

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN DATOS INFORMATIVOS

TIPO DE CONVOCATORIA

Proyecto Interno Proyecto Semilla Proyecto Junior Proyecto Multi e Interdisciplinario

Fecha de presentación: 01/09/2017

Título del proyecto: Estudio de la obtención de bioinhibidores de corrosión a partir de residuos de plantas ecuatorianas para la protección de acero al carbono en la industria petrolera

TIPOS DE INVESTIGACIÓN

Investigación básica Investigación aplicada

DEPARTAMENTO(S) Y/O INSTITUCIÓN:

1. Departamento de Ingeniería Química (DIQ)
2. Departamento de Ciencia de Alimentos y Biotecnología (DECAB)
3. Departamento de Materiales (DMT)
4. Departamento de Física (DF)

LÍNEA(S) DE INVESTIGACIÓN (verificable en el SAEW):

1. Procesos de transformación de recursos naturales y sintéticos, orgánicos e inorgánicos (DIQ-A3-L1)
2. Tecnología de materiales (DECAB-A4-L3)
3. Gestión y servicios relacionados con los materiales (DMT-A2-L3)
4. Nanoestructuras (DFIS-A2-L2)

RESUMEN DE INFORMACIÓN DEL DIRECTOR Y COLABORADORES

Director

Apellidos y nombres	No. de Cédula	HSS	Departamento	Título de mayor nivel y mención.
Jaramillo Bolaños Lorena Imelda	1712289311	6	Departamento de Ingeniería Química	MSc Ingeniería de Procesos. Magister en Ingeniería Ambiental

Codirector *(Se aplica para todos los proyectos, el codirector será a su vez colaborador)*

Apellidos y nombres	No. de Cédula	HSS	Departamento	Título de mayor nivel y mención.
Cadena Villota Franciso Javier	1707150387	4	Departamento de Ciencias en Alimentos y Biotecnología	Ph D. Polímeros y corrosión

Colaborador(es)

Apellidos y nombres	No. de Cédula	HSS	Departamento	Título de mayor nivel y mención.
Díaz Campoverde Carlos Wime	1712419439	3	Departamento de Materiales (DMT)	Ing. Mecánico
Santacruz Terán Cristian Patricio	1710013853	3	Departamento de Física (DF)	Ph D



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL



Colaborador(es) Técnicos				
Apellidos y nombres	No. de Cédula	HSS	Departamento	Título de mayor nivel y mención.
Henry Marcelo Osorio Calvopiña	1713303731	3	Departamento de Física (DF)	Ph D

* HSS = Horas Semana Semestre

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Proyecto Interno Proyecto Semilla Proyecto Junior Proyecto Multi e Inter Disciplinario

Investigación Básica

Investigación Aplicada

DEPARTAMENTO(S) Y/O INSTITUTOS:

1. Departamento de Ingeniería Química (DIQ)
2. Departamento de Ciencia de Alimentos y Biotecnología (DECAB)
3. Departamento de Materiales (DMT)
4. Departamento de Física (DFIS)

LINEA(S) DE INVESTIGACIÓN:

1. Procesos de transformación de recursos naturales y sintéticos, orgánicos e inorgánicos (DIQ-A3-L1)
2. Tecnología de materiales (DECAB-A4-L3)
3. Gestión y servicios relacionados con los materiales (DMT-A2-L3)
4. Nanoestructuras (DFIS-A2-L2)

DISCIPLINA CIENTÍFICA (Marque X, solamente una opción)

Ciencias Naturales y Exactas	
Ingeniería y Tecnologías	X
Ciencias Médicas	
Ciencias Agrícolas	
Ciencias Sociales	
Humanidades	

OBJETIVO SOCIOECONÓMICO (Marque X, solamente una opción)

Exploración y explotación del medio terrestre	
Ambiente	
Exploración y explotación del espacio	
Transporte, telecomunicaciones y otras infraestructuras	
Energía	
Producción y tecnología industrial	X
Salud	
Agricultura	
Educación	
Cultura, ocio, religión y medios de comunicación	
Sistemas políticos y sociales, estructuras y procesos	
Defensa	
Avance general del conocimiento: I+D financiada con los Fondos Generales de Universidades (FGU)	
Avance general del conocimiento: I+D financiados con otras fuentes	



Proyecto de Investigación
Título: Estudio de la obtención de bioinhibidores de corrosión a partir de residuos de plantas ecuatorianas para la protección de acero al carbono en la industria petrolera
Resumen del proyecto (máximo 200 palabras) <p>Se conoce que muchos de los equipos utilizados en la industria petrolera sufren daño por corrosión. Los inhibidores que actualmente se utilizan son tóxicos y dañinos para el ambiente. Este trabajo propone obtener bioinhibidores de corrosión a partir de residuos de plantas ecuatorianas, con el fin de aprovechar dar uso a recursos desperdiciados y hacer productos amigables con el ambiente.</p> <p>Extractos de plantas naturales (fibra de coco, hojas de rábano y otros), pulpas (babaco y manzana), aceites de palma (africana y americana) y polisacáridos (inulina, pectina y taninos) serán los bioinhibidores que se utilicen. En primer lugar, los bioinhibidores serán obtenidos por técnicas de extracción convencional. Luego serán caracterizados por medio de análisis térmicos y espectroscópicos. Mediante pruebas de laboratorio se evaluará la eficiencia anticorrosiva de los bioinhibidores, por el ensayo de pérdida de peso en cupones de corrosión.</p> <p>Los bioinhibidores con mayor eficiencia serán evaluados en muestras con características similares a las de agua de formación de pozos petroleros y se determinará la tasa de corrosión mediante técnicas gravimétricas y electroquímicas. Las probetas ensayadas serán sometidas a estudios metalográficos antes y después del ensayo de corrosión. Finalmente, la película de inhibidor adherida al metal será evaluada mediante los análisis SEM y AFM.</p>
Palabras clave (4-6): Bioinhibidores, residuos agrícolas, plantas ecuatorianas, corrosión, acero al carbono

2 Objetivos, limitaciones, hipótesis y resultados esperados de esta propuesta de investigación

2.1 Objetivos

2.1.1 Objetivo General

- Estudiar la obtención de bioinhibidores de corrosión a partir de residuos de plantas ecuatorianas para la protección de acero al carbono en la industria petrolera

2.1.2 Objetivos Específicos

- a. Recolectar y caracterizar la materia prima utilizada para la obtención de polisacáridos y extractos
- b. Obtener los extractos y pulpas a partir de frutas y residuos de plantas ecuatorianas
- c. Extraer polisacáridos a partir de residuos de plantas ecuatorianas
- d. Caracterizar los extractos, pulpas y polisacáridos obtenidos



e. Evaluar la eficiencia de inhibición de los extractos, pulpas y polisacáridos obtenidos

2.2 Limitaciones (Aspectos que quedan fuera del alcance del Proyecto de Investigación)

No se determinarán las propiedades secundarias del inhibidor, es decir: toxicidad, solubilidad, tendencia a formar espuma y emulsión, estabilidad térmica

2.3 Hipótesis (Responden al problema de investigación)

Es posible obtener bioinhibidores de corrosión a partir de residuos de plantas ecuatorianas para la protección de equipos industriales

2.3 Detalle de los resultados esperados (con relación a los objetivos)

- a. Caracterización de la materia prima
- b. Método de obtención de los extractos y pulpas
- c. Método de obtención de los polisacáridos estudiados
- d. Caracterización de los extractos, pulpas y polisacáridos
- e. Reporte de la evaluación de la eficiencia de inhibición de los bioinhibidores

3	Relevancia de la propuesta de investigación y su relación con la(s) líneas de investigación
----------	--

La corrosión es uno de los fenómenos de mayor preocupación en la industria, dado a que representa un costo del 3,5 % al 4,5 % del producto interno bruto de un país industrializado [1]. En el 2016, Ecuador invirtió 29 millones de dólares en productos usados para la prevención de la corrosión; como consecuencia de una producción interna casi nula [2]. Hasta la actualidad, para mitigar este problema se han empleado inhibidores de origen sintético que representan una amenaza para el medio ambiente debido a su naturaleza tóxica y dañina, sin olvidar sus elevados costos [3].

Tomando en cuenta estos antecedentes, se ha planteado el uso de extractos de plantas y polisacáridos cultivados en el país para la producción de inhibidores de corrosión amigables con el ambiente, cuya eficiencia sea comparable con los inhibidores convencionales. Además de que constituyen una fuente renovable y de bajo costo [4].

En Quito el 61% de los residuos sólidos son orgánicos (Ministerio de Ambiente, 2016) [5], mismos que no son aprovechados. Adicionalmente, se destinan 500 000 dólares mensuales para la disposición de los residuos sólidos [6]. Los extractos o compuestos de estos subproductos se emplearán como materia prima principal para la formulación de inhibidores de corrosión. El aprovechamiento de estos residuos orgánicos permitirá contribuir tanto en el mejoramiento de la disposición de desechos orgánicos en el país, como en el desarrollo del sector industrial ecuatoriano.

Los residuos que se utilizarán en los procesos experimentales han sido escogidos de acuerdo a su naturaleza y componentes aprovechables. Las cáscaras de tomate de árbol, papa, granadilla y maracuyá son considerados desechos. Según el reporte estadístico del sector agropecuario del INEC [7], para el caso de la papa se tiene un aproximado de 48 000 Ha cultivadas, de tomate 6 000 Ha, y el cultivo total aproximado de maracuyá y granadilla 300 Ha, que si bien a comparación de los otros, no es representativo, su cultivo ha incrementado paulatinamente desde el año 2000, al ser considerados frutos exóticos de acuerdo al perfil de frutas exóticas ecuatorianas PRO ECUADOR [8].

Residuos como la fibra de coco, raíz de ortiga, cáscara de sandía, son desechos alimentarios y medicinales, cuyos extractos pueden ser considerados como inhibidores de corrosión eficientes debido a la cantidad de biomoléculas como pectinas, taninos, y otros polisacáridos que poseen. La disponibilidad de estos residuos orgánicos, es otra de las razones por las que fueron escogidos, ya que son plantas que se siembran en todas las regiones del país por no tener rigurosas condiciones de crecimiento, además de tener un consumo elevado dentro de la población.



La propuesta de investigación tendrá relevancia en varias áreas. En el ámbito científico, se desarrollará el mecanismo para obtener bioinhibidores de corrosión a partir de materia prima disponible en el mercado local; además de contribuir en esta área de estudio ya que se reportan pocos estudios previos realizados en el país [9]. Por otra parte, desde el punto de vista económico se contribuirá en el desarrollo del sector agroindustrial local, con el fin de aportar a la economía del país. Finalmente, la producción nacional de bioinhibidores de corrosión fomentará el cambio de la matriz productiva, mediante la sustitución selectiva de importaciones, impulsando de esta manera la economía del país.

El trabajo se enmarcará en dos líneas de investigación de la Facultad de Ingeniería Química y Agroindustria. La primera, correspondiente al Departamento de Ingeniería Química (DIQ), denominada procesos de transformación de recursos naturales y sintéticos, orgánicos e inorgánicos; ya que se busca obtener bioinhibidores a partir de recursos naturales. La segunda, correspondiente al Departamento de Alimentos y Biotecnología (DECAB), llamada tecnología de materiales; dado que el producto que se propone obtener está destinado mitigar problemas de corrosión. Adicionalmente se contará con la colaboración del Departamento de Materiales (DMT), que mediante la línea de investigación Gestión y servicios relacionados con los materiales, realizará los análisis metalográficos del acero antes y después de los ensayos. Por otra parte, el Departamento de Física (DFIS), con la línea de investigación de nanoestructuras realizará pruebas electroquímicas, además mediante el microscopio de fuerza atómica se analizará la capa de adherencia del inhibidor al metal a nivel nanoscópico.

4	Productos esperados
----------	----------------------------

Tipo de Producto:	Marcar con una "X"
a. Publicaciones científicas (obligatorio);	X
b. Disertación a la comunidad politécnica;	X
c. Trabajo de titulación de acuerdo a lo que establece el Reglamento de Régimen Académico y la Normativa Interna de la EPN;	X
d. Aplicación tecnológica construida o implementada;	
e. Patente presentada;	
f. Perfil de proyecto de mayor impacto científico, técnico, pedagógico o de innovación.	

5	Descripción, metodología y diseño del proyecto
----------	---

5.1 Descripción, metodología y diseño del proyecto (Máximo dos carillas)

Existen una variedad de compuestos naturales que pueden ser utilizados como inhibidores de la corrosión. En este proyecto se propone el uso de varios extractos naturales (fibra de coco *cocos nucifera*, cáscara de sandía *citrullus lanatus*, pepa de aguacate *persea americana* y hojas de rábano *raphanus sativus*) [10-13], pulpas (babaco *carica pentagona* y manzana *malus domestica*) [14-15], aceites de palma (africana *elaeis guineensis* y americana *elaeis oleifera*) [16] y polisacáridos (inulina, pectina y taninos) [17-19] para su estudio como inhibidores de corrosión.

Recolección y caracterización de la materia prima utilizada para la obtención de polisacáridos y extractos

Inicialmente se recolectará la materia prima, los extractos se obtendrán de cuatro desechos de plantas. La fibra de coco será obtenida de los residuos de vendedores coco que se encuentran en la ciudad de Quito; la cáscara de sandía se obtendrá de los residuos en los locales de venta de jugo en Quito; la pepa de aguacate será recolectada de los residuos de los restaurantes que utilicen este alimento y las hojas de rábano serán recolectadas de los diferentes mercados de la ciudad de Quito. Las pulpas serán adquiridas de frutas que estén



por dañarse en los mercados de Quito. Los aceites de palma africana y americana serán brindados por la Asociación Nacional de Cultivadores de Palma Aceitera (ANCUPA). [16] En el caso de la extracción de los polisacáridos, estos serán obtenidos a partir de residuos, a excepción de la inulina que será tomada como resultado del proyecto de investigación PIJ-15-16. Las pectinas serán extraídas a partir de cáscara de maracuyá *passiflora edulis*, tomate de árbol *solanum betaceum* y granadilla *passiflora ligularis*. Mientras que los taninos serán extraídos a partir de cáscara de camote *ipomoea batata*, papa *solanum tuberosum* y raíz de ortiga *urtica dioica*. Todas las cáscaras para estos polisacáridos serán recolectadas en los mercados, fruterías y locales de venta de papas fritas. A todas las materias primas nombradas para obtener los bioinhibidores se las caracterizará mediante un análisis de humedad, almidón, azúcares totales y cenizas [20].

Obtención de extractos y pulpas a partir de residuos de plantas ecuatorianas

Extracto de fibra de coco. - Se realizará una extracción Soxhlet de la fibra de coco con etanol como solvente durante 48 h. Luego se procederá a concentrar el extracto con un rotavapor al vacío. Finalmente se secará en una estufa a 60 °C por 24 horas [10].

Extracto de la cáscara de sandía. - Se secará la cáscara de sandía en una estufa a 60°C por 24 horas, luego se molerá hasta obtenerse un polvo. Se pesará 5g de este polvo y se hervirá en 1 L de solución 1M de HCl por 10 min. Se enfriará y filtrará esta solución para obtener la solución de reserva [11].

Extracto de la pepa de Aguacate. - Las pepas de aguacate serán trituradas hasta dejarlas en forma de polvo, después se agitarán durante 24 horas en una solución de HCl 1M. La solución obtenida será filtrada. El extracto obtenido será usado en concentraciones de 0,01 a 2,00 g/L [12].

Extracto de las hojas de rábano. - Las hojas de rábano serán hervidas, secadas y molidas. Se tomarán 400 g de hojas molidas y se maceraran con 1 600 mL de una mezcla de etanol:agua (1:1 v/v) durante 24 horas, el sobrenadante será filtrado al vacío. La torta se extraerá dos veces más con la metodología anterior. El filtrado se concentrará en un rotavapor a 40 °C, hasta reducir su volumen en un 80% [13,21].

Extracto de pulpa de babaco y manzana. - Se cortarán y se secarán las frutas en una estufa a 60 °C, después se molerán hasta dejarlas en forma de polvo. Se tomarán 20 g de muestra de casa fruta y se hervirán en 1 L de solución ácida para las mediciones de pérdida de peso [14, 15].

Los aceites de palma no requieren de ningún procesamiento, puesto que serán brindados por ANCUPA y ya se encuentran extraídos de su materia prima.

Extracción de polisacáridos a partir de plantas y residuos ecuatorianos

Extracción de pectinas. - Primero, se inactivarán las enzimas pépticas calentando 300 g de materia prima por litro de agua hasta ebullición. Luego, se decantará el agua y se realizará una hidrólisis ácida en la que se agregará la misma cantidad de agua usada para la inactivación y ácido clorhídrico hasta un pH entre 1,5 y 3. Posteriormente, se calentará la solución durante 40 minutos a partir de la ebullición y se filtrará la solución. Se realizará dos veces más el proceso de hidrólisis con el material sólido para mejorar el rendimiento. Con la parte líquida se precipitarán las pectinas usando etanol al 95 %. Una vez que las pectinas precipiten, se realizará una centrifugación y se separará la parte líquida de la pectina por filtración. Finalmente se secará la pectina en una estufa a 40 °C durante 12 horas [17].

Extracción de taninos. - En primer lugar, se secará y se molerá la materia prima hasta obtenerse un polvo. Luego, se tomarán 0,3 g del material seco y molido y se hervirán en 500 mL de etanol al 50 % por 30 minutos con un equipo de reflujo. Finalmente se realizará una filtración y el sólido retenido será secado en una estufa a 60 °C durante 24 horas [19].

Caracterización de los bioinhibidores obtenidos

Una vez que se hayan obtenido los bioinhibidores: extractos, pulpas y polisacáridos, estos deberán caracterizarse para comprobar su composición y propiedades. Se determinará el pH y los °Brix a los extractos y pulpas. adicionalmente se realizará un análisis FTIR. Para el caso de los polisacáridos se realizarán análisis FTIR, DSC y TGA [10-15]. Adicionalmente se realizará la cuantificación de pectinas y taninos en los polisacáridos según el caso [22-24]. La caracterización de la inulina será la realizada en el proyecto de investigación PIJ-15-16. La caracterización de los aceites de palma africana y americana es información que será entregada por ANCUPA.

Evaluar la eficiencia de inhibición de los extractos y polisacáridos obtenidos



Los bioinhibidores obtenidos serán evaluados para determinar su eficiencia de inhibición a la corrosión por medio del método de pérdida de peso. Primero, se prepararán los cupones de corrosión con acero de bajo carbono, estos serán manufacturados acorde a la normativa ASTM G4-01 y la ASTM G1-03 [25-26].

Inicialmente se realizará la limpieza de los cupones de acuerdo a la norma ASTM G4-01 [25]. Posteriormente, se pesarán en una balanza analítica de acuerdo a la norma ASTM NACE/ASTMG31-12a [27]. De esta manera se registrará el peso inicial de cada cupón. Con los cupones limpios se realizará el ensayo de pérdida de peso en un recipiente cerrado. En este recipiente se simulará el medio de corrosión al que se expondrá el material. En este estudio se trabajará en un medio salino con presencia de CO₂ para tener las condiciones encontradas en el agua de formación del yacimiento petrolero [28]. Adicionalmente se variará la temperatura del medio en un rango entre 20 y 90 °C, y la concentración de los bioinhibidores entre 0,1 y 10 g/L, este ensayo se realizará durante 24 horas [10-19, 29-31].

Posteriormente, realizará el proceso de limpieza de acuerdo a la norma ASTM G1-03 [26] y se registrará su peso final. Es importante indicar que se realizarán repeticiones de las mediciones y que se colocará un blanco (muestra sin inhibidor), para comparar los resultados obtenidos. Con los pesos iniciales y finales de los cupones se determinará la velocidad de corrosión (CR) y la eficiencia de inhibición (% η) [32].

Determinada la eficiencia de inhibición a la corrosión de los bioinhibidores, se escogerán los inhibidores que presenten un mayor valor. Es importante indicar que para esta selección se agruparán a los bioinhibidores en cuatro grupos, el primero correspondiente a extractos, pulpas y aceites; y el segundo, tercero y cuarto correspondientes a los polisacáridos: inulina, pectina y taninos. De cada grupo se tomará el bioinhibidor que presente la mayor eficiencia.

Adicionalmente, se realizarán varios análisis complementarios en los mejores bioinhibidores de corrosión. Se medirá la tasa de corrosión con pruebas electroquímicas y se realizarán los análisis de microscopía electrónica de barrido (SEM), microscopía de fuerza atómica (AFM) que servirán para obtener imágenes a nivel atómico de la muestra y la voltametría cíclica que sirve para determinar la calidad de la película depositada sobre el metal [33]. Como complemento a la investigación se realizarán varias metalografías, medición de durezas y de pérdida de espesor en las probetas ensayadas, lo cual ayudará a verificar el tipo de corrosión iniciado, la forma en la cual está penetrando el material (por defectos no metálicos y borde de grano). La dureza ayudará a determinar el grado de afectación del proceso corrosivo en el material de las probetas.

Bibliografía

1. Crescencio Olivares. (2005). *Desarrollo de inhibidores de corrosión derivados de α -aminoácido y β -aminoalcoholes usando simulación molecular y técnicas electroquímicas*. (Disertación doctoral previo al título de Doctor en Ciencias y en Metalurgia y Materiales). Instituto Politécnico Nacional, México DF, México.
2. TRADE MAP Estadísticas del comercio para el desarrollo internacional de las empresas. (2017). *Lista de los mercados proveedores para un producto importado por Ecuador en 2016. Producto: 3811 Preparaciones antidetonantes, inhibidores de oxidación, aditivos peptizantes, mejoradores de viscosidad, anticorrosivos y demás aditivos preparados para aceites minerales, incl. la gasolina u otros líquidos utilizados para los mismos fines que los aceites minerales*. Recuperado de http://www.trademap.org/Country_SelProductCountry.aspx?nvpm=3|218|||3811||4|1|1|1|1|2|1|1 (Agosto, 2017).
3. Tejeda, L., Meza, P., Altamiranda, E. y Berrocal, M. (2014). Uso de extractos de plantas como inhibidores de corrosión. *Revista Informador Técnico, volumen (78)*, 155-165. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5129565> (Agosto, 2017).
4. Amitha, B., y Bharathi, J. (2011). Green inhibitors for corrosion protection of metals and alloys: An overview. *International Journal of Corrosion*, volumen (2012), 1-15. doi:10.1155/2012/380217.
5. Ministerio del Ambiente. (2016). Programa Nacional para la Gestión Integral de Desechos Sólidos (MAE-PNGIDS). Recuperado de <http://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/02/PNGIDS.pdf> (Agosto, 2017).



6. Mancheno, M. (2014). El habitus ciudadano en la relación con la basura: Estudio de dos barrios en Quito. Quito. Ecuador: Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales Sede Ecuador.
7. Instituto nacional de estadísticas y censos INEC (2011). *Reporte estadístico del SECTOR AGROPECUARIO*. Recuperado de: http://www.ecuadorencifras.gob.ec/wp-content/descargas/Presentaciones/espac_2010.pdf (Agosto, 2017)
8. Instituto de promoción de exportaciones e inversiones PRO ECUADOR (2014). Perfil de frutas exóticas. Recuperado de: <http://www.proecuador.gob.ec/pubs/perfil-de-frutas-exoticas-2014/> (Agosto, 2017).
9. Prado D. (2015). Productos naturales con efectos anticorrosivos y generadores de copolímeros. (Disertación previo a la obtención del título de Ingeniero Químico). Universidad Central del Ecuador, Quito, Ecuador.
10. Umoren, S., Solomon M., Eduok, U., Obot, I., y Israel, A. (2014). Inhibition of mild steel corrosion in H₂SO₄ solution by coconut coir dust extract obtained from different solvent systems and synergistic effect of iodide ions: Ethanol and acetone extracts. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, volumen (2), 1048-1060. doi: 10.1016/j.jece.2014.03.024.
11. Odewunmi, N., Umoren, S. y Gasem, Z. (2015). Watermelon waste products as green corrosion inhibitors for mild steel in HCl solution. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, volumen (3), 286-296. doi: 10.1016/j.jece.2014.10.014.
12. Belkhaouda, M., Bammou, L., Salghi, Z., Zarrouk, A., Ebenso, E., Zarrok, H y Hammouti, B. (2013). Inedible Avocado Extract: An Efficient Inhibitor of Carbon Steel Corrosion in Hydrochloric Acid. *Journal of Materials and Environmental Science*, volumen (4), 1042-1051. Recuperado de <http://www.electrochemsci.org/papers/vol8/80910987.pdf> (Agosto, 2017).
13. Badiea A.M. y Mohana K.N. (2008). Corrosion Mechanism of Low-Carbon Steel in Industrial Water and Adsorption Thermodynamics in the Presence of Some Plant Extracts. *Journal of Materials Engineering and Performance*, 18 (9), 1264-1271. doi:10.1007/s11665-009-9378-x.
14. Okafor, P. y Ebenso, E. (2007). Inhibitive action of *Carica papaya* extracts on the corrosion of mild steel in acidic media and their adsorption characteristics. *Pigment & Resin Technology*, volumen (36), 134-140. doi: 10.1108/03699420710748992.
15. Umeron, S., Obot, I., Gasem Z. y Odewunmi, N. (2015). Experimental and Theoretical Studies of Red Apple Fruit Extract as Green Corrosion Inhibitor for Mild Steel in HCl Solution. *Journal of Dispersion Science and Technology*, volumen (36), 789-802. doi: 10.1080/01932691.2014.922887.
16. Raja P.B., Sethuraman M.G. (2008). Natural products as corrosion inhibitor for metals in corrosive media — A review. *Materials Letters* 62, 113-116. doi: 10.1016/j.matlet.2007.04.079.
17. Ajayi O.M., Everitt N.M., y Voisey K.T. (2016). *Evaluation of inulin and aloe vera as green corrosion inhibitors for mild steel in 15% HCl*. En European Federation of Corrosion Congress (Eurocorr 2016), Montpellier, France. Recuperado de <http://eprints.nottingham.ac.uk/37272/1/65912-VOISEY.pdf> (Agosto, 2017).
18. Fiori-Bimbi M. V., Alvarez P. E., Vaca H. y Gervasi C. A. (2014). Corrosion inhibition of mild steel in HCl solution by pectin. *Corrosion Science*, 92, 192-199. doi: 10.1016/j.corsci.2014.12.002.
19. Dargahi M., Olsson A.L.J., Tufenkji N. y Gaudreault R. (2015). Green Technology: Tannin-Based Corrosion Inhibitor for Protection of Mild Steel. *Corrosion*, 71(11), 1321-1329. doi: 10.5006/1777.
20. Yepes S. M., Montoya L. J. y Orozco F. (2008). Valorización de residuos agroindustriales frutas en Medellín y el sur del valle del Aburrá, Colombia. *Revista Facultad Nacional de Agronomía* 61(1), 4422-4431. doi: 10.15446/rfnam.
21. Jimenez, P., Masson, L., Barriga, A., Chávez, J., y Robert, P. (2011). Oxidative stability of oils containing olive leaf extracts obtained by pressure, supercritical and solvent-extraction. *European Journal of Lipid Science and Technology*, volumen (113), 497-505. doi:10.1002/ejlt.201000445.
22. Pineda, J. (2012). Proceso para producir Pectinas Cítricas. *Revista Universidad EAFIT*, volumen (39), 21-29. Recuperado de <http://publicaciones.eafit.edu.co/index.php/revista-universidad-eafit/article/view/918> (Agosto, 2017).
23. Ioana, N. y Viorica, I. (2013). PRELIMINARY RESEARCH REGARDING THE THERAPEUTIC USES OF URTICA DIOICA L NOTE II. THE DYNAMICS OF ACCUMULATION OF TOTAL PHENOLIC COMPOUNDS AND ASCORBIC ACID. *Revista Farmacia*, volumen (61), 276-283. Recuperado de <http://www.revistafarmacia.ro/201302/art-06-nencu%20276-283.pdf> (Agosto, 2017).
24. Aviña, I., Contreras, C., Corona, E. y Carranza, C. (2016). Determinación De Pectina Total (Ácido Galacturónico) En Pepino De Tipo Holandés. *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*, volumen (1), 348-352. Recuperado de <http://www.fcb.uanl.mx/IDCyTA/files/volume1/1/3/59.pdf> (Agosto, 2017).



25. ASTM International. (2014). *ASTM-G4-01 Standard Guide for Conducting Corrosion Tests in Field Applications*. Recuperado de <https://compass.astm.org/download/G4.27289.pdf> (Agosto, 2017).
26. ASTM International. (2014). *ASTM-G1-03 Standard Practice for Preparing, Cleaning, and Evaluating Corrosion Test Specimens*. Recuperado de <https://compass.astm.org/download/G1.24985.pdf> (Agosto, 2017)
27. ASTM International. (2012). *ASTM NACE/ASTMG31-12a Standard Guide for Laboratory Immersion Corrosion Testing of Metals*. Recuperado de <https://compass.astm.org/download/NACEASTMG31.36304.pdf> (Agosto, 2017)
28. Vaszilcsin, C., Dan, M., Enache A., y Hulka, I., (2016), Inhibiting Corrosion Process of Carbon Steel in Sodium Chloride Aqueous Solution by Capsaicin Extract. *Chemical Bulletin of "Politehnica" University of Timisoara, ROMANIA Series of Chemistry and Environmental Engineering*, 61 (75), 23-30. Recuperado de [http://www.chemicalbulletin.ro/admin/articole/93598art_5\(23-30\).pdf](http://www.chemicalbulletin.ro/admin/articole/93598art_5(23-30).pdf) (Agosto, 2017).
29. Franjo Ivušić, Olga Lahodny-Šarc y Ivan Stojanović. (2014). Corrosion inhibition of carbon steel in saline solutions by gluconate, zinc sulphate and clay eluate. *Tehnički vjesnik*, 21 (1), 107-114. Recuperado de http://hrcak.srce.hr/index.php?show=clanak&id_clanak_jezik=172341&lang=en (Agosto, 2017).
30. Matjaž Finšgar y Jackson J. (2014). Application of corrosion inhibitors for steels in acidic media for the oil and gas industry: A review. *Corrosion Science*, 86, 17-41. doi: 10.1016/j.corsci.2014.04.044.
31. Ding, Y., Brown, B., Young, D., Nestic, S y Singer M. (2017). Effect of Temperature on Adsorption Behavior and Corrosion Inhibition Performance of Imidazoline-Type. *Nace International Corrosion Conference & Expo 2017*. (1-15). Houston, Estados Unidos: NACE International.
32. Umoren S. A., Banera M. J., Garcia T. A., Gervasi C. A. y Mirífico M. V. (2013). Inhibition of mild steel corrosion in HCl solution using chitosan. *Cellulose*, 20 (5), 2529-2545. doi: 10.1007/s10570-013-0021-5.
33. Zhou C, Deshpande MR, Reed MA, Jones L, Tour JM. (1997). Nanoscale Metal/Self-assembled Monolayer/Metal Heterostructures. *Applied Physics Letters*. 71(5), 611-613. doi:10.1063/1.120195.

6 Infraestructura, equipos y fondos adicionales.

6.1 Infraestructura y equipos

- Indicar la infraestructura y equipos **disponibles** para la ejecución del proyecto, con la ubicación actual de los mismos

Infraestructura		Equipos	
Laboratorio		Nombre del Equipo	
		Ubicación del Equipo	
Laboratorio de Química Analítica		Plancha de calentamiento con agitación marca DOERR Balanza analítica marca ADAM Bomba de vacío marca VWR Material de vidrio	Laboratorio de Química Analítica, Departamento de Ingeniería Química
Centro de Investigaciones Aplicadas a Polímeros		Espectrofotómetro de infrarrojos con transformadas de Fourier (FTIR) Perkin Elmer Calorímetro diferencial de barrido DSC 204 F1 Phoenix Balanza termogravimétrica TGA-50 Shimadzu	Centro de Investigaciones Aplicadas a Polímeros, Departamento de Ciencia de Alimentos y Biotecnología
Laboratorio de Petróleos		Baño termostático marca THERMO	Laboratorio de Petróleos, Departamento de Ingeniería Química
Laboratorio de Análisis Químico,		Equipo de Microscopía	Laboratorio de Análisis



de Análisis Mineralógico y Difracción de Rayos X, y Planta piloto para Procesamiento de Minerales	Electrónica de Barrido	Químico, de Análisis Mineralógico y Difracción de Rayos X, y Planta piloto para Procesamiento de Minerales, Departamento de Metalurgia Extractiva
Laboratorio de Metalografía, Desgaste y Falla	Microscopio Olympus GX4. Microdurómetro.	Laboratorio de Metalografía, Desgaste y Falla
Laboratorio de películas delgadas	Potenciostato Microscopio de Fuerza Atómica	Laboratorio de películas delgadas

6.2 Breve justificación del equipo requerido

Paquetes de cupones de corrosión

Estos cupones de corrosión son pequeñas piezas metálicas en las que se pueden realizar los ensayos de corrosión de pérdida de peso, son necesarios para poder desarrollar la investigación. Estos estarán ubicados en el Laboratorio de Química Analítica del Departamento de Ingeniería Química.

6.3 Fondos Adicionales

- *Otros fondos de otros organismos (si los hubiere)*

AÑO 1

Director del proyecto	Título del proyecto
Ing. Lorena Imelda Jaramillo Bolaños (M. Sc.)	Estudio de la obtención de bioinhibidores de corrosión a partir de residuos de plantas ecuatorianas para la protección de acero al carbono en la industria petrolera

Lista de Items	Cantidad	Unidad	Precio Unitario Referencial	Precio Total Referencial	Precio Unitario Referencial +Aporte IESS	Precio Total Referencial con IVA + Aporte del IESS
1 Contratación de servicios personales por contrato						
1.1 Ayudantes de investigación	12	mes	\$ 111,61	\$ 1 339,32	\$ 125,00	\$ 1 500,04
Subtotal 1			\$ 111,61	\$ 1 339,32	\$ 125,00	\$ 1 500,04
Lista de Items	Cantidad	Unidad	Precio Unitario Referencial sin IVA	Precio Total Referencial sin IVA	Precio Unitario Referencial con IVA	Precio Total Referencial con IVA
2 Maquinaria equipos						
2.1 Paquetes de cupones de corrosión (20 unidades por paquete)	20		\$ 90,00	\$ 1 800,00	\$ 100,80	\$ 2 016,00
Subtotal 2			\$ 90,00	\$ 1 800,00	\$ 100,80	\$ 2 016,00
3 Reactivos y materiales de laboratorio						
3.1 Taninos	1	kg	\$ 168,70	\$ 168,70	\$ 188,94	\$ 188,94
3.2 Pectina	1	kg	\$ 32,00	\$ 32,00	\$ 35,84	\$ 35,84
3.3 Ácido clorhídrico	1	L	\$ 22,00	\$ 22,00	\$ 24,64	\$ 24,64
3.4 Cloruro de sodio	1	kg	\$ 26,00	\$ 26,00	\$ 29,12	\$ 29,12
3.5 Ácido Sulfúrico	1	L	\$ 50,00	\$ 50,00	\$ 56,00	\$ 56,00
3.6 Etanol (2,5L)	4	L	\$ 25,00	\$ 100,00	\$ 28,00	\$ 112,00
3.7 Tetraborato de sodio (500g)	1	g	\$ 75,00	\$ 75,00	\$ 84,00	\$ 84,00
3.8 M-hidroxibifenil (5g)	1	g	\$ 95,00	\$ 95,00	\$ 106,40	\$ 106,40
3.9 Reactivo de Folin-Ciocalteu (500mL)	1	mL	\$ 170,00	\$ 170,00	\$ 190,40	\$ 190,40
3.10 Carbonato de sodio (500g)	1	kg	\$ 95,00	\$ 95,00	\$ 106,40	\$ 106,40
3.11 Ácido Tánico (500g)	1	g	\$ 30,00	\$ 30,00	\$ 33,60	\$ 33,60
3.12 Ácido Galacturónico (5g)	1	g	\$ 55,00	\$ 55,00	\$ 61,60	\$ 61,60
3.13 Poly(vinylpyrrolidone) (25g)	1	g	\$ 55,00	\$ 55,00	\$ 61,60	\$ 61,60
Subtotal 3			\$ 248,70	\$ 248,70	\$ 278,54	\$ 933,74
4 Literatura especializada						
4.1			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Subtotal 4			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
5 Viajes técnicos y de muestreo						
5.1 Pasajes al interior			\$ 50,00	\$ 50,00	\$ 50,00	\$ 50,00
5.2 Viaticos al interior			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Subtotal 5			\$ 50,00	\$ 50,00	\$ 50,00	\$ 50,00
6 Presentación de ponencias en congresos internacionales y publicaciones						
6.1 Pasajes al exterior				\$ -	\$ -	\$ -
6.2 Viaticos al exterior				\$ -	\$ -	\$ -
6.3 Pago de inscripción y publicaciones			\$ 500,00	\$ 500,00	\$ 500,00	\$ 500,00
Subtotal 6			\$ 500,00	\$ 500,00	\$ 500,00	\$ 500,00
TOTAL				\$ 3 938,02		\$ 4 999,78

Director del proyecto	Título del proyecto
Ing. Lorena Imelda Jaramillo Bolaños (M. Sc.)	Estudio de la obtención de bioinhibidores de corrosión a partir de residuos de plantas ecuatorianas para la protección de acero al carbono en la industria petrolera

Presupuesto consolidado sin IVA

AÑO	Contratación de servicios personales por contrato	Maquinaria y equipo	Reactivos y materiales de laboratorio	Literatura especializada	Viajes técnicos y de muestreo	Presentación de ponencias en congresos intrnacionales y publicaciones	Total sin IVA
1	\$ 1 339,32	\$ 1 800,00	\$ 248,70	\$ -	\$ 50,00	\$ 500,00	\$ 3 938,02
2	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
3	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
TOTAL	\$ 1 339,32	\$ 1 800,00	\$ 248,70	\$ -	\$ 50,00	\$ 500,00	\$ 3 938,02

Presupuesto consolidado con IVA

AÑO	Contratación de servicios personales por contrato	Maquinaria y equipo	Reactivos y materiales de laboratorio	Literatura especializada	Viajes técnicos y de muestreo	Presentación de ponencias en congresos intrnacionales y publicaciones	Total con IVA
1	\$ 1 500,04	\$ 2 016,00	\$ 933,74	\$ -	\$ 50,00	\$ 500,00	\$ 4 999,78
2	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
3	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
TOTAL	\$ 1 500,04	\$ 2 016,00	\$ 933,74	\$ -	\$ 50,00	\$ 500,00	\$ 4 999,78

DECLARACIÓN FINAL

TIPO DE PROYECTO

Proyecto Interno Proyecto Semilla Proyecto Junior Proyecto Multi e Interdisciplinario

TIPO DE INVESTIGACIÓN

Investigación básica

Investigación aplicada

TÍTULO DEL PROYECTO

Estudio de la obtención de bioinhibidores de corrosión a partir de residuos de plantas ecuatorianas para la protección de acero al carbono en la industria petrolera

DECLARACIÓN DEL DIRECTOR DEL PROYECTO

El equipo de investigadores, representado por el Director del Proyecto declara lo siguiente:

- Que el presente proyecto es una obra original de este equipo de investigadores y por tanto, asumimos la completa responsabilidad legal en caso de que un tercero alegue la titularidad de los derechos intelectuales del proyecto, exonerando a la EPN de cualquier acción legal que se derive por esta causa.
- Que el presente proyecto no ha sido presentado en ninguna convocatoria de otra institución pública o privada solicitando el financiamiento total del presupuesto. El incumplimiento será causal para que el proyecto no sea tomado en consideración.
- Que, todos los bienes adquiridos en el proyecto permanecerán bajo la custodia y responsabilidad del director de proyecto.
- Que, aceptamos que si el proyecto genera algún producto o procedimiento susceptible de obtener de derechos de propiedad intelectual, de los cuales se deriven beneficios, estos serán compartidos entre los investigadores y las instituciones participantes en el proyecto.

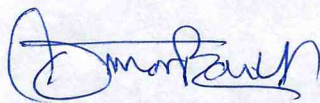


Firma del Director del Proyecto
Nombre: Ing. Lorena Jaramillo MSc.
C.I.: 1712289311

DECLARACIÓN DEL JEFE DE DEPARTAMENTO

Esta propuesta ha sido aprobada y avalada por el Consejo del Departamento de Ingeniería Química, en sesión del día 31/08/2017..... mediante resolución No. 21.....

Las instalaciones, incluyendo personal, edificios, equipo y recursos financieros están a disposición del proponente y sus colaboradores de acuerdo con las especificaciones que se encuentran en esta propuesta.



Firma del Jefe del Departamento
Nombre: Ing. Omar Bonilla MSc.
C.I.: 1711500122