



Comisión Nacional de Investigación  
Científica y Tecnológica - CONICYT



COMISIÓN NACIONAL DE INVESTIGACION CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA

VERSION OFICIAL

FECHA: 18/09/2014

<b>N° PROYECTO :</b> 11110001	<b>DURACIÓN :</b> 3 años	<b>AÑO ETAPA :</b> 2013
<b>TÍTULO PROYECTO :</b> FABRICATION AND CHARACTERIZATION OF PHOTSENSITIVE II-VI SEMICONDUCTORS NANOPARTICLES BY CAVITATION METHOD FOR OPTOELECTRONIC APPLICATIONS		
<b>DISCIPLINA PRINCIPAL :</b> INGENIERIA DE MATERIALES		
<b>GRUPO DE ESTUDIO :</b> INGENIERIA 1		
<b>INVESTIGADOR(A) RESPONSABLE :</b> EDGAR EDUARDO MOSQUERA VARGAS		
<b>DIRECCIÓN :</b>		
<b>COMUNA :</b>		
<b>CIUDAD :</b> Santiago		
<b>REGIÓN :</b> METROPOLITANA		

**FONDO NACIONAL DE DESARROLLO CIENTIFICO Y TECNOLOGICO (FONDECYT)**

Moneda 1375, Santiago de Chile - casilla 297-V, Santiago 21

Telefono: 2435 4350 FAX 2365 4435

Email: informes.fondecyt@conicyt.cl

# INFORME FINAL

## PROYECTO FONDECYT INICIACION

### OBJETIVOS

Cumplimiento de los Objetivos planteados en la etapa final, o pendientes de cumplir. Recuerde que en esta sección debe referirse a objetivos desarrollados, NO listar actividades desarrolladas.

N°	OBJETIVOS	CUMPLIMIENTO	FUNDAMENTO
1	Demostrar la factibilidad de producir nanopartículas de ZnS, ZnSe y ZnTe con tamaños menores de 10 nm usando cavitación.	TOTAL	El objetivo ha sido cumplido según tamaño nanométrico. Hemos determinado que el tiempo de sonicación y la dureza del material son factores relevantes en la producción de las nanopartículas, lo cual implicaría en el tamaño de partícula requerido. El ZnS es un material cerámico duro el cual el tiempo de sonicación es mayor comparado con el ZnTe y el ZnSe. Además, hemos observado que al reducir el tamaño de partícula, la emisión fotoluminiscente de las muestras incrementa con respecto al material volumétrico (Bulk). También se determinó que la homogeneidad de las partículas durante el proceso de cavitación, juegan un rol importante en el proceso de reducción del tamaño, encontrando partículas de diferentes tamaños, pero aun así la emisión luminiscente se presenta debido al tamaño del cristalito del materia.
2	Determinar los parámetros para obtener buena calidad de nanopartículas empleando una cámara de cavitación de alta potencia con el medio líquido, tamaño de partícula, y concentración inicial del volumen óptimos.	TOTAL	Los parámetros para la obtención de las nanopartículas han sido determinadas para el ZnS, ZnTe y ZnSe. se determinó que el medio líquido más óptimo es el alcohol isopropílico, generando mejor dispersión y distribución de tamaño durante el proceso de cavitación por ultrasonido. se realizaron experimentos a escala de laboratorio con diferentes concentraciones de alcohol (mL) y de muestras (mg) a sonicar, presentando similares resultados en la etapa año 1 y año 2 del proyecto.

3	Estudio de las propiedades ópticas y estructurales de las nanopartículas.	TOTAL	Los polvos obtenidos de ZnS, ZnSe y ZnTe han sido estudiados a través de microscopia electrónica de transmisión (TEM/EDS). Las imágenes de TEM muestran que el producto formado son partículas con tamaños menores de 50 nm para el caso de ZnSe y ZnTe. Para el ZnS, el análisis por EDS y FTIR nos confirma que no hay oxidación durante el proceso de reducción. Además, hemos realizado un estudio estructural a nanoescala empleando espectroscopia vibracional (FTIR y Raman). las propiedades ópticas de estas nanopartículas han sido estudiadas usando UV-Vis y fotoluminiscencia. Por UV-Vis hemos determinado la brecha de energía para las nanopartículas (ZnS, ZnSe, ZnTe); mientras que la emisión fotoluminiscente fue estudiada a temperatura ambiente, presentando una fuerte emisión característica en el azul con respecto al material volumétrico (Bulk). Actualmente se publico un artículo en la revista Materials Letters (Q1, IF = 2.224) y se esta escribiendo un articulo con ZnTe y ZnSe usando el método.
4	Determinar requerimientos y costos para una producción de nanopartículas escalable con la tecnología de fabricación	TOTAL	De acuerdo al plan de trabajo y según los resultados obtenidos durante la ejecución total del proyecto, hemos optimizado el sistema a escala de laboratorio y hemos determinado los requerimientos y costos con los 3 materiales propuestos, hay que realizar un estudio con una variedad de materiales para determinar un valor de producción para poder producir nanopolvos a escala semi-industrial. Para el proyecto en si este objetivo se cumplió.
5	Implementar el método de cavitación industrialmente para continua producción	TOTAL	De acuerdo al cumplimiento del objetivo 4,este objetivo ha sido cumplido a escala de laboratorio. Además, se ha escalado en proporciones pequeñas siendo una técnica fácil y costo-efectiva comparada con técnicas como la molienda que requiere tiempos largos para el obtenido del producto.Ademas estamos haciendo uso de partículas magnéticas para mejorar la homogeneidad de las partículas, siendo estas de fácil remoción (imanes).

Otro(s) aspecto(s) que Ud. considere importante(s) en la evaluación del cumplimiento de objetivos planteados en la propuesta original o en las modificaciones autorizadas por los Consejos.

Actualmente estamos reproduciendo los resultados con mayor contenido de micropartículas y empleando el mismo tiempo de sonicación. Los resultados obtenidos presentan un comportamiento similar en cuanto a la luminiscencia del material a nanofabricar. Esto implica que el método y las condiciones de tiempo, vacío, y concentraciones (mg, mL) han sido idóneas en el procedo de producción de nanopolvos.

## RESULTADOS OBTENIDOS:

Para cada uno de los objetivos específicos, describa o resuma los resultados. Relacione las publicaciones y /o manuscritos enviados a publicación con los objetivos específicos. En la sección Anexos incluya información adicional que considere pertinente para efectos de la evaluación.

**La extensión máxima de esta sección es de 5 páginas (letra tamaño 10, Arial o Verdana).**

### Fabricación de nanopartículas de ZnS, ZnSe y ZnTe vía cavitación por ultrasonido

#### Resumen

Un novedoso método empleando cavitación por ultrasonido ha sido llevado a cabo para obtener nanopartículas de ZnS, ZnSe, y ZnTe a bajas temperaturas. El método empleado es de bajo costo y versátil para la producción en masa de nanopulvos con alta pureza (> 99.9), dependiendo del material precursor inicial (dureza del material). Hemos comprobado que al aumentar la cantidad de material a reducir de tamaño, el medio líquido (alcohol isopropílico) empleado tendrá una proporción igual a la cantidad de polvo a ultrasonificar. Así, la escalabilidad es posible y reproducible. Los resultados obtenidos muestran una fuerte emisión luminiscente, el cual es característico del tamaño de partícula según la teoría de confinamiento cuántico.

#### Declaración del problema estudiado

La investigación llevada a cabo tuvo como finalidad fabricar y caracterizar nanopartículas (NPs) semiconductoras del grupo II-VI a bajas temperaturas por una versátil y novedosa técnica sin emplear materiales orgánicos y templates. El método es ideal para escalar a modo industrial. La metodología provee un solo paso, rápido, no tóxico, y seguro para la producción en masa de nanopartículas de diferentes tipos con propiedades funcionales.

#### Objetivos específicos propuestos

1. Demostrar la factibilidad de producir nanopartículas de ZnS, ZnSe y ZnTe con tamaños menores de 10 nm usando cavitación.
2. Determinar los parámetros para obtener buena calidad de nanopartículas empleando una cámara de cavitación de alta potencia con el medio líquido, tamaño de partícula, y concentración inicial del volumen óptimo.
3. Estudio de las propiedades ópticas y estructurales de las nanopartículas.
4. Determinar requerimientos y costos para una producción de nanopartículas escalable con la tecnología de fabricación.
5. Implementar el método de cavitación industrialmente para continua producción.

#### Resultados

De acuerdo a los resultados esperados durante la ejecución del proyecto, nanopartículas de ZnS, ZnSe, ZnTe se obtuvieron empleando un ultrasonido (37 y 53 kHz) convencional y un reactor empleando alcohol isopropílico como medio líquido y vacío de 70 KPa. Las muestras fabricadas por este método han sido caracterizadas por medio de FTIR, como se muestra en la Figura 1. Usando FTIR, hemos determinado que durante el proceso de sonicación, las muestras no han sido oxidadas, debido al modo vibracional a  $\sim 450 \text{ cm}^{-1}$  en la red del ZnO que no ha sido observado en las muestras. El espectro también muestra la banda correspondiente al estiramiento O-H ( $\sim 3500 \text{ cm}^{-1}$ ) característica de la absorción de agua presente en la pastilla de KBr. Además, hay bandas asociadas a enlaces O-C-O y estiramiento vibracional C-O ( $1750\text{--}1200 \text{ cm}^{-1}$ ) debido a la absorción de CO<sub>2</sub> sobre la superficie de las nanopartículas.

La Figura 2 muestra el espectro Raman y el espectro de absorción de las nanopartículas de ZnSe. Raman determina que la estructura es característica del material. Las bandas a 204, 250 y 499  $\text{cm}^{-1}$  son atribuidos a modos vibracionales ópticos transversal y longitudinal, respectivamente. Además, empleando el espectro de absorción hemos observado que la brecha de banda ha incrementado con respecto al material volumétrico ( $E_g(\text{Bulk}) = 2.77 \text{ eV}$ ) presentando dos  $E_g$  (3.44 eV y 3.85 eV) el cual corresponde a tamaños diferentes del cristalito de las nanopartículas de ZnSe. La Figura 3 muestra el espectro de emisión de las nanopartículas de ZnSe con respecto al volumétrico (Bulk), excitados a 254 y 312 nm. El espectro muestra una fuerte emisión azul-verde para el bulk y en el ultravioleta para las NPs. La fuerte emisión hacia el azul está asociada a defectos de la red.

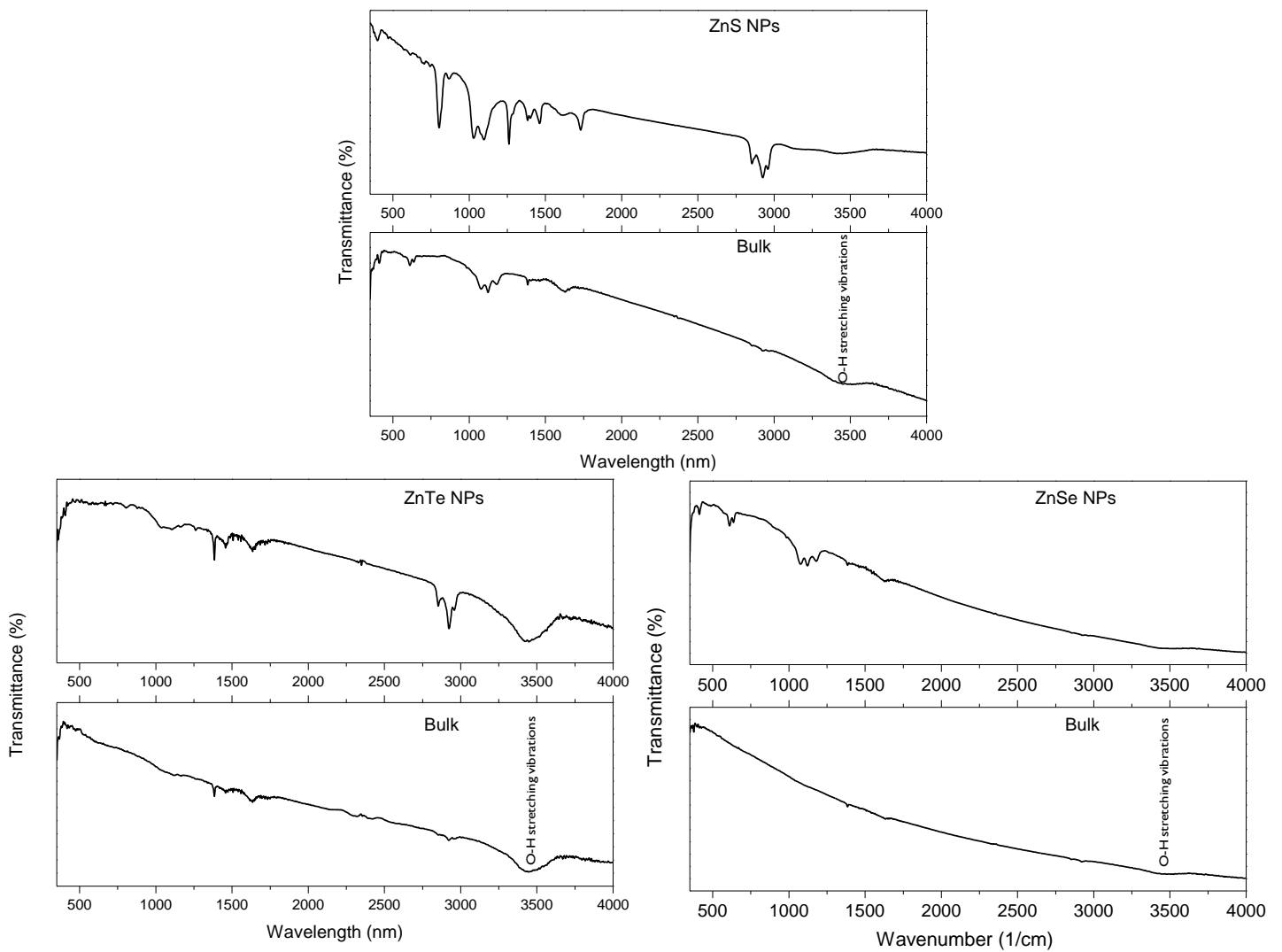


Figura 1. FTIR de las muestras de ZnS, ZnTe y ZnSe.

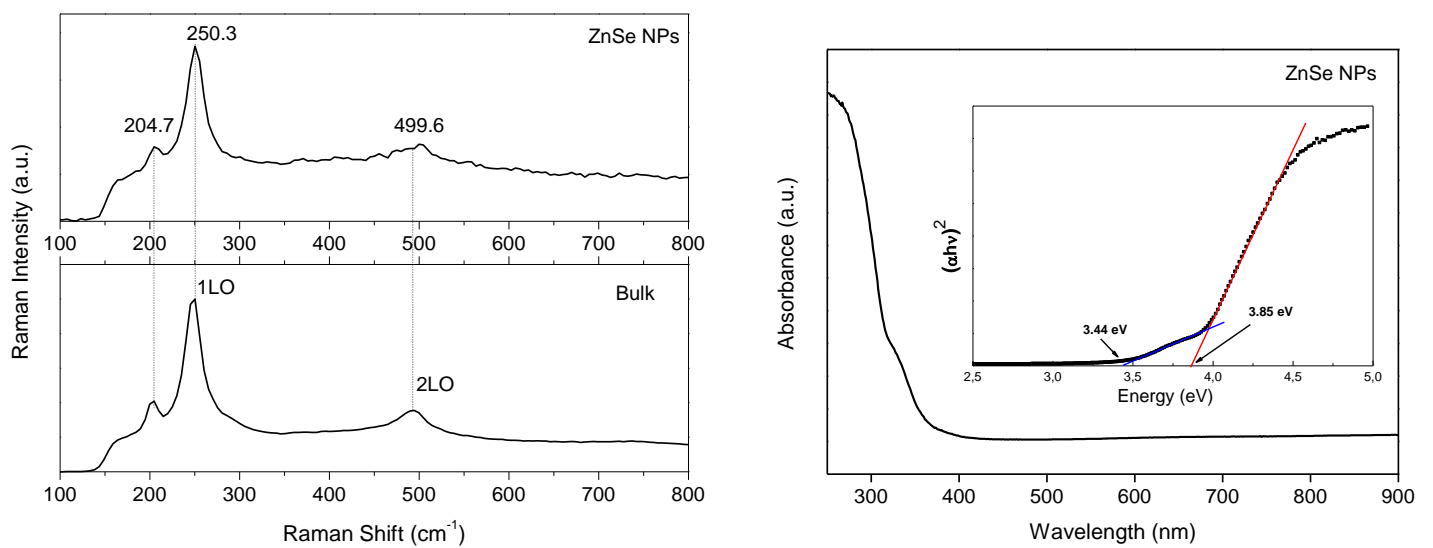


Figura 2. Espectros Raman (Izq) y espectro de absorción (Der) de las muestras de ZnSe. Insertado (Der): Determinación de la brecha de banda para las nanopartículas de ZnSe.

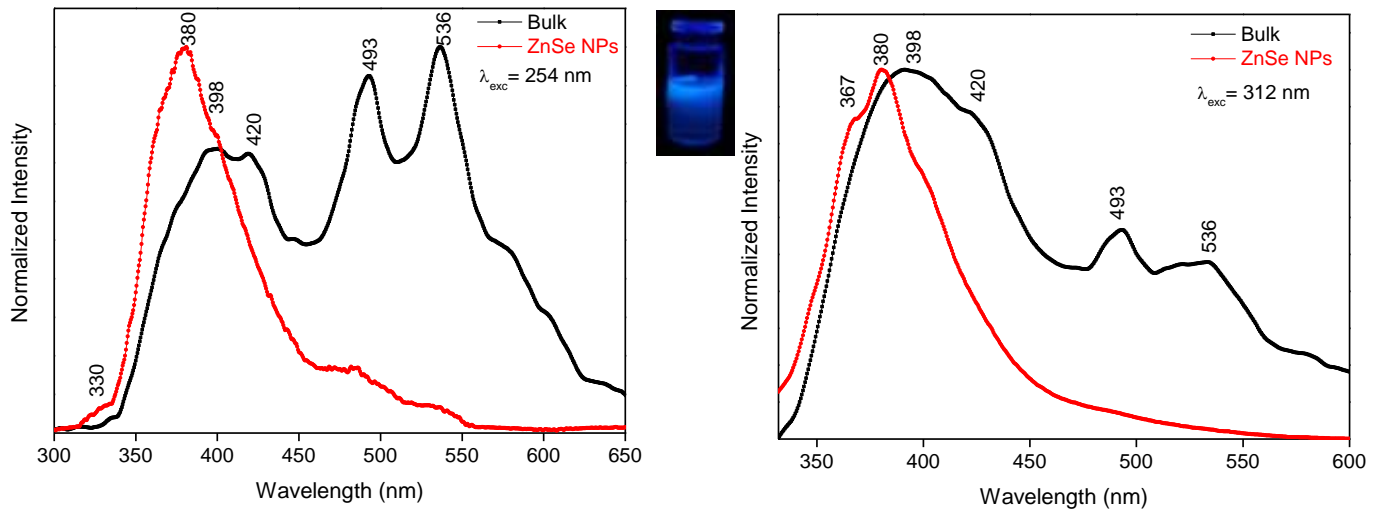


Figura 3. Espectros de emisión del ZnSe excitados a 254 nm (Izq) y 312 nm (Der). Al centro observamos la luminiscencia de las partículas en el medio líquido.

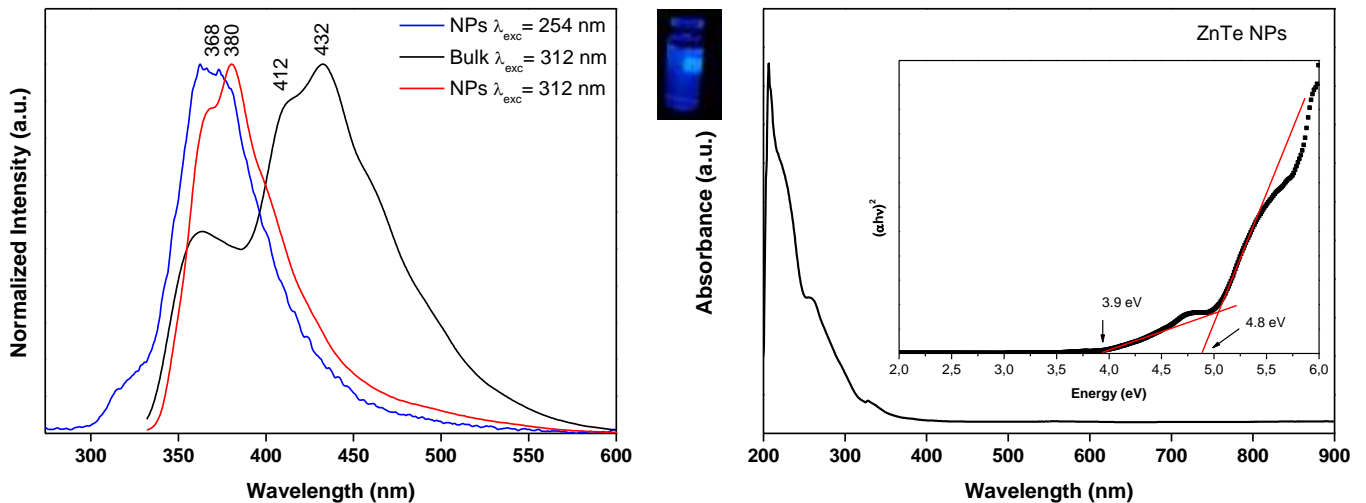


Figura 4. Espectros de emisión (Izq), y espectro de absorción (Der) de las muestras de ZnTe. Insertado (Der): Determinación de la brecha de banda para las nanopartículas de ZnTe. Al centro observamos la luminiscencia de las partículas en el medio líquido.

Las propiedades ópticas del ZnTe han sido estudiadas por UV-Vis y fotoluminiscencia (PL) a temperatura ambiente. La figura 4 muestra los espectros de emisión y absorción de las nanopartículas de ZnTe. La brecha de energía ( $E_g$ ) fue determinado a ser 3.9 y 4.8 eV, el cual muestra un corrimiento en el ultravioleta relativo al material volumétrico ( $E_g(\text{Bulk}) = 2.6$  eV). Este corrimiento en el  $E_g$  puede ser explicado por el confinamiento cuántico de los nanocristales de ZnTe. La emisión fotoluminiscente nos muestra una fuerte emisión en el ultravioleta, siendo esta emisión más intensa para las nanopartículas que para el bulk (Figura 4 (Izq)). Es interesante observar que las nanopartículas de ZnTe presentan fluorescencia debido a efecto de tamaño. Las NPs de ZnSe y ZnTe presentan una distribución de tamaño de partícula  $< 10$  nm, según observaciones de TEM. **Estos resultados (NPs de ZnSe y ZnTe) están siendo analizados para publicación.**

## **Conclusiones**

Nanopartículas de ZnS, ZnSe y ZnTe han sido obtenidas usando cavitación por ultrasonido. La fuerte emisión en el azul de las nanopartículas comparadas con el *bulk*, indican un efecto de confinamiento cuántico la cual pueden ser debido a una fuerte distribución del tamaño nanopartícula/cristalito. Las condiciones experimentales han sido determinadas y el método es eficaz para otros semiconductores del grupo IV, III-V IV-VI, V-VI, II-VI y óxidos-metálicos con aplicaciones científicas y tecnológicas importantes. Este es un método reproducible para obtener submicro- y nano- partículas dependiendo de las condiciones de sonicación a las cuales se está llevando a cabo el proceso. Además, es un proceso altamente escalable.

## DESTAQUE OTROS LOGROS DEL PROYECTO TALES COMO:

### Logros

De los logros obtenidos durante el tercer año de ejecución del proyecto cabe mencionar que:

El estudiante **Nicolás Carvajal** (*no tesista*) ha realizado gran parte del estudio y ha capacitado a la estudiante tesista **Joan Flores Navarro** para la escalabilidad del proceso. **Joan Flores Navarro** se le ha aprobado su anteproyecto de Tesis/Memoria titulado: "**Fabricación de nanopartículas de ZnM (M = S, Se, Te) usando cavitación por ultrasonido: Propiedades estructurales y ópticas**"

El estudiante **Cristhopher Chacana López** ha finalizado y defendido su Tesis/Memoria bajo mi Tutela, titulada: **Diseño y construcción de un horno tubular para la síntesis de nanoestructuras de ZnTe: Propiedades morfológicas y Ópticas**. La defensa fue llevada a cabo en el mes de Mayo del 2014, en la Universidad Tecnológica Metropolitana (UTEM).

### PUBLICACIONES (ISI)

- Low temperature synthesis and blue photoluminescence of ZnS nanoparticles. **E. Mosquera**, N. Carvajal. *Materials Letters*, 129 (2014) 8-11.

### Artículos con participación parcial de Fondecyt

- Characterization and hydrogen storage in multi-walled carbon nanotubes grown by aerosol-assisted CVD method. **E. Mosquera** et al., *Diamond & Related Materials*, 43 (2014) 66-71.

### PARTICIPACIÓN EN CONFERENCIAS

#### Asociados al Proyecto

- Materiales Nanoestructurados: Síntesis, caracterización, aplicaciones. *Universidad Autónoma de Santo Domingo* (UASD). 11 de Junio, 2014, Santo Domingo, República Dominicana. **Conferencista Invitado**.
- Fabrication and blue photoluminescence of ZnM (M = S, Se, Te) nanoparticles using conventional ultrasonic bath. *X Congreso Internacional Interdisciplinario de Investigación Científica*. Universidad Autónoma de Santo Domingo. 12-13 de Junio, 2014, Santo Domingo, República Dominicana. **Presentación Oral**.
- Síntesis de nanopartículas de ZnS por ultrasonido asistido por micropartículas de magnetita malla 325. *III Congreso Nacional de Nanotecnología*. 10-12 de Septiembre, 2014, Puerto Varas, Chile. **Poster**
- Low temperature synthesis and blue photoluminescence of ZnM (M = S, Se, Te) nanoparticles. *VI Escuela de Nanoestructuras*. 9-12 de Diciembre, 2013, UTFSM, Valparaíso, Chile. **Poster**
- Nanomateriales Magnéticos y aplicaciones. *NanoAndes BOLIVIA 2013: Nanomateriales para Energía y Minería, y el I Congreso Boliviano de Energías Renovables*. 11-15 Noviembre, 2013, La Paz, Bolivia. **Conferencista Invitado**.

#### Participación parcial de Fondecyt

- Actividad fotocatalítica de nanopartículas de ZnO y ZnO:Ag. *III Congreso Nacional de Nanotecnología*. 10-12 de Septiembre, 2014, Puerto Varas, Chile. **Poster**
- Evaluación comparativa de purificación de nanotubos de carbon de pared multiple (MWCNTs). *III Congreso Nacional de Nanotecnología*. 10-12 de Septiembre, 2014, Puerto Varas, Chile. **Poster**
- Actividad fotocatalítica de nanoestructuras de ZnO y ZnO:M (M= Fe, Cu). *VI Escuela de Nanoestructuras*. 9-12 de Diciembre, 2013, UTFSM, Valparaíso, Chile. **Poster**
- Estudio de las propiedades estructurales y ópticas de nanoalambres de ZnO crecidas por el método de Ultrasonic Spray Pyrolysis. *VI Escuela de Nanoestructuras*. 9-12 de Diciembre, 2013, UTFSM, Valparaíso, Chile. **Poster**
- Purificación de nanotubos de carbono multicapa (MWCNT) mediante tratamiento térmico y ácido asistido por ultrasonido. *VI Escuela de Nanoestructuras*. 9-12 de Diciembre, 2013, UTFSM, Valparaíso, Chile. **Presentación Oral**



## PRODUCTOS

### ARTÍCULOS

Para trabajos en Prensa/ Aceptados/Enviados adjunte copia de carta de aceptación o de recepción.

**N° :** 1  
**Autor (a)(es/as) :** EDGAR MOSQUERA; NICOLAS CARVAJAL  
**Nombre Completo de la Revista :** MATERIALS LETTERS  
**Título (Idioma original) :** Low temperature synthesis and blue photoluminescence of ZnS submicronparticles  
**Indexación :** ISI  
**ISSN :** 0167-577X  
**Año :** 2014  
**Vol. :** 129  
**N° :**  
**Páginas :** 8-11  
**Estado de la publicación a la fecha :** Publicada  
**Otras Fuentes de financiamiento, si las hay :**

NO LAS HAY

**Envía documento en papel :** si  
**Archivo(s) Asociado(s) al artículo :**  
2014-Low\_temperature\_synthesis\_and\_blue\_photoluminescence\_of\_ZnS\_submicronparticles.pdf  
[http://sial.fondecyt.cl/index.php/investigador/f4\\_articulos/descarga/23543577/11110001/2013/56426/1/](http://sial.fondecyt.cl/index.php/investigador/f4_articulos/descarga/23543577/11110001/2013/56426/1/)

### OTRAS PUBLICACIONES / PRODUCTOS

**N° :** 1  
**Autor (a)(es/as) :** Edgar Mosquera; Donovan E. Diaz-Droguett; Nicolás Carvajal; Martin Roble; Mauricio Morel; Rodrigo Espinoza  
**Título (Idioma original) :** Characterization and hydrogen storage in multi-walled carbon nanotubes grown by aerosol-assisted CVD method  
**Tipo de publicación o producto :** Otros **Especificar :** Artículo ISI  
**ISBN :** ISSN: 0925-9635  
**Editor (es) (Libro o Capitulo de libros) :** DIAMOND & RELATED MATERIALS  
**Nombre de la editorial /Organización :** ELSEVIER  
**País :** CHILE  
**Ciudad :**  
**Fecha :** Febrero - 2014  
**Año :** 2014  
**Vol. :** 43  
**N° :**  
**Páginas :** 66-71  
**Otras Fuentes de financiamiento, si las hay :**

CONICYT-PIA (Grant no. ACT1117)

**Envía documento en papel :** no

**Archivo(s) Asociado(s) al artículo :**

2014-Characterization\_and\_hydrogen\_storage\_in\_multi-walled\_carbon\_nanotubes\_grown\_by\_aerosol-assisted\_CVD\_method-author\_c  
[http://sial.fondecyt.cl/index.php/investigador/f4\\_otras\\_publicaciones/descarga/23543577/11110001/2013/15331/1/](http://sial.fondecyt.cl/index.php/investigador/f4_otras_publicaciones/descarga/23543577/11110001/2013/15331/1/)

---

**CONGRESOS**

**N° :** 1  
**Autor (a)(es/as) :** Carvajal, N.; Mosquera, E.  
**Título (Idioma original) :** Low temperature synthesis and blue photoluminescence of ZnM (M = S, Se, Te) nanoparticles  
**Nombre del Congreso :** VI Escuela de Nanoestructuras  
**País :** CHILE  
**Ciudad :** VALPARAISO  
**Fecha Inicio :** 09/12/2013  
**Fecha Término :** 12/12/2013  
**Nombre Publicación :**  
**Año :**  
**Vol. :**  
**N° :**  
**Páginas :**  
**Envía documento en papel :** no  
**Archivo Asociado :**  
CERTIFICADO\_ESCUELA\_DIC\_2013.pdf  
[http://sial.fondecyt.cl/index.php/investigador/f4\\_congresos/descarga/23543577/11110001/2013/88646/1/](http://sial.fondecyt.cl/index.php/investigador/f4_congresos/descarga/23543577/11110001/2013/88646/1/)

---

**N° :** 2  
**Autor (a)(es/as) :** MOSQUERA, E.; CARVAJAL, N.; FLORES, J.  
**Título (Idioma original) :** Fabrication and blue photoluminescence of ZnM (M = S, Se, Te) nanoparticles using conventional ultrasonic bath  
**Nombre del Congreso :** X International Interdisciplinary Scientific Research Congress (X CIC)  
**País :** REPUBLICA DOMINICANA  
**Ciudad :** SANTO DOMINGO  
**Fecha Inicio :** 12/06/2014  
**Fecha Término :** 13/06/2014  
**Nombre Publicación :**  
**Año :**  
**Vol. :**  
**N° :**  
**Páginas :**  
**Envía documento en papel :** no

**Archivo Asociado :**

2014-CARTA\_X\_CONGRESO\_RD.pdf

[http://sial.fondecyt.cl/index.php/investigador/f4\\_congresos/descarga/23543577/11110001/2013/88647/1/](http://sial.fondecyt.cl/index.php/investigador/f4_congresos/descarga/23543577/11110001/2013/88647/1/)

---

**N° :** 3  
**Autor (a)(es/as) :** CARVAJAL, N; MOSQUERA, E; MOREL, M;GARCIA, C; GUTIERREZ, M.  
**Título (Idioma original) :** Síntesis de nanopartículas de ZnS por ultrasonido asistido por micro partículas de magnetita malla 325  
**Nombre del Congreso :** III CONGRESO NACIONAL DE NANOTECNOLOGIA  
**País :** CHILE  
**Ciudad :** PUERTO VARAS  
**Fecha Inicio :** 10/09/2014  
**Fecha Término :** 12/09/2014  
**Nombre Publicación :**  
**Año :**  
**Vol. :**  
**N° :**  
**Páginas :**  
**Envía documento en papel :** no  
**Archivo Asociado :**  
www.nanomaterial.cl\_211\_Final.pdf  
[http://sial.fondecyt.cl/index.php/investigador/f4\\_congresos/descarga/23543577/11110001/2013/88941/1/](http://sial.fondecyt.cl/index.php/investigador/f4_congresos/descarga/23543577/11110001/2013/88941/1/)

---

**TESIS/MEMORIAS**

**N° :** 1  
**Título de Tesis :** Fabricacion de Nanopartículas de ZnM (M= S, Se, Te) usando cavitación por Ultrasonido: Propiedades Estructurales y Opticas  
**Nombre y Apellidos del(de la) Alumno(a) :** Joan Ivette Flores Navarro  
**Nombre y Apellidos del(de la) Tutor(a) :** Edgar Eduardo Mosquera Vargas  
**Título Grado :** Pregrado  
**Institución :** Universidad Tecnologica Metropolitana  
**País :** CHILE  
**Ciudad :** Santiago  
**Estado de Tesis :** En Ejecución  
**Fecha Inicio :** 21/03/2014  
**Fecha Término :** 21/12/2014  
**Envía documento en papel :** no  
**Archivo Asociado :**  
ACREDITIVO\_DE\_TESIS.pdf  
[http://sial.fondecyt.cl/index.php/investigador/f4\\_tesis\\_memorias/descarga/23543577/11110001/2013/46973/1/](http://sial.fondecyt.cl/index.php/investigador/f4_tesis_memorias/descarga/23543577/11110001/2013/46973/1/)

---

**N° :** 2  
**Título de Tesis :** Diseño y construcción de un horno tubular para la síntesis de nanoestructuras de ZnTe: Propiedades morfológicas y Ópticas  
**Nombre y Apellidos del(de la) Alumno(a) :** CRISTHOPHER DANIEL CHACANA LOPEZ  
**Nombre y Apellidos del(de la) Tutor(a) :** EDGAR EDUARDO MOSQUERA VARGAS  
**Título Grado :** Pregrado  
**Institución :** UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA METROPOLITANA  
**País :** CHILE  
**Ciudad :** Santiago  
**Estado de Tesis :** Terminada  
**Fecha Inicio :** 01/05/2013  
**Fecha Término :** 12/05/2014  
**Envía documento en papel :** no  
**Archivo Asociado :**  
Portada\_abstarct\_indice\_LEGAL.pdf  
[http://sial.fondecyt.cl/index.php/investigador/f4\\_tesis\\_memorias/descarga/23543577/11110001/2013/47595/1/](http://sial.fondecyt.cl/index.php/investigador/f4_tesis_memorias/descarga/23543577/11110001/2013/47595/1/)

---