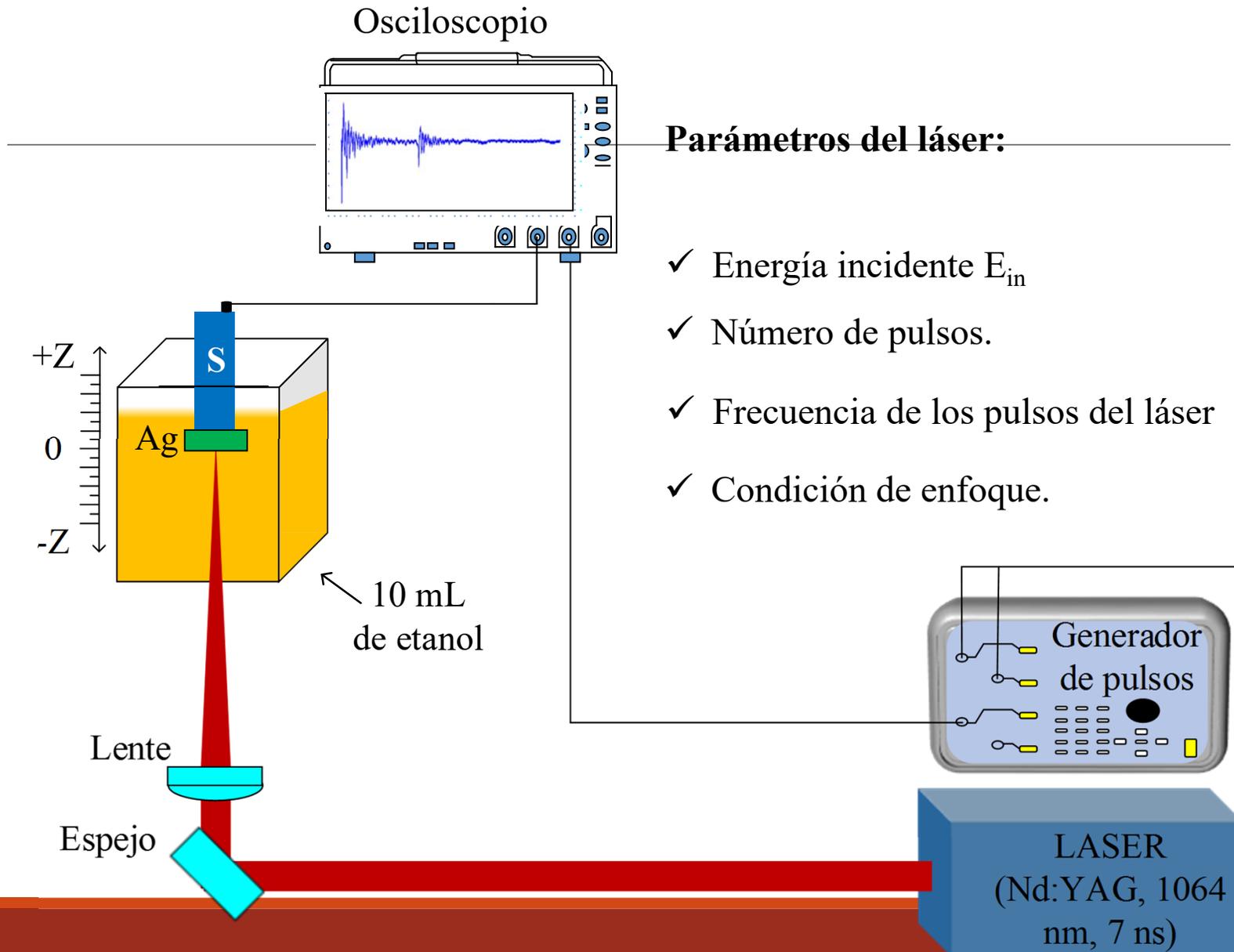


PRODUCCIÓN DE NANOPARTÍCULAS DE PLATA EN FUNCIÓN DE PARÁMETROS DEL LÁSER DURANTE LA ABLACIÓN DE UN BLANCO DE PLATA SUMERGIDO

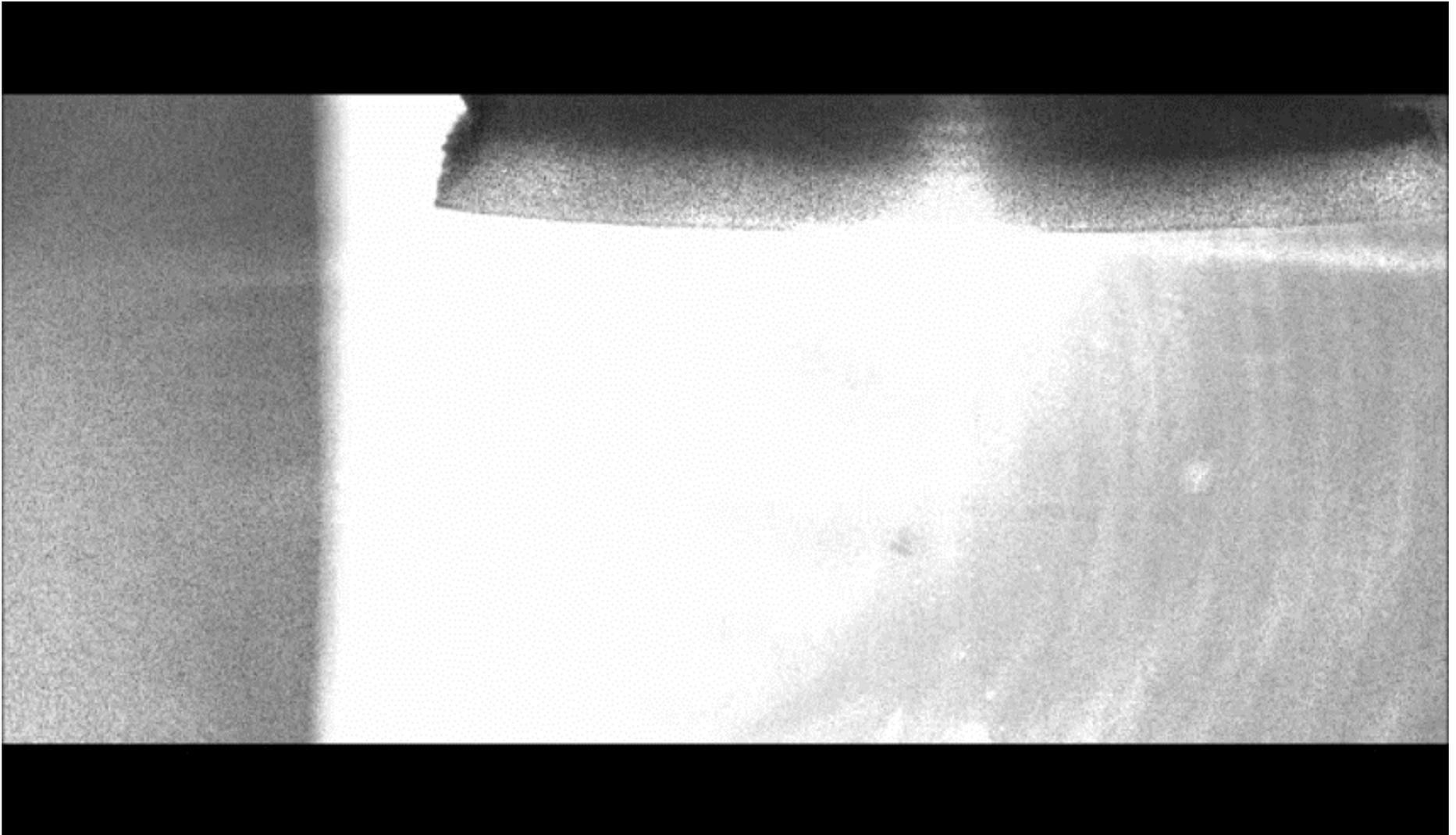
Miguel Angel Valverde Alva
Universidad Nacional de Trujillo

INTRODUCCIÓN.- ABLACIÓN CON LÁSER PULSADO EN LÍQUIDOS

SISTEMA EXPERIMENTAL



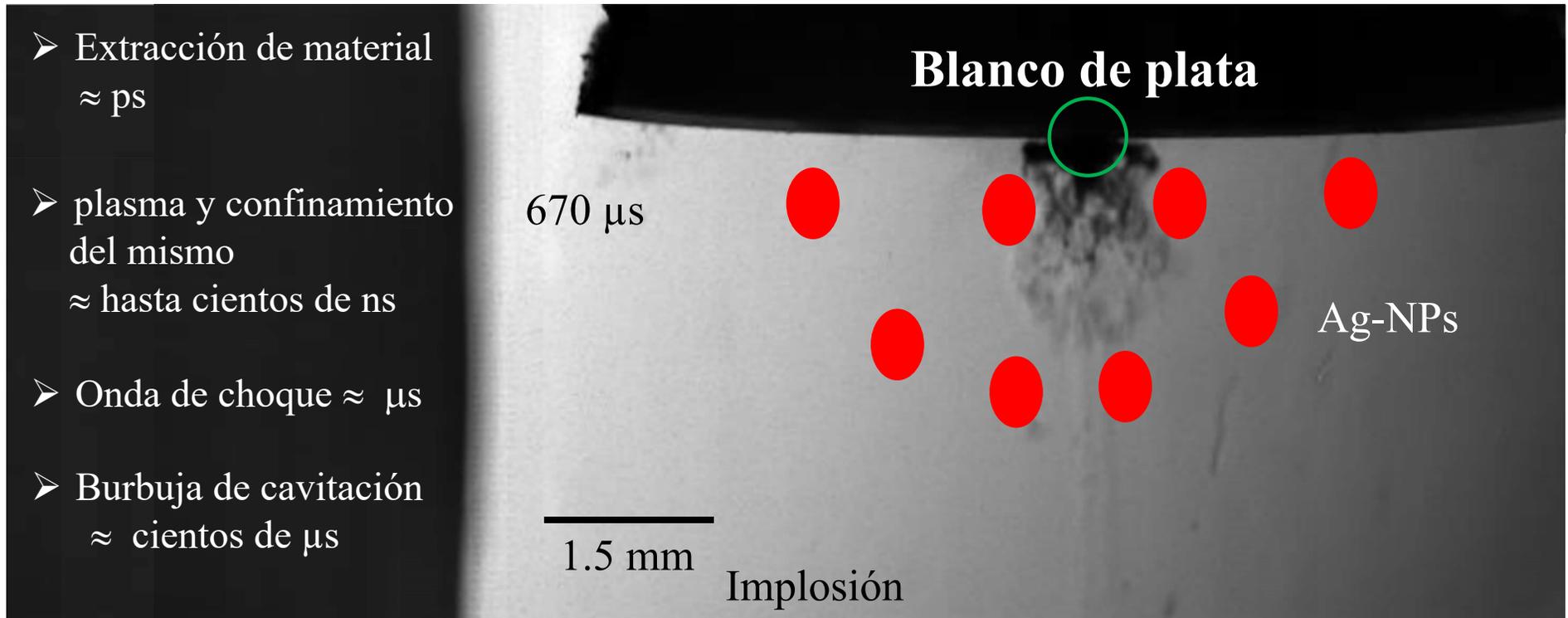
INTRODUCCIÓN.- ABLACIÓN CON LÁSER PULSADO EN LÍQUIDOS



Cada serie está compuesta por 996 fotografías, las cuales se obtuvieron con tiempos de $1.25 \mu\text{s}$ y con intervalos de $10 \mu\text{s}$

INTRODUCCIÓN.- ABLACIÓN CON LÁSER PULSADO EN LÍQUIDOS

Proceso que se lleva a cabo durante la ablación de un blanco sumergido en un líquido



Láser (E_{in} 60 mJ, 7 ns)



RESULTADOS:

Efectos de la energía incidente E_{in} y del número de pulsos del láser en:

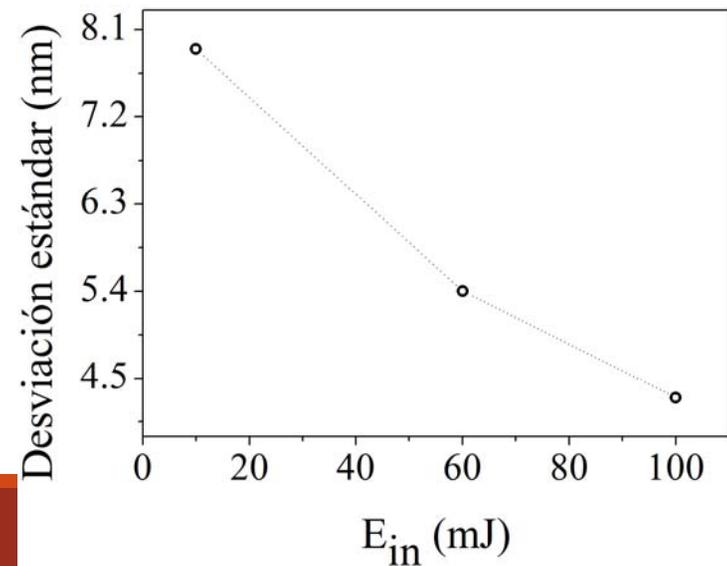
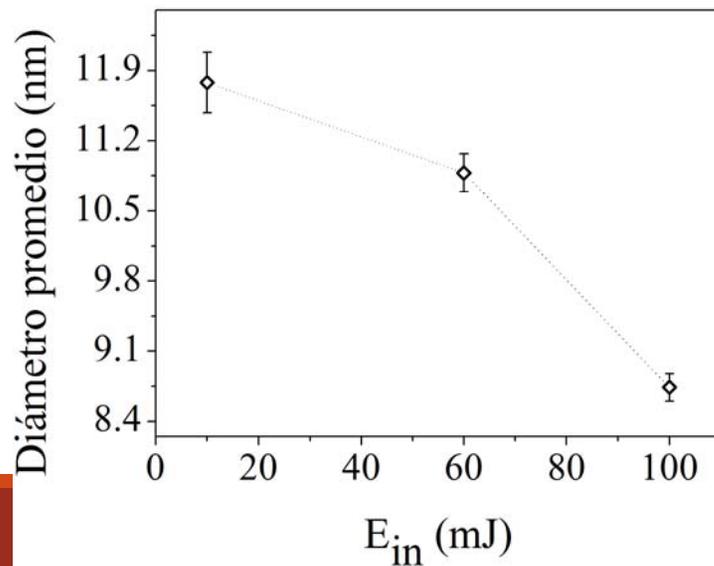
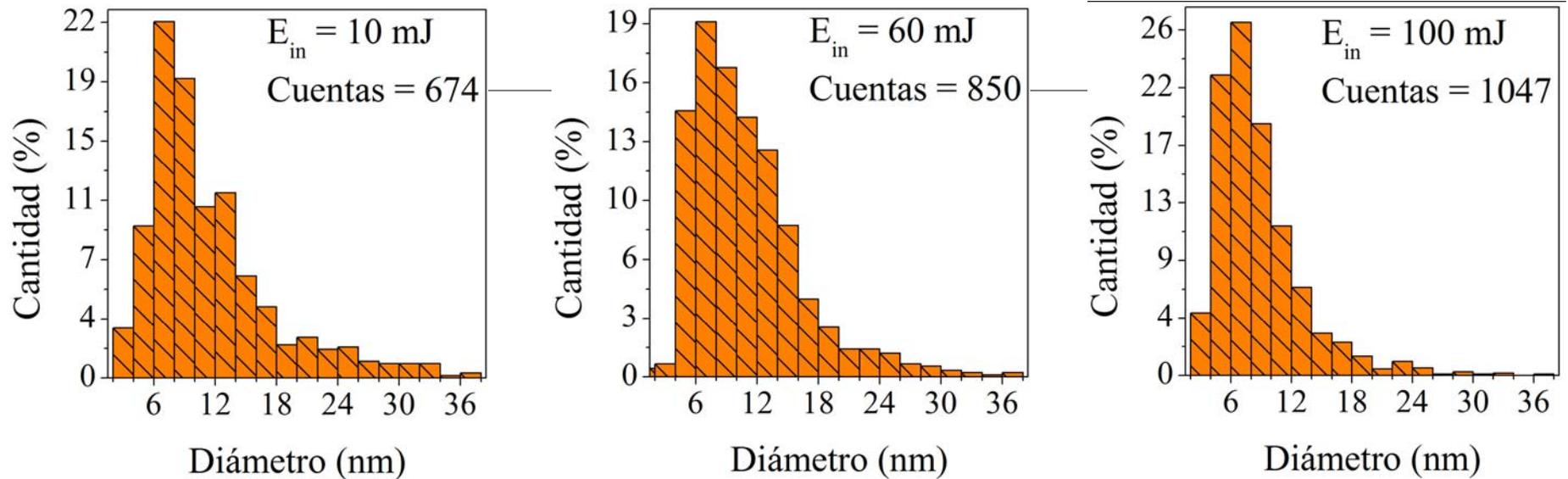
- Distribución de tamaños de las Ag-NPs.
- Valores RMS de la señal fotoacústica.
- Evolución de la burbuja de cavitación.
- Eficiencia de la ablación.

Parámetros fijos:

- ✓ Frecuencia de los pulsos del láser = 10 Hz.
- ✓ Condición de enfoque $Z = 0$.

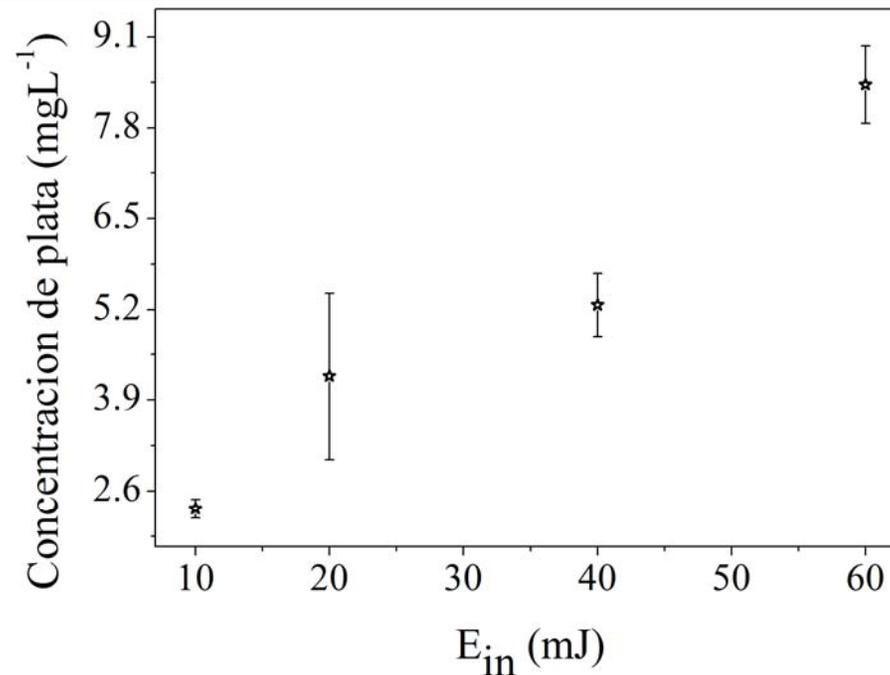
Efecto de E_{in} en la distribución de tamaños de las Ag-NPs

Aumentar las energías E_{in} conllevó a que tanto el diámetro promedio como el ancho de la distribución de tamaños de las Ag-NPs disminuyeran.



Efecto de E_{in} en la concentración de los coloides

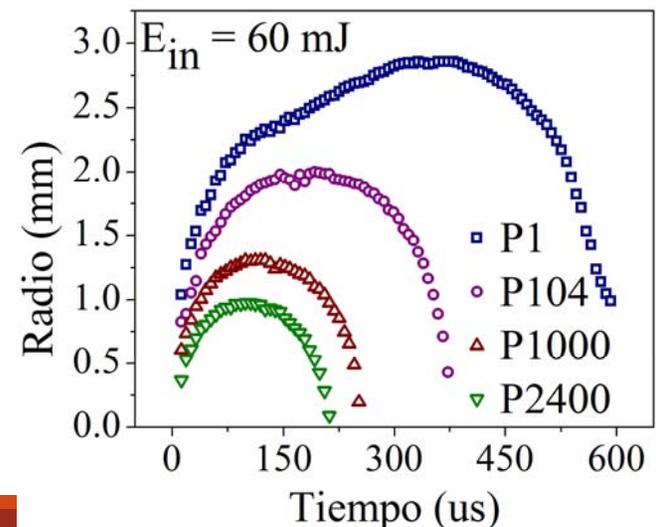
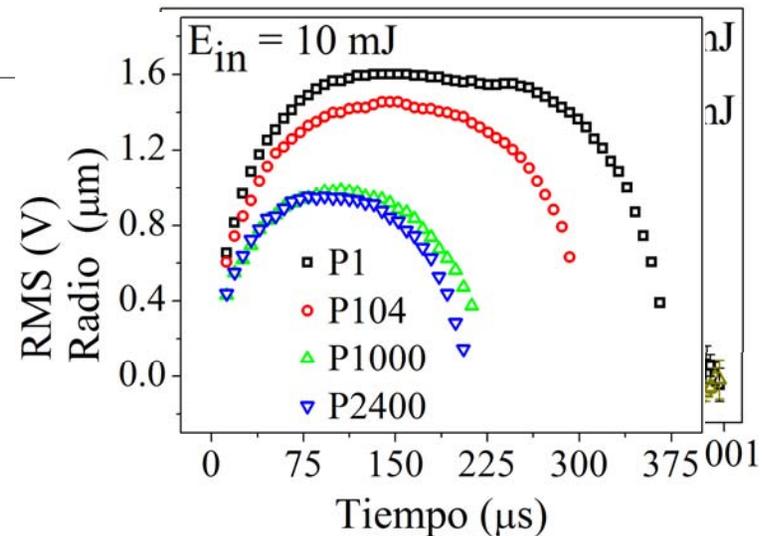
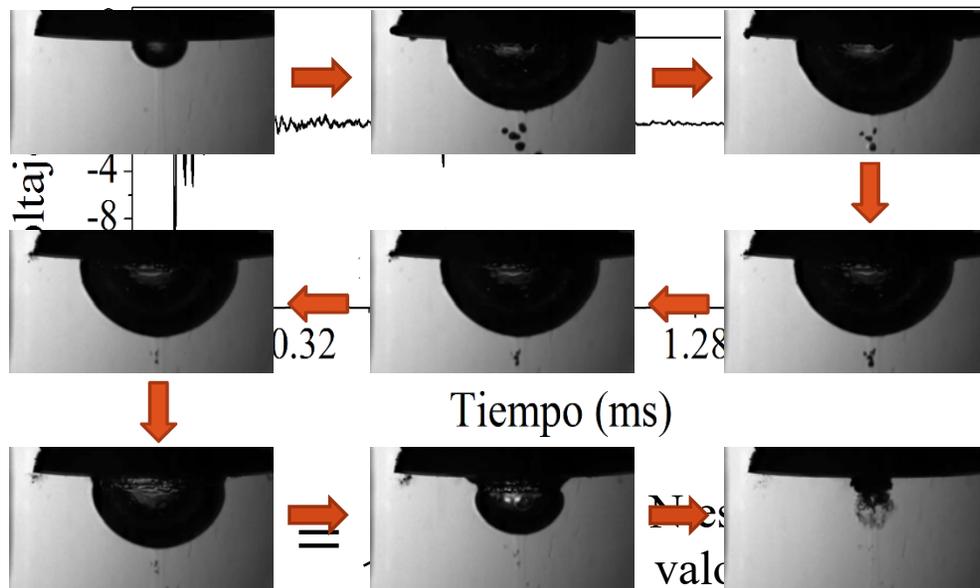
Al considerar 3001 pulsos del láser y diferentes energías E_{in} , se obtuvieron diferentes concentraciones



Aumentos en los valores E_{in} implicaron aumentos en la cantidad de material extraído.

➤ Se demostró que la fotoacústica pulsada puede ser utilizada *in situ* y en tiempo real para estudiar el proceso de obtención de Ag-NPs por ablación láser en etanol.

Efecto de E_{in} y del número de pulsos en los valores RMS de la señal fotoacústica y en la evolución de la burbuja de cavitación



Para los primeros cientos de pulsos:

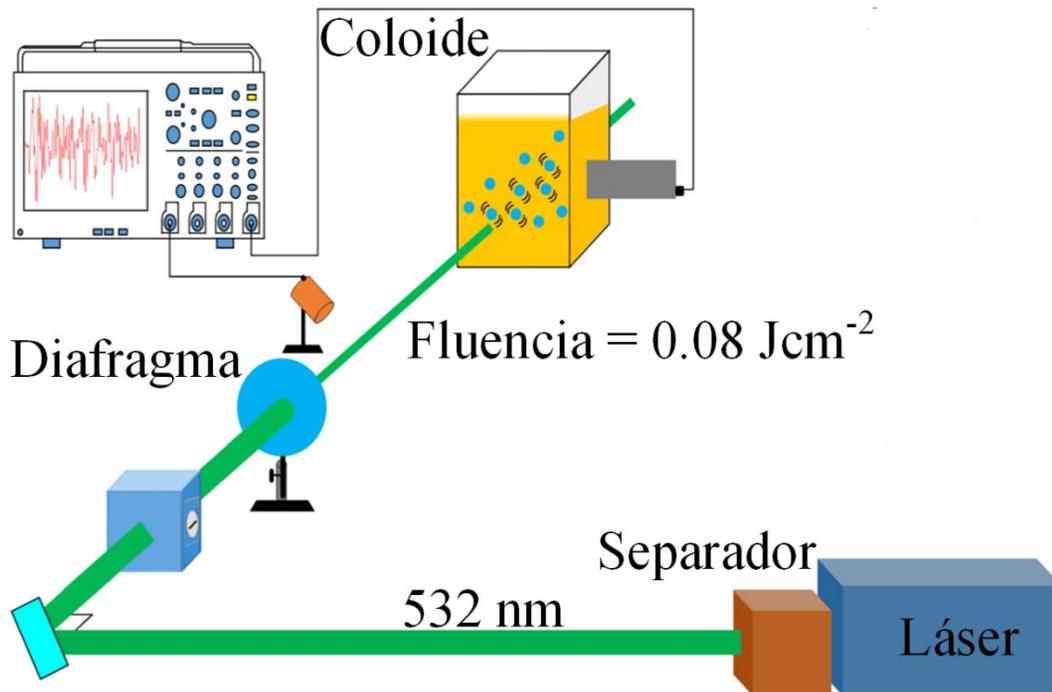
- Para un valor de E_{in} , el tiempo de implosión disminuye rápidamente durante la síntesis.
- aumentar E_{in} originó mayores tiempos de implosión.

E_{in} ocasionó un incremento en los valores RMS; sin embargo, después de estas decenas de pulsos no se apreciaron cambios significativos.

Sistema experimental utilizado para obtener las concentraciones relativas de plata

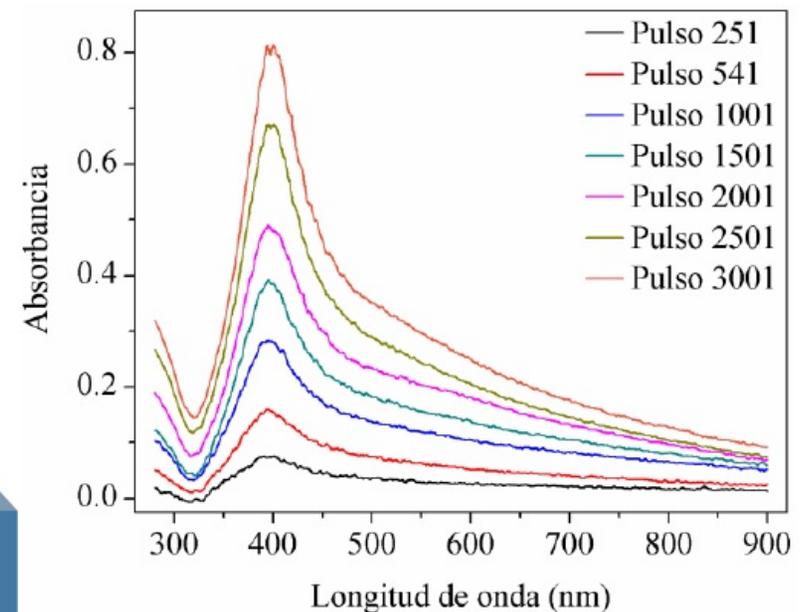
Al considerar $E_{in} = 60$ mJ y diferentes números de pulsos del láser, se obtuvieron 14 coloides. Las concentraciones fueron determinadas por tres técnicas.

Fotoacústica pulsada inducida por fluencia baja (FPIFB)



Espectroscopia UV-Vis

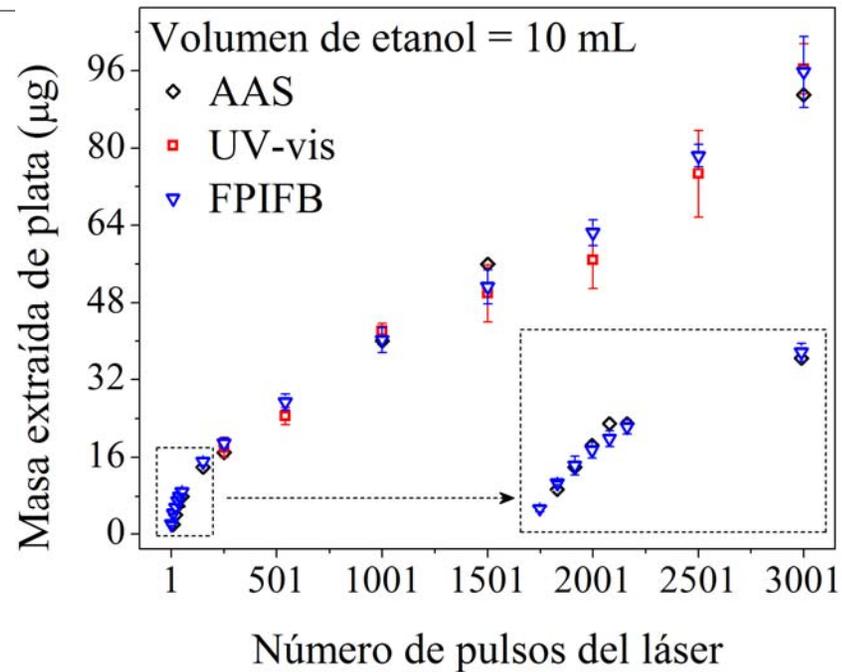
Se considera la absorbancia a 280 nm



Espectroscopia de absorción atómica (AAS)

Efecto del número de pulsos del láser en la concentración

Al considerar $E_{in} = 60$ mJ y diferentes números de pulsos del láser, se obtuvieron 14 coloides. Las concentraciones fueron determinadas por tres técnicas.



La masa extraída incrementa no linealmente con el aumento del número de pulsos del láser

RESULTADOS:

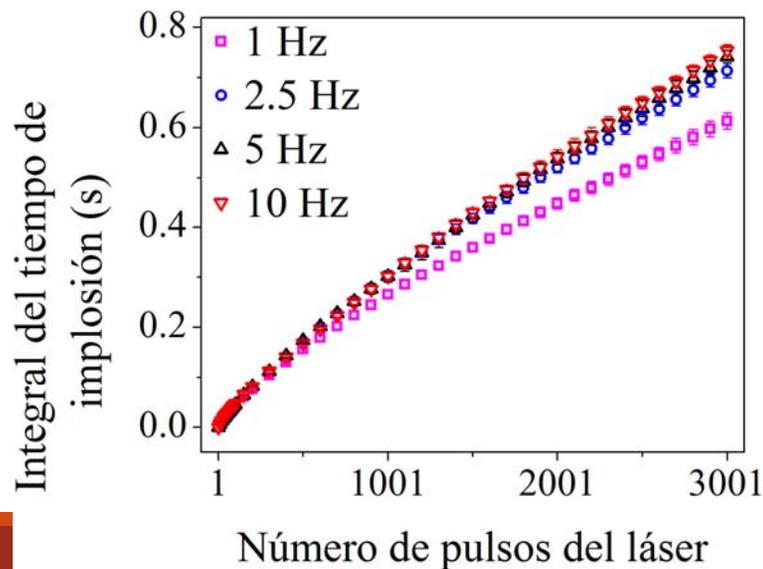
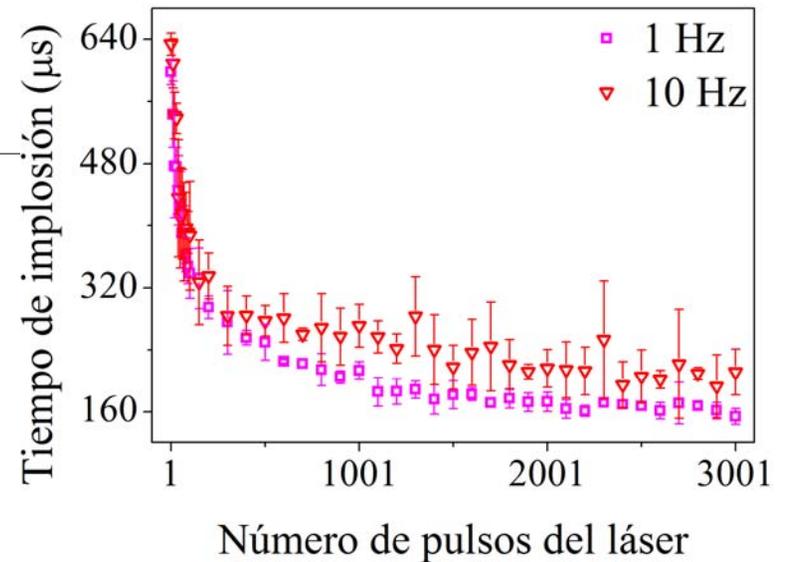
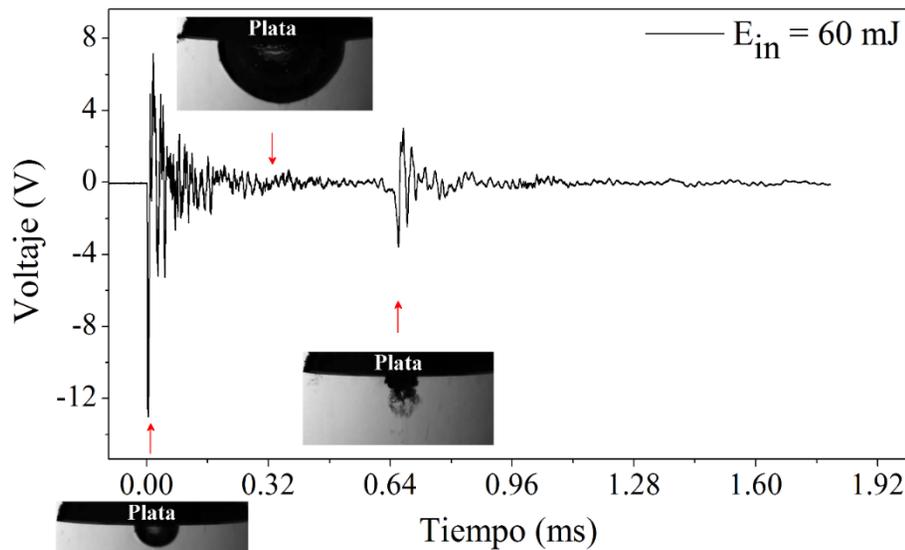
Efectos de la frecuencia de los pulsos del láser en:

- Tiempo de la primera implosión de la burbuja de cavitación.
- Integral del tiempo de implosión.
- Transmitancia pulsada.
- Concentración de los coloides.

Parámetros fijos:

- ✓ Energía incidente $E_{in} = 60$ mJ.
- ✓ Número total de pulsos del láser = 3001.
- ✓ Condición de enfoque Z (mm) = 0.

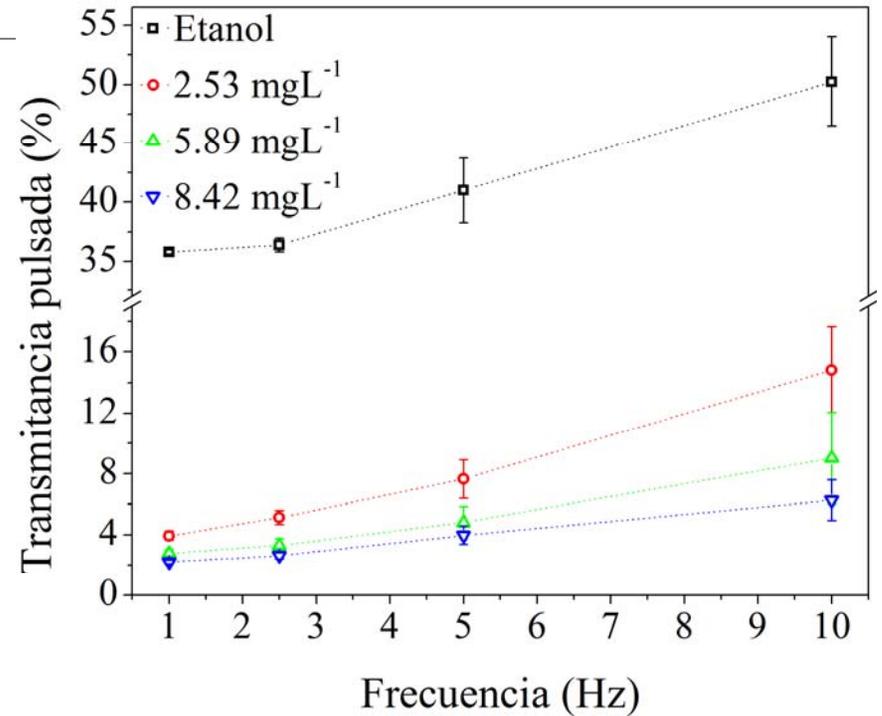
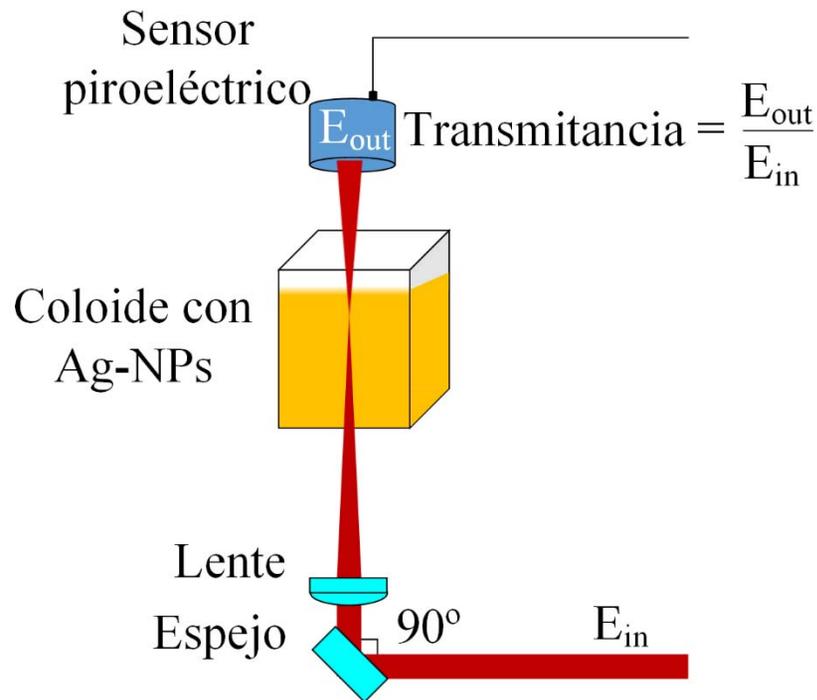
Efecto de la frecuencia de los pulsos del láser en los valores RMS y el tiempo de implosión



La integral del tiempo de implosión representa el tiempo acumulativo conforme aumenta el número de pulsos del láser, que a su vez está relacionado con la suma de las energías absorbidas por el blanco durante la irradiación con diferentes pulsos del láser y por tanto con la cantidad de material extraído.

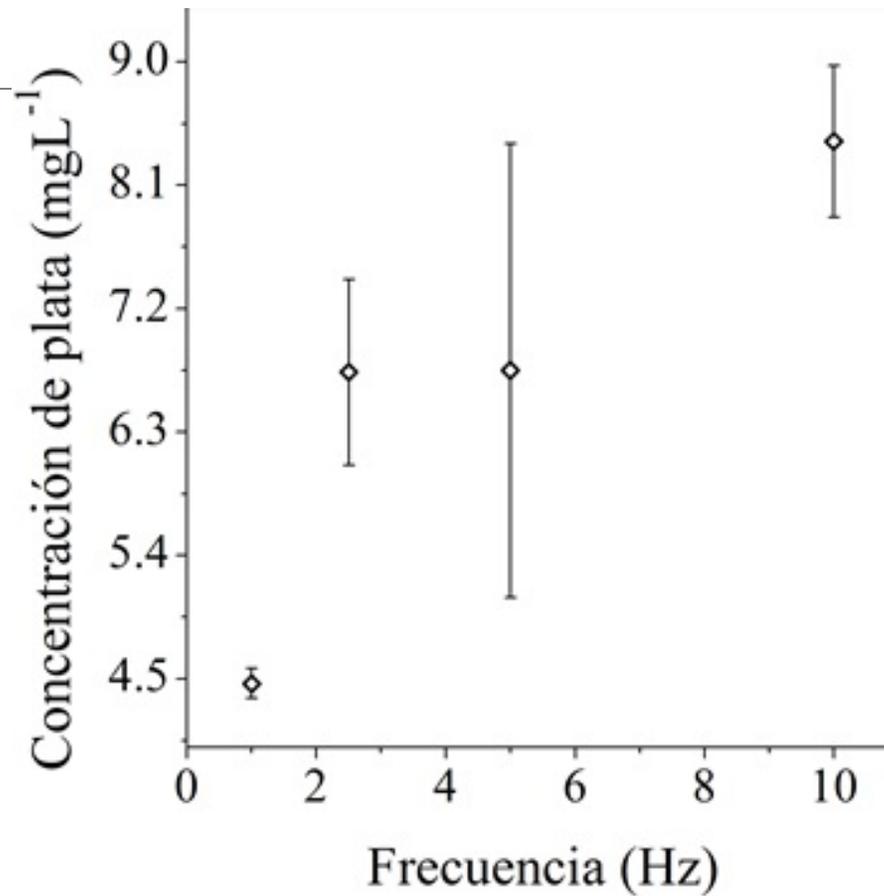
Frecuencia (Hz)

Efecto de la frecuencia de los pulsos del láser en la transmitancia



Los estudios de transmitancia pulsada sugieren que la energía transmitida a través de varios coloides con diferentes concentraciones depende de la frecuencia. A mayor frecuencia mayor es la transmitancia.

Efecto de la frecuencia de los pulsos del láser en la concentración



Este resultado es contradictorio a lo reportado en la literatura.

RESULTADOS

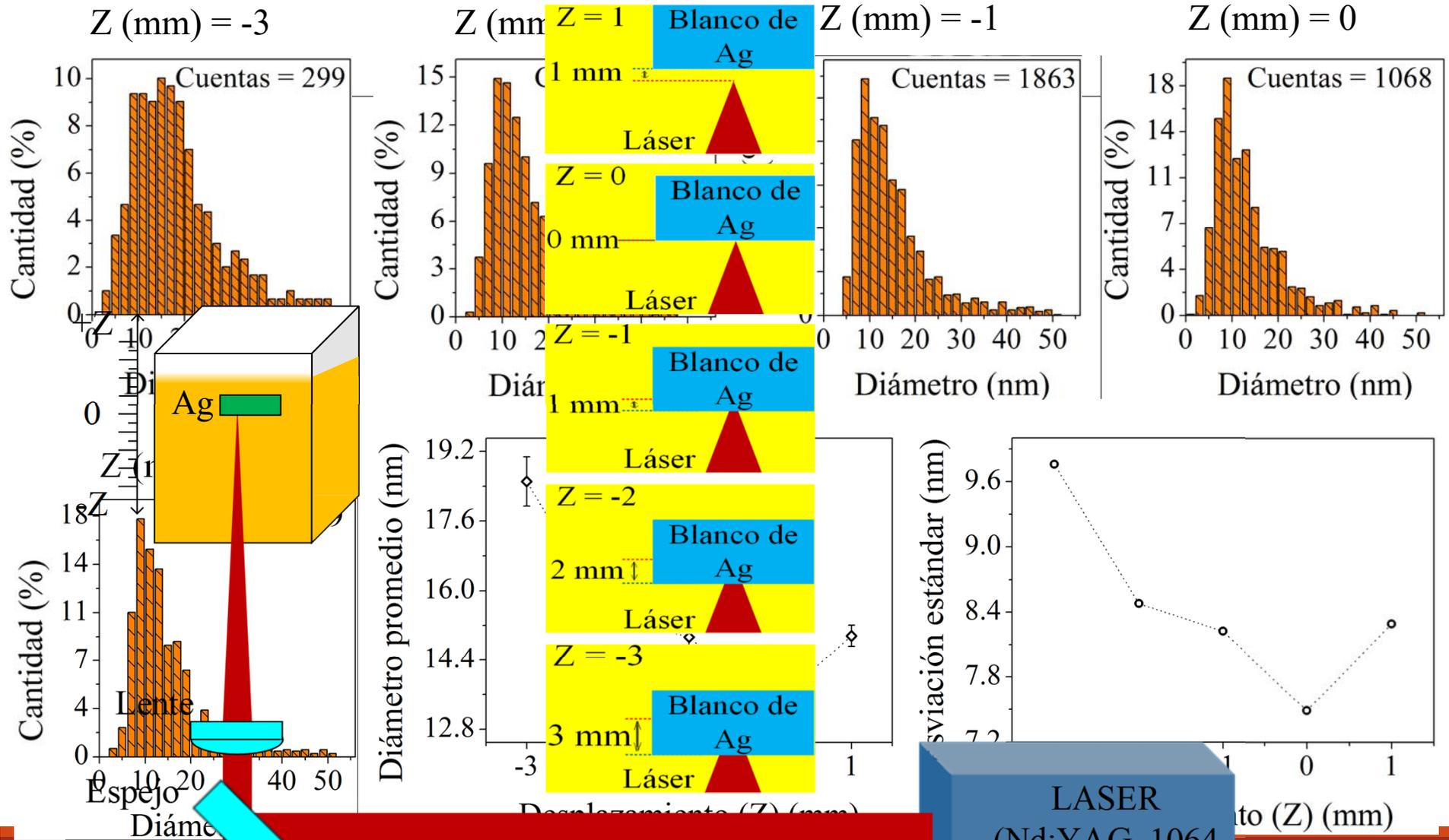
Efectos de la condición de enfoque de la radiación láser en:

- Valores RMS de la señal fotoacústica.
- Tiempo de la primera implosión de la burbuja de cavitación.
- Concentración de los coloides.
- Distribución de tamaños de las Ag-NPs.

Parámetros fijos:

- ✓ Energía incidente $E_{in} = 60$ mJ.
- ✓ Número total de pulsos del láser = 3001.
- ✓ Frecuencia de los pulsos del láser = 10 Hz.

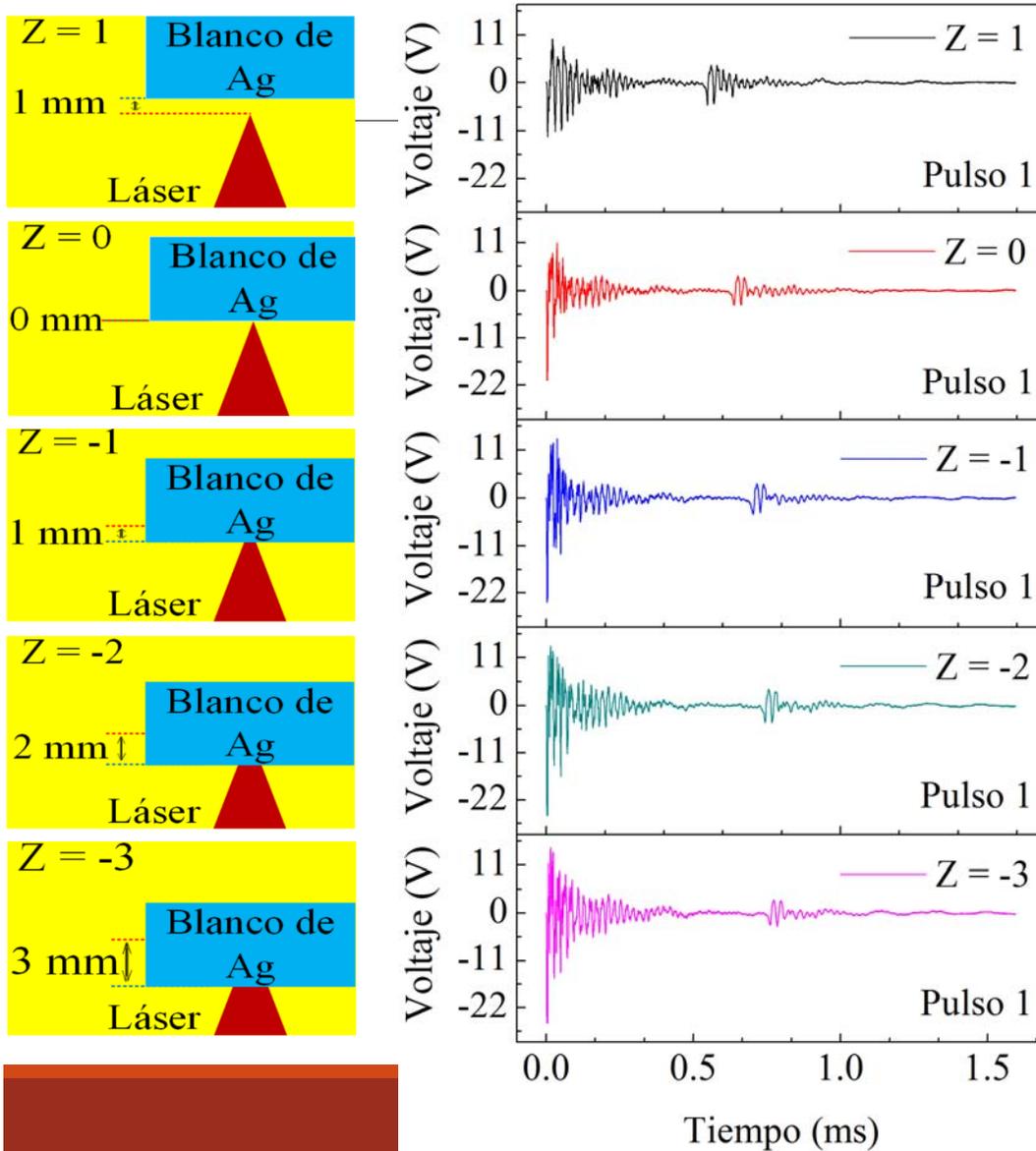
Efecto de la condición de enfoque en la distribución de tamaños de la Ag-NPs



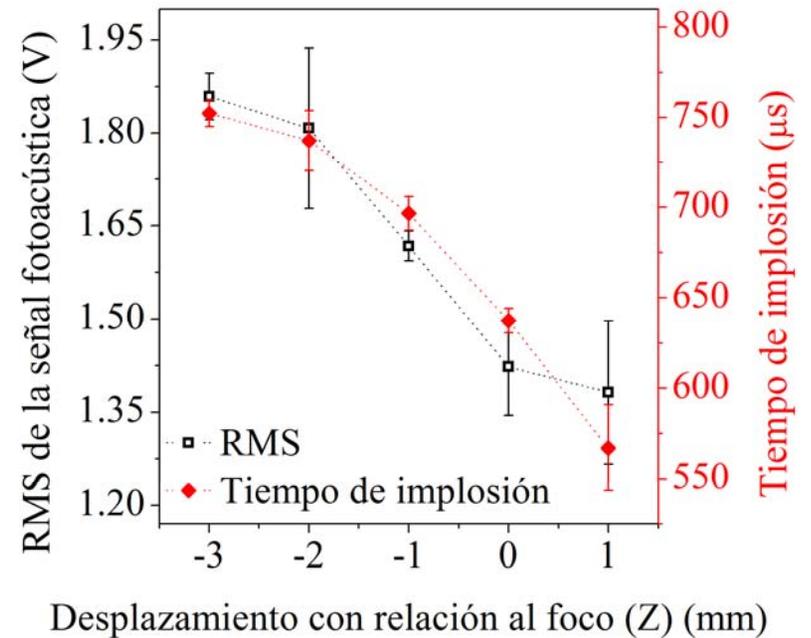
La distribución de tamaños de las Ag-NPs depende de la condición de enfoque.

LASER
(Nd:YAG, 1064
nm, 7 ns)

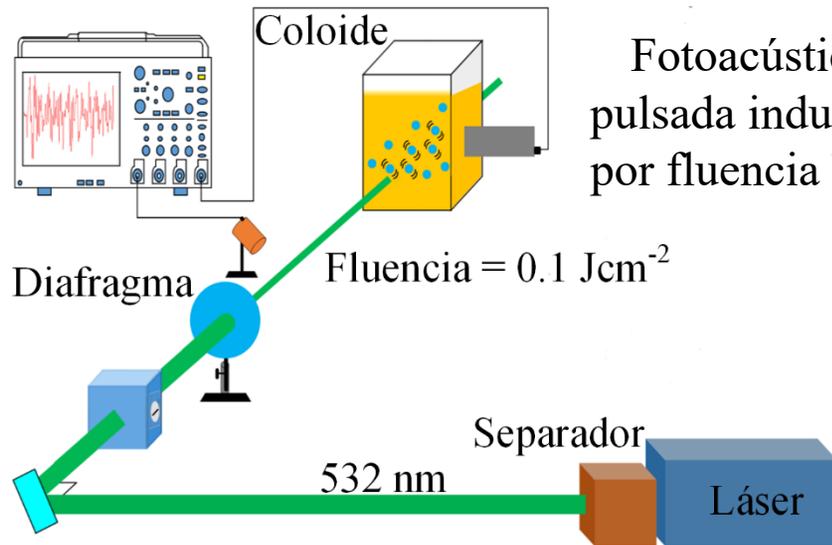
Efecto de la condición de enfoque en el valor RMS y tiempo de implosión



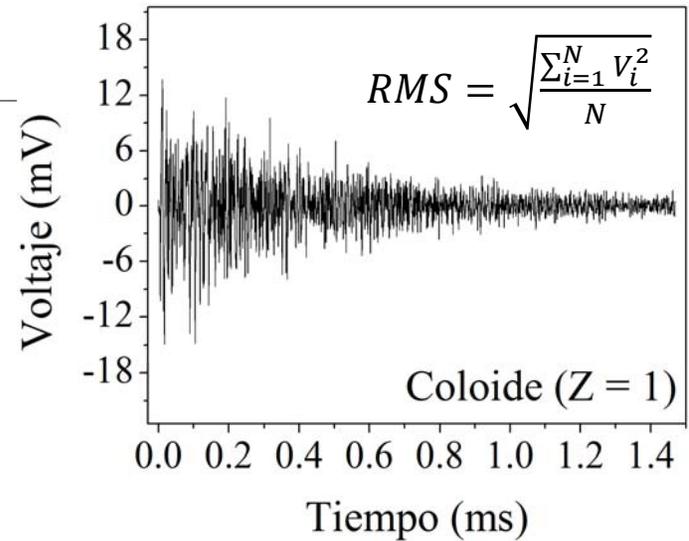
Para el pulsos 1, el tiempo de implosión y el RMS y dependen de la condición de enfoque.



Efecto de la condición de enfoque en la concentración de los coloides

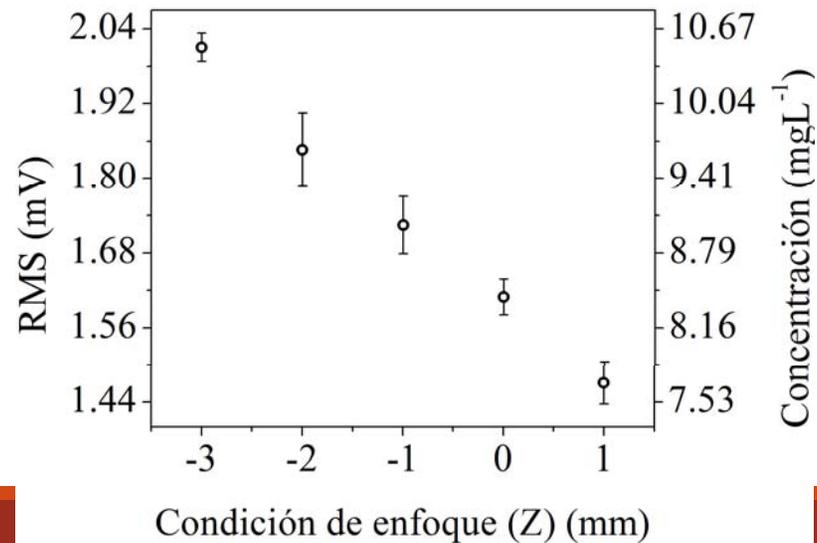


Fotoacústica
pulsada inducida
por fluencia baja



La calibración realizada con anterioridad permitió determinar las concentraciones de plata.

La concentración de los coloides aumentó conforme se desplazó el blanco hacia a lente desde la posición del foco.



Conclusiones

- Fue posible mostrar la utilidad del uso de las técnicas de fotoacústica pulsada y de transmitancia pulsada para el estudio del proceso de obtención de Ag-NPs por la ALPL.
- El valor RMS de la señal fotoacústica generada durante la síntesis con $E_{in} = 60$ mJ fue proporcional a la eficiencia de la ablación y la integral de la misma fue proporcional a la concentración del coloide.
- La señal fotoacústica puede ser utilizada para determinar con alta precisión los tiempos de implosión de las burbujas de cavitación.
- El aumento de la energía incidente E_{in} , al mantener fijo el resto de los parámetros durante el proceso de ablación, conlleva a la disminución del ancho de la distribución de tamaños e incremento de la concentración de las Ag-NPs
- La eficiencia promedio de la ablación es afectada por la frecuencia, al menos en el intervalo entre 1 Hz y 10 Hz.
- En el estudio donde se variaron las condiciones de enfoque de los pulsos del láser se obtuvo que conforme se desplazó el blanco hacia la posición del foco de la lente, el diámetro promedio y la desviación estándar de las Ag-NPs disminuyeron. Así mismo, la concentración de material extraído aumentó conforme la condición de enfoque varió en el siguiente orden: Z (mm) = 1, 0, -1, -2 y -3.

Agradecimientos

- Al Dr. Tupak García Fernández.
-
- Al grupo de Fotofísica y Películas Delgadas del Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico de la UNAM: Dra: Citlali Sánchez Aké, Dr. Mayo Villagrán Muniz, Dra. Rosalba Castañeda Guzmán y Dra. Beatriz de la Mora Mojica.
 - Al CONACYT (Consejo Nacional en Ciencia y Tecnología de México)

GRACIAS