

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
VICERRECTORÍA ACADÉMICA GENERAL
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

7ª Convocatoria interna de Proyectos de Investigación 2012-2013
“Sede Principal y Vicerrectoría Universidad Abierta y a Distancia”

GUÍA PARA LA PRESENTACIÓN DE PROYECTOS

I. LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

Denominación de la línea Medular	SAN ALBERTO MAGNO Con el proyecto de investigación se busca analizar un efecto adverso en la salud de los organismos producida por el uso del recurso natural edáfico que no ofrece condiciones óptimas para prácticas de explotación agrícola.
Denominación de la línea(s) Activa(s) (máximo 10 renglones)	MODELADO AMBIENTAL
Pertinencia del proyecto dentro de la línea(s) Activa(s) (máximo 10 renglones)	El proyecto busca determinar y analizar la concentración anómala del Se y su distribución en los distintos horizontes de los suelos derivados de la Formación Villeta, con la finalidad de valorar los efectos nocivos sobre la salud de los diversos organismos que se relacionan directamente con los cultivos desarrollados en estos suelos.
Programa académico o unidad académica que sustenta la línea: Grupo Ingeniería Ambiental Universidad Santo Tomás: COL0070751	

1. INFORMACIÓN GENERAL DEL PROYECTO

Título del proyecto: LA CONTAMINACIÓN POR SELENIO EN LOS SUELOS DERIVADOS DE LA FORMACIÓN VILLETA Y SU INFLUENCIA EN EL MEDIO AMBIENTE (IMPLICACIONES SOBRE LOS EFECTOS NOCIVOS GENERADOS A PARTIR DE LOS CULTIVOS AGRÍCOLAS)		
Investigador Principal: CATALINA SÁNCHEZ CABALLERO Correo electrónico: catalinasanchez@usantotomas.edu.co Teléfono: 3156866 Dirección de correspondencia: Carrera 46 # 60 – 20, apto 202, Ed. El Parque, Nicolás de Federman		
Nombre del Grupo de Investigación: INAM - USTA		Total de Investigadores: (número) 3
Investigadores que componen el grupo	Dirección electrónica	Calidad
1. Catalina Sánchez Caballero	catalinasanchez@usantotomas.edu.co	Investigador principal
2. Auxiliar de investigación		Auxiliar
3. Auxiliar de investigación		Auxiliar
4.		
5.		
Facultad y Programa Académico en el que presta servicios el investigador principal: Facultad de Ingeniería. Programa de Ingeniería Ambiental Línea de Investigación: Modelado Ambiental		
Lugar de Ejecución del Proyecto: Ciudad: Villeta Departamento: Cundinamarca		
Duración del Proyecto (en meses): once (11) meses		
Tipo de Proyecto: (marque con x) Investigación Aplicada(x) Desarrollo Tecnológico () Investigación Básica() Desarrollo productivo o empresarial ()		
Tipo de Financiación solicitada: Financiamiento Total: 46'400.000 Valor solicitado a la Universidad (FODEIN): 20'000.000 Valor Contrapartida/Unidad Académica: 26'400.000 Valor Contrapartida/Convenio entidad externa: 0 Valor total del Proyecto: 46'400.000		
Descriptor / Palabras claves: Suelos, Elementos traza, Selenio, Contaminación, Toxicidad, Villeta		

2. RESUMEN EJECUTIVO DEL PROYECTO

El selenio es un elemento que dependiendo de su concentración y forma química puede ser beneficioso o tóxico para los animales, plantas y seres humanos (Čuvarđić, 2003; Camps, 2001). En los suelos del municipio de Villeta y sus alrededores, se han detectado concentraciones anómalas que superan los límites de toxicidad (7-20 mg/kg) (Matamoros; 2001) provenientes de procesos estrictamente naturales (ausencia de contaminación antrópica). Por lo anterior, se establece que la herencia de la roca madre es la causa principal de la contaminación en los suelos de esta región. La distribución del selenio, al igual que las transformaciones químicas de los diferentes perfiles de suelos es desconocida. Por lo tanto, en este proyecto se plantea la necesidad de evaluar la contaminación del recurso natural edáfico de la región a través de un estudio detallado de la evolución del perfil de meteorización de las rocas (Formación Útica y Formación Trincheras) y de la determinación de los niveles de selenio y de sus elementos asociados en función de la profundidad de la movilidad que presenta el elemento al interior del suelo (distribución vertical en cada horizonte de suelo).

A partir del desarrollo de esta investigación se obtendrán respuestas acerca de la relación que existe entre la salida y distribución del selenio a partir del material parental y los niveles de concentración en cada horizonte pedogenético, contribuyendo de esta manera a estimar la calidad del recurso natural y poder, de esta manera, determinar interrogantes como: 1) ¿existe el riesgo de que este elemento que representa un riesgo actual para la salud de los organismos y el medio ambiente siga siendo liberado al medio?, o si por el contrario, 2) ¿ya fue liberado por completo y lixiviado del suelo? Con el objetivo de resolver estos interrogantes, en esta investigación se intentará aportar respuestas desde la geología y la edafología, efectuando un estudio de: a) el perfil de meteorización de las rocas que le dan origen a los suelos, b) la composición mineralógica y química, c) las expresiones edafogenéticas que dejan los procesos formadores del suelo y, d) las asociaciones geomorfológicas y sus relaciones espacio temporales con las unidades adyacentes.

3. DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN

3.1 Tema y planteamiento de la pregunta o problema de investigación

En pedología el suelo es considerado como un cuerpo natural, compuesto de sólidos (minerales y materia orgánica), líquidos y gases. Se desarrolla en la superficie de la tierra a través de adiciones, pérdidas, transferencias y transformaciones de energía y materia, el material parental se transforma en el perfil del suelo dando origen a los horizontes del suelo capaces de soportar las plantas enraizadas en un entorno natural (USDA, 1999). Dentro de los factores de formación del suelo, el material parental juega un papel fundamental en las propiedades químicas y en las transformaciones que se dan en el interior del perfil de suelo. La geología, por su lado, es la ciencia que se encarga de estudiar la Tierra, su composición, estructura, origen y evolución a través del tiempo. Ambas disciplinas se complementan en el estudio de los procesos de meteorización y evolución del suelo.

En el municipio de Villeta y sus alrededores las concentraciones de selenio superan los límites de toxicidad (7-20 mg/kg) (Matamoros; 2001). Diversos estudios llevados a cabo en la zona (Benavides & Silva, 1965 citado en Cabrera et al. 1999) reflejan que las concentraciones anómalas en estos suelos son el resultado de procesos estrictamente naturales (ausencia de contaminación antrópica). Por lo anterior, se establece que la herencia de la roca madre es la causa principal de la contaminación y de la distribución de los elementos traza, como el Se, presentes en los suelos de esta región.

La distribución del selenio, al igual que las transformaciones químicas de los diferentes perfiles de suelos es desconocida. Por lo tanto, en este proyecto se plantea la necesidad de evaluar la contaminación del recurso natural edáfico de la región a través de un estudio detallado de la evolución del perfil de meteorización de las rocas presentes en la Formación Útica y en la Formación Trincheras en los alrededores de Villeta. Al analizar la zonación vertical producida por la alteración del saprolito (en términos de la distribución por tamaño de partículas, de

composición elemental, de mineralogía y de propiedades físico-químicas) se puede establecer el momento en el cual el selenio es liberado al medio ambiente. Al mismo tiempo, y de manera complementaria, es posible realizar un análisis de los efectos nocivos sobre la estructura y la función del ecosistema mediante la determinación de los niveles de selenio y de sus elementos asociados en función de la profundidad de la movilidad que presenta el elemento al interior del suelo (distribución vertical en cada horizonte de suelo), teniendo en cuenta los factores edafológicos que pueden llegar a tener una influencia directa en la capacidad de retención e inmovilización de este elemento y que condicionan su disponibilidad relativa, como son: pH, textura, mineralogía de arcillas, capacidad de intercambio catiónico, contenido de carbonatos y salinidad del suelo.

A partir del desarrollo de esta investigación se obtendrán respuestas acerca de la relación que existe entre la salida y distribución del selenio a partir del material parental y los niveles de concentración en cada horizonte pedogenético, contribuyendo de esta manera a estimar la calidad del recurso natural y poder, de esta manera, determinar interrogantes como: 1) ¿existe el riesgo de que este elemento que representa un riesgo actual para la salud de los organismos y el medio ambiente siga siendo liberado al medio?, o si por el contrario, 2) ¿ya fue liberado por completo y lixiviado del suelo? Con el objetivo de resolver estos interrogantes, en esta investigación se intentará aportar respuestas desde la geología y la edafología, efectuando los análisis que pueden hacerse con el estudio de: a) el perfil de meteorización de las rocas que le dan origen a los suelos, b) la composición mineralógica y química, c) las expresiones edafogenéticas que dejan los procesos formadores del suelo y, d) las asociaciones geomorfológicas y sus relaciones espacio temporales con las unidades adyacentes.

3.2 Marco teórico - marco conceptual - estado del arte

Un tipo de degradación es la producida por la presencia de sustancias químicas nocivas y en este caso se la denomina contaminación. En el medio

ambiente cada elemento tiene su ciclo biogeoquímico, y la interacción por aportes del mismo elemento puede originar que se alcancen concentraciones mayores de las normales que supongan un riesgo actual o potencial de contaminación de un hábitat y que tienen un efecto adverso sobre algún organismo (Hetterlingh et al., 1991, Porta et al, 2003, Sierra 2005). Las rocas y los materiales parentales del suelo poseen una gran variedad de elementos químicos, pero es a partir de los procesos de meteorización que comienzan a liberarse progresivamente éstos elementos y de esta manera unos pasan directamente a la solución del suelo y otros se distribuyen en los diferentes horizontes constituyendo parte de los metales pesados de los suelos (Pb, Hg, Cd, Cu, Cr, Se, As y sus compuestos). Cuando se producen concentraciones anómalas de alguna sustancia mineral puede transformarse en un contaminante del suelo y esto conlleva a un detrimento de la calidad del suelo lo que hace necesario realizar una evaluación de los elementos traza, debido a que un déficit o exceso de éstos afecta el crecimiento vegetal y animal y/o la salud humana (Fergusson, 1990 y Baize&Sterckeman, 2001, citados en Jiménez et al, 2010).

El selenio y su distribución

El selenio es un elemento metaloide del Grupo IV de la Tabla Periódica y dependiendo de su concentración y forma química puede ser beneficioso o tóxico para los animales, plantas y seres humanos (Čuvarđić, 2003; Camps, 2001). La abundancia de selenio en la corteza terrestre se encuentra entre 0,05 y 0,09mg/Kg aunque de forma poco uniforme. Los procesos de emisión natural de selenio incluyen la erosión de las rocas y suelos, emisiones volcánicas y la actividad de microorganismos y plantas (Cabañero, 2005) (Tabla 1). Frecuentemente está enriquecido en rocas sedimentarias de grano muy fino (shales negros) en concentraciones que alcanzan hasta 675 mg/Kg, las cuales se pueden atribuir a la precipitación de selenio bajo condiciones reductoras que son inducidas por la presencia de materia orgánica en el momento de la formación de la roca; puesto que en condiciones reductoras y en presencia de iones sulfuro se produce la

precipitación de selenio (Matamoros, 2001). La intensidad de la meteorización y de los procesos de lavado son los que definen la composición de selenio asociado a los suelos, la cual varía entre 0.01 y 2 mg kg⁻¹. A menudo la concentración del elemento aumenta con la profundidad, la cercanía al mar y la presencia de materia orgánica, ya que los ácidos húmicos constituyen la principal reserva de selenio en los suelos. La disponibilidad del selenio en agua depende de distintas variables medioambientales como el pH, la salinidad, la dureza y la presencia de otras sustancias químicas y los niveles de concentración de selenio es generalmente bajo, entre 0.02 y 10 µg l⁻¹, si bien puede verse notablemente afectado por factores geológicos, llegando a superar los 6 mg l⁻¹. Por otro lado, en las plantas, el selenio se encuentra en forma de compuestos orgánicos, fundamentalmente como selenometionina. Las plantas son capaces de incorporar selenio (a partir del suelo, agua o atmósfera), transportarlo y metabolizar distintas especies del elemento. La capacidad para absorber, acumular y metabolizar selenio varía de unas especies a otras. Así, existen diferencias sustanciales en cuanto a la concentración y tolerancia en función de la especie vegetal, con rangos que varían desde 0.05-1 µg g⁻¹ hasta 100 y 10000 µg g⁻¹.

Matriz		Contenido de Se (µg g ⁻¹)
Corteza terrestre (promedio)		0.09
Rocas	ígneas	0.05
	arenisca	0.05
	piedra caliza	0.08
Combustibles fósiles	carbón	0.47-8.1
	aceite	2.4-7.5
Suelos	normal	0.1-0.4
	seco	0.01-2
	selenífero	40.0-80.0
Plantas	marinas	0.8
	césped inglés	0.01-3.3
	trébol	0.13
Agua	de mar (Pacífico Norte)	0.06-0.12
	de lago (cerca California)	0.08
	de río	0.085-0.37
	de lluvia (California)	0.052
	de grifo	0.16

Tabla 1. Concentraciones de selenio total en algunas matrices medioambientales. Tomado de Cabañero (2005).

Ciclo biogeoquímico

Para conocer el comportamiento del selenio en el medioambiente es necesario estudiar las biotransformaciones que conforman su ciclo biogeoquímico, lo que implica conocer su disponibilidad geológica y su química, así como la actividad biológica de los organismos que utilizan este elemento. Factores como el pH, las condiciones redox, temperatura y actividad microbiana son quienes controlan la movilidad, disponibilidad biológica y toxicidad del elemento (Cabañero (2005). El selenio se puede oxidar durante la meteorización presentándose como seleniatos ($\text{SeO}_4=$) en suelos con ambientes áridos y alcalinos, y como selenitos ($\text{SeO}_3=$) en regiones húmedas. Los selenitos $\text{SeO}_3=$ son compuestos estables y pueden migrar hasta que sean adsorbidos por superficies orgánicas e inorgánicas, principalmente por montmorillonita y óxidos de Fe. Los seleniatos ($\text{SeO}_4=$) son compuestos más móviles que los selenitos debido a que no se fijan en la misma proporción que los selenitos, y constituyen la forma que puede migrar más fácilmente y que puede ser absorbida por las plantas (Matamoros, 2001). Los mayores aportes de selenio en el hombre proceden del consumo de vegetales, pescados y mariscos debido a que su capacidad de bioconcentración alcanza un factor de 400.

Efectos tóxicos del exceso de selenio

Además de los efectos benéficos del selenio debidos a su acción reductora, entre otros, éste puede llegar a provocar efectos tóxicos cuando se adquiere en concentraciones superiores a $200 \mu\text{g día}^{-1}$ y depende de factores tales como la forma química, la especie biológica, la concentración y las posibles transformaciones que puede sufrir en su interacción con el medio. Son más tóxicas las especies orgánicas de los elementos que las especies inorgánicas, por su naturaleza lipofílica, al poseer mayor facilidad para difundir rápidamente a través de las membranas celulares. De las inorgánicas, el selenio elemental al ser más insoluble es el menos tóxico y por tanto difícilmente asimilable por los organismos. La especie selenito es más tóxica que el seleniato, pero ambas se

les otorgan propiedades mutagénicas. El hombre es menos sensible que los animales a sobredosis de selenio. Los niveles precisos en la dieta para producir intoxicación crónica, se desconocen, pero se sabe que cantidades del orden de 2-8 mg kg⁻¹ pueden producir graves lesiones. Se han dado casos de selenosis crónica en zonas geográficas extremadamente ricas en selenio (zonas de China y Venezuela). Entre los años 1961 y 1964 se detectó en Enshi (China) en la población humana una enfermedad endémica manifestada por pérdida de cabello, uñas, irritación de la piel y los ojos, y debilidad de los dientes. Otros síntomas de toxicidad son anorexia, dolor abdominal, diarrea, fatiga, irritabilidad, depresión, edema pulmonar, hemorragias, necrosis de hígado y riñón, mal aliento, deterioro neurológico, ceguera y caries dental. Este mal se atribuyó a un alto contenido de selenio en el maíz. Sin embargo, la población con más riesgo de sufrir selenosis está constituida por personas que trabajan en la industria del selenio. De hecho, existen casos de envenenamiento por exposición industrial de especies de selenio volátiles como SeO₂, SeOCl₂ y SeH₂. Otro aspecto relacionado con la toxicidad del selenio es la selenofilia, nombre con el que se conoce la intoxicación por selenio derivada de la utilización abusiva de suplementos de dicho elemento para prevenir, aliviar o curar diversas patologías que no muestran relación directa con el selenio nutricional. La automedicación en este caso no es inocua y existe riesgo de intoxicación debido al estrecho rango de esencialidad del elemento. En Estados Unidos se han dado numerosos casos de intoxicación por esta práctica (Cabañero, 2005).

3.3 Justificación en términos de necesidades del medio externo y pertinencia en el marco institucional

El suelo, es un ente natural que constituye una parte fundamental de los ecosistemas y es de vital importancia para la sociedad, ya que es fuente de materias primas en explotaciones agrícolas, ganaderas y forestales, además de otros usos económicos y de infraestructura (Sierra, 2005). Para garantizar un óptimo uso del suelo es necesario entender los procesos que ocurren en éste. El

selenio puede funcionar como un poderoso agente tóxico para los humanos y otros seres vivos cuando sus concentraciones son elevadas, lo que constituye un problema de salud pública.

3.4 OBJETIVOS

Objetivo General:

- Evaluar la contaminación por selenio del recurso natural edáfico desarrollado sobre la secuencia sedimentaria presente en el municipio de Villeta y alrededores mediante el estudio de la alteración pos-depositacional y la distribución de acumulación en los horizontes pedogenéticos.

Objetivos Específicos:

- Describir, caracterizar e identificar el perfil de meteorización de los materiales parentales de los suelos, realizando un estudio detallado de los procesos pos-depositacionales en los horizontes superficiales.
- Describir, caracterizar e identificar el perfil del suelo, mediante análisis físico-químicos y mineralógicos.
- Determinar los niveles de concentración total de selenio en los horizontes superficiales del suelo.
- Establecer relaciones funcionales entre la alteración de los diversos componentes de los materiales parentales del suelo y la distribución vertical del selenio.
- Contribuir al entendimiento de los efectos nocivos causados por la acumulación del selenio y su influencia en el medio ambiente.

3.5 METODOLOGÍA

En la metodología propuesta para este trabajo se observan cuatro fases, de las cuales, las dos primeras se enmarcan en un enfoque netamente descriptivo o

cualitativo) y la etapa final comprende una perspectiva analítica a partir de datos cuantitativos:

Primera etapa: Revisión bibliográfica: en esta etapa se requiere realizar una documentación exhaustiva de la información relacionada con la geología, edafología, geomorfología y contaminación de suelos por elementos traza. Posteriormente se debe, adicionalmente se debe r en detalle

Segunda etapa: Trabajo de campo

- Comienza con una etapa de planificación previa al trabajo que se va a realizar en el campo, en la cual se incluye todo lo relacionado con las labores de descripción y muestreo, tales como: cartografía de la zona (topográfica, geológica, geomorfológica, taxonómica de suelos, usos del suelo, etc), fotografías aéreas, planificación del muestreo, recolección del equipo de campo (elaboración de fichas para descripción de perfiles, tabla de colores Munsell, brújula, GPS, cámara fotográfica, barreno, cuchillo, palustre, metro, martillo geológico, entre otros).
- En esta fase se lleva a cabo el reconocimiento de la región a estudiar y se realiza un muestreo sistemático: siguiendo las normas del Manual de Campo para el Atlas Geoquímico de Colombia propuesto por Prieto et al., 2000, el cual contempla un diseño aleatorio. Para este trabajo se dividirá el terreno en celdas de 10 X 10 km, tomando muestras de rocas y suelos según lo que se presente en el terreno. Después del reconocimiento en campo y de la valoración exploratoria realizada en el muestreo sistemático se seleccionaran cinco sitios de afloramientos de los suelos más representativos para estudiar a detalle, realizando un muestreo selectivo de cada horizonte del perfil del suelo. Los criterios con los cuales se llevará a cabo la elección son la variación taxonómica, el grado y la calidad de la exposición del perfil, la morfología, las propiedades y características

principales de los suelos, así como la vegetación y el uso actual para garantizar los registros mas completos tanto litológicos como pedológicos de los afloramientos. Durante las dos fases de muestreo se almacenaran las muestras teniendo especial cuidado para evitar al máximo la contaminación, garantizando resultados confiables.

- En cada uno de los sitiosseleccionados del muestreo selectivo se realizará el estudio de la morfología y descripción de los suelos, la cual está basada en las siguientes observaciones detalladas según Porta et. al (2008):
Morfología y organización interna del suelo: color, forma, textura,estructura, compacidad, consistencia, manchas, distribución de raíces, identificación de los horizontes del suelo, limite entre horizontes, espesores, profundidad del suelo, grietas.

Tercera etapa: Análisis de laboratorio. Para abordar el tema de alteración pos-depositacional del material parental y realizar una detallada caracterización del suelo se deben analizar (Porta, 2003; Jaramillo, 2002; Sierra, 2005):

- Propiedades físico-químicas: para determinar los parámetros edáficos que pueden contribuir en la capacidad de retención e inmovilización de elementos traza, condicionando la capacidad de carga del suelo se debe analizar: el pH, materia orgánica, carbonato cálcico equivalente, textura, % saturación de bases, sulfatos solubles en agua, C.I.C y cationes de cambio CICE, condiciones redox, óxidos e hidróxidos de Fe y Mn, carbonatos presentes y salinidad().
- Análisis mineralógicos:para identificar la mineralogía de la fracción arcillosase llevaran a cabo estudios a través de difracción de rayos X (Dixon J., et al. 1989)y para la mineralogía de la fracción gruesa se analizarán las muestras a través de microscopía petrográfica.
- Análisis geoquímicos: la determinación de la composición química de las muestras se realizará mediante Fluorescencia de rayos X.

- Adicionalmente para determinar las implicaciones toxicológicas del elemento Se en estos suelos, se analizan los contenidos totales a partir de la técnica ICP-MS (Cabañero, 2004).

Cuarta etapa. Trabajo de Oficina

- Análisis estadístico de los resultados obtenidos.
- A partir de la información obtenida se establecerán los modelos de distribución de suelos en el paisaje, las relaciones entre los distintos suelos y se determinaran los procesos formadores que han ocurrido al interior del suelo. De igual manera se establecerán las correlaciones entre los procesos de meteorización del material parental y la incidencia que los procesos pedológicos han tenido sobre estos materiales.
- En último lugar se lleva a cabo la elaboración del informe final.

3.6 BIBLIOGRAFÍA

- Cabañero, A. Acumulación-interacción de especies de mercurio y selenio en tejidos animales: desarrollo de nuevas metodologías de análisis. Madrid. Tesis doctoral Universidad Complutense de Madrid, 2005.
- Cabañero, A., Madrid, Y., Cámara, C. Selenium and mercury bioaccessibility in fish samples: an in vitro digestion method. En Science Direct, AnalyticaChimicaActa 526 (2004) 51- 61.
- CABRERA, et al. 1999. Contaminación con Se y Mo de los suelos y pastos de algunas zonas ganaderas del Municipio de Puerto Salgar (Cundinamarca) y sus posibles efectos en la población animal. Tesis pregrado Medicina y Veterinaria.
- Camps. LA PROBLEMÁTICA DEL SELENIO EN SUELOS CONTAMINADOS DEL ESTADO DE CALIFORNIA (E.E.U.U.). En EDAFOLOGÍA, Publicada por la Sociedad Española de la Ciencia del Suelo Volumen 8-2. Agosto 2001. pág 31-44.
- Čuvarđić, M.S. SELENIUM IN SOIL. En Proceedings for Natural Sciences,

MaticaSprska, Novi, N° 104, 23-37, 2003.

- Dixon, J., Weeds, S. Minerals in Soil Environments. Second Edition. Madison, Wisconsin, USA. Soil Science Society of America. 1989.
- Jaramillo, D.F. Introducción a la ciencia del suelo. Medellín. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, Sede Medellín. 2002.
- Jiménez, R.; Conde, P., Martín, J.A.; García, R. Niveles de fondo geoquímico e influencia del marco geológico en las concentraciones edafogeoquímicas de base de suelos seleccionados de Castilla-La Mancha. Estudios Geológicos, 66(1) enero-junio 2010, 123-130 p.
- Hetterlingh, J.P.; Downing, R.J. y de Smet, P.A.M. Mapping critical loads for Europe. CCE Technical Report n°1. Netherlands. 1991.
- INGEO MINAS. Mapa geológico del departamento de Cundinamarca escala 1:250.000. Memoria explicativa. 2002.
- Porta, J.; López-Acevedo, M.; Roquero, C. Edafología para la agricultura y el medio ambiente. 3a Edición. Mundi-Prensa. 2003
- Porta, J.; López-Acevedo, M.; Poch, R.M. Edafología para la agricultura y el medio ambiente. 3a Edición. Mundi-Prensa. 2008.
- Prieto, G., Espinosa, A. Manual de campo para el Atlas Geoquímico de Colombia. Instituto Colombiano de Geología y Minería (INGEO MINAS). 2009.
- Sierra Aragón, M. Niveles de metales pesados y elementos asociados en suelos de la provincia de Almería. Parámetros que los afectan y riesgos de contaminación. Editorial de la Universidad de Granada. 2005.
- USDA. Soil Taxonomy, A Basic System of Soil Classification for Making and Interpreting Soil Surveys. Second Edition, By Soil Survey Staff United States Department of Agriculture Agriculture Handbook Natural Resources Conservation Service Number 436. 1999.

4. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS BÁSICOS DE LA ORGANIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

4.1Cronograma general

ACTIVIDADES	MESES										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Revisión bibliográfica	x	x	x	x							
Trabajo de campo y muestreo		x	x								
Trabajo de laboratorio			x	x	x	x					
Análisis de resultados							x	x	x		
Elaboración del informe final										x	x

4.2 PRESUPUESTO

TABLAS DE PRESUPUESTO

Tabla 4.2.1 Presupuesto global de la propuesta por fuentes de financiación (en miles de \$).

RUBROS FINANCIABLES	FUENTES		TOTAL
	FODEIN	Contrapartida	
PERSONAL	5.000	26.400	31.400
EQUIPOS	1.260	0	1.260
SOFTWARE	0	0	0
MATERIALES	1.000	0	1.000
SALIDAS DE CAMPO	3.260	0	3.260
MATERIAL BIBLIOGRÁFICO	0	0	0
PUBLICACIONES Y PATENTES	0	0	0
SERVICIOS TÉCNICOS	4.120		4.120
VIAJES	5.360	0	5.360
TOTAL	20.000	26.400	46.400

Tabla 4.2.2 Descripción de los gastos de personal (en miles de \$).

Investigador	Formación	Función	Dedicación	Recursos	Total
--------------	-----------	---------	------------	----------	-------

	Académica	Dentro Del Proyecto	Horas / Semana	FODEIN	Contrapartida	
Catalina Sanchez Caballero	Ingeniera Geóloga, MSc en Geomorfología y Suelos	Dirigir y ejecutar el proyecto	20		26.400	26.400
Auxiliar	Estudiante de Ingeniería Ambiental	Apoyo en las etapas de levantamiento de información en campo y preparación de muestras para análisis de laboratorio	4	2.500		2.500
Auxiliar	Estudiante de Ingeniería Ambiental	Apoyo en las etapas de levantamiento de información en campo y preparación de muestras para análisis de laboratorio	4	2.500		2.500
				5.000	26.400	31.400
TOTAL						

Nota: Los estudiantes que participen como auxiliares, deben haber cursado la asignatura Soluciones Ambientales (15044), con habilidades para el manejo de base de datos, análisis estadísticos y Excel.

Tabla 4.2.3 Descripción de los equipos que se planea adquirir (en miles de \$).

Equipo	Justificación	Recursos		Total
		FODEIN	Contrapartida	
Barreno / Calador De Suelo	Equipo para muestreo de suelos	600		600
Martillo Geologico en Punta marca Estwing	Equipo para muestreo de suelos y análisis de rocaas	200		200
Carta USDA para Campo de Textura del Suelo	Equipo para análisis de suelos en campo	90		90
Tabla de colores Munsell	Equipo para análisis de suelos	300		300
Lupa de Bolsillo Coddington Bausch&Lomb	Equipo para análisis de suelos y rocas en campo	70		70
TOTAL		1460		1260

Tabla 4.2.4 Descripción y cuantificación de los equipos de uso propio (en miles de \$)

EQUIPO	VALOR
TOTAL	0

Tabla 4.2.5 Descripción del software que se planea adquirir (en miles de \$).

SOFTWARE	JUSTIFICACIÓN	RECURSOS		TOTAL
		FODEIN	Contrapartida	
TOTAL				\$0

Tabla 4.2.6 Descripción y justificación de los viajes (en miles de \$)

Lugar /No. De viajes	Justificación**	Pasajes (\$)	Estadía (\$)	Total días	Recursos		TOTAL
					FODEIN	Contrapartida	
Villela/8	Exploración y muestreo de suelos y rocas	150	300	8	3.600		3.600
Útica/8	Exploración y muestreo de suelos y rocas	70	150	8	1.760		1.760
1. TOTAL		220	450	16	5.360		5.360

Tabla 4.2.7 Valoración salidas de campo (en miles de \$)

Ítem	Costo unitario	#	TOTAL
Alquiler de vehículo	200	16	3200
Contratación Guía de la zona	30	2	60
TOTAL	230		3260

Tabla 4.2.8 Materiales y suministros (en miles de \$)

Materiales*	Justificación	Valor
Papelería (Fotocopias, impresiones mapas, marcadores, lapiceros, cinta) bolsas para muestreo	Material requerido para el muestreo y la elaboración de informes	1000
TOTAL		1000

Tabla 4.2.9 Bibliografía (en miles de \$)

Ítem	Justificación	Valor
TOTAL		0

Tabla 4.2.10 Servicios Técnicos (en miles de \$)

Tipo de servicio	Justificación	Valor
Análisis de muestras	Se requieren analizar químicamente y geoquímicamente las muestras colectadas en laboratorios especializados	4.120
TOTAL		

4.3Hojas de vida (CvLAC) y GrupLAC. Se deben anexar las hojas de vida de los participantes en el grupo de investigación, según formato CvLAC, así como el GrupLAC del grupo que soporta la propuesta de investigación.

4.4RESULTADOS Y PRODUCTOS ESPERADOS CON SUS POTENCIALES BENEFICIARIOS

Tabla4.4.1 Generación de nuevo conocimiento

Resultado/Producto esperado	Beneficiario
Determinar los niveles de concentración total de selenio en los horizontes superficiales del suelo	Comunidad académica, Alcaldía municipal de Villeta
Evaluar los efectos nocivos para el medio ambiente producidas por la contaminación de los suelos	Comunidad académica, Alcaldía municipal de Villeta
Divulgación de la información obtenida a la comunidad directamente afectada	Alcaldía municipal de Villeta, población en general

Tabla4.4.2 Fortalecimiento de la comunidad científica

Resultado/Producto esperado	Beneficiario
Caracterización de los perfiles de meteorización de los suelos desarrollados en la Formación Villeta	Comunidad académica
Caracterización de los perfiles edafogenéticos de los suelos desarrollados en la Formación Villeta	Comunidad académica

Tabla4.4.3 Apropiación social del conocimiento

Resultado/Producto esperado	Beneficiario
Caracterización de los perfiles de meteorización de los suelos desarrollados en la Formación Villeta	Comunidad académica
Caracterización de los perfiles edafogenéticos de los suelos desarrollados en la Formación Villeta	Comunidad académica
Determinar los niveles de concentración total de selenio en los horizontes superficiales del suelo	Comunidad académica, Alcaldía municipal de Villeta

Impactos esperados a partir del uso de los resultados: Los impactos esperados son una descripción de la posible incidencia del uso de los resultados del proyecto en función de la solución de los asuntos o problemas estratégicos, nacionales o globales, abordados. Generalmente se logran como resultado de la aplicación de los conocimientos o tecnologías generadas a través del desarrollo de una o varias líneas de investigación en las cuales se inscribe el proyecto. Los impactos se pueden agrupar en las siguientes categorías: sociales, económicos, ambientales, de productividad y competitividad. Para cada uno de los impactos esperados se deben identificar indicadores cualitativos o cuantitativos verificables así:

Tabla 4.4.4 Impactos esperados:

Impacto esperado	Plazo después de finalizado el proyecto: corto, mediano, largo	Supuestos
Prevención de enfermedades ocasionadas a partir de la toxicidad del Se	Largo plazo	Divulgación a la comunidad directamente afectada de los problemas relacionados con la contaminación de los suelos
Identificar los problemas de uso del suelo con miras a utilizarlos de una manera óptima	Mediano plazo	A partir de la elaboración de mapas temáticos que evidencien la problemática del uso del suelo

Los supuestos indican los acontecimientos, las condiciones o las decisiones, necesarias para que se logre el impacto esperado.