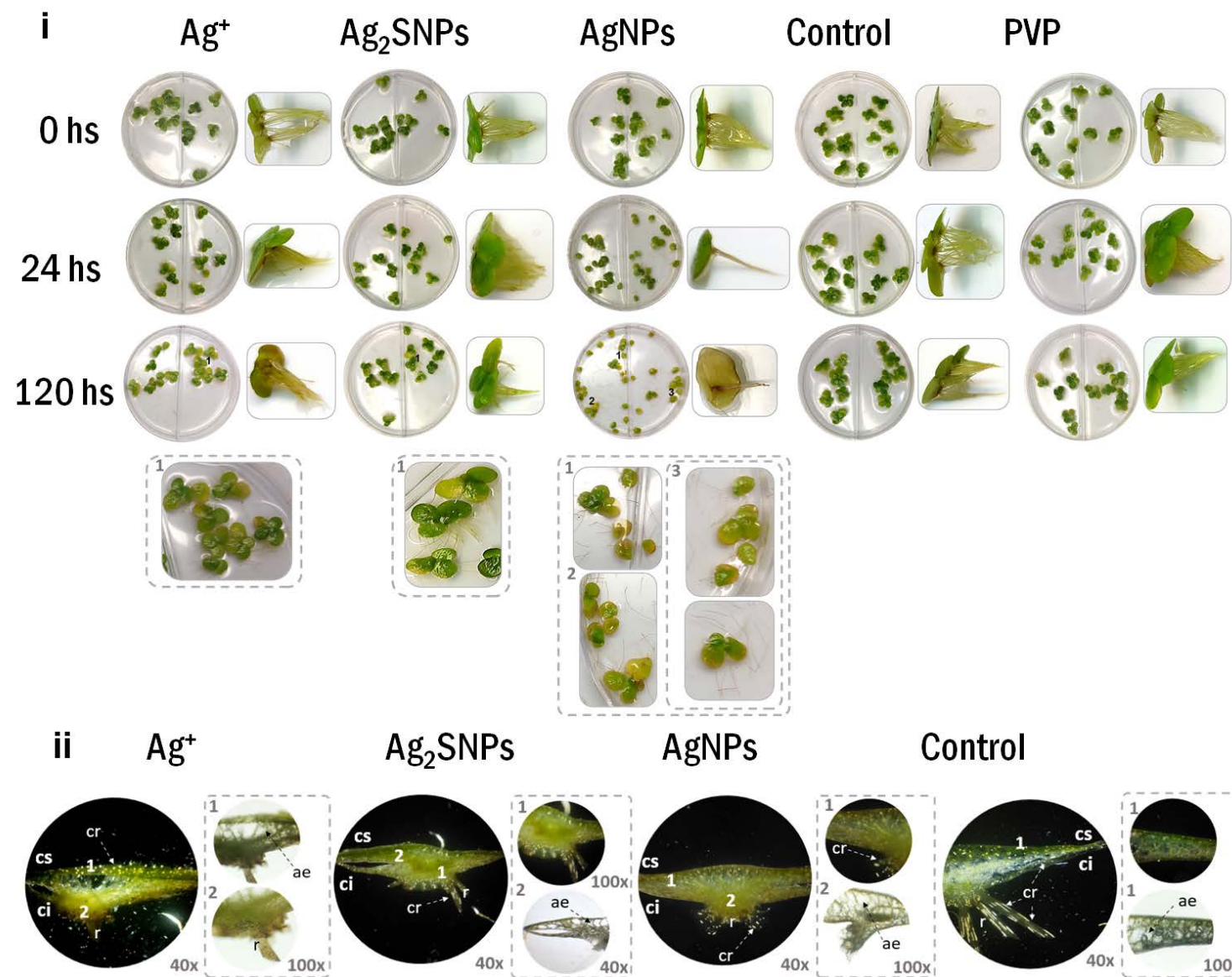


Fig. i. Aspecto de colonias a 0, 24 y 120 horas de tratamiento con las concentraciones A y controles. **ii.** CT en tratamientos (concentraciones A) y control bajo luz blanca natural y luz polarizada a fines del ensayo (120 horas). *Referencias:* cs: cara superiorfronde, ci: cara inferiorfronde, r: raíces, ae: aerénquima y cr: cristales de calcio.

Mediciones biofotónicas - Fluorescencia de la clorofila a

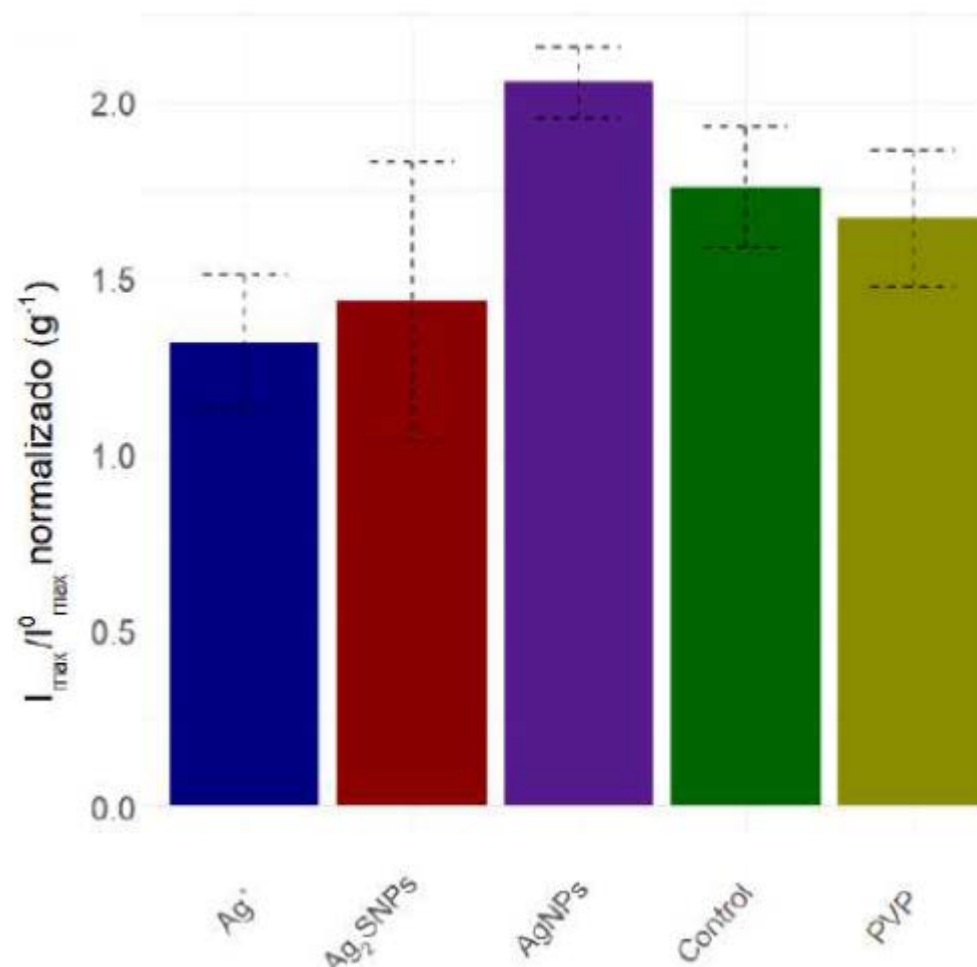
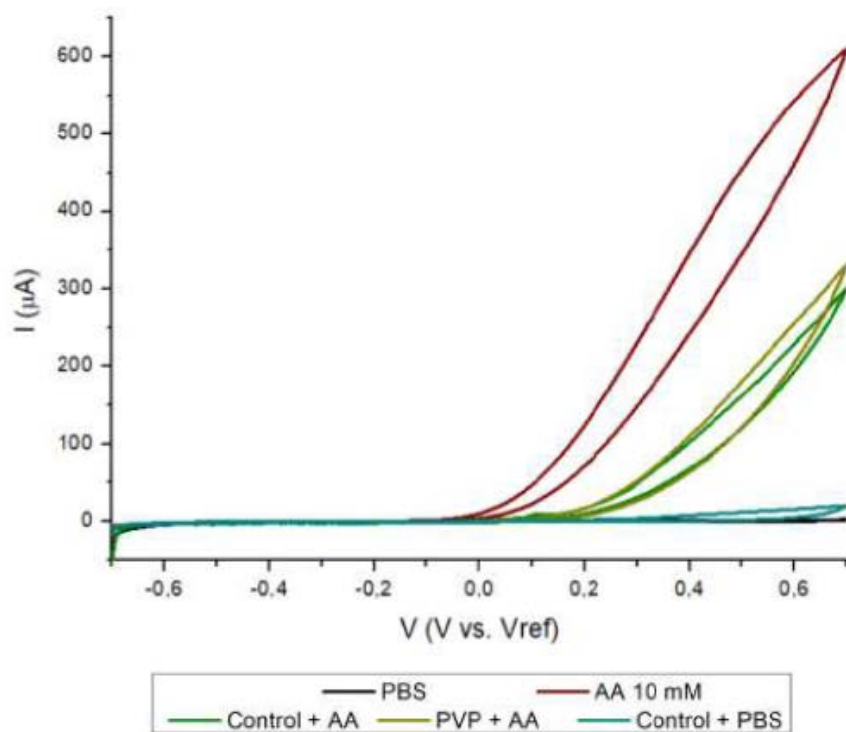
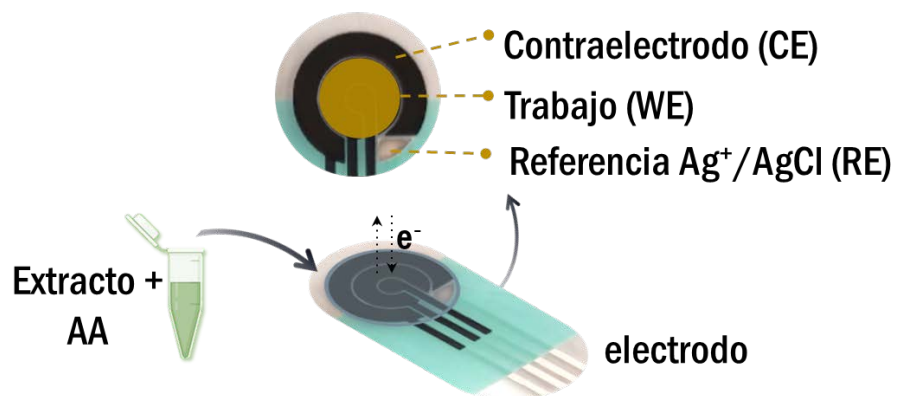


Parameter		F_v/F_m			DI_0/RC		
Exposure time		24 hs	48 hs	72 hs	24 hs	48 hs	72 hs
Control							
	PVP						
	AgNPs						
Ag ₂ SNPs	A	+++	++	+++	+++	+++	+++
	B						
	C						
Ag ₂ SNPs	A						
	B						
	C						

0.8 1.0 2.5

- Daños en la cadena fotosintética.
- Aumento en la disipación de energía.

Mediciones electroquímicas - Actividad ascorbato oxidasa



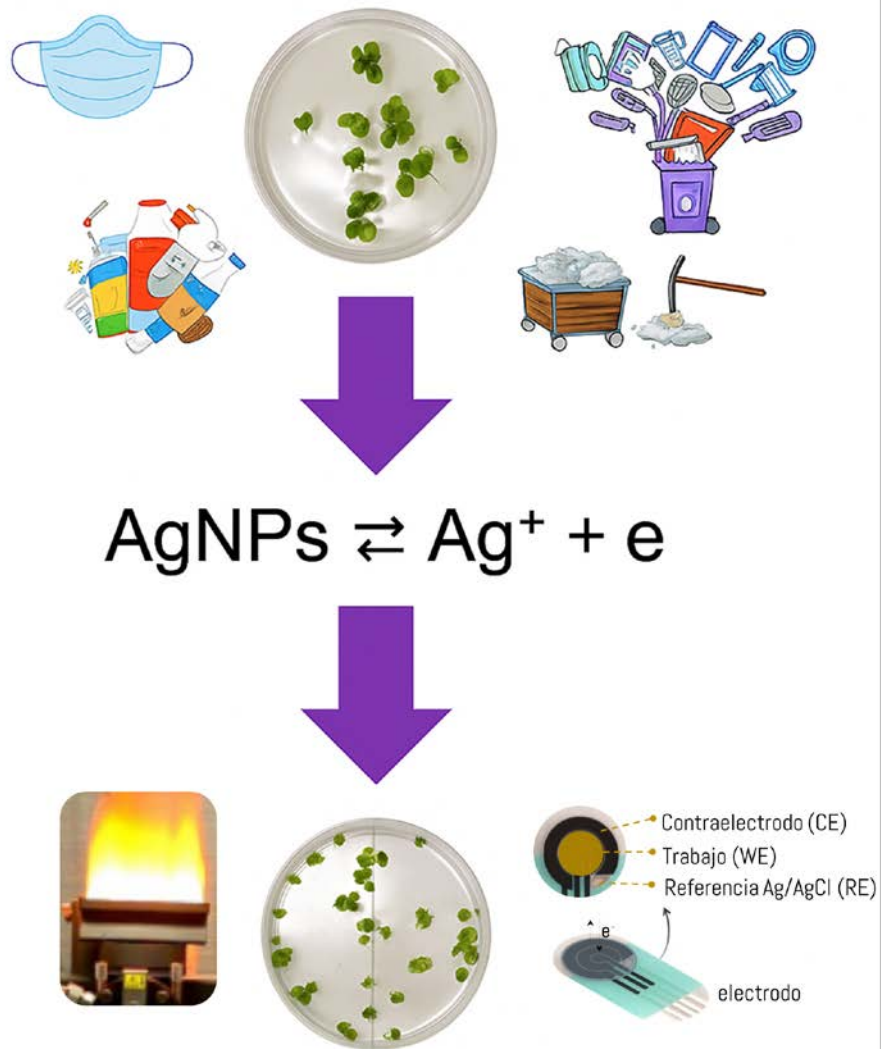
I_{max} : tratamiento
 I^0_{max} : control

Menor actividad
 de AO

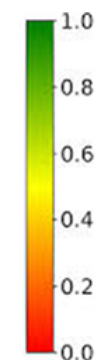


$I_{\text{max}}/I^0_{\text{max}} > 1$

Ag 1 ppm
48 hs
S. Intermedia



Métricas
AGREE*

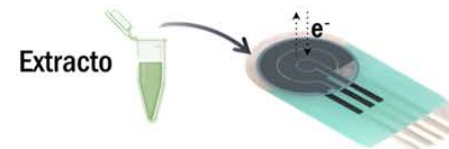
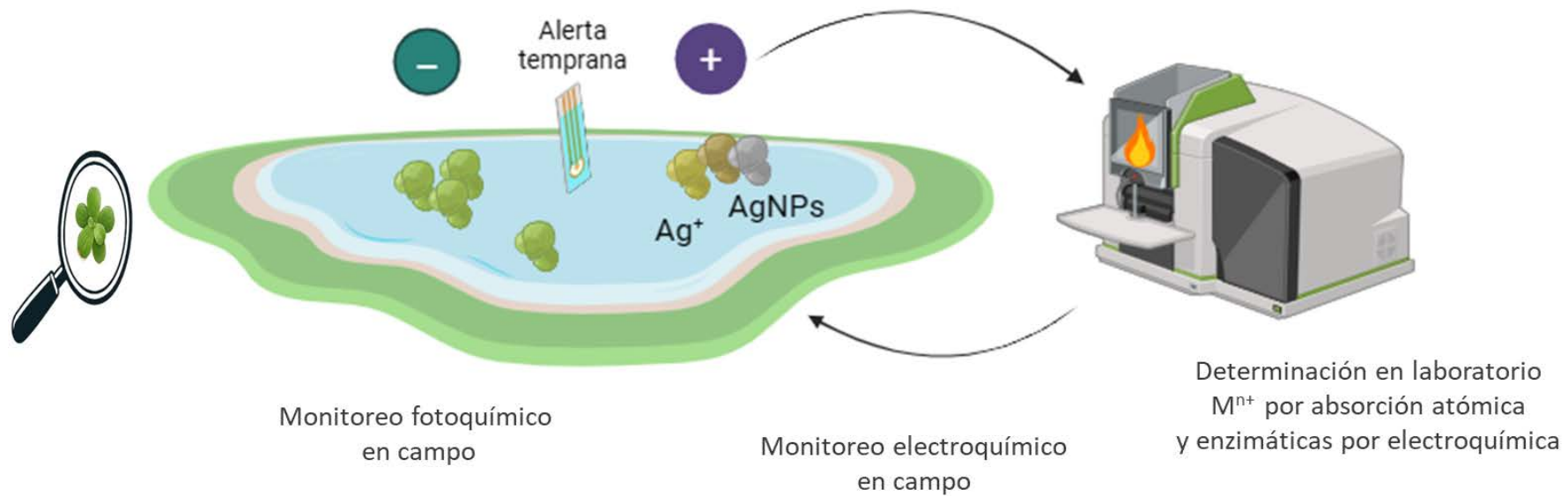


FAAS



CV

Perspectivas: Monitoreo de contaminantes

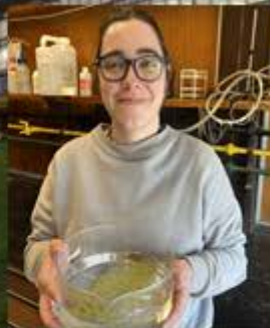


Muchas gracias por su atención!

Financiamientos



Terraciano, Luca



Petri, Mailén



Dahir, Sofia



Cruz, Maia



Diz, Virginia Emilse



Morzan, Ezequiel



Lagorio, María Gabriela



González, Graciela Alicia