



# ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL CONSEJO ACADÉMICO



## FORMULARIO DE PRESENTACIÓN - 2015 "PROYECTOS DE INVESTIGACION INTERNOS". PROY. No. PII -

Área del proyecto: Catálisis X Ciencias Básicas Ciencias Aplicadas X

FACULTAD: INGENIERÍA QUÍMICA Y AGROINDUSTRIA

DEPARTAMENTO: CIENCIAS NUCLEARES

LINEA DE INVESTIGACIÓN: SÍNTESIS ORGÁNICA NO CONVENCIONAL  
(verificable en el saew)

### 1 Proyecto Interno de Investigación

**Título:**

Estudio del efecto del dopaje con metales del catalizador de nitruro de carbono grafitico en la reacción fotocatalítica de oxidación del alcohol bencílico y en la degradación de colorantes azoicos.

**Resumen del proyecto (máximo 200 palabras)**

El nitruro de carbono posee propiedades fotocatalíticas ya que absorbe energía en la región de la luz visible. El presente proyecto plantea evaluar la actividad fotocatalítica de este compuesto sobre las cinéticas de la reacción oxidativa del alcohol bencílico y la degradación de colorantes azoicos.

El nitruro de carbono grafitico ( $g-C_3N_4$ ) puro se sintetizará a partir de urea mediante pirólisis a  $600\text{ }^\circ\text{C}$  y se preparará  $g-C_3N_4$  dopado mediante la adición de sales de hierro, cobre y manganeso.

Se determinará el tiempo necesario para la pirólisis de cada uno de los catalizadores. Las muestras obtenidas de la síntesis se caracterizarán mediante espectroscopía infrarroja con transformada de Fourier, difracción de rayos X, microscopía electrónica de barrido, espectroscopía de fotoelectrones por rayos X, espectrofotometría UV-VIS, fotoluminiscencia, análisis termo gravimétrico y calorimetría diferencial de barrido. La reacción fotocatalítica se llevará a cabo con la ayuda de una lámpara de luz visible.

Los ensayos se realizarán con los distintos  $g-C_3N_4$  sintetizados y, también, se variarán sus cantidades. En la reacción de oxidación de alcohol bencílico en benzaldehído se utilizará cromatografía líquida de alta eficiencia (HPLC) para cuantificar el reactivo y el producto. En la fotodegradación de colorantes azoicos, la disminución de la concentración se cuantificará mediante espectrofotometría UV-VIS.

Palabras clave: síntesis de nitruro de carbono, nitruro de carbono puro y dopado, fotocatalisis, oxidación catalítica de alcoholes en aldehídos, degradación fotocatalítica de colorantes

### 2 Datos personales y académicos del Director del Proyecto

Apellidos: Muñoz Bisesti	Dirección particular: El Rosario, Quitumbe No. N59-176
Nombres: Florinella	
Lugar y fecha de nacimiento: Quito, 4 de marzo 1967	
Cargo actual en la EPN: Jefe del Departamento de Ciencias Nucleares	Teléfono casa: 2530896 Teléfono celular: 0984170819
Fecha nombramiento definitivo: 04-11-2002	Teléfono oficina: 297630
Horas de dedicación al proyecto: 100h/semestre	Ext. EPN: 4202 Correo electrónico: florinella.munoz@epn.edu.ec

<b>Formación de pregrado y postgrado</b>		
<b>Títulos</b>	<b>Fecha</b>	<b>Institución / Universidad/País</b>
Ingeniera Química	17-12-1993	Escuela Politécnica Nacional / Ecuador
Doctora en Ciencias Naturales	24-10-1999	Instituto Max-Planck für Strahlenchemie/ Ruhr - Universität Bochum/ Alemania
<b>Datos personales y académicos del Docente Colaborador del Proyecto</b>		
Apellidos: Dante		Dirección particular: Via Monte Media 36, 12032 Barge CN, Italia
Nombres: Roberto Cipriano Antonio		
Lugar y fecha de nacimiento: Rivoli (TO) Italia, 26 de septiembre 1966		Teléfono casa: 0039 0175346200
Cargo actual en la EPN: Investigador 1 Prometeo		Teléfono celular:
Fecha nombramiento definitivo:		Teléfono oficina:
Horas de dedicación al proyecto: 50h/semestre		Ext. EPN: 4202
Correo electrónico: rcdante@yahoo.com		
<b>Formación de pregrado y postgrado</b>		
<b>Títulos</b>	<b>Fecha</b>	<b>Institución / Universidad/País</b>
Dottore in Chimica	10-07-1990	Università di Torino / Italia
Doctor en Ciencias e Ingeniería de Materiales	13-10-2006	Universidad Nacional Autónoma de México/ México
<b>3 Objetivos, hipótesis y resultados esperados de esta propuesta de investigación</b>		
<p>- <b>Objetivos</b></p> <p><b>1. Objetivo General</b> Estudiar el efecto del dopaje con cobre, hierro y manganeso en el catalizador de nitruro de carbono grafitico (<math>g-C_3N_4</math>) sintetizado a partir de urea, en la reacción de oxidación del alcohol bencílico en benzaldehído y en la degradación de colorantes azoicos.</p> <p><b>2. Objetivos Específicos</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Determinar el tiempo de reacción para la síntesis de nitruro de carbono grafitico (<math>g-C_3N_4</math>), a partir de urea, en condiciones puras y dopado con sales de cobre, hierro y manganeso, mediante el tratamiento térmico de pirolisis a 600 °C.</li> <li>Caracterizar los nitruros de carbono sintetizados, puro y dopados con los metales de cobre, hierro y manganeso, mediante espectroscopía infrarroja con transformada de Fourier (FTIR), difracción de rayos X (DRX), microscopía electrónica de barrido (SEM), espectroscopía de fotoelectrones por rayos X (XPS), espectrofotometría UV-VIS, fotoluminiscencia, análisis termo gravimétrico (TGA) y calorimetría diferencial de barrido (DSC).</li> <li>Determinar el método de identificación, separación y cuantificación de benzaldehído y alcohol bencílico, por medio de cromatografía líquida de alta eficacia (HPLC).</li> <li>Determinar la influencia del tipo de catalizador en el rendimiento de la oxidación del alcohol bencílico.</li> <li>Evaluar el efecto de la concentración del catalizador en la cinética de la reacción de oxidación del alcohol bencílico, con el nitruro de carbono que presente la mejor actividad fotocatalítica.</li> <li>Determinar la influencia del tipo de catalizador en la degradación de dos colorantes azoicos: Azul BRL y Pardo LEGL.</li> <li>Evaluar el efecto de la concentración del catalizador en la cinética de degradación de dos colorantes azoico: Azul BRL y Pardo LEGL, con el nitruro de carbono que presente la mejor actividad fotocatalítica.</li> </ol>		

	<p>- <b>Hipótesis</b></p> <p>Es posible determinar diferencias en el efecto del fotocatalizador puro y dopado con metales en el estudio de la cinética de la reacción en procesos de oxidación y de degradación de colorantes azoicos.</p> <p><b>3. Resultados esperados</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Determinación del tiempo necesario para la síntesis de nitruro de carbono grafitico a partir de urea y con sales de cobre, hierro y manganeso, mediante pirólisis a 600 °C.</li> <li>2. Caracterización del nitruro de carbono grafitico puro y dopado con los metales de cobre, hierro y manganeso. y definición de sus propiedades físico-químicas mediante espectroscopía infrarroja con transformada de Fourier (FTIR), difracción de rayos X (DRX), microscopía electrónica de barrido (SEM), espectroscopía de fotoelectrones por rayos X (XPS), espectrofotometría UV-VIS, fotoluminiscencia, análisis termogravimétrico (TGA) y calorimetría diferencial de barrido (DSC).</li> <li>3. Método para identificar, separar y cuantificar benzaldehído y alcohol bencílico, por medio de cromatografía líquida de alta eficacia (HPLC).</li> <li>4. Influencia del tipo de catalizador de nitruro de carbono en el rendimiento de la reacción fotocatalítica para la oxidación del alcohol bencílico.</li> <li>5. Efecto de la concentración del catalizador en la cinética de la reacción de oxidación del alcohol bencílico, con el nitruro de carbono que presente la mejor actividad fotocatalítica.</li> <li>6. Influencia del tipo de catalizador en la degradación de dos colorantes azoicos: Azul BRL y Pardo LEGL.</li> <li>7. Efecto de la concentración del catalizador en la cinética de degradación de dos colorantes azoico: Azul BRL y Pardo LEGL, con el nitruro de carbono que presente la mejor actividad fotocatalítica.</li> </ol> <p>- <b>Productos esperados</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Proyecto de Titulación</li> <li>- Una publicación de resultados en revista indexada internacional</li> </ul> <p><b>4. Potenciales Usuarios</b></p> <p>El personal académico y docente de la Escuela Politécnica Nacional y de otras universidades que estudien síntesis fotocatalítica. Empresarios de industrias textiles que generen residuos con colorantes azoicos.</p>
4	<p><b>Relevancia de esta propuesta de investigación con los objetivos científicos del departamento y su Línea de Investigación</b></p> <p>Los catalizadores son sustancias que alteran la velocidad de una reacción química, son parte de la mezcla reaccionante, pero no forman parte de los reactivos ni de los productos, por lo que atraviesan el proceso sin sufrir cambios. Los catalizadores cumplen un papel muy importante en el ámbito económico, porque al actuar como retardadores o aceleradores de las reacciones químicas, permiten la síntesis masiva de productos químicos, ahorran tiempo y dinero (Fogler, 2008, pp. 645-646).</p> <p>La fotocatalisis es un proceso químico en el cual la reacción es producida en la presencia de un fotocatalizador. Este catalizador es una sustancia semiconductor que se activa mediante la luz visible y el UV cercano (300 – 400 nm). Puede transformar los compuestos orgánicos e inorgánicos mediante reacciones de óxido-reducción, que tienen lugar en su superficie. La energía de activación, para este tipo de reacciones, es provista por la energía proveniente de los fotones de ondas electromagnéticas de luz visible, es decir, se puede utilizar radiación solar o lámparas con longitudes de onda mayores a 300 nm. Además, este proceso puede operar a temperaturas y presiones ambientales, lo que permite disminuir los costos energéticos en la aplicación de las reacciones químicas (Portela, 2008, pp. 19, 26).</p>

Un proceso de fotocatalisis comprende la generaci3n de pares electr3n-hueco, que se produce en la superficie del catalizador irradiado con una longitud de onda definida. Algunas reacciones de oxidaci3n son m3s eficientes por la presencia de un semiconductor, debido a que el par generado puede dar origen a especies reactivas oxidantes. En la posici3n de los huecos, se pueden oxidar las mol3culas absorbidas mediante la formaci3n de los radicales hidroxilo HO<sup>•</sup>. Estos radicales poseen alto potencial oxidativo y pueden ser usados para la degradaci3n de compuestos, la remoci3n de contaminantes en el agua y para la oxidaci3n de compuestos org3nicos e inorg3nicos (Marinas, 2007, p. 31; Portela, 2008, pp. 19, 20).

Debido a las propiedades fisico-qu3micas de semiconductividad, capacidad de almacenamiento de energ3a, caracter3sticas 3pticas especiales, entre otras; el nitruro de carbono graf3tico (g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub>), es un compuesto que ha promovido el inter3s de recientes estudios cient3ficos en la cat3lisis heterog3nea. Este material puede presentarse en forma de nanol3minas 2D de un espesor molecular, lo que le proporciona una gran 3rea superficial, una alta velocidad de separaci3n de cargas foto excitadas y una excelente actividad fotocatal3tica (Jie, Fei, Hai-Tao, Bing, Yong-Xin y Yong, 2014, pp. 223; Qiuyan, Li, Shijing, M3nghua, Jinhong y Ling, 2014, pp. 135).

La actividad fotocatal3tica en el g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub> es posible gracias a la capacidad de adsorci3n estable que se obtiene bajo la irradiaci3n de luz en el visible, a una longitud de onda mayor a 400 nm (Liu, Zhang, Wang, Dawson, y Chen, 2011, p. 14 400).

El g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub> puede ser sintetizado a partir de cualquier compuesto org3nico rico en nitr3geno. Para el presente estudio se considerar3 el uso de urea para dicho fin, debido a que la urea es un compuesto com3n y de bajo costo en el mercado; adem3s, el empleo de urea permite el desarrollo de un m3todo simple para la s3ntesis de g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub>, mediante pir3lisis (Liu, et al., 2011, p.14398)

Adicionalmente, es posible dopar al nitruro de carbono graf3tico con sales de diferentes metales como hierro, cobre o manganeso. Estos compuestos, al ser sometidos a un proceso de pir3lisis, pueden originar productos m3s estables con la formaci3n de nanop3rculas magn3ticas de 3xidos met3licos (NPs). Las NPs, al estar presentes dentro de la nanoestructura del nitruro de carbono dopado, pueden mejorar la eficiencia fotocatal3tica de las reacciones qu3micas que son catalizadas por el nitruro de carbono (Kishore, Tintu, Reji, y Tae Joo, 2014, pp. 139-140).

Con estos antecedentes, en este proyecto se busca estudiar el comportamiento del catalizador de nitruro de carbono graf3tico puro y dopado con metales, en la cin3tica del reacci3n del proceso de oxidaci3n de alcohol benc3lico en benzaldeh3do, as3 como en la reacci3n de degradaci3n de colorantes azoicos. Y adem3s conocer las caracter3sticas fisico-qu3micas de nitruro de carbono sintetizado a partir de urea y con sales de hierro, manganeso y cobre.

Los colorantes azoicos como Azul BRL y Pardo LEGL se utilizan en la industria textil de Pelileo y constituyen contaminantes de las aguas provenientes de este tipo de actividades. Por esta raz3n, el estudio de las formas de degradaci3n fotocatal3tica es 3til para el tratamiento de las aguas de las industrias que se desarrollan en torno a esta actividad en Ecuador.

Al tratarse de un proceso que genera radicales libres, este estudio est3 relacionado con el 3rea de investigaci3n de Qu3mica de Radicales del Departamento de Ciencias Nucleares, dentro de la l3nea de investigaci3n de S3ntesis Org3nica No Convencional, porque las s3ntesis se realizar3n asistidas por fuentes energ3ticas alternativas como la fot3nica.

5	<b>Descripción del proyecto, metodología, cronograma de trabajo y justificación del equipo requerido</b>
	<p>- Descripción del proyecto (Máximo una carilla)</p> <p>El proyecto iniciará con la preparación del catalizador de nitruro de carbono grafitico a partir de úrea. Se usará un proceso de pirolisis a 600 °C. Se realizará la síntesis del catalizador puro y dopado con cobre, hierro y manganeso. Se determinarán los tiempos necesarios para el proceso, mediante la caracterización posterior con espectroscopía infrarroja con transformada de Fourier (FTIR), difracción de rayos X (DRX), microscopía electrónica de barrido (SEM), espectroscopía de fotoelectrones por rayos X (XPS), espectrofotometría UV-VIS, fotoluminiscencia, análisis termo gravimétrico (TGA) y calorimetría diferencial de barrido (DSC).</p> <p>Los mejores materiales sintetizados serán utilizados en las catálisis de la oxidación de alcohol bencílico en benzaldehído y en la reacción de degradación de dos colorantes azoicos: Azul BRL y Pardo LEGL y su mezcla.</p> <p>Las concentraciones de alcohol bencílico y de benzaldehído serán determinadas mediante cromatografía líquida de alta eficacia (HPLC).</p> <p>En la reacción de degradación de los colorantes azoicos, se hará un seguimiento espectrofotométrico.</p> <p>Se seleccionará el nitruro de carbono que presente mejor actividad fotocatalítica, para luego determinar el efecto de la concentración del catalizador, en ambos casos.</p> <p>Se determinará así, la influencia del tipo de catalizador, puro y dopado con metales, en los dos tipos de reacciones seleccionados para la prueba de los catalizadores.</p> <p>- Metodología y diseño de la investigación (Máximo una carilla)</p> <p>Para determinar el tiempo de la síntesis del nitruro de carbono grafitico puro, se pesarán 25 g de urea en una balanza analítica de marca DENVER. La urea se someterá a un tratamiento térmico de pirólisis en la mufla VULCAN A130, ubicada en el Centro de Investigaciones Aplicadas a los Polímeros (CIAP). El proceso se llevará a cabo de 600 °C, sin flujo de aire, con una velocidad de calentamiento de 50 °C por minuto y durante un tiempo variable. Se tomarán las muestras de síntesis en un rango de tiempo de 10 a 40 min. Para ello, una vez transcurrido el tiempo de reacción seleccionado, se apagará el equipo y el crisol se dejará enfriar hasta la temperatura ambiente en la misma mufla. Se analizará la muestra de la síntesis para conocer si se ha logrado la síntesis de nitruro de carbono o se ha producido carbonización (Kishore, et al., 2014, p. 140).</p> <p>Para determinar el tiempo de síntesis del nitruro de carbono grafitico dopado, se pesarán 30 g de urea y 0,5 g de la sal de cobre, hierro o manganeso y la mezcla se someterá al procedimiento descrito para el nitruro de carbono grafitico puro.</p> <p>Para determinar las propiedades fisicoquímicas del nitruro de carbono grafitico, las muestras se caracterizarán mediante las siguientes técnicas: espectroscopía infrarroja con transformada de Fourier (FTIR), difracción de rayos X (DRX), microscopía electrónica de barrido (SEM), espectroscopía de fotoelectrones por rayos X (XPS), espectrofotometría UV-VIS, fotoluminiscencia, análisis termo gravimétrico (TGA) y calorimetría diferencial de barrido (DSC) (Qiuyan, et al., 2014, p. 136; Posada, et al., 2014, p 234).</p> <p>Las concentraciones de alcohol bencílico y benzaldehído serán determinadas mediante cromatografía líquida de alta eficacia HPLC, para lo cual se trabajará en el equipo HPLC AGILENT L1120 del Departamento de Ciencias Nucleares (DCN). En este caso, se usará una columna cromatográfica C18 y la fase móvil será una mezcla de acetonitrilo y agua de grado HPLC en una relación 50:50 v/v. Se prepararán, al menos seis soluciones estándar de benzaldehído y alcohol bencílico, a distintas concentraciones; entre 5 µg/mL y 30 µg/mL para el benzaldehído y de 20 µg/mL a 70 µg/mL para el alcohol bencílico. Estas soluciones se</p>

inyectarán por triplicado, con un flujo de 1,2 mL/min, a una temperatura 25 °C y a una longitud de onda de 260 nm que permitan obtener una correcta identificación y separación en los picos de alcohol bencílico y benzaldehído. Se preparará la curva de calibración, con la cual será posible determinar posteriormente, para las reacciones con cada catalizador, se medirán las concentraciones de benzaldehído generadas en la reacción fotocatalítica, a diferentes tiempos (Kashani, Moghaddam y Mehramizi, 2012, pp. 98-100).

La actividad fotocatalítica del nitruro de carbono grafitico será evaluada primeramente por el rendimiento en la reacción de oxidación selectiva del alcohol bencílico. Para ello, se trabajará con una mezcla de alcohol bencílico y el solvente acetonitrilo, en relación de 0,6 a 1,2 mg de alcohol bencílico por cada 10 mL de acetonitrilo, y con una cantidad de 1 mg de catalizador por cada 10 mL de solvente, el proceso se realizará con cada uno de los nitruros de carbono sintetizados y encontrados con las mejores propiedades. La reacción se efectuará en presencia de peróxido de hidrogeno 30% v/v, 20 µL por cada 10 ml del solvente acetonitrilo, e irradiación de luz visible proveniente de una lámpara de Xenón a una longitud de onda mayor a 400 nm, por el tiempo de 4 horas (Qiuyan, et al., 2014, p 137).

Se estudiará la influencia de la concentración del catalizador en la cinética de la reacción, para lo cual se seleccionará el catalizador de nitruro de carbono grafitico que haya presentado los mejores resultados en el rendimiento de la reacción con el alcohol bencílico. Las pruebas se realizarán con tres cantidades diferentes de catalizador, en un rango de 0,5 mg a 5 mg por cada 10 mL del solvente acetonitrilo. Se obtendrán datos de la conversión del alcohol bencílico y la selectividad de la reacción respecto a la producción de benzaldehído (Qiuyan, et al., 2014, p. 137).

La actividad fotocatalítica del nitruro de carbono sobre colorantes azoicos será evaluada por la capacidad de degradación en el sistema catalizado con luz visible de Azul BRL y Pardo LEGL, la cual será cuantificada mediante espectrofotometría UV-Vis. Previamente, se construirán las curvas de calibración para cada colorante, para lo cual se prepararán soluciones de los mismos en agua destilada con concentraciones de: 5, 10, 20, 30, 40, y 50 ppm. Estas soluciones serán analizadas por triplicado y se obtendrá la curva de calibración para el análisis de las muestras provenientes de la reacción fotocatalítica (Balladares, 2014, p 35).

Para el estudio cinético se elaborará una solución de 50 mg/mL de colorante (100 mL) y se agregarán 100 mg de catalizador. Se colocará la solución en un erlenmeyer y se irradiará la misma con una lámpara de luz visible de longitud de onda mayor a 400 nm, en constante agitación (Liu, et al., 2011, p.14 137). El proceso se llevará a cabo con cada uno de los nitruros de carbono y cada uno de los colorantes a pH 3. El tiempo de irradiación será de 5, 10, 15, 20, 30, 40, 50, 70, 90 y 110 min, al cabo del cual se analizarán las soluciones mediante espectrofotometría UV-Vis; se empleará como blanco agua destilada y se determinará su concentración con ayuda de la curva de calibración previamente construida.

Para el estudio de la eficiencia de degradación de una mezcla de los colorantes, se prepararán 100 mL de solución con 40 ppm de cada colorante. A esta solución se agregan 100 mg del mejor catalizador encontrados y se llevará a cabo la reacción cinética bajo las mismas condiciones de tiempos de irradiación mencionados anteriormente para las soluciones con un solo colorante. Se compararán entonces los resultados obtenidos de los ensayos anteriores (Balladares, 2014, p. 37).

#### Bibliografía:

1. Balladares, O. (2014). Tratamiento de efluentes de una industria textil del Cantón Pelileo, provincia de Tungurahua, contaminados con colorantes azoicos mediante un proceso Electro-Fenton. (proyecto de titulación previo a la obtención del título de Ingeniero Químico). Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador.
2. Fogler, H. (2008). *Elementos de Ingeniería de las Reacciones Químicas*, (4ta. ed.). México: Pearson Educación. Cap. 10, 645 y 646.
3. Jie, X., Fei, W., Hai-Tao, W., Bing, X., Yong-Xin, L. y Yong, C. (2014). Three-dimensional Ordered Mesoporous Carbon Nitride with large Mesopores: Synthesis and Application Towards

Base Catalysis. *Microporous and Mesoporous Materials*, 198(1), 223.

4. Kashani, H., Moghaddam, F., Mehramizi, A. (2012). Hplc – Uv Chromatography Determination Of Benzaldehyde Arising From Benzyl Alcohol Used as Preservative in Injectable Formulations. *Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research*, 5(1), 98-100.
5. Kishore, S., Tintu, K., Reji, P. y Tae Joo, P. (2014). Transition Metal (Fe, Co and Ni) Oxide Nanoparticles Grafted Graphitic Carbon Nitrides as Efficient Optical Limiters and Recyclable Photocatalysts. *Applied Surface Science*, 308(1), 140.
6. Liu, J., Zhang, T., Wang, S., Dawson, G. y Chen, W. (2011). *Simple Pyrolysis of Urea Into Graphitic Carbon Nitride with Recyclable Adsorption and Photocatalytic Activity*. *Journal of Materials Chemistry*, 21(1)14398-14401.
7. Marinas, A. (2007). Catálisis Heterogénea y Química Verde. *Catálisis*, 103(1), 31. Recuperado de [dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/2260691.pdf](http://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/2260691.pdf) (Noviembre, 2014)
8. Portela, R. (2008). *Eliminación Fotocatalítica de H<sub>2</sub>S en Aire Mediante TiO<sub>2</sub>, Soportado sobre Sustratos Transparentes en el UV-A*. Universidad de Santiago de Compostela, España, 19, 20, 22 y 26 (Disertación doctoral). Recuperado de [https://dspace.usc.es/bitstream/10347/2434/1/9788498870565\\_content.pdf](https://dspace.usc.es/bitstream/10347/2434/1/9788498870565_content.pdf) (Noviembre, 2014).
9. Posada, P., Vázquez, J., Sánchez, F., Ramos, P., Gil, J., Navas, L. y Dante, R. (2014). 2D to 3D Transition of Polymeric Carbon Nitride Nanosheets. *Journal of Solid State Chemistry*, 219(1), 234.
10. Qiuyan, L., Li, L., Shijing, L., Minghua, L., Jinhong, B. y Ling W. (2014). Efficient Synthesis of Monolayer Carbon Nitride 2D Nanosheet with Tunable Concentration and Enhanced Visible-Light Photocatalytic Activities. *Applied Catalysis B Environmental*, 163(1), 135.

Cronograma de trabajo anual:

No.	Actividad	Meses														
		1-2	3-4	5-6	7-8	9-10	11-12									
1	Adquisición de materiales y equipos	■	■													
2	Síntesis de nitruro de carbono grafitico puro y dopado con tres sales de hierro, manganeso y cobre a partir de urea.		■	■												
3	Caracterización de Nitruro de carbono grafitico puro y dopado con metales.			■	■											
4	Pruebas para definir las condiciones de análisis del benzaldehído y alcohol bencílico en el HPLC.				■	■										
5	Pruebas del tipo de catalizador (g-C <sub>3</sub> N <sub>4</sub> ), puro y dopado, en el rendimiento de la reacción fotocatalítica para la oxidación del alcohol bencílico.						■	■								
6	Pruebas del efecto de la concentración del catalizador (g-C <sub>3</sub> N <sub>4</sub> ) en la cinética de la reacción de oxidación de alcohol bencílico.									■	■					
7	Construcción de curvas de calibración de Azul BRL y Pardo LEGL, por medio de espectrofotometría UV-Vis						■	■								
8	Pruebas de degradación de los colorantes azoicos con los catalizadores puros y dopados con metales.									■	■					
9	Pruebas de degradación de la mezcla de los colorantes azoicos con los catalizadores puros y dopados con metales.										■	■				
10	Redacción de informes finales												■	■		

- Justificación del equipo requerido



**6 Fecha de inicio**

26 de enero de 2015

**7 Tiempo de dedicación docentes, infraestructura, equipamientos y fondos adicionales**

- Tiempos de dedicación semestral del Director del proyecto, de los docentes participantes y otros colaboradores.  
Director: 100 horas por semestre  
Colaborador: 50 horas por semestre
- Infraestructura y equipos disponibles para la ejecución del proyecto:  
Cromatógrafo líquido de alta eficacia AGILENT L1120  
Mufla VULCAN A130  
Balanza analítica DENVER  
Espectrofotómetro UV-VIS Hitachi 1900



8	<b>Presupuesto estimado para la ejecución del presente proyecto</b>	
	Se recomienda que los costos de los equipos, reactivos y materiales de laboratorio, <b><u>estén sustentados con proformas actuales</u></b>	
	Lista de ítems (por favor especifique)	<b>Cantidad solicitada (US \$)</b>
	1. Equipos:	
	<b>Subtotal</b>	
	2. Reactivos y materiales de laboratorio:	
	Columna Waters tipo Symmetry C18 (1)	1 063,22
	Alcohol bencílico (1L)	386,40
	Benzaldehído (2,5 L)	170,59
	Acetonitrilo HPLC (15 L)	423,36
Filtros de membrana de 0,45 micras 47 mm de diámetro (3)	366,91	
Filtros de membrana de 0,45 micras 13 mm de diámetro (3)	301,66	
Cajas de viales ámbar (300/paq) (2 mL)	124,32	
Tapa aluminio para encapsulado PTFE/ silicona (100/paq) (3)	124,32	
PTFE frits 5 PK	56,00	
Celdas de cuarzo (2)	448,00	
Papel filtro cuantitativo 640W (100 u/caja) (3)	93,54	
Sulfato de Mn (100g)	77,30	
Sulfato de Fe (II), (250g)	77,30	
Sulfato de Cu	81,76	
Etanol Absoluto (5L)	48,00	
Cubetas de tinción, Coplin	67,20	
<b>Subtotal</b>	<b>3 909,88</b>	
<b>TOTAL</b> (hasta US\$ 5.000,00)	<b>3 909,88</b>	
9	<b>Firma del aplicante</b>	<b>Lugar y Fecha</b>
	 Nombre: Dra. Florinella Muñoz Bisesti CC: 170458202-0	Quito, 12 de enero de 2015
<b>DECLARACION DEL JEFE DE DEPARTAMENTO</b>		
Esta propuesta ha sido aprobada por el Consejo del Departamento de Ciencias Nucleares, en sesión ordinaria del 25 de febrero de 2015 mediante Resolución No. 11-15 y las instalaciones, incluyendo personal, edificios, equipo y recursos financieros están a disposición del aplicante de acuerdo con las especificaciones que se encuentran en esta aplicación.		
 JEFE DEL DEPARTAMENTO Nombre: Dra. Florinella Muñoz B. CC: 170458202-0		Quito, 26 de enero de 2015