PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Proyecto Interno❑Proyecto Semilla❑ **Proyecto Junior X** Proyecto Multie Inter Disciplinario❑

Investigación Básica X Investigación Aplicada ❑ Investigación Pedagógica ❑ Innovación ❑

DEPARTAMENTO(S):

1. FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA Y AGROINDUSTRIAS
2. DEPARTAMENTO DE CIENCIA DE LOS ALIMENTOS Y BIOTECNOLOGIA
3. DEPARTAMENTO DE MATEMÁTICA

LINEA(S) DE INVESTIGACIÓN:
1. TOXICIDAD DE ALIMENTOS

1 Proyecto de Investigación

Título:
Bioaccesibilidad de arsénico y metales tóxicos en arrozales del Ecuador y su incidencia sobre la salud humana.

Resumen del proyecto:
El Proyecto pretende determinar la calidad de los agrosistemas productores de arroz en las principales provincias productoras de arroz en el Ecuador (Guayas, Los Ríos) y el efecto de la variación espacio-temporal sobre la bioaccesibilidad del As y metales tóxicos (Cd, Hg,…). Para ello se realizará una caracterización de las zonas de cultivo analizando los principales parámetros y componentes definitorios de las condiciones geoquímicas de los sistemas de cultivo y que regulan la movilidad de los elementos tóxicos. Además, se determinará la concentración total de As y metales tóxicos en el agua, suelo y planta, en las muestras de suelo y planta que presenten altas concentraciones de As y metales se realizará una extracción secuencial de los mismos. En el suelo se llevará a cabo la extracción de fracciones geoquímicas de As y elementos traza usando métodos específicos que permiten separar las siguientes fracciones: As y metales débilmente adsorbidos, formas asociadas a oxihidróxidos de Fe/Mn amorfos y cristalinos, a la materia orgánica, los silicatos, los sulfuros y las formas residuales. Adicionalmente se realizará la especiación del As en agua y arroz diferenciando formas inorgánicas [As (III) y As(V)] y las orgánicas arsenobetaina, monometilarsonito y dimetilarsinato

Palabras clave: bioaccesibilidad, metales tóxicos, arsénico, salud humana

2 Datos personales y académicos del Director del Proyecto

Apellidos: Ruales Nájera
Nombres: Jenny
Cédula de Identidad: 1704995958
Cargo actual en la EPN: Profesor Principal
Dirección particular: Cooperativa Prof. EPN. San Miguel de Conocoto. Lote 71.
Teléfono casa: +593 2 2265083
Teléfono celular: +593 999228983
Teléfono oficina: +593 22507138
Ext. EPN: 4242
Correo electrónico: jenny.ruales@epn.edu.ec

Formación de pregrado y posgrado

Títulos	Fecha	Institución / Universidad/País
Ing. Química	1984	Escuela Politécnica Nacional
Lic en Ingeniería Alimentos	1990	Universidad de Lund, Lund-Suecia

Ph.D. Química de Alimentos	1992	Universidad de Lund, Lund-Suecia

3 1. Datos personales y académicos del Profesor colaborador

Apellidos: Otero Pérez **Nombres:** José luis	**Teléfono casa:** +593 2 2222445
Cédula de Identidad: AAD5795237	
Cargo actual en la EPN: Investigador Prometeo	**Teléfono celular:** +593 0967964400
Dirección particular: Calle Francisco Robles E2 07 Páez	**Teléfono oficina:** +593 2-2507144 **Ext. EPN:** 2485 **Correo electrónico:** xl.otero@usc.es

Formación de pregrado y posgrado

Títulos	Fecha	Institución / Universidad
Lic. Ciencias Biológicas	1991	Universidad de Santiago de Compostela (Galicia-España)
Doctor en Ciencias Biológicas (especialidad geoquímica)	2000	Universidad de Santiago de Compostela (Galicia-España)

2. Datos personales y académicos del Profesor colaborador

Apellidos: Espinoza Montero **Nombres:** Patricio Javier	**Teléfono casa:** +593 2 323 0510;
Cédula de Identidad: 2100381306	
Cargo actual en la EPN: Profesor principal	**Teléfono celular:** +593 98 042 1427
Dirección particular: Valladolid N24-539 y Av. La Coruña, Sector La Floresta.	**Teléfono oficina:** 25 07 144 **Ext. EPN: 2384** **Correo electrónico:** patricio.espinoza@epn.edu.esc

Formación de pregrado y posgrado

Títulos	Fecha	Institución / Universidad
Químico	2007	Universidad Central del Ecuador
Master en Ciencias Químicas	2010	Universidad Autónoma de México
Doctor en Ciencias Químicas	2014	Universidad Autónoma de México

3. Datos personales y académicos del Profesor colaborador

Apellidos: González Andrade Nombres: Sergio Alejandro	Teléfono casa: 22 21 344 Teléfono celular: 09 84 05 98 89
Cédula de Identidad: 1707824932	
Cargo actual en la EPN: Profesor Agregado II T/C	
Dirección particular: Mariana de Jesús E7-47 y La Pradera, Ed. Savanna, depto. 4-A	Teléfono oficina:2507144 Ext. EPN: 2384 Correo electrónico: sergio.gonzalez@epn.edu.ec

Formación de pregrado y posgrado

Títulos	Fecha	Institución / Universidad
Matemático	Abril, 2004	Escuela Politécnica Nacional / Ecuador
PhD. Matemática Aplicada	Agosto, 2008	Escuela Politécnica Nacional / Ecuador-Univ Técnica de Berlín/Ecuador-Alemania
Posdoctorado en cálculo científico	Abril, 2009 – Abril, 2010	Karl Franzens Universität Graz / Austria

4 Datos personales del personal administrativo de investigación (opcional)

Apellidos: Oleas Trujillo Nombres: Silvia Carlota		Teléfono casa: 3442703
Cédula de Identidad: 1714063755		
Cargo actual en la EPN: Especialista en Absorción Atómica		Teléfono celular: 0999878163
Dirección particular: Carcelén: José Jiménez N 82-139 y Avenida Jaime Roldós Aguilera.		Teléfono oficina: 2976300 Ext. EPN:4236 Correo electrónico: silvia.oleas@epn.edu.ec
Formación de pregrado y posgrado		
Títulos	**Fecha**	**Institución / Universidad**
Ingeniera Química	Agosto, 2005	Escuela Politécnica Nacional / Ecuador

5. Objetivos, relevancia, productos y resultados esperados de esta propuesta de investigación

Justificación del proyecto

Hoy en día el As de origen geológico es la causa de una de las crisis ambientales más graves a nivel mundial, en cuanto que amenaza de forma masiva la salud de la población humana (Meharg & Zhao,2012, Henke, 2009). Es ampliamente aceptado que unos 100 millones de habitantes de más de 20 países distribuídos en todos los continentes viven bajo el riesgo de desarrollar patologías cardiovasculares, diabetes, hipertensión, alteraciones en la pigmentación de la piel y diferentes tipos de cáncer (piel, vejiga, pulmón…) debido a la ingesta de agua con concentraciones anormalmente elevadas de As.

Sin embargo la situación se ve sustancialmente agravada si se considera la contaminación de aguas, suelos, sedimentos y atmósfera debido a la emisión, vertido o generación de residuos con altas concentraciones de As y otros elementos tóxicos como el Cd, Pb, Cu o Hg. Además, se está observando un deterioro progresivo de la calidad de los agrosistemas debido a la incorporación progresiva de fitosanitarios y fertilizantes, muchos de ellos con altas concentraciones en As, Cd, Zn etc, así como a la incorporación de estiércoles enriquecidos en elementos como Cu o Hg, que aparecen en la formulación de diverso producto de veterinaria (Henke, 2009; Meharg & Zhao, 2012).

Bundschuh et al. (2012) hace una referencia explícita a Ecuador describiendo los problemas que el As en diferentes localidades del País; citando como principal causa de las elevadas concentraciones de As en el agua a los procesos hidrotermales que caracterizan la zona volcánica; como es el caso de las aguas termales de la laguna de Papallacta, los pozos de agua potable de Tumbaco y Guayllabamba y en general en la mayor parte de las provincias de la Sierra (De La Torre et al., 2004, El Comercio, 2006, Cumbal et al., 2010) y las explotaciones mineras de Oro. En este último caso, Appleton et al (2001) menciona la presencia de altas concentraciones de As en aguas (2- 46.049 mg L-1) y otros metales tóxicos en diversos ríos afectados por la extracción artesanal de oro en las localidades de Ponce Enríquez, Portovelo-Zaruma y Nambija. Únicamente se ha encontrado un trabajo (Hellstrand & Lindmark ,2008) en el que se estudia la concentración de As en los arrozales de las provincias de Los Ríos y Guayas. Estos autores obtienen concentraciones de As en aguas de inundación inferiores a 6 µg L-1; mientras que en grano de arroz las concentraciones medias oscilaron entre 0.108 y 0.034 mg kg-1, valores que se ubican por debajo de las concentraciones medias obtenidas para la mayor parte de los países de los que se tiene información. No obstante, el número reducidos de muestras analizadas y el hecho de que obtuvieran en una única época del año, limita sustancialmente el diagnóstico sobre la calidad de los agrosistemas estudiados.

Por otra parte, cabe destacar que si bien se conocen los efectos derivados de la contaminación de las aguas; se desconoce el efecto debido a la ingesta de este tóxico a través de la dieta (ver más abajo). Sorprendentemente en el monográfico de la revista *Science of Total Environment* (STOTEN), se presentan los resultados del contenido de arsénico en un amplio número de matrices de diferente naturaleza (aguas, suelos, más de 20 vegetales, carne, pescado, productos cocinados etc.) pero, sorprendentemente, no aporta información del contenido de As en el arroz a

pesar de que Sudamérica es el segundo consumidor después de Asia y el arroz es una de los vegetales que concentra mayor cantidad de arsénico, del orden de unas 10- 30 veces más que otros cereales (Schoof et al. 1999; Williams et al., 2007 a,b)

Existen estimas sobre la población con riesgo de padecer arsenicosi, las cuales fueron realizadas exclusivamente teniendo en cuenta la ingesta de As a través del agua. Sin embargo, publicaciones recientes indican que el problema puede ser muy superior si se considera también la ingesta de As a través del arroz (ver p. ej. Meharg & Zhao, 2012).

El arroz es actualmente el principal alimento para más de la mitad de la población mundial (Meharg & Zhao, 2012), siendo de especial importancia en Asia, en donde el consumo medio diario oscila entre 250-650 g/pers/día, mientras que en Sudamérica el consumo medio es de 120 gr/pers/día. El alto consumo de arroz y sus altos contenidos de As, detectados en trabajos recientes (FAO, 2004), hacen que este alimento sea también una vía de ingesta de As y otros elementos tóxicos con consecuencias directas sobre la salud de las personas, pero todavía no cuantificada para los países objeto de estudio.

Son pocos los estudios realizados al respecto. Uno de ellos fue realizado por la Unión Europea y establece que el arroz es el responsable de la ingesta del 60% del As, mientras que el agua los es en el 5%. Estos resultados son debido a que, por una parte, la calidad del agua dentro de la Unión Europea muestra bajos niveles de As y a que el arroz producido por España, Francia e Italia figuran entre los que muestran una mayor concentración de As (Meharg et al., 2008). Por el contrario, las estimas realizadas en un escenario opuestos, esto es, aguas con un alto contenido de As como es Bangladesh, Mondal & Polya (2008) encuentran que el arroz contribuye en un 44% a la ingesta de As, mientras que el As en el agua representa el 48%; lo que nuevamente pone de manifiesto la importancia de la ingesta del As a través del arroz.

5.1 Objetivos

5.1.1 Objetivo General

Evaluar la calidad de los agrosistemas de producción de arroz del Ecuador en función del contenido de arsénico y metales tóxicos y calcular de la ingesta diaria de As inorgánico para la población ecuatoriana.

5.1.2 Objetivos Específicos

*** Evaluar el contenido de Arsénico y metales tóxicos (Cd, Pb, Hg, Cu) en la planta**

1. Determinar la concentración total de As, Cd, Pb, Cu, Hg en el arroz (tallo, hojas, raíces y grano) en las principales zonas arroceras de Ecuador.
2. Realizar la especiación de las formas de As en el grano de arroz, determinando formas inorgánicas [As (V) y AS (III)] y orgánicas (Arsenobetaina, MMA y DMA) de As.
3 .Analizar la concentración de arsénico y metales pesados tóxicos (Cd, Pb, Cu, Hg) en el tallo, hojas y raíces del arroz.
4. Determinar la concentración de Arsénico y metales pesados (Cd, Pb, Cu, Hg) en las diferentes marcas de arroz comercial.

*** Evaluar el contenido de Arsénico y metales tóxicos en el suelo y en el agua**

1. Analizar el contenido total de elementos tóxicos en el suelo y agua
2. Realizar la extracción secuencial de As y metales tóxicos en diferentes fracciones.
3. Determinar de la fracción asimilable para la planta de arroz.
4. Identificar cambios espacio-temporales de la concentración de As y metales tóxicos en el agua de regadío, considerando dos escenarios: inundación con agua freática y fluvial
5. Determinar la concentración de las formas orgánicas e inorgánicas de As en el agua

*** Predecir el riesgo de contaminación del grano de arroz en base de características del suelo y agua**

1. Analizar los datos usando un sistema de multivariables aplicando análisis de componentes principales y establecer correlaciones

* **Estimar el grado de contaminación debido a la ingesta de arroz en la dieta de los ecuatorianos**
1. Determinar el nivel la ingesta diaria de As inorgánico para la población ecuatoriana.
2. Determinar el riesgo a la exposición usando la Simulación de Monte Carlo.

5.2 Relevancia de esta propuesta de investigación y su relación con la(s) Línea(s) de investigación asociadas.

El arroz es el alimento básico para más de la mitad de la población mundial, superando en la dieta de los países del Sureste asiático los 300 g persona/día. Por otra parte, se conoce que el arroz es un buen acumulador de elementos traza tóxicos tales como: As, Cd, Pb, Hg y Cu, que en el caso del As puede alcanzar concentraciones de 10 a 30 veces superiores a la concentración presente en otros cereales. El arsénico es un elemento traza tóxico para la salud humana si se asimila en bajas concentraciones (aprx.3 ppb) y mortal si se toma a concentraciones elevadas (entre 1 y 3 mg As Kg^{-1} del peso corporal). La causa inicial del envenenamiento masivo que está ocurriendo en países como Bangladesh, Indonesia o Argentina es la ingesta de agua con concentraciones superiores a 10 mg L^{-1} de As (ver por ejemplo Henke, 2009; Rodríguez et al., 2013). Sin embargo, trabajos recientes indican que la ingesta de arsénico a través del arroz puede ser similar o incluso superior a la ingesta por el agua, pero no existen un estimado a nivel global sobre este riesgo (Meharg y Zhao, 2012; Azizur y Hasegawa, 2011; Das et al., 2004; Hossain, 2006). En Ecuador se desconoce la concentración de arsénico total en el arroz, ni la concentración de las formas más tóxicas (As inorgánico). Igualmente, tampoco existe información acerca del contenido de otros elementos tóxicos en el grano de arroz. En el presente Proyecto se plantea un estudio detallado del ciclo de estos elementos tóxicos en los principales agrosistemas productores de arroz. Para ello se analizará el contenido total de estos elementos en el agua, suelo y planta, así como su fraccionamiento en el suelo y planta. Una atención especial se prestará al contenido total de arsénico y sus formas en el grano de arroz-

El presente proyecto de investigación se enmarca dentro de toxicidad de alimentos, sin embargo marca una nueva línea de trabajo dentro del Departamento ya que además de los análisis de la planta, se aborda en el estudio del agua y del suelo, usando para ello nuevas metodologías no aplicadas hasta ahora en los trabajos realizados en el DECAB. Este aspecto es de especial relevancia tanto en cuanto abre nuevos expectativas de estudio.
Por otra parte se van a realizar análisis de formas del As de las que hasta la fecha no hay información en el Ecuador como es la especiación de las formas de As.

5.3 Productos esperados

a. 2 Publicaciones científicas (obligatorio);	x
b. Disertación a la Comunidad Politécnica;	x
c. 2 Proyecto de Titulación;	x
d. 1Tesis de Grado (maestría o doctorado);	x
e. Aplicación tecnológica construida o implementada	☐
f. Patente presentada;..	☐
g. Perfil de proyecto de mayor impacto científico, técnico, pedagógico o de innovación.	x

5.4 Detalle de los resultados esperados
a. Conocer la calidad de los agrosistemas de producción de arroz en el Ecuador e identificar posibles “Hot spot”.
b. Identificar las causas y procesos que favorecen la bioaccesibilidad del As y metales tóxicos a la planta de diferentes regiones productoras de arroz en el Ecuador.
c. Conocer la concentración de As y la/las formas en que se encuentra en los granos de arroz.

d. Conocer la exposición de la población ecuatoriana al arsénico y otros elementos tóxicos y su potencial incidencia sobre la salud.
e. Visibilizar el trabajo de investigación de la EPN a través de la edición de un informe técnico para la asociación de productores de arroz de la provincia de Guayas, recogiendo los aspectos más relevantes de la investigación y recomendaciones de buenas prácticas agrícolas.

6 Descripción, metodología y cronograma de trabajo

6.1 Descripción del proyecto

El arsénico (As) es un metaloide que ocupa el puesto 20 en cuanto a su abundancia en la corteza terrestre (Henke, 2009; Matschullat, 2000); oscilando su concentración media entre 1.7 y 2 mg kg^{-1} por lo que es considerado un elemento traza (Henke, 2009). Sin embargo, a pesar de su reducida concentración, existen determinados ambientes o escenarios geológicos en los cuales el As se encuentra en concentraciones muy elevadas, y lo que es más preocupante, en formas altamente móviles y biodisponibles como por ejemplo en los arrozales. Hoy en día, el As de origen geológico es la causa de una de las crisis ambientales más graves en cuanto que amenaza de forma masiva la salud de la población humana. **Es ampliamente aceptado que unos 100 millones de habitantes de más de 20 países** distribuidos en todos los continentes viven bajo el riesgo de desarrollar patologías cardiovasculares, diabetes, hipertensión, alteraciones en la pigmentación de la piel y diferentes tipos de cáncer (piel, vejiga, pulmón…) debido a la ingesta de agua con concentraciones anormalmente elevadas de As (Appello, 2006; Nordstrom, 2002; Henke, 2009).

.-Movilización del arsénico: del suelo al agua y del agua a la planta

El hecho de que el arroz sea cultivado bajo régimen de inundación es la causa fundamental por la cual este cultivo es un eficiente acumulador de As. La inundación induce cambios drástico en cuanto a las propiedades del suelo, especialmente en sus condiciones redox (Meharg & Rahman 2003; Meharg & Zhao, 2012).

***Reducción de los óxidos e hidróxidos de Fe/Mn**:* los óxidos e hidróxidos de Fe juegan un papel crucial en el ciclo del As. Estos coloides se caracterizan por presentar una gran superficie específica y carga neta positiva a pH ácido. Estas propiedades le permiten adsorber de forma específica (mediante enlaces covalentes) cantidades elevadas de oxianiones (p.ej. el arseniato, fosfato…). Sin embargo, cuando el suelo permanece inundado el oxígeno es rápidamente consumido por la actividad microbiana y el suelo adquiere condiciones subóxicas (Eh: 100-300 mV, pH 7).

En estas condiciones los microorganismos pasan a usar como oxidante de la materia orgánica los óxidos e hidróxidos de Fe/Mn de manera que se produce su disolución por reducción (reacciones 1, 2), liberando al acuífero o al agua intersticial el As que adsorbido pasando a ser biodisponible para la planta (Smedley & Kinniburgh, 2002; Henke, 2009).

Redución de los óxidos de Mn:

$$MnO_2 + 2e^- + 3H^+ \rightarrow Mn^{2+} + 2H_2O \text{ (Eh: 400-200 mV)} \quad \text{reacción 1-}$$

Redución de los oxihidróxidos de Fe:

$$FeOOH + e- + 3H^+ \rightarrow Fe^{2+} + 2H_2O \text{ (Eh: 100-200 mV)} \quad \text{reacción 2-}$$

Además en condiciones subóxicas se produce la reducción del arseniato a arsenito el cual es más móvil y tóxico que la forma oxidada (Merharg & Zhao, 2012).

6.2 Metodología del proyecto

Toma de muestras

Los muestreos se llevarán a cabo en las dos principales zonas arroceras de Ecuador (provincias de Guayas y Los Ríos), considerando para la distribución de los puntos de muestreos el tipo de sustrato litológico. Tras el análisis de los mapas geológicos la litología presente en la zona son: Depósitos aluviales, terrazas indiferenciadas, areniscas y zonas afectadas por presencia de basaltos.Se tomarán muestras de suelos, aguas y planta en un total de 55 puntos, distribuidos en función de la superficie que ocupa de cada material litológico: 25 muestras en depósitos aluviales, 10 muestras en terrazas indiferenciadas, 10 muestras en areniscas indiferenciadas y 10 muestras en zonas con influencia de zonas de afloramientos basálticos.

Análisis de suelos, agua y plantas

La determinación de metales pesados una vez tratada la muestra, de ser necesario, se llevará a cabo mediante voltamperometría de redisolución anódica (ASV, por sus siglas en inglés) (*Wang J. 1983*). Esta metodología es muy poco conocida pero en los últimos años ha empezado a tomar fuera en la determinación de metales pesado de manera muy fácil en muestras de todo tipo tales como: aguas subterráneas, agua potable e incluso, leche, saliva, sangre, etc. Esta metodología se caracteriza por que permite alcanzar límites de detección de hasta 5 ppb en algunos casos, y es posible medir una gama de metal pesado de manera fácil, en varios casos incluso se puede medir algunos metales a la a vez en una sola corrida (*Wang J. 1983*). Entre los metales pesados que se pueden determinar están: As(III), As(V), Pb(II), Cd(II), Cu(II), Cr(VI), Mn(II), Sb(III), Zn(II), Hg(II) Se(IV) Zn(II) Tl(I), Ni(II), Co(II) (*Economou A, 2010*). Un estudio reciente muestra que esta metodología también se puede utilizar para especiar As(III)/(V) con muy buenos resultados(Zakharova E. A *et al., 2015)*,. Se propone implementar a las ASV como una alternativa barata y viable para determinación de los metales pesados propuestos en este proyecto. Los resultados obtenidos mediante ASV serán comparados con los obtenidos mediante ICP-MS en los casos que sea posible.

Suelos

Los suelos se muestrearán cuando menos la capa arable (20 cm superficiales) y la parte profunda (40-80 cm). Los análisis a realizar serán: **Análisis de campo**: pH, Potencial redox (Eh), conductividad eléctrica, usando para ellos electrodos específicos. **Análisis de laboratorio:I)** *Caracterización general del suelo*: contenido total de C orgánico, N, total, S total usando una autoanalizador Leco; pH en agua con un pHmetro de mesa; textura (porcentaje de arena, limo y arcilla) por el método de la Pipeta, análisis mineralógico de la fracción arcilla. El contenido total de Fe, Al, P, As, Si se llevará a cabo por fluorescencia de RX.**II)** *Análisis específicos:* Componentes del suelo que participan en la adsorción del As y metales: contenido de formas de Fe, Al y Mn amorfas y cristalinas: Fe y Al extraído con oxalato de amonio/ácido oxálico y Fe, Al extraído con ditionito de sodio/citrato de sodio. En las diferentes extracciones el Al e Fe se determinarán por ICP-OES (Otero et al., 2009); competidores del arsénico en la adsorción: Fraccionamiento del P: se determinará el P débilmente adsorbido, P asociados al Fe, P asociado al Al y arcilllas, P asociado a la materia orgánica, P–apatito y P residual. Las diferentes formas de P se determinan por colorimetría a 880 nm (método del azul de modlideno) (Jiménez-Cárceles & Álvarez-Rogel, 2008); Fraccionamiento del As y metales tóxicos: se llevará a cabo siguiendo una metodología específica para el As y que además usa reactivos que no genera interferencias (p. ej. formando policloruros de argón) que interfieren en su determinación por ICP-MS (ver Javed et al., 2013 para el As y Tessier et al., 1979 para los restante elementos traza).

Aguas

Agua intersticial: la fase acuosa del suelo se extraerá por centrifugación analizando en ella: pH, Eh, conductividad eléctrica usando para ello electrodos específicos y, previo filtración por 0.45µm, la concentración total de As, P, Si, Fe, Mn, y metales tóxicospor ICP-Ms y ASV, los carbono orgánico disuelto (COD) en un aparato de flujo continuo Systea.

Agua de inundación: se determinará *in situ* pH, Eh y conductividad eléctrica y en el laboratorio se determinaran los mismos parámetros que en el agua intersticial.

Planta

Se analizará el contenido total de As, metales tóxicos en el grano, tallo, hojas y raíces.Adicionalmente se llevará a cabo la especiación de las formas de As determinando: las formas inorgánicas:As(III), As(V) y las principales formas orgánicas: Arsenobetaina, dimetilarsínato (DMA) y monometilarsónito (MMA). La extracción se llevará según Sofuoglu*et. al.*(2014)**.** Para ello se pesan 0.5 g de arroz, se le añaden 10 mL de HNO_3 1% y se mantiene 90 min a 90 ºC en un microondas Milestone ETHOS-1. Posteriormente se centrifuga a 3000 rpm y filtra por 0.45 µm (membranefilterAlbet). Para su conservación se congelaron a -20ºC. Finalmente, la determinación se realizará por HPLC-ICP-MS y por ASV**.**

Análisis estadistico

Con el fin de establecer un modelo para predecir la contaminación de arsénico en arroz, basados en propiedades físico-químicas del suelo, agua se plantearán dos aproximaciones:

1. **Análisis de Datos Multivariantes:** correlaciones multivariante, aplicando un sistema de análisis de componentes principales (PCA) **(**Saadia. Tariq and Nabila Rashid, 2013).
2. **Estimación de parámetros y modelización**.- Un problema típico en la modelización es relacionar parámetros físicos que caracterizan un modelo *m* a observaciones recogidas en un conjunto de datos **d** fruto de observación, experimentación u otro método empírico de recolección de datos. En estos casos, la física del problema está representada por una función *G* que relaciona *m* y **d**, i.e.,

$$G(m)=d.$$

El problema principal radica en que, usualmente, los datos recogidos contienen ruido, el cual se debe a problemas de redondeo, equipos con precisión reducida, etc. La idea es definir nuestros datos como una desviación, producida por un ruido η que afecta a los datos perfectos d_{real}. Así, tenemos que

$$d=G(m_{real})+\eta$$
$$=d_{real}+\eta$$

Con estas ideas, podemos definir varios tipos de problemas: el problema directo es hallar los datos d conociendo el modelo *m*. El problema inverso es hallar el modelo *m*, conociendo los datos d. Este es el tipo de problemas que nos interesa: conociendo las mediciones de las propiedades del suelo tratar de encontrar un modelo que explique nuestras mediciones.

6.2 Cronograma de trabajo anual:

Primer Año

	Porcentaje de avance por mes						TOTAL
Actividad	**1-2**	**3-4**	**5-6**	**7-8**	**9-10**	**11-12**	
Toma de muestras	xx	x	x	xx			**5**
Análisis de muestras							
-Muestras de aguas	xx	x	x	xx			5
-Muestras de suelos	xx	xx	xx	xx	xx	xx	10
-Plantas		xx	xx	xx	xx	xx	10
-Grano de arroz		xx	xx	xx	xx	xx	10
Análisis de arroz comercial							
Análisis de datos: tratamiento estadístico: PCA y simulación de Monte Carlo							
Elaboración informe técnico						x	5
Redacción de publicaciones							
TOTAL							45

Segundo Año 2

	Porcentaje de avance por mes						TOTAL
Actividad	**1-2**	**3-4**	**5-6**	**7-8**	**9-10**	**11-12**	
Toma de muestras	xx	x					5
Análisis de muestras							
-Muestras de aguas	xx	x					3
-Muestras de suelos	xx	xx					5
-Plantas	xx	xx					5
-Grano de arroz	xx	xx					5
Análisis de arroz comercial		x	xx	xx			5
Análisis de datos: tratamiento estadístico: PCA y simulación de Monte Carlo			x	xx	xx	xx	17
Elaboración informe técnico					xx	xx	5
Redacción de publicaciones				xx	xx	xx	5
TOTAL							55

7. Fechas de inicio y fin
Inicio: Octubre 2015 ; Finalización: Septiembre 2017

8. Tiempo de dedicación de docentes, infraestructura, equipos y fondos adicionales.

8.1 Tiempo máximo de dedicación semestral del Director del proyecto, de los docentes participantes y otros colaboradores.

El tiempo de dedicación máximo será de acuerdo al tipo de proyecto:

Proyecto	*Director*	*Colaboradores*
PII y PIS	*16 HSS*	*8 HSS*
PIJ y PIMI	*20 HSS*	*10 HSS*

Jenny Ruales, Director del proyecto: dedicación 16 HSS
Patricio Espinoza, Colaborador: dedicación 10 HSS
Sergio González, Colaborador; dedicación 5 HSS
Xosé Luis Otero, Colaborador –PROMETEO-: 10 HSS

8.2 Infraestructura y equipos

INFRASTRUCTURA: Se cuenta con la participación de los siguientes laboratorios:
Laboratorios del Departamento de Alimentos y Biotecnología DECAB -FIQA– EPN
Departamento de Matemática,
Centro de investigación y control ambiental CICAM, FICA – EPN
Laboratorios de la Universidad Santiago de Compostela – ESPAÑA

EQUIPO DISPONIBLES PARA EL PROYECTO:
XRF (Fluorescencia de rayos – Universidad de Santiago de Compostela - EXISTENTE
HPLC-ICP-MS – Universidad de Santiago de Compostela- EXISTENTE
ICP- OES – Universidad de Santiago de Compostela EXISTENTE
ANALIZADOR ELEMENTAL – Universidad de Santiago de Compostela -EXISTENTE
HPLC – Escuela Politécnica Nacional -DECAB –EXISTENTE
ESPECTROFOTÓMETRO UV-VIS – Escuela Politécnica Nacional -DECAB – EXISTENTE
PONTENCIOSTATO – Escuela Politécnica Nacional - CICAM -EXISTENTE
ANALIZADOR DE CARBONO ORGÁNICO DISUELTO – Escuela Politécnica Nacional - CICAM

8.3 Breve justificación del equipo requerido

Justificar la infraestructura y equipos ***solicitados*** *para la ejecución del proyecto*

POTENCIOMETRO DE CAMPO – DECAB – Existe en el DECAB, pero es necesario reemplazarlos, porque son intensamente usados en los análisis de campo.
SISTEMA DE PURIFICACIÓN DE AGUA TIPO II – DECAB: El sistema que se dispone en el DECAB no abastece las necesidades, pues la demanda de agua es alta tanto para la preparación de las muestras que se traen de campo, como para la preparación del material para recolección de muestras, y lavado del material para análisis.
ESTUFA– DECAB: Si bien se dispone de estufa en el DECAB, pero se requiere de una adicional para secar el material de experimentación
CABINA DE EXTRACCIÓN DE GASES– DECAB: El pretratamiento de las muestras para mineralizar las mismas requiere de un trabajo en cabinas de extracción de gases para evitar contaminación apara el analista y también es mejor trabajar en ambientes controlados para evitar contaminación de las muestras.
BALANZA ANALÍTICA –DECAB. Se recomienda tener una balanza destinada para análisis de minerales y no usar las balanzas del laboratorio de uso múltiple
pH.METRO-DECAB. Permantemente se requiere medir el pH y es mejor tener exclusivo para evitar contaminación cruzada
PLANCHA CALENTADORA-DECAB. Para la digestión de las muestras se requiere de una plancha calentadora. Si bien se dispone de una en el laboratorio, por el número de muestras se solicita otra.
ELECTRODOS DE DIAMANTE CONDUCTOR Y ACCESORIOS- CICAM: Se utilizará una tecnología de voltimetría para cuantificar los metales traza en las muestras y también para especiación de los metales. El electrodo solicitado es más sensible que otros que se dispone en el laboratorio del CICAM, FICA

8.4 Fondos Adicionales

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

9 **Presupuesto estimado para la ejecución del presente proyecto (anual)**

- *Los costos para la elaboración del presupuesto estimado no deben incluir IVA.*
- *Las maquinarias y equipos deberán tener una proforma local con un representante autorizado en el país.*
- *En el caso de PIMI, se deberá aclarar en cual departamento permanecerán las maquinarias y equipos*

PRIMER AÑO **Lista de ítems**	**Cantidad solicitada (US $)**	**Porcentaje (%)**
1. Contratación Servicios Personales por Contrato *Ayudantes de Investigación* *H 2 estudiantes : (400 USD/mes, 12 meses)*	4800	
Subtotal	**4800**	**8,7**
2. Maquinaria y Equipos (Unidad donde irá) 1 sistema de purificación de agua (DECAB) 1 pH-metro (DECAB) 1 Campana de extracción de gases (DECAB) 1 Sonda para el muestreo de suelos 2 Potenciometro de campo (pH, conductividad, TDS) (DECAB) 1 Electrodo de diamante conductor (CICAM) Cajas de Faraday (CICAM)	 12103 2400 6694 650 660 9500 1150	
Subtotal	**33157**	**60,0**
3. Reactivos y materiales de laboratorio Material de campo: fundas plásticas, botellas, guantes, baldes, jeringas, bloques de gel para congelación, etc Reactivos, gases y material fungible de laboratorio Estándares: As,Pb,Cd,Cu,Cr,Mn,Sb,Zn,Hg,Se,Ti,Ni, Co, Au Soportes de acero inoxidable con tapa y base de teflón más celda de vidrio de 10ml Pintura conductora de plata coloidal 30 g Rollo fibra de carbón 7,2 um de diam para electroanálisis Set de pinzas para manipulación de electrodos Servicio de análisis de comparación de resultados	 700 1500 1186 1850 195 850 150 1800	
Subtotal	**6381**	**11,5**
4. Literatura especializada 1 libro sobre As en arroz; 1 técnicas de análisis	620	
Subtotal	**620**	**1,1**
5. Viajes técnicos y de muestreo -Viajes técnicos: de muestreo, presentación de memoria a productores de arroz (7 días/4personas/100$persona/día) -2 viajes de estudiantes a Univ de Santiago de Compostela (pasajes y estancia, durante 3 meses)	 2500 7000	
Subtotal	**9500**	**17,2**
6. Presentación de ponencias en congresos internacionales y Publicaciones - Inscripción para congresos (2)	 800	
Subtotal	**800**	**1,5**
TOTAL PRESUPUESTO AÑO 1	**55258 + IVA**	**100**

SEGUNDO AÑO Lista de ítems	Cantidad solicitada (US $)	Porcentaje (%)
1. Contratación Servicios Personales por Contrato *Ayudantes de Investigación* *3 : (400 USD/mes,6 meses, cada uno)*	7200	
Subtotal	**7200**	**30,4**
2. Maquinaria y Equipos -Horno de secado 70 litros -Agitador magnético con baterías -Balanza analítica -Plancha calentadora	 1433 650 2300 1026	
Subtotal	**5409**	**22,8**
3. Reactivos y materiales de laboratorio -Material de campo: fundas plásticas, botellas, guantes, baldes, jeringas, bloques de gel para congelación, etc -Reactivos, gases y material fungible de laboratorio -Tubos Falcon - Servicio de análisis: Caracterización de suelos, contenido de metales por fluorescencia de Rx Fraccionamiento de metales en el suelo As total, formas de As en aguas, grano y arroz comercial (150 muestras) – ensayos de comparación con métodos voltimetría realizados en EPN	 264 1760 335 1760	
Subtotal	**4119**	**17,4**
4. Literatura especializada		
Subtotal	**0**	**0**
5. Viajes técnicos y de muestreo Viajes técnicos: de muestreo, presentación de memoria a productores de arroz (5 días/4personas/100$persona/día)	2500	
Subtotal	**2500**	**10,6**
6. Presentación de ponencias en congresos internacionales y Publicaciones -Congreso internacional: 2 participaciones, incluye inscripción, pasaje y viáticos) -Publicaciones: impresión de 2 proyectos de titulación;	 4400 50	
Subtotal	**4450**	**18,8**
SUBTOTAL AÑO 2	**23678+ IVA**	**100**
TOTAL PRESUPUESTO	**78936+ IVA**	

10	Lugar y Fecha / Firma del Director del Proyecto	
	Quito, …8… de …julio…. del 2015 Nombre: Jenny Ruales CC: 1704995958	**Firma del Director**

DECLARACION DEL JEFE DE DEPARTAMENTO
Esta propuesta ha sido aprobada por el Consejo del Departamento/Instituto …….**al que pertenece el Director del Proyecto**, en Sesión del…… mediante Resolución No. ……. 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/INSTITUTO Lugar y fecha Nombre: Ing. Francisco Quiroz CC:

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
VICERECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL

HOJA DE VIDA DEL DIRECTOR DEL PROYECTO

Datos personales

Ruales Nájera	**Jenny Cumandá**
Apellidos	Nombres

M: ( ) F: (x) | 1958-02-03 | Ecuatoriana | jenny.ruales@epn.edu.ec
Sexo | Fecha de Nacimiento | Nacionalidad | E-mail

Teléfono oficina: 02 2976300 Ext 2486
Celular: 0999228983
Teléfono casa: 2068083

Dirección particular / Ciudad Urb prof EPN. Lote 71. Conocoto

Educación Universitaria. Proveer el nombre de los títulos de pregrado y postgrado (Ing., Magister, Ph.D.)

Títulos	Período	Institución/Universidad	Ciudad/País	Tema de tesis de grado
Ing- Químico	1977-1984	Escuela Politécnica Nacional	Quito/Ecuador	Desarrollo de pulpas desodorisadas de pescado
Lic Ingeniería Alimentos	1986-1988	Universidad de Lund.	Lund/Suecia	Chemical composition and nutritional quality of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) seeds.
Ph.D.	1988-1992	Universidad de Lund.	Lund/Suecia	Development of and infant food from quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd). Technological aspects and nutritional consequences

Experiencia investigativa y en ejecución de proyectos (cite los tres más relevantes)

Período	Título del proyecto	Posición /Actividades realizadas
2006-2008	Evaluación de metales pesados en alimentos de consumo masivoCYTED-EPN-IPICS.	Director/ Evaluación de selenio en frutas y vegetales y arsénico en arroz
2006-2009	Adding value of under utilized tropical fruits with potential commercial value (PAVUC), financed by the European Union	Director/ Caracterización de frutas. Evaluación de principios activos. Desarrollo de productos. Implementación de tecnologías emergentes
2010-2013	Adding value to mortiño (*Vaccinium floribundum Kunth*). Project financed by Organization for Prevention of Chemical weapons OPCW	Director/ Evaluación de compuestos fenólicos y desarrollo de productos: deshidratados y clarificados y concentrados por tecnología de membranas

Publicaciones, patentes, prototipos o productos (cite las cinco más relevantes o las más recientes)

1. Vasco,C., Àvila, J, **Ruales, J**., Svanberg, U., Kamal-Eldin, A (2009). Physical and chemical characteristics of golden-yellow and purple-red varieties of tamarillo fruit (Solanum betaceum Cav). International J. of Food Sciences & Nutrition. DOI: 10.1080/0963748090309618

2. R.Dhouib, J. Laroche-Traineau, R. Shaha, D. Lapailleirie, E. Solier, **J. Ruales,** M. Piña, P. Villeneuve, F. Carriére, M. Bonneu and A. Arondel. (2010). Identification of a putative triacyglycerol lipase from papaya latex by functional proteomics. Journal The FEBS.doi 10.1111/j 1742-4658.2010.07936.x

3. Cecilia Carpio, Francisco Batista-Viera & **Jenny Ruales**. (2011). Improved glucoamylase immobilization onto claimed chicken bone particles. Food Bioprocess Technol. 4:1186-1196.

4. S., Santacruz, M., Pennanen, **J., Ruales**. (2012). Protein enrichment of oriental noodles based on Canna edulis starch. Revista Boliviana de Química. Rev. Quim. Vol. 29(1), 97-110.

5. Samaniego, E., Ibarz, I., **Ruales, J**.. (2014). Efecto de la irradiación ultravioleta en la actividad enzimática de la polifenoloxidasa y las propiedades físico-químicas del jugo de dos variedades de naranjilla (Solanum quitoense Lam). Revista Politécnica. Vol 33(2), p. 22-27.

Experiencia profesional , otros trabajos científicos y técnicos

-Evaluación de la calidad nutricional de materiales nativos y de productos procesados
-Desarrollo de alimentos funcionales
-Aplicación de tecnologías convencionales y emergentes en la conservación de alimentos
-Evaluación del efecto de la explotación petrolera (metales pesados) en el complejo petrolero de Shushufindi en agua, sedimentos y peces
-Evaluación del contenido de arsénico en agua y frutos de las zonas de Tumbaco y Guayllabamba.
-Estudios de riesgos químicos de los alimentos

HOJA DE VIDA DEL DOCENTE COLABORADOR

Datos personales

Otero Pérez — Apellidos
Xose Luis — Nombres

M: (X) F: ( ) — Sexo
18/05/1967 — Fecha de Nacimiento
Española — Nacionalidad
xl.otero@usc.es — E-mail
Teléfono oficina:
Celular: 0967964400
Calle Francisco Robles E2 07 Paez/Quito — Dirección particular / Ciudad
Teléfono casa: 2222445

Educación Universitaria. Proveer el nombre de los títulos de pregrado y postgrado (Ing., Magister, Ph.D.)

Títulos	Período	Institución/Universidad	Ciudad/País	Tema de tesis de grado
Licenciado en Ciencias Biológicas	1986/91	Universidad de Santiago de Compostela	Santiago de Compostela/España	No se requiere
Maestrado	1991/93	Universidad de Santiago de Compostela	Santiago de Compostela/España	Evaluación de los suelos y calidad de las aguas de la Cuenca del río Louro (SW de Galicia)
Doctor	1995-2000	Universidad de Santiago de Compostela	Santiago de Compostela/España	Biogeoquímica de metales traza en medios sedimentarios marinos

Experiencia investigativa y en ejecución de proyectos (cite los tres más relevantes)

Período	Título del proyecto	Posición /Actividades realizadas
2007/2008	Estudio y regeneración de la Ria do Burgo (A Coruña)	Investigador principal/coordinación y redacción (presupuesto 22.780€)
2008/2011	Monitorización de los procesos biogeoquímicos en las lagunas litorales en relación con su calidad ambiental y respuesta al cambio climático	Investigador principal/coordinación y redacción del proyecto (presupuesto 64.152 €)
2011/2014	Monitorización de los procesos biogeoquímicos en suelos de acantilados y aguas costeras en relación con la influencia de las colonias de aves marinas del Parque Nacional Marítimo Terrestre de las Islas Atlánticas de Galicia	Investigador principal/coordinación y redacción del proyecto (presupuesto 77.395 €)

Publicaciones, patentes, prototipos o productos (cite las cinco más relevantes o las más recientes)

1. **Otero, XL**; Macias, F(2002) Variation with depth and season in metal sulfides in salt marsh soils. **Biogeochemistry** 61/247-268
2. **Otero, X. L.**, Ferreira T. O.; Vidal, F. Macías (2006) Spatial variation in pore water geochemistry on a mangrove system in the island of Pai Matos (Cananeia-Brazil). **Applied Geochemistry** 21: 2171-2186
3. Ferreira T.O., **Otero X.L.**, Vidal-Torrado P., Macías F. (2007). Redox processes in mangrove soils under *Rhizophora mangle* in relation to different environmental conditions. ***Soil Science Society of America Journal*** 71: 484-491.
4. **Otero, X. L.**, Fernández, S., De Pablo., M., Nizolli, E., Quesada, A. (2013). Plant communities as a key factor in biogeochemical processes in Antarctic soils (Byers Peninsula, maritime Antarctica). ***Geoderma*** 195-196: 145-154
5. **Otero, X.L.**; M. A. Huerta-Díaz, S. De La Peña, T. O. Ferreira (2013). Coarse sand as a relevant fracction in geochemical studies in intertidal environments. ***Environmental Monitoring and Assessment*** 185:7945–7959

Experiencia profesional , otros trabajos científicos y técnicos

Dirección de la consultora ambiental Arcea Recursos Naturales durante el periodo 1992/94.
Asistencias externas/asesorias: 33 informes realizados para consultoras durante el periodo 1995-2014.

HOJA DE VIDA DEL DOCENTE COLABORADOR

Datos personales

Espinoza Montero			**Patricio Xavier**	
Apellidos			Nombres	
M: (x)	F: ( )	20-01-1985		
Sexo		Fecha de Nacimiento	Nacionalidad: Ecuatoriano	E-mail: patricio.espinoza@epn.edu.ec
Valladolid N24-539 y Av. La Coruña, Sector La Floresta / Quito			Teléfono oficina: 02 2976300 etx 1908 Celular: 098 042 1427 Teléfono casa: 323 0510	
Dirección particular / Ciudad				

Educación Universitaria. Proveer el nombre de los títulos de pregrado y postgrado (Ing., Magister, Ph.D.)

Títulos	Período	Institución/Universidad	Ciudad/País	Tema de tesis de grado
Químico	2002-2007	Universidad Central del Ecuador	Quito - Ecuador	Crecimiento de Monocristales de una Proteína en una Celda con Campo Eléctrico de Intensidad Variable”
Master en Ciencias Químicas	2008-2010	Universidad Autónoma de México	México - México	Estudio de la Electropolimerización del bitiofeno (bth) en acetonitrilo, comparando el efecto del nivel de acidez del medio y electrolito soporte con aplicación en celdas solares
Doctor en Ciencias Químicas	2010-2014	Universidad Autónoma de México	México - México	Electrodos de diamante dopados con boro-Nb (BDD-Nb) para la reducción de O2 en medio ácido, y su aplicación en la producción de H2O2 acoplado con la oxidación avanzada de fenol

Experiencia investigativa y en ejecución de proyectos (cite los tres más relevantes)

Período	Título del proyecto	Posición /Actividades realizadas
2007-2008	Cristalización de proteínas utilizando explicando campos eléctrico	Estudiante
2008-2010	Desarrollo de metodologías de electropolimerización de películas orgánicas conductoras con aplicación en celdas solares	Director de tesis de pregrado
2010-2013	Estadios de la cinética de reducción de O_2 a H_2O_2 utilizando métodos electroquímica varios métodos electroquímicos. Desarrollo de métodos avanzados de oxidación electroquímicos para el tratamiento de aguas residuales	Como parte de mis estudios de Doctorado y como tutor de 3 tesis de pregrado

Publicaciones, patentes, prototipos o productos (cite las cinco más relevantes o las más recientes)

1. **Patricio J. Espinoza-Montero**, M. Moreno-Narváez, Bernardo A. Frontana-Uribe, Vivian Stojanoff, and Abel Moreno, Investigations on the Use of Graphite Electrodes Using a Hull-Type Growth Cell for Electrochemically Assisted Protein Crystallization, ***Crystal Growth & Design***. (**2013)**, 13, 590−598.
2. **Patricio J. Espinoza-Montero**, Ruben Vasquez-Medrano,b,z Jorge G. Ibanez, and Bernardo A. Frontana-Uribe, Efficient Anodic Degradation of Phenol Paired to Improved Cathodic Production of H_2O_2 at BDD Electrodes, ***Journal of The Electrochemical Society***, **(2013).**160 (7) G3171-G3177
3. **Patricio J. Espinoza-Montero**, B. Frontana, J. A. Delgadillo, and I. Rodríguez-Torres, Theoretical Analysis of the Velocity Profiles in a Diacell® Cell Applying Computational Fluid Dynamics, ***ECS Transactions***, 47 **(2013).** (1) 13-23
4. **Patricio J. Espinoza-Montero**, Bernardo A. Frontana-Uribe, Estudio Comparativo de los Parámetros Cinéticos del Sistema Fe(CN)63-/4- en Carbón Vítreo y Diamante Dopado con Boro, Mediante Voltamperometría de Corriente Muestreada y Disco Rotatorio, ***Química Central*(2013)**, vol. 3, N° 2, 19-24.
5. FarhangSefidvash, Victor Guerrero, Edy Ayala, Maribel Luna, **Patricio J. Espinoza-Montero**, Spent Fuel from Fixed Bed Nuclear Reactor, Meeting on Collaborative Project ” Wastes from Innovative Types of Reactors and Fuel Cycles” (WIRAF) to beheld in Vienna, Austria, during 24-27 March **2015**

Experienciaprofesional , otrostrabajoscientíficos y técnicos

•Tratamiento de suelos contaminados con hidrocarburos electroquímicamente
•Tratamiento de aguas residuales municipales e industriales electroquímicamente
•Polímero conductores y aplicaciones en Celdas Solares Orgánicas
•Sensores y Biosensor de ATP y Glucosa
•Cinética electródica y Celdas de combustible
•Determinación de metales pesado de diferente origen electroquímicamente (Voltamperometría de redisolución anódica)

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
VICERECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL

HOJA DE VIDA DEL COLABORADOR DEL PROYECTO

Datos personales

González Andrade	Sergio Alejandro
Apellidos	Nombres

M: (X) F: ( )	3 de Abril de 1979	Ecuatoriano	sergio.gonzalez@epn.edu.ec
Sexo	Fecha de Nacimiento	Nacionalidad	E-mail

Mariana de Jesús E7-47 y La Pradera Edificio Savanna, dpto. 4-A Quito, Ecuador.	Teléfono oficina: 2507144 ext. 2234 Celular: 0984059889 Teléfono casa: 2221344
Dirección particular / Ciudad	

Educación Universitaria. Proveer el nombre de los títulos de pregrado y postgrado (Ing., Magister, Ph.D.)

Títulos	Período	Institución/Universidad	Ciudad/País	Tema de tesis de grado
Matemático	10/1997 - 04/2004	Escuela Politécnica Nacional	Quito/Ecuador	Existencia de soluciones débiles para un problema con parte no lineal discontinua y operador asociado de tipo p-Laplaciano
PhD. Matemática Aplicada	09/2004 - 08/2008	Escuela Politécnica Nacional / Universidad Técnica de Berlín	Quito-Ecuador / Berlín-Alemania	Semismooth Newton and Path-Following Methods for the Numerical Simulation of Bingham Fluids

Experiencia investigativa y en ejecución de proyectos (cite los tres más relevantes)

Período	Título del proyecto	Posición /Actividades realizadas
08/2013-01/2015	*Proyecto Senescyt*: Simulación Numérica del Sistema Cardíaco y Circulatorio.	Director/El Proyecto está en ejecución. Hasta ahora, hemos obtenido una tesis de grado, una publicación nacional y tres charlas internacionales.
09/2012-09/2013	*Proyecto Semilla*: Convección Natural en Fluidos Viscoplásticos: Modelización Matemática y Simulación Numérica.	Director/ El Proyecto finalizó con éxito, dejando como resultado una publicación internacional y cuatro charlas en conferencias internacionales de gran trascendencia.
08/2010-08/2012	*Proyecto interno del Departamento de Matemática:* Métodos Multimalla para el Control Óptimo de Ecuaciones Parabólicas de Reacción-Difusión con Aplicaciones a las Ciencias Biomédicas.	Director/ El Proyecto finalizó con éxito, dejando como resultado tres publicaciones internacionales, una tesis de grado y cinco charlas en conferencias internacionales de gran trascendencia.

Publicaciones, patentes, prototipos o productos (cite las cinco más relevantes o las más recientes)

1. Juan Carlos De los Reyes and Sergio González-Andrade, *Numerical simulation of thermally convective viscoplastic fluids by semismooth second order type methods.* Journal of Non-Newtonian Fluid Mechanics, 193 (2013) pp. 43-48.
2. Juan Carlos De los Reyes and Sergio González Andrade, *A combined BDF-semismooth Newton approach for time-dependent Bingham flow*, Numerical Methods for Partial Differential Equations, 28 (2012) pp. 834-860.
3. Sergio González Andrade and Alfio Borzì, *Multigrid second-order accurate solution of parabolic control-constrained problems*, Computational Optimization and Applications, 51 (2012) pp. 835-866.
4. Juan Carlos De los Reyes and Sergio González Andrade, *Numerical simulation of two-dimensional Bingham fluid flow by semismooth Newton methods*, 235 (2010) pp. 11-32
5. Juan Carlos De los Reyes and Sergio González, *Path-following methods for steady laminar Bingham flow in cylindrical pipes*, ESAIM: Mathematical Modelling and Numerical Analysis, 43 (2009) pp. 81-117.

Experiencia profesional , otros trabajos científicos y técnicos

- Junio – Julio 2014: Profesor visitante en el programa *MathMods Master Program* de la Universidad de Hamburgo, Alemania.
- Abril 2009-Abril 2010: Investigador del centro especial de la Universidad de Graz: *Mathematical Optimization and Applications in Biomedical Sciences MOBIS.* Grupo del Prof. Dr. Alfio Borzì.

Referencias bibliográficas

Appleton, J., Williams, T., Orbea, H., *et al*. (2000). Fluvial contamination associated with artisanal gold mining in the Ponce Enríquez, Portovelo- Zaruma and Nambija areas, Ecuador. Water, Air, and Soil Pollution, 13:19-39.

Azizur, M., Hasegawa.H. (2011).High levels of inorganic arsenic in rice in areas where arsenic-contaminated water is used for irrigated and cooking. Science of the Total Environment 409: 4645-4655.

Bundschuh,J. et al.(2012a). Arsenic in Latin America, an unrevealed continent: Occurrence, health effects and mitigation. Sci. Total Environ. 429: 1

Bundschuh, J. et al.(2012b). One century of arsenic exposure in Latin America: A review of history and occurrence from 14 countries. Sci. Total Environ.429:2-35.

Bundschuh, J.et al. (2012c). Arsenic in the food chain: the Latin America perspective. Science of Total Environment 429: 92-106.

Cumbal L, Vallejo P, Rodriguez B, López D.(2010) Arsenic in geothermal sources at the North-Central Andean Region of Ecuador: concentrations and mechanisms of mobility. Environ EarthSci 61(2):299–310.

Das, H., Mitra, A., Sengupta, P., Hossain, A., *et al*. (2004). Arsenic concentration in rice, vegetables, and fish in Bangladesh: a preliminary study. Environment International 30: 383-387.

De la Torre E, Guevara A, Muñoz G, Criollo E. (2004). Estudio de aguas superficiales y sedimentos de la cuenca de los ríos Sucus, Tambo y Papallacta. Quito, Ecuador: UnpublishedreportfortheEcuadorianCongress.

Economou A. (2010). Recent developments in on-line electrochemical stripping analysis—An overview of the last 12 years. AnalyticaChimica Acta 683, 38–51

El Comercio. (2006). Redacción Quito. La EMAAP-Q pide más tiempo para depurar el arsénico. Quito, Ecuador; October 3rd.

García-Sánchez. Moyano, A., Mayorga, P. (2005). Hihg arsenic concentration in groundwater of central of Spain. Environ. Geol. 47: 847-854.

Hossain, M. (2006).Arsenic contamination in Bangladesh-An overview. Agriculture Ecosystem and Environment 113: 1-16.

Javed, M. Kachanoski, G. y Siddique, T., (2013). A modified sequential extraction method for arsenic fractionation in sediments.Canada. AnalyticaChimica Acta,787.102-107.

Keon, N., Swartz, C., Brabander, D., Harvey, C., Hemond, H. (2001). Validation of an Arsenic Sequential Extraction Method for Evaluating Mobility in Sediments. Environ Science Technology 35: 2778-2784.

Lievremont, D., Bertin, P., Lett, C. (2009). Arsenic in contaminated waters: Biogeochemical cycle, microbial metabolism and biotreatment processes. Biochimie 91: 1229-1237.

Mandal, B., Suzuki, K. (2002). Arsenic round the world: a review. Talanta 58: 201-2035.

Matschullat, J. (2000). Arsenic in the geosphere – a review. The Science of the Total Environment 249: 297-312.

McClintock, T. et al., 2012. Arsenic exposure in Latin America: Biomarkers, risk assessments and related health effects. Scien. Total Environ. 429: 76-91.

Meharg, A., Lombi, E., et al. (2008). Speciation and Localization o Arsenic in White and Brown Rice Grains. Environmental Science and Techonology,42. 1051-1057.

Mirlean, N.; Andrus, V.; Baisch, P., et al. (2003) Arsenic pollution in Patos Lagoon estuarine sediments, Brazil. Marine pollution Bulletin 46: 1480–1484

Mondal D, Polya DA (2008) Rice is a major exposure route for arsenic in Chakdaha block, Nadia district, West Bengal, India: a probabilistic risk assessment. Appl Geochem 23:2987–2998

Moyano, A., Sánchez, A., *et al*. (2009). Impact of irrigation with arsenic-rich groundwater on soils and crops.Journal of Environmental Monitoring. 11:498-502

Rodríguez, L., Sun, G., Berg, M., *et al*. (2013). Groundwater Arsenic Contamination Troughout China.Science, vol 341. pp. 366-368.

Rossman, T. Mechanism of arsenic carcinogenesis: an integrated approach. Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis 533: 37-65.

Saadia R.T. and Nabila R. (2014). Multivariate Analysis of Metal Levels in Paddy Soil, Rice Plants, and Rice Grains: A Case Study from Shakargarh, Pakistan. Journal of

Chemistry. Vol. 2013, Article ID 539251, 10 pages. http://dx.doi.org/10.1155/2013/539251.

Sánchez, A., Moyano, A., Mayorga, P. (2005). Hight arsenic contens in groundwater of central Spain. Environ. Geol. 47: 847-854.

Schoof RA, Yost LJ, Eickhoff J, Crecelius EA, Cragin DW et al (1999) A market basket survey of inorganic arsenic in food. Food ChemToxicol 37:839–846

Sofuoglu, SC, Güzelkaya H., et al (2014). Speciated arsenic concentrations, exposeure, and associated health risks for rice and bulgur. *Food and Chemical Toxicology* 64: 184-191

Tessier, A., Campbell, P.G.C., Bisson, M., 1979. Sequential extraction procedure for the speciation of particulate trace metals. AnalyticalChemistry 51, 844–855.

Torres-Escribano, S.; Leal, M.; Velez, D.; Montoro, R. (2008). Total and inorganic concentration in rice sold in Spain, effect of cooking and risk assessments. Environm. Sci. Tecnol. 42: 3867-3872.

Wang J. (1983). Anodic Stripping Voltammetry. J. Chem. Educ. 60: 1274-1275.

Williams PN, Raab A, Feldmann J, Meharg AA (2007a) Market basket survey shows elevated levels of as in South Central US processed rice compared to California: consequences for human dietary exposure. Environ SciTechnol 41:2178–2183

Williams PN, Villada A, Deacon C, Raab A, Figuerola J et al (2007b) Greatly enhanced arsenic shoot assimilation in rice leads to elevated grain levels compared to wheat and barley. Environ. Sci. Technol. 41:6854–6859.

Zakharova E., Noskova G., Moskaleva M., Elesova E., Wildgoose G., 2015. Investigations into the Speciation of Inorganic Arsenic in Weakly Alkaline Medium by Voltammetry.Electroanalysis27, 890–901.

Zhao, F., McGrath, S. Meharg, A. (2010). Arsenic as a Food Chain Contaminant: eachanisms of Plant Uptake and Metabolism and Mitigation Stratgies. Review Plant Biology 61: 535-59.