

“Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional”



Análisis de los espectros de absorción de nanopartículas de oro obtenidos por ablación láser pulsada utilizando longitud de onda de 1064 nm y 532 nm



<https://repositorio.unat.edu.pe/>

979 332 746

<https://unat.edu.pe/>



mesadepartes@unat.edu.pe

OFICINA ADMINISTRATIVA:
Jr. Bolognesi N° 416 - 418 - Pampas - Tayacaja - Huancavelica.

OFICINA DE ADMISIÓN:
Jr. Lima, esquina con el Jr. Bolognesi, Plaza Principal.
Pampas - Tayacaja - Huancavelica.

LOCAL ACADÉMICO:
Vía Rundo (300 metros al Jr. Alfonso Ugarte.
Daniel Hernández - Tayacaja - Huancavelica.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE TAYACAJA
(Creada por ley No. 29716)
Daniel Hernández Morillo

INFORME FINAL DE INVESTIGACIÓN

TITULO: “ANÁLISIS DE LOS ESPECTROS DE ABSORCIÓN DE NANOPARTÍCULAS DE ORO OBTENIDOS POR ABLACIÓN LÁSER PULSADA UTILIZANDO LONGITUD DE ONDA DE 1064 nm y 532 nm”.

DOCENTES PARTICIPANTES:

APELLIDOS Y NOMBRES	CATEGORIA	DEDICACIÓN
RIVERA ESTEBAN, JESUS MANUEL	PRINCIPAL	TC
OLIVAS ALVAREZ, AGUSTÍN BENINGNO	AUXILIAR	TC
MARTÍNEZ JULCA, MILTON ALBERTO	AUXILIAR	TC

ESTUDIANTES PARTICIPANTES:

APELLIDOS Y NOMBRES	E.A.P.	CICLO
HUAYRA RAMOS, EDUARDO		
MAYHUA RIZABE, JORGE RAÚL	INGENIERÍA CIVIL	III
MINAYA HUYRE, DIEGO AUGUSTO		

FECHA DE REGISTRO:

FECHA DE INICIO : Abril del 2020

FECHA DE CULMINACIÓN : Diciembre del 2020.

APROBADO CON RESOLUCIÓN N° 087-2020-CO-UNAT

Resumen.

Se investigó los espectros de absorción de las nanopartículas de oro (AuNPs) obtenidas por la técnica de Ablación Láser Pulsado (PLAL). La placa de oro de alta pureza fue ablacionado con un láser pulsado de Nd: YAG, (1064 nm, 10 Hz), los espectros de absorción presentan un solo máximo de absorción característica de las nanopartículas esféricas de oro. Se obtuvo cuantitativamente la longitud de onda en el pico máximo del espectro de absorbancia, el ancho de banda y la densidad óptica, se sabe que estas características están relacionadas con la morfología de la AuNPs.

1. Planteamiento del Problema de Investigación

Se conoce que las propiedades físicas y químicas de los materiales cambian fuertemente en función de su tamaño, es decir a nivel de nanoescala sus propiedades conocidas son diferentes. En los últimos años se ha incrementado fuertemente la cantidad de investigaciones sobre los nanomateriales y en particular en nanoestructuras metálicas, (Aiping Zhang et al., 2008). Las propiedades físicas de un material dependen del ordenamiento de sus átomos, sus enlaces, las condiciones ambientales (presión y temperatura) y de la densidad de cargas eléctricas en el material, (Poole, 2007). Se ha reportado, por ejemplo, que la estructura electrónica, la conductividad, la temperatura de fusión y las propiedades mecánicas varían cuando las partículas alcanzan tamaños inferiores a cierto valor crítico. Las nanopartículas metálicas (MNPs) para su aplicación deben presentar homogeneidad, baja dispersión, deben ser de tamaño pequeño (diámetro alrededor de 10 nm), estables y con la capacidad de funcionalización. Nuestro interés se centrará en producir nanopartículas de oro en estado coloidal utilizando la técnica de ablación láser pulsada, la post irradiación en función del tiempo y analizar las nuevas morfologías. Del conocimiento previo que tenemos sobre producción de nanopartículas metálicas, como las nanopartículas de oro y plata (Dell'Aglio, M. et al., 2015), y (Amendola, V. and M. Meneghetti, 2009) y los estudios preliminares de la post irradiación, (Takeshi Tsuji et al., 2012), podemos decir honestamente que el presente proyecto es viable dada la experiencia que hemos obtenido de nuestras investigaciones previas.

1.1. Formulación del problema.

A. Problema general

¿Qué tipo de morfología presentan las nanopartículas metálicas producidas por la técnica de la ablación láser pulsada?

B. Problema específico

a. ¿Qué tipo de morfología presenta las nanopartículas de oro obtenidas

- b. por la técnica de la ablación láser al utilizar longitud de onda de 1064 nm?
- c. ¿Qué tipo de morfología presenta las nanopartículas de oro obtenidas por la técnica de la ablación láser al utilizar longitud de onda de 532 nm?

1.2. Justificación.

La nanotecnología ofrece una oportunidad de desarrollo en la medida que sea asimilada, recreada y difundida por la sociedad. Por lo tanto, es necesario considerar de interés público la vinculación de los conocimientos sobre nanociencia y nanotecnología con la sociedad en general, para que ésta reconozca sus ventajas, sus potenciales riesgos. Los avances en nanotecnología representan un reto para la comunidad científica. Por lo que las instituciones como las universidades tienen el reto de preparar a los estudiantes con las destrezas y el conocimiento necesario para poder contribuir a este campo multidisciplinario. Especialistas en física, química, biología e ingeniería podrían realizar investigaciones en este campo. En el laboratorio de Óptica y Láseres de la Universidad nacional de Trujillo, están preparando a estudiantes en los programas de Biotecnología, Microbiología y Ciencias Física. Estos jóvenes necesitan las experiencias que les permitan desarrollar las destrezas para enfrentarse a las demandas del avance en la ciencia. Por otro lado, las nanopartículas metálicas presentan una gran aplicabilidad debido a sus propiedades electrónicas. Estos pequeños agregados metálicos no pueden ser tratados como el grueso del material, ya que la banda de conducción presente en un metal voluminoso está ausente en este tipo de sistemas, y en su lugar se darán estados discretos en la banda. Los electrones están confinados en pequeñas partículas de metal, mostrando así las propiedades de los "puntos cuánticos". Se utiliza la palabra cuántico para enfatizar que las nanopartículas metálicas muestran una serie de propiedades ópticas y electrónicas inesperadas, resultado del confinamiento de los electrones a un número finito de estados energéticos cuánticos disponibles.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Producir nanopartículas metálicas en estado coloidal por el método físico.

1.3.2. Objetivos específicos

- a. Producir nanopartículas de oro en utilizando la técnica de ablación láser pulsado al considerar longitud de onda del láser de 1064 nm y 532 nm.
- b. Post irradiación de los coloides con nanopartículas de oro, al utilizar longitud de onda láser de 1064 nm, para observar nuevas morfologías y caracterización por espectroscopia óptica.

1.4. Limitaciones.

En el presente trabajo de investigación se presentó las siguientes limitaciones, la parte presupuestaria, la falta de insumos, falta de instrumentación, entre otros. Sin embargo, los investigadores, impulsamos el desarrollo del proyecto gracias al apoyo del laboratorio de Óptica y láseres de la Universidad Nacional de Huancavelica, Facultad de Ingeniería Electrónica – Sistemas, filial Pampas - Tayacaja.

1.5. Marco teórico

Antecedentes del problema.

La plata ha sido empleada durante miles de años como metal precioso por el ser humano en aplicaciones diversas como joyería, utensilios, moneda, fotografía o explosivos, (Klasen, 2000). De todos estos usos, uno de los más importantes es su empleo como agente desinfectante con fines higiénicos y médicos. Hipócrates, padre de la medicina moderna, describió el empleo de polvo de plata para su aplicación en la curación de heridas y en el tratamiento de úlceras. En los siglos XVII y XVIII se empleó nitrato de plata para el tratamiento de úlceras y su actividad antimicrobiana se estableció en el siglo XIX.

Barber, (2007), describe que la síntesis de partículas de plata de tamaño nanométrico es un campo de trabajo bien establecido. El primer ejemplo reconocido es la copa de bronce Lycurgus del siglo IV a. C. que posee vidrio coloreado cuya propiedad es que dispersa luz verde y transmite luz roja debido a que contiene nanopartículas metálicas de unos 5 -50 nm que son una aleación de plata (70%) y oro (30%).

Los ejemplos históricos anteriormente descritos son el punto de partida actual para el desarrollo de nanomateriales basados en plata. Actualmente los dos campos de trabajo más activos relacionados con las nanopartículas de plata son el estudio y aplicación de sus propiedades ópticas y biomédicas.

El término *nano* es un prefijo empleado en el Sistema Internacional de Unidades para indicar un factor de 10^{-9} . De tal manera que un nanómetro (nm) es la milmillonésima parte de un metro (1×10^{-9} m). Así pues, cuando empleamos la palabra Nanotecnología nos referimos a la tecnología que trata sobre materiales manométricos (Cembrero et al., 2013). Actualmente se considera que la escala nanométrica abarca a todos aquellos dispositivos de dimensiones comprendidas entre 1 y 100 nanómetros, Díaz, et al., (2012) define a la nanotecnología como el estudio, diseño, creación, síntesis, manipulación y aplicación de los materiales, aparatos y sistemas funcionales a través del control de la materia a nanoescala, y la explotación de fenómenos y propiedades de la materia a nanoescala. Por otro lado, López, et al., (2013), consideran que la nanotecnología es un área de la ciencia relativamente nueva. No obstante, una gran parte de la comunidad científica considera que es la base del desarrollo tecnológico de los próximos años. Dentro del campo de estudio de la nanotecnología encontramos las nanoestructuras metálicas. Estos materiales presentan propiedades muy interesantes y diferentes a los materiales “en bulto” o a escala macroscópica; entre ellas, la conductividad eléctrica y las propiedades magnéticas, ópticas y de catálisis, propiedades que las hacen candidatas a innumerables aplicaciones en todos los campos de la tecnología, Poole, et al., (2007), enfocan que, en los últimos años, la nanotecnología se ha convertido en uno de los más importantes y excitantes campos de vanguardia de la Física, Química, Ingeniería y Biología. Resulta promisorio en el sentido de que en un futuro cercano nos proporcionará muchos avances que cambiarán los logros tecnológicos en un amplio campo de aplicaciones. Recientemente los avances tecnológicos se han incrementado enormemente, haciendo posible el desarrollo de la nanotecnología, que se encarga del diseño de estructuras y materiales en el orden de los nanómetros, no fue hasta los años 80, con la aparición de los métodos apropiados para la fabricación de nanoestructuras, cuando tuvo lugar un incremento notable de la actividad de investigación y se alcanzó un apreciable número de resultados.

Bases teóricas

Cuando las dimensiones de los materiales se reducen hasta la escala nanométrica, aparecen dos fenómenos importantes, estas fueron descritas por Bréchnac, et al., 2008, que a continuación describimos:

Alta relación superficie/volumen

El número de átomos que contiene la nanopartícula sobre su superficie es mayor al localizado en el interior del núcleo. Esta propiedad hace que sean mucho más reactivas lo que hace que tiendan a agregarse unas con otras para disminuir su energía superficial (Figura 1).

A la hora de trabajar con nanopartículas es importante contar con métodos que disminuyan este efecto como puede ser la funcionalización y bioconjugación. Esta característica de las nanopartículas se aprovecha en muchas aplicaciones tales como la catálisis.

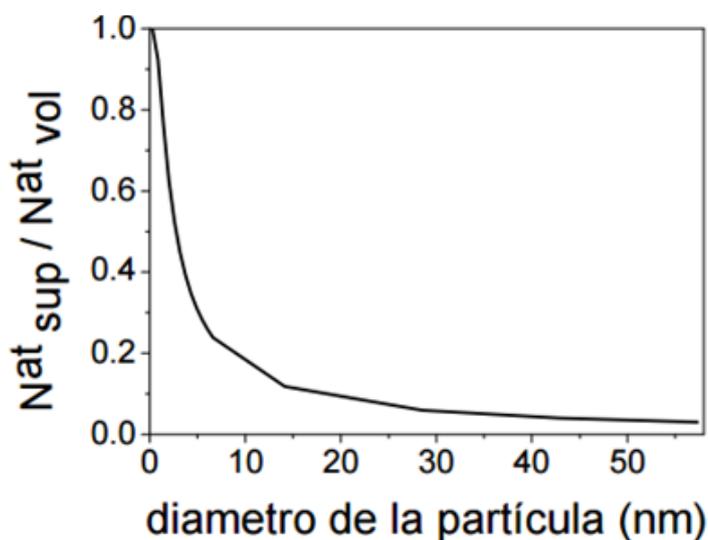


Figura 1. Número de átomos de superficie respecto al número total de átomos, para AuNPs con estructura FCC y distancia interatómica 0.288 nm (Kittel Charles, 1996).

Confinamiento cuántico.

Se produce un incremento en el espaciado entre los niveles de energía electrónicos al disminuir el tamaño de la partícula. Al reducirse el espacio para el movimiento de los electrones, sus propiedades electrónicas cambian drásticamente dando lugar a nuevas aplicaciones de gran interés. El efecto de confinamiento hace que los materiales en tamaño nano tengan propiedades ópticas, térmicas, mecánicas y magnéticas diferentes; y que, además, produce cambios en los niveles electrónicos.

El cambio en las propiedades físicas de los materiales al reducir su tamaño se puede explicar mediante el estudio de los niveles electrónicos de una partícula. Como es sabido, la distancia entre los estados de energía contiguos aumenta de manera inversa a como lo hace el volumen de las partículas. Por lo tanto, el espectro continuo de bandas que refleja la

situación del material masivo, cambia hacia un conjunto de estados discretos al disminuir el tamaño hasta llegar al régimen nanométrico, como se ilustra en la figura 2. El hecho de que el espectro se vuelva discreto lleva a profundas modificaciones en aquellas propiedades físicas que dependen de los electrones, como son las propiedades ópticas, magnéticas o de conducción (Shafeev, 2012).

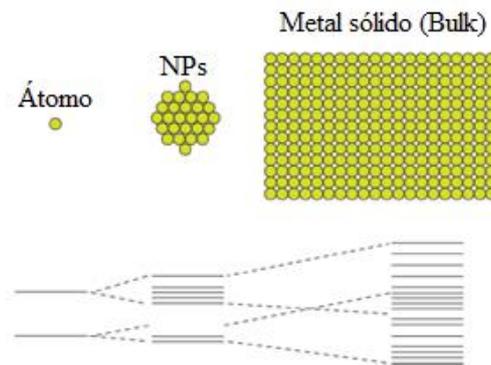


Figura 2. Evolución de los estados electrónicos, desde el átomo aislado hasta el bulk. Adaptado de Kreibig, U., & Vollmer, M. (2013).

De acuerdo con la Teoría de Bandas, (El-Sayed, 2013) en el oro en estado masivo, los electrones que se encuentran en la banda de conducción están altamente deslocalizados (no confinados), debido a que los niveles energéticos están muy próximos entre sí, dotando a estos electrones de la capacidad de absorber radiación electromagnética en multitud de rangos de energía. Sin embargo, esta propiedad cambia cuando se reduce el tamaño de partícula hasta la escala nanométrica, debido a que los electrones superficiales sufren un confinamiento cuántico, como se observa en la figura 3. Este efecto ocurre cuando la longitud de onda asociada a estos electrones es del mismo orden que el tamaño de la partícula (longitud de onda de De Broglie), ya que, en este punto, las partículas se comportan como cajas de potencial cuánticas, donde los electrones quedan atrapados. El cambio en las propiedades físicas de los materiales al reducir su tamaño se puede explicar mediante el estudio de los niveles electrónicos de una partícula. Por lo tanto, la estructura de bandas que refleja la situación del material masivo, cambia hacia un conjunto de estados discretos al disminuir drásticamente las dimensiones de las partículas, como se ilustra en la figura 2. El hecho de que la estructura de bandas inicial se modifique conlleva a profundas modificaciones en aquellas propiedades físicas que dependen de los

electrones, como son las propiedades ópticas, magnéticas o de conducción. La longitud de onda y la intensidad del plasmón de superficie (SPR, “Surface Plasmon Resonance”) dependen del material, forma y tamaño de las NPs, así como de la distancia relativa entre ellas y de las propiedades ópticas del medio que las rodea (Inasawa y Yamaguchi, 2005). Metales como el Au, Ag, Cu y los metales alcalinos, se caracterizan por una SPR en la región visible del espectro electromagnético. Por el contrario, los metales de transición se caracterizan en general por una SPR en el ultravioleta (UV).

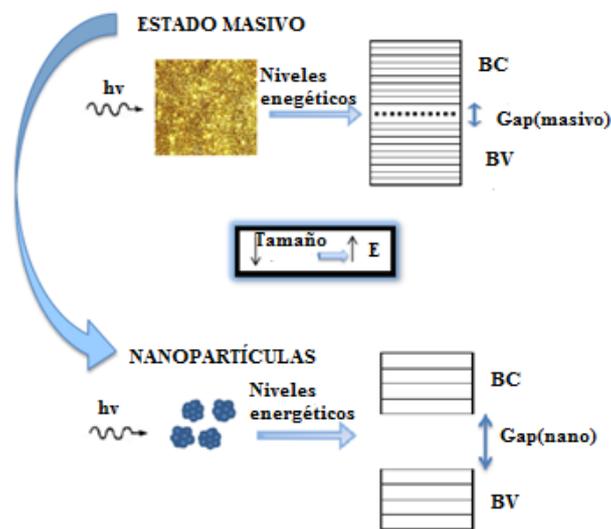


Figura 3. Representación esquemática del fenómeno de confinamiento cuántico. (Echevarría, 2015)

La consecuencia directa de la disminución del tamaño de partícula, es un aumento del salto energético “gap” entre estados energéticos consecutivos hasta un tamaño crítico, donde los niveles energéticos toman valores discretos. En resumen, cuanto menor es el espacio en el que está permitido el movimiento de los electrones, más grande es la separación energética entre las energías permitidas de los diferentes tipos de movimiento debido al confinamiento cuántico, (Daniel y Astruc, 2004).

Ablación Láser Pulsado en medios líquidos

Consiste en focalizar un haz de laser pulsado sobre una muestra sólida para la formación de nanopartículas. Un pequeño volumen del blanco, cercano a la superficie, se supercalienta, produciéndose una explosión que expulsa material. El material expulsado interactúa con la radiación laser incidente formándose un plasma o “pluma” que se propaga en la dirección normal a

la superficie del blanco, esta técnica se denomina Ablación láser pulsado en agua (técnica denominado PLAL, por sus iniciales en inglés: Ablation Laser Pulsed in Liquids).

Quiñones (2008), en su protocolo de tesis, señala que la ablación puede ser vista simplemente como una evaporación rápida de material en un volumen localizado de interacción y cerca de la superficie del blanco. Cuando se investiga con más a profundidad, la complejidad aparece rápidamente.

Absorción inicial de la radiación del láser, comienzan la fusión y evaporación (el área sombreada indica material fundido, las flechas pequeñas indican el movimiento de la interfaz sólido-líquido).

El frente del material fundido se propaga hacia el sólido, la evaporación continúa y las interacciones del láser con la pluma empiezan a ser importantes.

Absorción de la radiación incidente por la pluma, y formación de plasma.

Fusión de residuos llevando eventualmente a una resolidificación.

El blanco es usualmente rotado, para evitar ablación repetida en el mismo punto en el blanco. Los láseres utilizados en estudios de depósito por ablación láser tienen rangos de longitud de onda de salida desde el infrarrojo mediano, nosotros utilizamos el infrarrojo cercano y visible: láser de Nd:YAG con salidas de armónico fundamental y segundo armónico a 1064 nm y 532 nm, respectivamente. Se asume que la interacción del material con un pulso de láser ultra corto envuelve excitación muy rápida de la distribución de electrones, con acoplamiento eficiente de electrón-electrón llevando a un aumento inmediato en la temperatura del electrón, calentamiento subsecuente de la red a una razón dependiente de los esfuerzos de acoplamientos electrón-fonón, y eventual evaporación del blanco calentado.

Plasmones de superficie

La presencia de electrones libres en la banda de conducción de la superficie de las nanopartículas metálicas que reciben un haz de luz incidente, induce una excitación colectiva de estos electrones libres, como consecuencia de la fuerte interacción con la luz incidente; se produce una oscilación coherente deslocalizada de los electrones confinados de la superficie de las nanopartículas metálicas, en la interfaz metal – dieléctrico o metal – semiconductor; la excitación electromagnética se llama polaritón del

plasmón de superficie; como muestra la figura 4, el polaritón es una cuasi partícula híbrida resultante del fuerte acoplamiento entre la luz y los electrones libres en la superficie de una nanopartícula.

Las nanopartículas plasmónicas son de gran interés debido a sus aplicaciones en fotónica, óptica de detección e imágenes, (SERS: Surface Enhanced Raman Scattering) y terapia fototérmica. Todas estas aplicaciones están habilitadas por fascinantes características de Resonancia de Superficie de Plasmón Localizada (LSPR) de nanopartículas metálicas, un fenómeno que puede entenderse conceptualmente como la oscilación de electrones libres en fase con luz incidente. Como fuerza restauradora (superficie polarización) es la principal fuerza restauradora para la oscilación, cualquier cambio morfológico a plasmónico en las nanopartículas causará un cambio espectral. Por lo tanto, la síntesis química controlada de nanopartículas plasmónicas permite investigaciones de su LSPR y aplicaciones relevantes sistemáticamente.

Combinando el estudio experimental con los cálculos teóricos (basados en la teoría Mie o DDA) de respuestas de resonancia para varias nanopartículas, nuestro conocimiento sobre la relación entre forma de una nanoestructura y sus propiedades ópticas continúa expandiéndose (Lu X., et al., 2009).

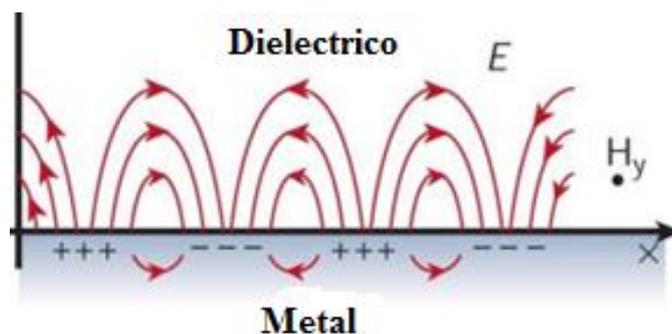


Figura 4. Representación de un plasmón como la variación de densidad de carga superficial en un metal. El campo electromagnético genera estas oscilaciones.

Bajo la irradiación de la luz, los electrones libres en una nanopartícula plasmónica son impulsados por el campo eléctrico alterno para oscilar colectivamente a una frecuencia de resonancia este fenómeno es conocido como Resonancia de Plasmón Superficial (SPR). Los cálculos y mediciones han demostrado que la frecuencia y la amplitud de la resonancia son

sensibles a la forma de la partícula, que determina cómo los electrones libres están polarizados y distribuidos en la superficie.

1.6. Hipótesis y variables

1.6.1. Hipótesis general

Las nanopartículas de oro obtenido por la técnica de ablación láser pulsado en medios líquidos son de morfología predominantemente esféricas.

1.6.2. Hipótesis específica

- a. Las nanopartículas de oro obtenidas por la técnica de ablación láser, presentan formas esféricas.
- b. Las nanopartículas de oro obtenidas por la técnica de ablación láser al ser post irradiadas con longitud de onda láser de 1064 nm, presentan formas predominantemente triangulares con esquinas redondeadas.

1.7. Variables y definición conceptual y operacional.

Variable Independiente

X: Longitud de onda láser: 1064 nm y 532 nm

Indicadores:

Longitud de onda láser: nm

Variable Dependiente

Y: Intensidad del espectro de absorbancia.

$$y = f(X)$$

Indicadores:

Absorbancia: Unidades arbitrarias (u. a.)

1.8. Metodología

a. Síntesis de los coloides con AuNPs.

Se sintetizaron coloides con AuNPs por el método PLAL. El blanco fue ablacionado con radiación infrarroja de longitud de onda 1064 nm proveniente de un láser Nd: YAG, con 12 mJ de energía a 10 Hz, durante 10 minutos.

Para direccionar el haz láser sobre la placa se utilizó un espejo y para focalizar el haz se usó una lente. Además, se empleó una plataforma giratoria sobre la cual se adhirió el vaso conteniendo a la lámina de oro y agua ultrapura, esta cumple dos funciones: evitar la ablación de la placa en una única zona y agitar la solución coloidal.

Se fijaron como parámetros la energía del láser en 37.48 mJ/p y a una frecuencia de repetición de 10 Hz. Bajo estas condiciones se prepararon dos muestras con 20 ml cada una haciendo una solución única de 40 ml coloides con AuNPs.

b. Caracterización por Espectroscopia Ultravioleta-Visible (UV-Vis.).

Es una técnica espectroscópica basada en las transiciones electrónicas en la región UV (380 -780 nm) del espectro electromagnético. En el caso de las AuNPs los espectros de UV-Vis nos sirven para monitorear el desplazamiento del SPR, que está asociado al tamaño y forma de las AuNPs y proveen información de la unión de las moléculas a la superficie de las AuNP, además de evaluar la estabilidad de las suspensiones coloidales.

1.9. Diseño metodológico.

El diseño de investigación está determinado por el tipo de investigación que va a realizarse y por la hipótesis que va a probarse durante el desarrollo de la investigación. Nuestra investigación es experimental, por lo que consiste en demostrar que la modificación de una variable (nanopartículas de plata) ocasiona un cambio debido a un agente externo predecible (pulso láser).

La investigación experimental se realiza mediante los llamados diseños, que son un conjunto de procedimientos con las cuales se manipulan una o más variables independientes y se mide su efecto sobre una o más variables dependientes.



Se manipula la variable independiente para observar los cambios generados en la variable dependiente. A través de este diseño se establecen las relaciones entre causa y efecto y se predice la ocurrencia del fenómeno.

1.10. Diseño muestral

Dada la naturaleza del problema y el objetivo de investigación, se utilizó el diseño de investigación experimental con grupo experimental, cuyo esquema es el siguiente:

$$G. E.: O_1 \quad X \quad O_2$$

Dónde:

G.E.: Grupo experimental

O1: Pre Test, es la prueba inicial

O2: Post Test, es la post prueba

X: Manipulación de la Variable Independiente

1.11. Técnicas de recolección de datos.

Análisis documentado de artículos científicos sobre el estado del arte de Nanociencias, Nanotecnología. Los datos fueron analizados por el espectrofotómetro UV-Vis que son compatibles con Window 8.1, por lo que se puede almacenar en el Excel y luego para su procesamiento se utilizara el OriginPro 11.2.

1.12. Técnicas estadísticas para el procesamiento de los datos.

Para procesar los datos experimentales se utilizó las herramientas tales como; Origin.Pro11.2, que permitirá elaborar los espectros Ultravioleta –Visible e infrarrojo cercano (UV-Vis. -NIR), para todas las muestras de nanopartículas coloidales.

1.13. Aspectos éticos y regulatorios.

Está regulado por el Comité de ética de la UNAT.

2. ASPECTOS ADMINISTRATIVOS

2.1. Cronograma.

ACTIVIDADES	2020		
	ABRIL- JUNIO	JULIO - SETIEMBRE	OCTUBRE - DICIEMBRE
Planeamiento y organización de la investigación.	X		
Elaboración del Proyecto.	X		
Revisión Bibliográfica.	X	X	X
Producción de los coloides con nanopartículas de oro por ablación láser pulsado.		X	X
Post irradiación de los coloides con nanopartículas de plata.		X	X
Caracterización de los coloides con nanopartículas de plata.		X	X
Procesamiento de Datos e interpretación de resultados.			X
Elaboración del informe final.			X

2.2. Presupuesto.

Descripción	PRIMER TRIMESTRE			SEGUNDO TRIMESTRE			TERCER TRIMESTRE			Total
	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
Insumos, agua ultrapura reactivos	100		100		100		100			500
Muestra sólida de plata		500								500
Materiales de consumo	50	50	50	50	50	50	50	50	50	550
Alquiler de internet	50	50	50	50	50	50	50	50	50	550
Equipo para producir los coloides		500				500				1500
Equipos para caracterización		400					400			800
Tipeo y anillado	60		50						80	350
Total	260	1500	250	100	200	600	600	100	180	4750

2.3. Fuentes de financiamiento.

Recursos propios de los investigadores

III. RESULTADOS Y CONCLUSIONES

De una solución de 10 ml de un coloide con AuNPs producidas por la técnica PLAL, para lo cual se utilizó el láser pulsado Nd: YAG (1064 nm, durante 6 minutos, energía de 25.8 mJ/p) y una lente convergente para focalizar el haz del láser. Estas soluciones fueron caracterizadas por las técnicas UV-Vis, obteniéndose diez espectros de absorción. En los siguientes numerales se detalla los resultados experimentales y las discusiones correspondientes a las AuNPs y los análisis de los mismos.

Parámetros principales de un espectro de absorción UV-Vis de los coloides con nanopartículas obtenidos por la técnica PLAL.

Cálculo de la densidad óptica (DO) y ancho de banda (FWHM) del ESPECTRO No 1.

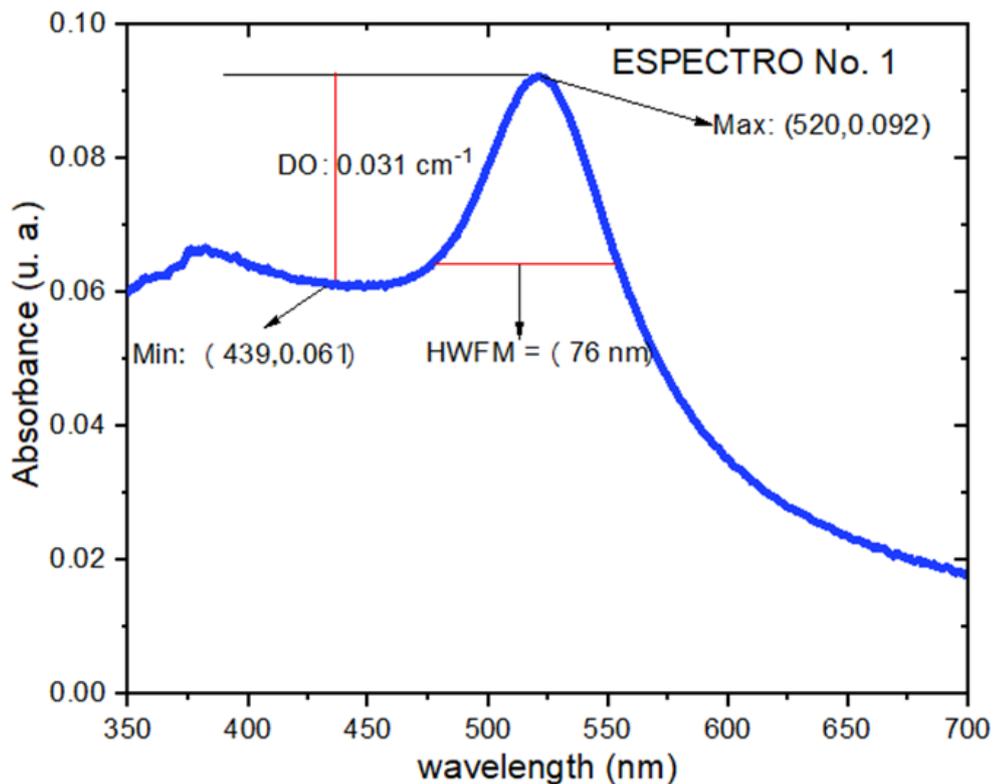


Figura 1. Espectro de absorción de AuNPs. La concentración está relacionada con la absorbancia, la homogeneidad con el ancho de banda HWHM, y es igual a 76 nm, mientras que el tamaño de las nanopartículas está relacionado con la posición del máximo de absorción igual a 520 nm, que corresponde a nanopartículas esféricas con diámetro en promedio de 21 nm.

La densidad óptica es una magnitud física que mide la absorción de un elemento óptico por unidad de distancia para una longitud de onda dada, también se refiere a la absorbancia por unidad de paso óptico que de acuerdo la ley de Beer-Lambert, (Owen, T. 2000), de la Figura 1, $DO = 0.031 \text{ cm}^{-1}$, mientras que el ancho de banda (FWHM), es tomada al 50 % de la altura del pico del espectro de absorbancia, para nuestro caso el ancho de banda resulta ser igual a 76 nm. La densidad óptica es la absorción de un elemento óptico por unidad de distancia, para una longitud de onda dada.

La concentración se relaciona con la absorbancia en el pico máximo del espectro de absorción, la homogeneidad de tamaño con el ancho del pico y el tamaño con la posición del pico, desplazándose hacia longitudes de onda menores cuando el tamaño de la partícula decrece.

Cálculo de la densidad óptica (DO) y ancho de banda (FWHM) del ESPECTRO No 2.

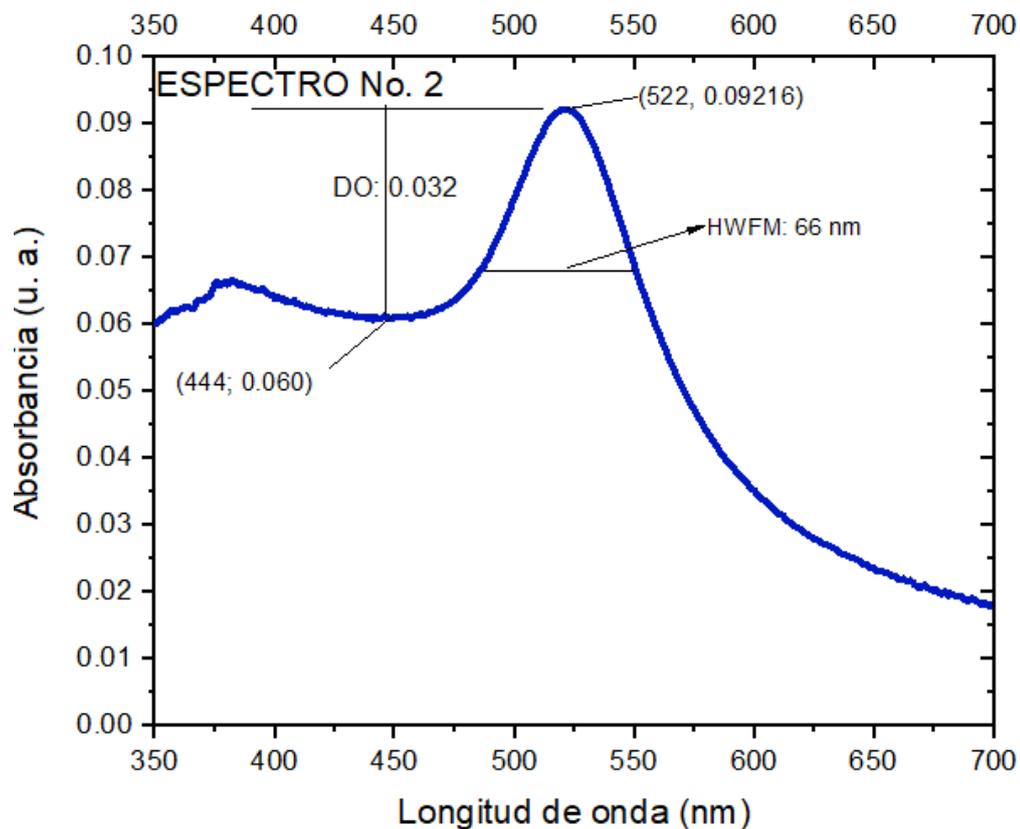


Figura 2. Espectro de absorción de AuNPs. La concentración está relacionada con la absorbancia, la homogeneidad con el ancho de banda HWFM, y es igual a 66 nm, mientras que el tamaño de las nanopartículas está relacionado con la posición del máximo de absorción igual a 522 nm, que corresponde a nanopartículas esféricas con diámetro en promedio de 21 nm.

Cálculo de la densidad óptica (DO) y ancho de banda (FWHM) del ESPECTRO No 3.

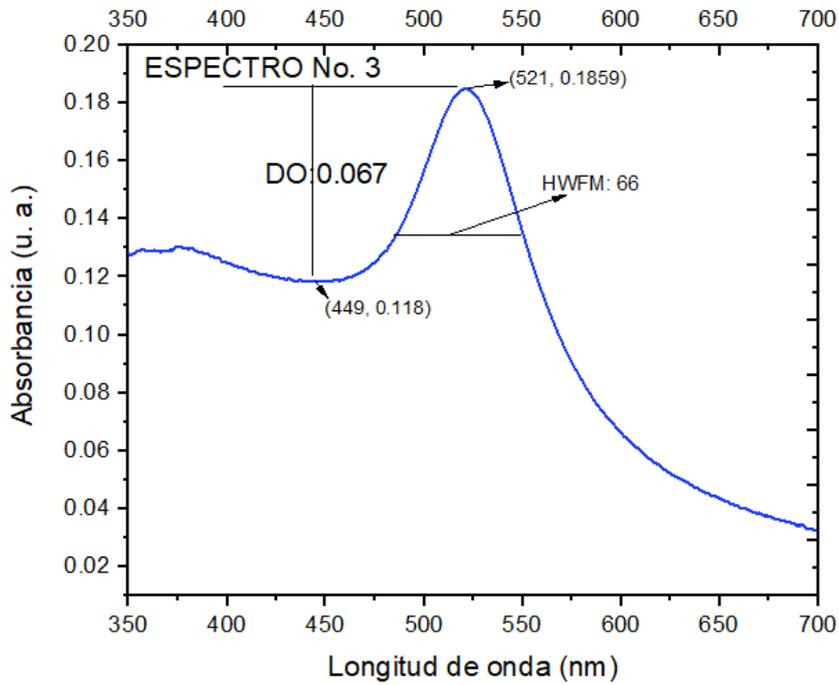


Figura 3. Espectro de absorción de AuNPs. La concentración está relacionada con la absorbancia, la homogeneidad con el ancho de banda HWHM, y es igual a 66 nm, mientras que el tamaño de las nanopartículas está relacionado con la posición del máximo de absorción igual a 521 nm.

Cálculo de la densidad óptica (DO) y ancho de banda (FWHM) del ESPECTRO No 4.

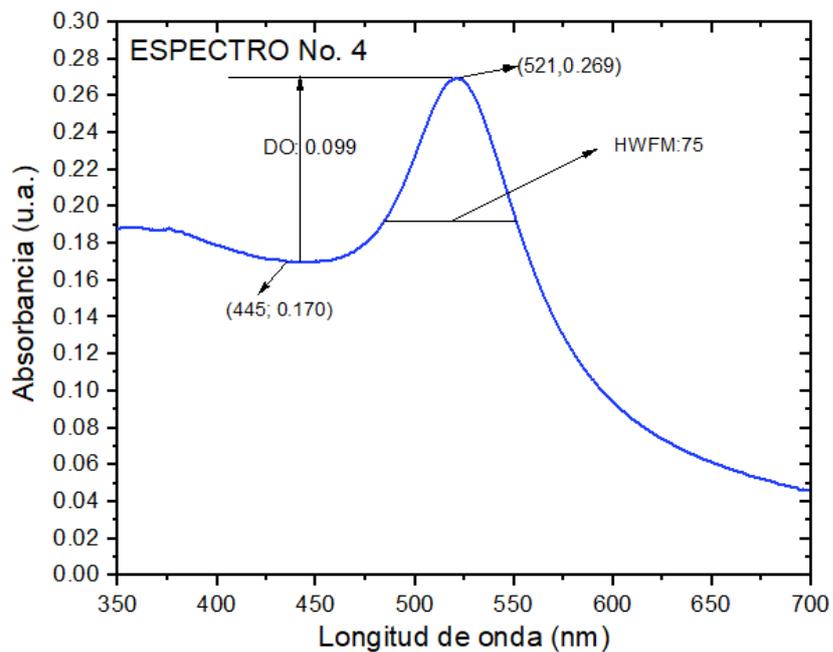


Figura 4. Espectro de absorción de AuNPs. La concentración está relacionada con la absorbancia, la homogeneidad con el ancho de banda HWFM, y es igual a 75 nm, mientras que el tamaño de las nanopartículas está relacionado con la posición del máximo de absorción igual a 521 nm.

Cálculo de la densidad óptica (DO) y ancho de banda (FWHM) del ESPECTRO No 3.

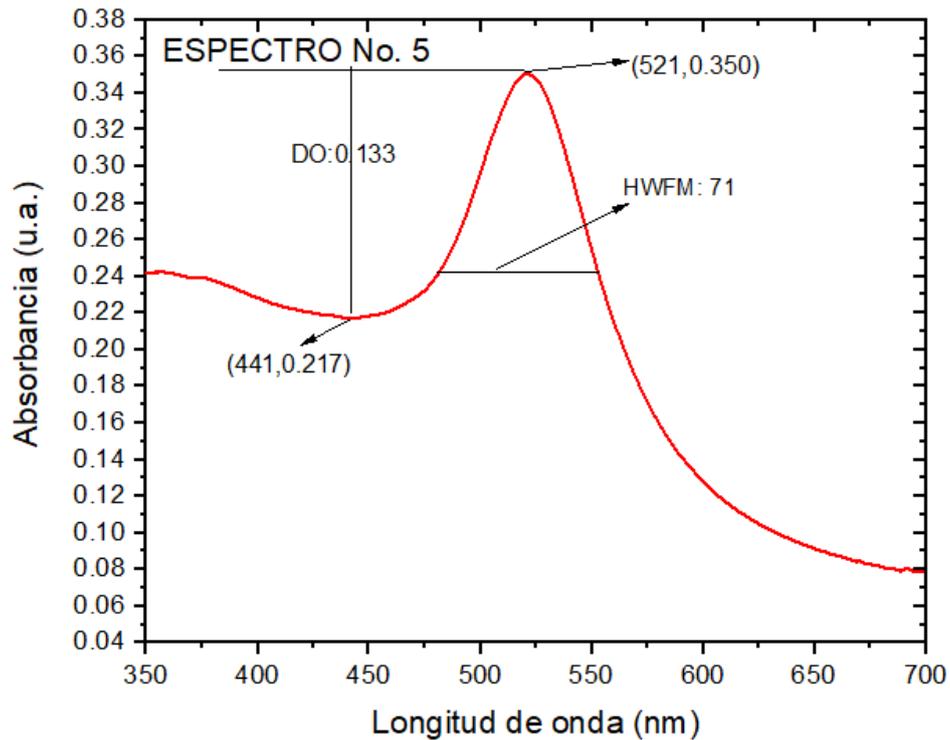


Figura 5. Espectro de absorción de AuNPs. La concentración está relacionada con la absorbancia, la homogeneidad con el ancho de banda HWFM, y es igual a 71 nm, mientras que el tamaño de las nanopartículas está relacionado con la posición del máximo de absorción igual a 521 nm.

CONCLUSIONES

De los resultados se concluye que es posible obtener la concentración porque esta relaciona con la absorbancia en el pico máximo del espectro de absorción, la homogeneidad con el ancho de banda (HWFM) y el tamaño de las nanopartículas con la posición del pico máximo de absorbancia.

También tener en cuenta que si el espectro de absorción, se desplaza hacia menores longitudes de onda del espectro electromagnético, entonces el tamaño de la partícula decrece.

Tabla No.1. Resumen de los parámetros de los cinco espectros de absorción.

Espectro	Pico máximo(nm)	Densidad Óptica (cm ⁻¹)	Ancho de banda HWFM
1	520	0.031	76
2	522	0.032	66
3	521	0.067	66
4	521	0.099	75
5	521	0.133	71

IV. Recomendaciones.

- a. Se requiere la implementación de laboratorio de Espectroscopia y Láser, en la UNAT,
- b. Proveer de insumos, tales como; agua destilada, agua ultrapura.
- c. Proveer de muestras metálicas como, por ejemplo, placas de oro, plata, cobre, y otros metales, para realizar análisis por espectrofotometría óptica.
- d. En el equipamiento, lo más indispensable son el equipo laser y el espectrofotómetro y obviamente el Microscopio Electrónico de Barrido (TEM).

IV. Referencias bibliográficas.

Aiping Zhang et al. Photoluminescence from colloidal silver nanoparticles. Volume 128, Issue 10, October 2008, Pages 1635-1640.

Poole Ch. P., Owns F. J; Introducción a la Nanotecnología, Edit. Reverté, Barcelona 2003.pp 245-250.

Dell'Aglio, M., Gaudioso, R., De Pascale, O., & De Giacomo, A. (2015). Mechanisms and processes of pulsed laser ablation in liquids during nanoparticles production. Applied Surface Science.

Amendola, V., & Meneghetti, M. (2009). Size evaluation of gold nanoparticles by UV-Vis spectroscopy. The Journal of Physical Chemistry C, 113(11), 4277-4285.

Takeshi Tsuji, Masahata Nakanishi, Takeshi Mizuki, Shogo Ozono, Masaharu Tsuji, and Yasuyuki Tsuboi. (2012). Preparation and Shape-Modification of Silver.

Klasen, H. J. (2000). Historical review of the use of silver in the treatment of burns. I. Early uses. Burns, 26(2), 117-130.

Barber, D. J., & Freestone, I. C. (2007). An investigation of the origin of the colour of the Lycurgus Cup by analytical transmission electron microscopy. Archaeometry, 32(1), 33-45.

Díaz del Castillo Rodríguez. 2012. Introducción a los Nanomateriales. Lecturas de Ingeniería 20. Facultad de Estudios Superiores. Cautitlán Izcalli. UNAM. Departamento de Ingeniería. Laboratorio de Tecnología de Materiales Pág. 3 y 4.

López, G., Morales, R., Olea, O., Sánchez, V., Trujillo, J., Valera, V., Vilches, A. (2013). Nanoestructuras metálicas; síntesis, caracterización y aplicaciones. Libro de Editorial Reverte, Universidad Autónoma del Estado de México. 1-50.

Bréchnignac, C., Houdy, P., & Lahmani, M. (2008). Nanomaterials and nanochemistry. Springer Science & Business Media.

Kittel Charles, Introduction to Solid State Physics. Wiley, New York, 1997, p. 134

Shafeev, G. A. 2012. Formation of Nanoparticles Under Laser Ablation of Solids in Solids Liquids. Institute of the Russian Academy of Sciences, Vavilov Street, Moscow, Russian 119991, Federation.

Kreibig, U., & Vollmer, M. (2013). Optical properties of metal clusters (Vol. 25). Springer Science & Business Media.

Elsayed, K. A., H. Iman, M. A. Ahmed, and R. Ramadam. (2013). Effect of focusing conditions and laser parameters on the fabrication of gold nanoparticles via laser ablation in liquid, Optics and Laser Technology, vol. 45, issue 1, pp. 495 – 502.

Inasawa, S., Sugiyama, M., & Yamaguchi, Y. (2005). Laser-induced shape transformation of gold nanoparticles below the melting point: the effect of surface melting. *The Journal of Physical Chemistry B*, 109(8), 3104-3111.

Echevarría García, N. (2015). Síntesis y caracterización de nanopartículas de oro. Trabajo de fin de grado en Química. Universidad Del País Del vasco.

Daniel L. & Astruc, D. (2004). Gold nanoparticles: assembly, supramolecular chemistry, quantum-size-related properties, and applications toward biology, catalysis, and nanotechnology. *Chemical reviews*, 104(1), 293-346

Quiñones, G. J. 2008. Síntesis y Caracterización de Películas Delgadas de Aleación de Si_{1-x}-y GexCy. Depositados Mediante Ablación Láser. Tesis de Grado. Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional. México Distrito Federal. Pág. 14.

Lu, X., Rycenga, M., Skrabalak, S. E., Wiley, B., & Xia, Y. (2009). Chemical synthesis of novel plasmonic nanoparticles. *Annual review of physical chemistry*, 60, 167-192

Alanazi, F. K., Radwan, A. A., & Alsarra, I. A. (2010). Biopharmaceutical applications of nanogold. *Saudi Pharmaceutical Journal*, 18(4), 179-193.

Cembrero Cil Jesus, Miguel Angel Pérez Puing, Emilio Rayón Encinas. 2013. Introducción a la Nanotecnología. Desarrollo de un Proceso Teórico-Práctica Mediante La Técnica de ELECTRODEPOSICIÓN. Editorial Universitat Politècnica de València. España. Págs.1- 3.

VII. Anexos.

Nota: Los proyectos serán redactados siguiendo la norma de redacción científica de la última versión APA (American Psychological Association). El proyecto de investigación se presenta en formato físico papel bond tamaño A4, en original y dos copias, con letra Arial tamaño 11, a espacio simple, con las páginas enumeradas en la parte inferior derecha. Los márgenes de: 3.5 cm (izquierdo), 2.5 cm (derecho), 2.5 cm (superior) y 2.5 cm (inferior).