

APORTES DE LA GEOLOGÍA FORENSE EN LA INVESTIGACIÓN CRIMINAL EN COLOMBIA

Carlos Martín Molina Gallego.

Geólogo Forense, Sp, MSc

Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses - Universidad Nacional de Colombia

Correo: marmolgal@gmail.com

Molina Gallego, Carlos Martín (2014): *Aportes de la geología forense en la investigación criminal en Colombia*. GEOLOGÍA COLOMBIANA, Vol. 37, pp. 171-178.

Manuscrito recibido: 10 de julio de 2011; aceptado: 11 de mayo de 2014.

Resumen:

Los geólogos pueden aplicar sus conocimientos en el sistema judicial colombiano con el fin de dar respuesta a los interrogantes que de forma permanente tienen las autoridades para buscar esclarecer múltiples delitos que involucran elementos materia de prueba (EMP) de origen geológico, tales como suelos, minerales, rocas, gemas, materiales de construcción, fósiles y vidrios.

Las técnicas utilizadas para identificar y analizar los EMP son diversas, depende del objeto de estudio, por eso pueden ir desde difracción de rayos X (DRX), fluorescencia de rayos X (FRX), catodoluminiscencia, espectrometría de masas con plasma inductivamente acoplado (ICP-MS), microscopía electrónica de barrido (MEB-SEM) y difracción láser (DL), hasta imágenes de satélite y técnicas como radar de penetración del terreno (GPR), métodos geoeléctricos, inducción electromagnética, magnetometría y gravimetría.

El uso de la evidencia geológica en diligencias judiciales se registra desde mediados del siglo XIX. En Colombia se inicia a finales de 1995, y en el presente documento se ilustran 6 casos que buscan mostrar un panorama general de la utilidad del análisis de suelos, adherencia de material a un proyectil y a huesos humanos, estudio de piedras verdes y material de construcción; todo lo anterior como evidencias relacionadas con delitos de homicidio, estafa y secuestro, además de resolver inquietudes en el contexto de las exhumaciones que se realizan por la unidad de Justicia y Paz

Palabras Claves: Geología Forense, Investigación Criminal, Métodos de Análisis, Casuística, Iniciativa en Geología Forense.

Abstract:

Geologists can apply their knowledge in the Colombian judicial system in order to answer the questions that have permanently authorities to seek clarification crimes involving multiple items of evidence of geological origin, such as soils, minerals, rocks, gems, construction materials, fossil and glasses.

The techniques used to identify and analyze the evidence are diverse, depending on the object of study, so we can go from X-ray diffraction (XRD) , X-ray fluorescence (XRF), cathodoluminescence, mass spectrometry with inductively coupled plasma (ICP -MS) , scanning electron microscopy (SEM -SEM) and laser diffraction (LD) to satellite imagery and techniques such as ground penetrating radar (GPR), geoelectric methods, electromagnetic induction, magnetometry and gravimetry.

Using geological evidence in legal proceedings began in mid-nineteenth century. In Colombia begins in late 1995, and herein 6 cases that seek to show an overview of the usefulness of soil analysis, adherence to a projectile material and human bones, studio green stones and building materials are illustrated; all of

the above as evidence related to crimes of murder, fraud and kidnapping, as well as address concerns in the context of the exhumations carried out by the Justice and Peace Unit.

Key Words: Forensic Geology, Criminal Investigation, Analysis Methods, Case Studies, Initiative on Forensic Geology.

INTRODUCCIÓN

La problemática social de nuestros países latinos genera altos índices de delincuencia que requieren buscar soluciones; entre ellas se necesita el aporte de los geólogos para buscar la verdad que pide la sociedad cuando de aclarar crímenes se trata. De ahí, la geología como ciencia natural que estudia la dinámica interna y externa del planeta Tierra con todos sus procesos y transformaciones, ha permitido orientar y esclarecer delitos a través de informes periciales que brindan respaldo y apoyo al sistema judicial colombiano.

Entre los diversos elementos materia de prueba (EMP) de origen geológico que son posibles de usar dentro de una investigación judicial, se encuentran los suelos, minerales, rocas, gemas, materiales de construcción, fósiles y vidrios. Así mismo, adherencias inorgánicas también de tipo geológico en proyectiles, huesos, prendas y dientes. Otro aspecto es el estudio del subsuelo para la búsqueda de fosas, armas, estupefacientes y caletas, usando imágenes de satélite y técnicas como radar de penetración del terreno (GPR), métodos geoeléctricos, inducción electromagnética, magnetometría y gravimétrica.

Por eso, la importancia de hacer los informes a través de métodos validados que garanticen veracidad y objetividad por el perito, todo ello con el fin de buscar satisfacer los requerimientos de los fiscales y demás autoridades competentes, que en ocasiones pueden contar sólo con una prueba técnica.

Con este artículo se pretende mostrar la utilidad e importancia de la geología en la investigación criminal a través de la casuística, y por lo tanto, tener apoyo de las entidades del sistema judicial colombiano, de la academia y ONG's para la investigación y desarrollo de la geología forense.

ANTECEDENTES

En un ferrocarril en Prusia, en abril de 1856, un tonel que contenía monedas de plata llegó sin éstas a su destino final, a cambio, en su interior se encontró arena, por lo cual un científico del suelo adquirió muestras de ésta en las estaciones del tren a lo largo del trayecto recorrido,

y con un microscopio buscó relacionar el lugar donde sucedió el cambio de la mercancía por arena. Este es el primer caso que aparece documentado como comparación forense de suelos y fue de gran ayuda para la policía a resolver el delito (Fitzpatrick 2008).

Luego, en 1887 el médico y escritor irlandés Arthur Conan Doyle, a través de sus famosas historietas de ciencia ficción sobre Sherlock Holmes, muestra la relación que se puede hacer entre el suelo presente en la escena de un delito con el adherido a los zapatos del sospechoso. Posteriormente, el investigador Hans Gross publicó en 1893 un libro sobre varios temas de la criminalística, y escribió sobre la importancia que tendrían en un futuro las ciencias naturales para el esclarecimiento de diferentes delitos. (Murray & Tedow 1975 y Murray, 2011).

El primer caso de la geología forense sustentado en los estrados judiciales, se remonta al año de 1904, cuando en Alemania el científico forense George Popp resolvió un caso judicial diferenciando minerales y otros elementos encontrados en el suelo. Luego, en Francia hacia 1910, Edmond Locard instaló un Laboratorio para análisis forense de suelos. En América, las primeras investigaciones se inician en Estados Unidos hacia 1921 y el FBI crea su laboratorio de suelos y rocas en 1935 (Murray & Tedrow 1975 y Murray 2004).

En Colombia se comienza a introducir el tema de geología forense con una tesis de grado realizada en la Universidad Nacional de Colombia con el apoyo del Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses (Molina y Moreno 1995, Ballesteros et al. 1998, Molina 2008).

Al ser un tema nuevo en nuestro país, era necesario comenzar a desarrollar los diversos aspectos que dieran continuidad al iniciado. Es así como se ha realizado trabajos de investigación con tesistas de geología y química de la Universidad Nacional de Colombia sobre caracterización petrográfica y mineralógica de suelos de Ciudad Bolívar en Bogotá con fines forenses (Peña y Peña 1998, Molina et al. 2007), técnicas de análisis forense de suelos (Soto 2002, Soto et al. 2002, Reyes 2003, Reyes et al. 2006, Reyes et al. 2008), petrografía forense (Páez & Romero 2004, Páez et. al. 2004, Castellanos, 2006);

geología ambiental con fines forenses (Galeano 2004, Castellanos 2006). Igualmente, se caracterizaron suelos de la Comuna 4 de Armenia, con tesistas de química de la Universidad del Quindío (Cardona & López 2003). Un trabajo con estudiantes de Derecho de la Universidad Libre evaluó la utilidad y trascendencia de la geología forense en las investigaciones judiciales (Ariza & Martínez 2003). Así mismo, la importancia de la interdisciplinariedad fue destacada en la tesis de Especialización en Odontología Forense de la Universidad Javeriana de Bogotá, en la cual se miró el comportamiento del ácido desoxirribonucleico (ADN) pulpar en suelos ácidos y básicos (Aguilar et al. 2004).

Otra investigación metodológica importante fue evaluar el estudio elemental del suelo por medio de técnicas nucleares, trabajo realizado en el Instituto Colombiano de Geología y Minería (Ingeominas), como tesis de la Especialización en Investigación Criminal que ofrece la Escuela de Investigación Criminal de la Policía Nacional de Colombia (Rodríguez 2010, Rodríguez et al. 2010).

La búsqueda de nuevo conocimiento en Colombia para determinar el tiempo de muerte y proponer recolectar hongos como EMP en las investigaciones judiciales, también ha sido un trabajo interesante y pionero en nuestro país (Bedoya et al. 2012).

MÉTODOS DE LABORATORIO

Son múltiples las técnicas de análisis que se pueden usar en el laboratorio para el estudio geológico de los distintos EMP que algunas veces se recolectan en el lugar de los hechos materia de investigación por parte de las autoridades de la Policía Judicial.

Para los suelos es importante determinar el color con la Tabla Munsell, emplear el estereomicroscopio para la descripción de la muestra y extraer los elementos ajenos a la composición del suelo, como pueden ser fibras, vidrios, cabellos y/o pinturas. También usar microtamizadores para separar los distintos tamaños de partículas, determinar la esfericidad y redondez de las mismas, determinar el pH e identificar los minerales con el microscopio de luz polarizada (MLP) (e.g. Goin & Kirk 1947, Dudley 1976, Metro Dade Police Department 1988, Munsell Soil Color Chart 1994, Pye 2007, Murray 2011).

Para las fracciones más finas del suelo como arcilla y limo, o muy escasa muestra, se puede acudir al uso de difracción de rayos X (DRX), difracción láser (DL), fluorescencia de rayos X (FRX), catodoluminiscencia, espectrometría de masas con plasma inductivamente acoplado (ICP-MS) y microscopía electrónica de barrido

(MEB-SEM). Cuando se desea trabajar la parte orgánica del suelo, suele usarse el infrarrojo con transformadas de Fourier (FTIR) (Duque 1993, Jansen et al. 1983, Mukoyama et al. 1986, Murray (2011, Ritz et al. 2008, Ruffell & McKinley, 2008).

Algunas de estas técnicas también son útiles para el análisis de los otros EMP de origen geológico ya mencionados, así como para hacer análisis de aguas y también suelos en delitos ambientales.

En la búsqueda de fosas, caletas, armas y otros objetos enterrados en una investigación judicial, es importante el uso del radar de penetración del suelo (GPR), inducción electromagnética, gravimetría (Ruffell & McKinley, 2008; Pringle et al., 2012), conductividad (Pringle et al. 2010), resistividad (Pringle & Jervis. 2010).

Los métodos de análisis se escogen con base en la experiencia del geólogo, ya que depende del tipo de muestra y la cantidad disponible, para así mismo poder dar una conclusión que realmente pueda ser satisfactoria a las autoridades judiciales; a pesar de ello, en algunas ocasiones ésta es inconclusa, por cuanto sólo es posible hacer un análisis, y este por sí sólo no es concluyente, con esporádicas excepciones, una de ellas es que sí es útil para excluir uniprocedencia de las muestras que se están comparando.

CASUÍSTICA

La casuística es la esencia de la criminalística, por eso la importancia de buscar esclarecer la verdad empleando como uno de sus principales componentes el análisis de los EMP que nos permiten orientar o resolver una investigación judicial.

En el Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses de Colombia se presta el servicio de geología forense, allí se han realizado alrededor de 250 informes periciales. A continuación aparecerá un breve relato de algunos de esos casos, donde la conclusión dada en cada uno de ellos se enmarca en el contexto de una investigación macro, de tal forma que el resultado puede servir en una etapa inicial, media o final, dependiendo del objetivo de la investigación por parte de la autoridad judicial.

1. Despues de asesinar y abandonar en un potrero a sus dos compañeros de fechorías, los dos asesinos huyeron en un vehículo en el cual se estrellaron aproximadamente a 15 km de allí, y por lo tanto tuvieron que abandonarlo. Para aclarar los hechos sucedidos en el Departamento de Risaralda en el año 1996, se hizo análisis al suelo encontrado en

el tapete interno del vehículo, comparado con el recolectado en el lugar de los hechos, usando los métodos de observaciones al estereomicroscopio, color, identificación mineralógica por MLP, pH y MEB. Los resultados mostraron que ambas muestras tenían predominio de la fracción arena, sin carbonatos, mineral magnético limonita, presencia de cuarzo, plagioclásas, anfíbol, opacos, óxidos y arcillas, así mismo un pH 4.0-4.5. Por todo lo anterior, se concluyó que eran similares. Este resultado sirvió a la Fiscal para vincular a las 2 personas capturadas en el homicidio quienes finalmente reconocieron haber sido los victimarios (figura 1).



Figura 1. Suelos del tapete del carro y lugar de los hechos.

Figure 1. Soil mat car and scene.

2. En una necropsia realizada en el Departamento del Huila en 1997 fue extraído un proyectil, éste correspondía al arma de un sospechoso de acuerdo a un estudio inicial; sin embargo, surgieron inquietudes a la autoridad que solicitó estudio a biología, donde se dictaminó que no tenía ninguna adherencia de tipo orgánico, y en geología, que las adherencias de dicho proyectil eran partículas de suelo que contenían minerales de cuarzo y feldespato en una matriz arcillosa, así como la presencia de algunos óxidos, identificados con el estereomicroscopio y el MLP. El proyectil analizado en los 2 últimos laboratorios difícilmente pudo haber sido el encontrado en la víctima (figura 2)



Figura 2. Proyectil con adherencia de minerales. Caso de homicidio.

Figure 2. Mineral adhesion projectile. Murder case.

3. En el año 2004 en Bogotá se solicitó por parte de la Fiscalía identificar 7 piedras de color verde, con el fin de saber si eran o no esmeraldas. Se observó con el estereomicroscopio una clara unión de mala calidad entre la corona y el pabellón de cada una de ellas. También se apreció una mancha interior amorfa de extensión variada. Además, fueron rayadas fácilmente con una espátula de acero inoxidable, por lo tanto, su dureza era inferior a 6,5. Todo lo mencionado permitió concluir que las supuestas esmeraldas eran falsas, constituyéndose en un caso de estafa (figura 3).



Figura 3. Identificación de piedras verdes. Caso de estafa.

Figure 3. Identification of green stones. Fraud case.

4. El secuestro de 12 diputados del Valle del Cauca en la ciudad de Cali en el año 2002 tuvo gran impacto nacional, sin embargo, en el 2007 hubo más estupor cuando 11 de ellos aparecieron muertos. Se requería

saber si ellos habían sido asesinados en el mismo lugar selvático donde aparecieron sus cuerpos en fosas individuales, o en otra parte. Para eso, se compararon las adherencias de suelo encontradas en las bolsas donde fueron envueltos con las muestras patrón de las fosas donde aparecieron. En total se hicieron 30 cotejos entre 11 muestras, observando que las provenientes de las fosas son de aspecto arcilloso, mientras las desprendidas de las bolsas eran pequeños fragmentos de roca, a excepción de un suelo que tenía predominio de partículas tamaño arena. Por lo anterior, se pudo concluir que el lugar donde sucedió la masacre fue diferente al sitio donde debieron haber estado en cautiverio (figura 4).



Figura 4. Suelos para cotejo. Caso de secuestro y asesinato.

Figure 4. Soils for comparison. Kidnapping and murder case.

5. En un barrio popular al sur de Bogotá en el año 2009 la investigación del asesinato de una persona con trauma en el cráneo con elemento contundente, requería que se diera el informe geológico sobre 2 rocas que fueron recogidas en el lugar del homicidio para determinar si sus características y composición permitirían pensar que el impacto con éstas fue el que ocasionó el trauma y de ahí su muerte, de tal forma que se pudiera definir si hubo dolo o culpa en el homicidio. Los 2 fragmentos para estudio, tenían aspecto de hormigón, composición similar, presencia de material de grava de diferentes tamaños: la mayoría oscila entre diámetros de 1,5 a 3,5 centímetros, se encuentra en una matriz dura de carbonato de calcio, que es un compuesto químico presente en materiales calcáreos como los usados en construcción. Las medidas respectivas para la muestra 1 fueron 43 x 30 x 15 cm de alto, y su peso 31,1 kilos, y para la muestra 2 fue 38 x 14 x 13 cm de alto y su peso 14,5 kilos. Lo descrito permitió deducir que sí hubo intención por parte del victimario, es decir, dolo, lo cual, penalmente agrava la sentencia (figura 5).



Figura 5. Caracterización de roca para definir si pudo haber sido utilizada con dolo o culpa. Caso de homicidio.

Figure 5. Characterization of rock in order to determine whether it could have been used intentionally or not.
Murder case

6. En uno de los casos de exhumación de Justicia y Paz en el Departamento del Putumayo en el año 2010 fueron encontrados huesos con una mancha de color azul, motivo por el cual se requería identificarla y así asociar a la investigación que adelantan los antropólogos. Se procedió a raspar la adherencia azul y observó con el estereomicroscopio cristales fibrosos, que luego con microscopía de luz polarizada revelaron como principales características relieve alto, pleocroísmo, anisotropía y eran biaxico positivo. Luego se hizo análisis con fluorescencia de rayos X y microscopía electrónica de barrido, con lo cual se determinó como principal composición forfósforo y hierro. Así se pudo concluir que las adherencias encontradas son cristales de color azul en su gran mayoría y algunos pocos verdes, todos corresponden al mineral vivianita, que tiene como uno de sus varios orígenes el producirse en condiciones de oxidación en enterramientos enriquecidos con fósforo (P) y hierro (Fe) en suelo con bastante humedad. Aquí es importante la asociación con la hidroxiapatita que forma parte de la composición del hueso (Molina & Peláez, 2013) (figura 6).



Figura 6. Identificación de vivianita en hueso. Caso justicia y paz.

Figure 6. Identification of vivianite bone.
Case Justice and Peace.

CONCLUSIÓN

Los distintos casos que han requerido conocimiento geológico para contribuir al Sistema Judicial ilustran el importante papel que también pueden desempeñar los geólogos en aplicaciones no comunes, como es el campo forense en nuestro país, de tal forma que se puede hacer un aporte a solucionar en algo la problemática de impunidad que vive la sociedad.

ACTUALIDAD

Colombia pertenece al Comité Directivo de la “International Union of Geological Sciences - Initiative on Forensic Geology”, donde cumple el papel de “Officer for Latin America”. El grupo internacional tiene como uno de sus principales objetivos la difusión de la geología forense alrededor del mundo, para lo cual comenzó a escribir el libro “A Guide for Forensic Geology”.

También se han realizado capacitaciones en diferentes países, como en Holanda, Australia y Canadá en el año 2012 y en Rusia y Abu Dhabi en 2013, año en el cual además se llevó a cabo el ”II Seminario Iberoamericano de Geología Forense” en la Policía Federal de Brasil, que permitió darle continuidad al 1er Curso realizado en la Universidad Nacional de Colombia en el año 2009. El próximo Seminario se está organizando en Argentina.

RECOMENDACIÓN

Convocar a los funcionarios del Sistema Judicial Colombiano, en especial a quienes trabajan en derecho penal, a conocer e involucrarse con el uso y difusión de la geología forense, así como respaldar las investigaciones que se requieren para continuar el desarrollo de esta ciencia.

AGRADECIMIENTOS

Al Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses, Universidad Nacional de Colombia e International Union of Geological Sciences - Initiative on Forensic Geology”. Igual a dos revisores que han contribuido a mejorar el artículo.

REFERENCIAS

Aguilar, L. F, Bonilla, G. y Medin, J. (2004): “Extracción y análisis de ADN pulpar de dientes inhumados por un periodo de ocho meses en suelos naturales de Colombia, con pH de 3.6 a 8.0, y su aplicación con fines forenses”. Facultad de Odontología. Universidad Javeriana. Bogotá.

Ariza, P. A., y Martínez, M. V., (2003). “Características y aplicaciones de la geología forense como herramienta en las investigaciones judiciales a partir de una adecuada recolección, embalaje y solicitud del dictamen”. Centro de Investigaciones. Facultad de Derecho. Universidad Libre, Bogotá.

Ballesteros, M. I., Molina, C. M. y Moreno, J. (1998). “Estudio de Suelos con Fines Forenses por Análisis Físicos, Químicos, Mineralógicos y Granulométricos”. Revista Colombiana de Geología. Volumen 22.

Bedoya, María, Lineros, Johana, Parra, Diana y Rivera, Jennifer. (2012). “Determinación del intervalo post mortem (IPM) por medio de la micología forense”. Tesis Facultad Ciencias de la Salud. Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca, Bogotá???

Cardona, C. y López, N. (2003). “Caracterización parcial de suelos con fines forenses en La Comuna 4 de Armenia - Quindío”. Departamento de Química, Universidad del Quindío.

Castellanos, Y. (2006). “La piedra del delito”. Sección Ciencia. UN Periódico. Universidad Nacional de Colombia. Septiembre, Bogotá.

Dudley, R.J (1976). “A Simple method for determining the pH of small soil samples and its use in forensic science”. Journal of Forensic Science Society. Vol. 16 (1) 21-27.

Duque, H. (1993). “Curso práctico sobre el uso y aplicaciones de la Microscopía Electrónica de Barrido”. Ingeominas y Universidad Nacional de Colombia. Santafé de Bogotá. p. 1-48.

Fitzpatrick, R. (2008). “Nature, Distribution and Origin of Soil Materials in the Forensic.. Comparison of Soils”, Chapter 1: “Soil Analysis in Forensic Taphonomy: Chemical and Biological Effects of Buried Human Remains”. CRC Press.

Galeano, E. A. (2004). “Inundaciones en la cuenca del río Tunjuelo (Bogotá, Colombia), evidencias ambientales para la geología forense”. Tesis Departamento de Geociencias. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá.

Goin, L.J. & Kirk, P.L. (1947). “Application of microchemical techniques identity of soil samples”. American Journal of Police Science. Vol. 38, p. 257-281.

Janssen, D.W., Ruhf, W.A. & Prichard, W.W. (1983). “The Use of clay for soil comparisons”. Journal of Forensic Sciences. Vol. 28 (3) July. 773-776.

- Metro Dade Police Department. (1988). Standardized Analytical Procedures. Crime Laboratory Bureau. Soil Examination.
- Molina, C.M. ; Moreno, J. (1995). "Elaboración de un Modelo Comparativo de Suelos con Base en Análisis Físicos, Químicos y Sedimentológicos para su Aplicación en Geología forense". Trabajo de Grado. Departamento de Geociencias. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional de Colombia. 122 p.
- Molina, C.M, Mendoza, J., Peña, H. & Peña C., (2007). "Caracterización petrográfica y mineralógica de los suelos de un sector al SW de Ciudad Bolívar, en Bogotá, aplicada a la Geología Forense". Revista Colombiana de Geología. No 32. p. 69-76.
- Molina, C.M. (2008). "Historia y Desarrollo de la Geología Forense en Colombia". Asociación Colombiana para el Avance de la Ciencia Revista Innovación y Ciencia. Vol. XV. No. 4. p. 70-77.
- Molina, C.M y Peláez, J. (2013). "Reporte de un Caso de Coloración Azul- Verdoso por Procesos Diagenéticos en Restos Óseos Exhumados". Revista Colombiana de Medicina Legal y Ciencias Forenses. Vol. 1 (1), 81-84
- Mukoyama, H., Riderer, J., Sellier, K., Seta, S. Thatcher, P.J. y Thornton, J.I. (1986). "Forensic Science Progress". Berlin Heidelberg New York Tokyo . p. 1-35.
- Munsell Soil Color Charts. (1994). Revised edition. p.10, y 9 cartas de colores.
- Murray, R. (2011). "Evidence from the Earth. Forensic Geology and Criminal Investigation". Mountain Press. Missoula. 2da. Ed.
- Murray, R. 6 Tedrow, J. (1975). "Forensic Geology". Prentice Hall. New Jersey.
- Páez, N. & Romero, N. (2004). "Caracterización petrográfica de morteros, concretos y ladrillos más utilizados en la construcción de viviendas en Bogotá D.C., para su aplicación en geología forense". Departamento de Geociencias. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá
- Páez, N., Romero, N. y Molina, C.M (2004). Memorias "XI Simposio Internacional de Criminalística". Noviembre 6-8, Bogotá.
- Peña, C. F & Peña, Harold A. (1998). "Caracterización petrográfica y mineralógica de los suelos de un sector al sur de Ciudad Bolívar en Santa Fe de Bogota, D.C. aplicada a la geología forense". Tesis Departamento de Geociencias. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá.
- Pringle, J, Ruffell, A, Jervis, J., Donnelly, L, McKinley, J, Hansen, J, Morgan, R, Pirrie, D, Harrison, M. (2012). "The use of geoscience methods for terrestrial forensic searches". Earth-Science Reviews 114, 108-123
- Pringle, J.K., Cassella, J.P. & Jervis, J.R. (2010). Preliminary soilwater conductivity analysis to date clandestine burials of homicide victims. Forensic Science International 198, 126–133.
- Pringle J.K. & Jervis J. R. (2010). Electrical resistivity survey to search for a recent clandestine burial of a homicide victim, UK. Forensic Science International 202, 1-7.
- Pye, K. (2007). "Geological and Soil Evidence". "Forensic Applications" CRC Press. London. New York.
- Reyes, S.P. (2003). "Caracterización parcial de suelos con fines forenses de un sector de Ciudad Bolívar al sureste de Bogotá", Departamento de Química. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá
- Reyes, S., Molina C.M., Y Ballesteros, M.I. (2006). Poster: "Usefulness of Dendrogram on Forensic Geology". Geosciences in the Crime Scene. Sociedad Geológica de Londres, Diciembre.
- Reyes, S., MOLINA, C.M. & BALLESTEROS, M. I. (2008). "Caracterización parcial de suelos con fines forenses de un sector de Ciudad Bolívar al suroeste de Bogotá". Revista Científica. Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses. Vol. 21 (2).
- Ritz, K., Dawson, L. and Miller, D. (2008). "Criminal and Environmental Soil Forensics". Springer.
- Rodriguez, Y. (2010). "Uso de Técnicas Nucleares con fines de Investigación en Geoquímica Forense". Especialización en investigación Criminal. Policía Nacional de Colombia. Bogotá.
- Rodriguez, Y., Grant, C., Peña, M.L. y Molina, C.M (2010). "Uso de Técnicas Nucleares con fines de Investigación en Geoquímica Forense". Libro: Policía Nacional. Experiencias en Investigación Criminal III. Capítulo 2. P. 96-124.
- Ruffell, A. and McKinley, J. (2008). Geoforensics. Willey-Blackwell. 332 p.

Soto, H.J. (2002) "Aplicación de técnicas de análisis de suelos para su caracterización parcial con fines forenses en una zona de Ciudad Bolívar en Santafé de Bogotá D. C." Departamento de Química. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá.

Soto, J.; Ballesteros, M. I. y Molina, C. M. (2002). "Cuantificación de metales en suelos aplicando una metodología usada con fines forenses". Revista Colombiana de Química. Vol. 31. No. 2.