

RESIDUOS DE LA CONSTRUCCIÓN: UNA OPCIÓN PARA LA RECUPERACIÓN DE SUELOS

✉ ERICA MEJÍA RESTREPO¹

LAURA OSORNO BEDOYA²

NELSON WALTER OSORIO VEGA³

RESUMEN

La disposición final de residuos de la construcción y demolición (RCD) puede generar impactos ambientales negativos como la degradación y erosión de suelos, destrucción de la vegetación y pérdida de servicios ambientales. Los procesos de restauración buscan la integridad ecológica de estas zonas, lo cual incluye el reacondicionamiento físico, químico y biológico de estos terrenos degradados. El objetivo de este trabajo fue caracterizar química y mineralógicamente los RCD generados en la ciudad de Medellín y determinar su uso potencial en la biorremediación de suelos degradados por la minería. A través de las técnicas de difracción de rayos X y microscopía óptica de luz plana polarizada se ha encontrado en los RCD minerales tales como cuarzo, calcita, wallstonita, albita, anatasa, actinolita. Estos minerales al aplicarse a suelos degradados pueden mejorar las propiedades físicas de estos (aireación, infiltración), así como aportar nutrientes esenciales (Ca, Mg, Fe, Mn, Cu, Zn, Ni) o benéficos para las plantas (Na, Si, Cu). Los resultados obtenidos sugieren que los RCD tienen un alto potencial para ser usados en la bioremediación de terrenos degradados por minería.

PALABRAS CLAVE: residuos de la construcción; biorremediación; minería urbana.

CONSTRUCTION WASTE: AN OPTION FOR SOIL RECOVERY

ABSTRACT

The disposal of both construction and demolition waste (CDW) generate negative environmental impacts as soil degradation, erosion, vegetation damage and loss of ecosystem services. Restoration processes aim to reclaim ecological integrity of degraded areas from physical, chemical and even biological perspectives. Then, the aim of this study was to characterize the chemical, physical and mineralogical properties of the CDW generated in Medellin city to determine its potential use in degraded soil bioremediation. The CDW X-ray diffraction and optical microscopy (plane polarized light) showed minerals such quartz, calcite, wallstonite, albite, anatase, actinolite. These minerals could improve degraded mining soil physical properties (aeration and infiltration) as well as provide essential nutrients (Ca, Mg, Fe, Mn, Cu, Zn, Ni) or beneficial to plants (Na, Si). The results suggest that CDW has a high potential to be used in bioremediation of degraded mining soils.

KEYWORDS: Construction Waste; Bioremediation; Urban Mining.

¹ Ingeniera de Materiales y Metalurgia, Universidad de Antioquia. MSc. en Ingeniería con énfasis en Materiales y Procesos, Universidad de Antioquia. PhD. Biotecnología, Universidad Nacional de Colombia sede Medellín. Grupo GIIAM (Grupo de Investigación e Innovación Ambiental), Institución Educativa Pascual Bravo. Docente-Investigadora Universidad San Buenaventura, Medellín.

² Ingeniera biológica, Universidad Nacional de Colombia sede Medellín. MSc. en Ciencias con énfasis en Geomorfología y Suelos-Investigación, Universidad Nacional de Colombia sede Medellín. PhD. Biotecnología, Universidad Nacional de Colombia sede Medellín. Grupo GIIAM (Grupo de Investigación e Innovación Ambiental), Institución Educativa Pascual Bravo.

³ Ingeniero agrónomo, Universidad Nacional de Colombia sede Medellín. MSc. Agronomy an Soil Science, University of Hawaii. PhD. Agronomy and Soil Science, University of Hawaii. Grupo GIIAM (Grupo de Investigación e Innovación Ambiental), Institución Educativa Pascual Bravo.

✉ *Autor de correspondencia:* Mejía-Restrepo, E. (Erica). Carrera 56 C N. 51-110, Medellín.
Correo electrónico: erika.mejia@usbmed.edu.co

Historia del artículo:

Artículo recibido: 14-XI-2013 / Aprobado: 29-IX-2014

Disponibile online: 30 de octubre de 2014

Discusión abierta hasta diciembre de 2016

RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO: UMA OPÇÃO PARA A RECUPERAÇÃO DOS SOLOS

RESUMO

A disposição final de resíduos da construção e demolição (RCD) pode gerar impactos ambientais negativos como a degradação e erosão do solo, destruição da vegetação e perda de serviços ambientais. Os processos de restauração que procuram integridade ecológica destas áreas inclui o acondicionamento físico, químico e biológico dessas terras degradadas. O objetivo do presente trabalho foi caracterizar química e mineralogicamente os RCD gerados na cidade de Medellín e seu uso potencial na biorremediação de solos degradados pela mineração. Através das técnicas de difração de raios X e microscopia óptica de luz plana polarizadas tem se encontrado nos RCD minerais, tais como quartzo, calcite, wallostonita, albite, anatase, actinolite. Estes minerais ao serem aplicados aos solos degradados podem melhorar as propriedades físicas desses (aeração, infiltração) e fornecem nutrientes essenciais (Ca, Mg, Fe, Mn, Cu, Zn, Ni) ou benéficos para as plantas (Na, Si, Cu). Os resultados obtidos sugerem que a RCD tem um elevado potencial para uso em biorremediação de terrenos degradados pela mineração.

PALAVRAS-CHAVE: Resíduos de construção; Biorremediação; Mineira urbana.

1. INTRODUCCIÓN

La historia del hombre va acompañada de procesos de transformación de los paisajes naturales en busca de materia prima para la producción de materiales, que satisfagan sus necesidades básicas. Este proceso de transformación trae consigo la generación de residuos (Dos Santos, 2007). Los cuales han ido en aumento debido la acelerada explosión demográfica, desarrollo económico, poca o nula administración de los recursos naturales y mala gestión de los residuos. Trayendo consigo pocas áreas de disposición, altos costos de gestión y disposición en lugares que no están acondicionados para ello, lo cual ocurre particularmente en las grandes ciudades (Dos Santos, 2007).

Para el caso de Medellín y su área metropolitana (MAM) la materia prima usada en obras civiles se extrae al interior de la ciudad (Bedoya 2003). La obtención de este material para la construcción, genera daños ambientales (Ramírez, 2008), degradación y contaminación de suelos localizados en zonas mineras y aledañas (Idarraga, *et al.*, 2010). Además, una vez se agota la materia prima se dejan zonas mineras abandonadas con suelos degradados (Anefa, 2006). En consecuencia, no se permite su uso en recreación, paisajismo, cultura, captación y filtración de agua, retención de sedimentos, control de erosión, actividades silvícolas y otros servicios ambientales (Idarraga, *et al.*, 2010).

Así mismo, la disposición de los RCD (residuos de construcción y demolición) también se realiza dentro de la ciudad (Cárcamo y Camargo, 2009). Lamentablemente

la gestión de estos residuos en Medellín y su área metropolitana, se ha convertido en un problema, ya que estos, no solo llegan a escombreras (4600 t/día) y rellenos sanitarios legales (2400 t/día), sino que también van a parar a cursos de agua o zonas que no están acondicionadas para ello (3400 t/día). Desafortunadamente, en MAM sólo se recicla aproximadamente 9,6 % de los RCD (Serrano y Ferrerira, 2009).

Esta situación, unida a la acelerada demanda urbanística, el alto consumo de materiales y la generación de residuos producen un desarrollo insostenible en la ciudad (Bedoya, 2003). Por lo tanto, es necesario buscar soluciones tanto para mitigar los problemas generados en los suelos de minería, como para darle un uso a los RCD, mejorar su gestión y alcanzar un desarrollo sostenible.

Una alternativa para el uso de los RCD (residuos de construcción y demolición) consiste en emplearlos en suelos degradados por minería, con el fin de mejorar propiedades fisicoquímicas de los suelos degradados y generar aporte de nutrientes (Ca, Mg, K, entre otros). Éstos pueden incorporar alternativas económicas y ambientalmente más amigables que permitan gestionar los RCD (residuos de construcción y demolición) hacia la recuperación de suelos degradados, por minería (Medina, *et al.*, 2009). Al integrar estas estrategias se puede disminuir el impacto ambiental que se ha generado y mejorar la disposición de los RCD. Esta propuesta está de acuerdo con políticas estatales que buscan controlar los impactos

negativos de la industria minera y de sitios de disposición final de residuos (PDA, 2012-2015).

El objetivo de este trabajo fue caracterizar química y mineralógicamente los RCD (residuos de construcción y demolición) generados en MAM y determinar su uso potencial en la recuperación de suelos degradados por la minería urbana.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

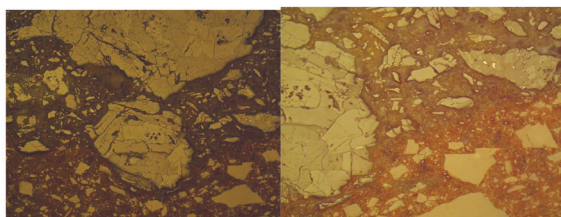
2.1. Caracterización de los RCDs

Las muestras fueron cedidas por la escombrera Conasfaltos (Medellín, Colombia) y fueron tomadas al azar. Se obtuvo una muestra compuesta de concreto, ladrillo y cemento. La muestra se secó a temperatura ambiente (28 °C) por 8 días. Posteriormente, se determinó el contenido de humedad mediante secado en estufa (105 °C por 24 h) y se determinó el contenido de máxima capacidad de retención de agua. Adicionalmente, se realizó un proceso de conminución y molienda. Luego fue molido en mortero de ágata y tamizado, para asegurar una distribución de tamaño de partícula pasante malla 200 según la serie de tamices Tyler.

2.2. Difracción de Rayos X (DRX)

El análisis se realizó empleando un Difractómetro de rayos X marca Panalytical Referencia X'Pert PRO MPD® con radiación de Cu de longitud de onda $\lambda_{K\alpha 1}=1,5406$ Å. polarizado con una potencia de 45 kV y 40 mA. Barrido con paso de 0,013° y 59s por paso y barrido continuo.

Figura 1. Microscopia óptica de luz plana polarizada para la muestra de RCD a 50X izquierda y 100X a la derecha



2.3. Análisis químico de elementos

2.3.1. Absorción Atómica (AA)

La concentración de Pb, Fe, Cu, Zn y Ni en solución fueron evaluados por absorción atómica, en un equipo AA Spectrometer S Series Thermo Electron Corporation®. Compararlo y agregar información adicional de análisis de RCD (residuos de construcción y demolición) en el laboratorio de suelos.

2.3.2. Fluorescencia de rayos X

Se midió en un equipo de fluorescencia de rayos X en energía dispersiva, excitación directa en 2D. Marca PANalytical®, MinPal 2®, tubo de irradiación de cromo 9w (30KW, 1 mA), detector Si-PIN, cambiador de muestra de 12 posiciones, 100-240V, 45-65HZ.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La caracterización química y mineralógica de RCD (residuos de construcción y demolición) permite la determinación de aquellos elementos que pueden ser potencialmente usados en la biorremediación de suelos degradados por minería urbana. El porcentaje de humedad de la muestra fue de 1,42 % y la máxima capacidad de retención de agua los valores fueron de 53 %, lo que indica que los RCD (residuos de construcción y demolición) en suelos degradados, pueden mejorar la capacidad de retención de agua, característica que pierden los suelos degradados por minería.

Con el fin de caracterizar diversos tipos de minerales contenidos en los RCD (residuos de construcción y demolición) se realizó MOLP. En la **Figura 1**. Se puede ver las micrografías, tomadas a 50X y 100X, en las que se encontró cuarzo y minerales arcillosos como minerales constituyentes. Así, como carbonatos de calcio y magnesio y óxidos de hierro y aluminio en menos cantidad como lo observado por Calvo (2006).

El DRX se utilizó con el fin de corroborar las fases minerales cristalinas presentes en RCD (residuos de construcción y demolición). En el **Figura 2**, se puede observar que las fases minerales fueron: cuarzo, calcita, Feldespatos de sodio, wollastonita, anatasa, actinolita lo cual está de acuerdo con lo observado por otros autores (Bianchini, *et al.*, 2004; Limbachiya, *et al.*, 2007; Angulo, *et al.*, 2009; Lasso 2013; Rodríguez, *et al.*, 2013).

Figura 2. Difractograma de Rayos X para la muestra de RCD.
Donde Q: Cuarzo, C: calcita, F: feldespato y Wo: wollastonita

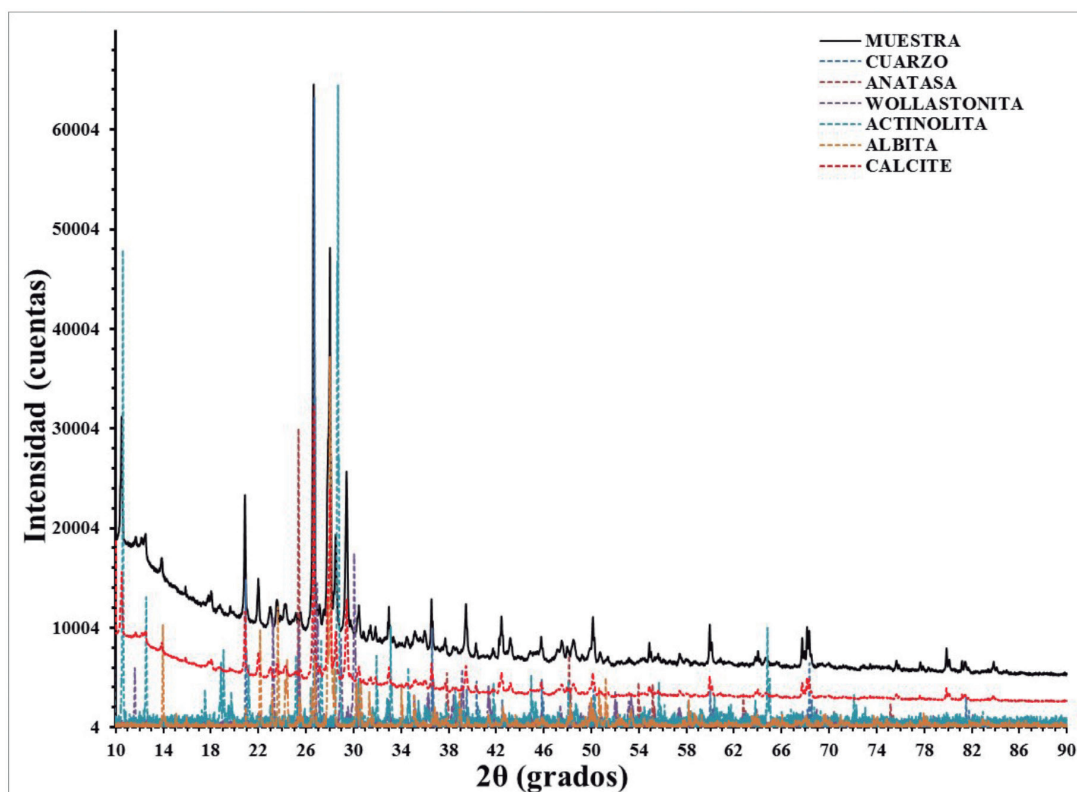


Tabla 1. Contenido de elementos menores

Muestra (ppm)	Cu	Fe	Pb	Zn	Ni
RCD	60	33700	170	230	90

En la **Tabla 1** se observan las cantidades de elementos traza. Donde todos los elementos se encuentran por debajo del nivel 2 o nivel C de Holanda, nivel por encima del cual se considera que los suelos deben ser tratados o biorremediados (NMHPPE, 1994; Serrano, *et al.*, 2007).

Es importante anotar que, los suelos degradados por la minería presentan graves problemas de compactación y

contaminación (Rossiter, *et al.*, 2003; Luna y Solé, 2013). De acuerdo a los resultados de DRX, AA y FRX, las muestras de RCD (residuos de construcción y demolición) presentan un gran porcentaje de cuarzo, el cual es un mineral inerte y útil para mejorar las propiedades físicas del suelo como: capacidad de retención de agua, aireación, infiltración y textura del suelo del suelo, lo cual concuerda con el trabajo realizados por Santos, 2007 y Lasso 2013 donde se encontró

que los RCD (residuos de construcción y demolición) con alto contenido de minerales inertes como el cuarzo, pueden ser usados en la fabricación de suelos reforzados ya que presenta un buen comportamiento mecánico.

Además, se evidencia la presencia de calcita, wollastonita, y anatasa, minerales que pueden mejorar las propiedades química del suelos (Lasso, *et al.*, 2013). Estos minerales pueden neutralizar el pH de suelos ácidos, como es el caso de la calcita y wollastonita (Castro y Gómez, 2010; Osorno y Osorno 2011). Además, de ser fuente de nutrientes esenciales como Ca, Mg, Mn y micronutrientes como Na, Al y Fe en el caso de los feldspatos y actinolita (Lora, 2010; Lasso, *et al.*, 2013). Sin embargo, dada la baja solubilidad de estos materiales (Ekstrom, 2001; Liu, *et al.*, 2014), se debe analizar la tasa de liberación de los nutrientes mediante la acidulación biológica o química de estos materiales (Mottershead, *et al.*, 2003; Osorno, 2013), la cual puede aumentar la disponibilidad de nutrientes y la porosidad en los minerales, permitiendo mayor aireación de suelo (Luna, *et al.*, 2013). De esta manera, las plantas establecidas en suelos degradados por minería urbana podrían crecer (Fassbender, 1986).

Aunque los RCD (residuos de construcción y demolición) pueden contener elementos trazas tóxicos para las plantas, estos se encuentran en cantidades tolerables para estas. Además, estos elementos son necesarios en pequeñas concentraciones para el desarrollo de muchos procesos bioquímicos de microorganismos del suelo y plantas (Gonzales, *et al.*, 2000). Adicionalmente, se debe realizar un estudio posterior de la biodisponibilidad de los mismos con el fin de determinar su toxicidad.

4. CONCLUSION

Los RCD (residuos de construcción y demolición) presentan un uso potencial en la bio-recuperación de suelos urbanos mineros degradados, ya que contienen elementos necesarios para la nutrición de las plantas y los microorganismo del suelo. Además, los carbonatos presentes pueden neutralizar los terrenos ácidos deteriorados.

Los elementos traza presentes se encuentran en niveles muy bajos y podrían beneficiar los procesos bioquímicos de las plantas y microorganismos.

Los minerales identificados están presentes como minerales primarios o secundarios en la fracción arcillosa del suelo por lo cual no afectaría la composición química

del mismo. Adicionalmente, se pueden reestablecer propiedades físicas como: capacidad de retención de agua, aireación e infiltración.

AGRADECIMIENTOS

Los autores manifiestan sus agradecimientos a la Universidad San Buenaventura, Institución Universitaria Pascual Bravo, a la Universidad Nacional de Colombia sede Medellín y al Programa Doctorado Nacionales de Colciencias convocatoria 567.

REFERENCIAS

- Anefa. (2006). Manual de restauración de minas a cielo abierto. Consejería de Turismo, Medio Ambiente y Política Territorial del Gobierno de La Rioja.
- Angulo, S. C.; Ulsen, C.; John, V. M., Kahn, H.; Cincotto, M. A. (2009). Chemical–Mineralogical Characterization of C&D Waste Recycled Aggregates from São Paulo, Brazil. *Waste Management*, 29(2), pp. 721-730.
- Becerra, M.L. (2012). Desastre minero ambiental. Diario El Tiempo, Colombia. Disponible en http://www.eltiempo.com/opinion/columnistas/manuelrodriguezbecerra/ARTICULO-WEB-NEW_NOTA_INTERIOR-10946241.html
- Bedoya C.M., (2003). El concreto reciclado con escombros como generador de hábitats urbanos sostenibles. Tesis Facultad de arquitectura Universidad Nacional para obrar al título de magister en Hábitat.
- Bianchini, G.; Marrocchino, E.; Tassinari, R.; & Vaccaro, C. (2005). Recycling of Construction and Demolition Waste Materials: A Chemical–Mineralogical Appraisal. *Waste Management*, 25(2), pp. 149-159.
- Cárcamo-Meola, G. V.; Camargo, S. (2009). Gestión interna de los residuos sólidos producidos en las obras de construcción de tipo urbanístico utilizando como herramienta tecnología de ayuda los sistemas de información geográfica (Doctoral dissertation).
- Castro, H.; Gómez, M. (2010). Fertilidad de suelos y fertilizantes. Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. Ciencia del suelo, principios básicos. pp. 77-137.
- Ekström, T. (2001). Leaching of concrete: experiments and modelling. Report TVBM 3090, 3090.

- Fang Yuan., Li-yi Shen, Qi-ming Li. (2011). Energy Analysis of the Recycling Options for Construction and Demolition Waste. *Waste Management*, 31, pp. 2503-2511
- Fassbender, H. (1986). Química de suelos. Con énfasis en suelos de América Latina. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. San José, Costa Rica. Primera edición.
- González, J.; Moreno, A.; Pérez, L.; Larrea, M.; Prieto, P.; De la Rosa, C.; Mosso, A. (2000). Nivel de contaminación en suelos por elementos traza. Impacto sobre las comunidades microbianas. *Edafología*. 7-3, pp. 47-54.
- Idárraga, F.; Muñoz, D.; Vélez, H. (2010). Conflictos socio ambientales por la extracción minera en Colombia. Merlín S.E.
- Lasso, P. R. O.; Vaz, C. M. P.; de Oliveira, C. R.; de Campos Bernardi, A. C. (2013). Caracterização de resíduos de construção e demolição reciclados (rcd-r) para utilização como corretivo da acidez do solo. III Simpósio internacional sobre Gerenciamento de Resíduos Agropecuários e Agroindustriais.
- Limbachiya, M. C.; Marrocchino, E.; Koulouris, A. (2007). Chemical–Mineralogical Characterisation of Coarse Recycled Concrete Aggregate. *Waste Management*, 27(2), pp. 201-208.
- Liu, J.; Xing, F.; Dong, B.; Ma, H.; Pan, D. (2014). Study on Surface Permeability of Concrete under Immersion. *Materials*, 7(2), pp. 876-886.
- Lora, R. (2010). Propiedades químicas del suelo. Sociedad Colombiana de la Ciencia del suelo. Ciencia del suelo, principios básicos. pp. 77-137.
- Luna-Ramos, L.; Solé-Benet, A. (2013). Erosión del suelo acentuada por un acolchado de gravilla en una ladera en restauración en canteras de Almería (sede España). XVII Conferencia de la Organización Internacional de la Conservación de Suelos: Sostenibilidad Ambiental a través de la Conservación de Suelos (ISCO).
- Mottershead, D.; Gorbushina, A.; Lucas, G.; Wright, J. (2003). The Influence of Marine Salts, Aspect and Microbes in the Weathering of Sandstone in Two Historic Structures. *Building and Environment*, 38(9), pp. 1193-1204.
- NMHPPE. (1994). Netherlands Ministry of Housing, Physical Planning and Environment. Leidschendam, Holanda.
- Osorno-Bedoya, L. (2013). Bio-acidulación de roca fosfórica bajo condiciones in vitro (Maestría dissertation, Universidad Nacional de Colombia sede Medellín)
- Osorno, H.; Osorno, B. L. (2011). Determinación de los requerimientos de cal. *Suelos Ecuatoriales* 41 (1), pp. 29-35.
- Ramírez, M.I. (2008). Sostenibilidad de la explotación de materiales de construcción en el valle de aburra. Universidad Nacional de Colombia. Tesis presentada para optar al título de Magister en Medio Ambiente y Desarrollo.
- Rodrigues, F.; Carvalho, M. T.; Evangelista, L.; de Brito, J. (2013). Physical–Chemical and Mineralogical Characterization Of fine Afrom Construction and Demolition Waste Recycling Plants. *Journal of Cleaner Production*, 52, pp. 438-445.
- Rossiter, D. G.; Burghardt, W. (2003). Classification of Urban & Industrial Soils in the World Reference Base for Soil Resources: Working Document. In _Second International Conference of the working group Soil of Urban, Industrial, Traffic and Mining Areas (SUITMA) of the International Union of Soil Science (IUSS), Nancy
- Santos, E. C. G. (2007). Aplicação de resíduos de construção e demolição reciclados (RCD-R) em estruturas de solo reforçado. São Carlos, SP, 168 f. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo, São Carlos. Orientador: prof. Dr. Orencio Monje Vilar.
- Serrano G.; Ferreira, S. (2009). Aprovechamiento de Escombros para la producción de concreto. II Simposio Iberoamericano de Ingeniería de Residuos. Barranquilla, 24 y 25 de septiembre de 2009.

**PARA CITAR ESTE ARTÍCULO /
TO REFERENCE THIS ARTICLE /
PARA CITAR ESTE ARTIGO /**

Mejía-Restrepo, E.; Osorno-Bedoya, L.; Osorio-Vega, N.W. (2015). Residuos de la construcción: una opción para la recuperación de suelos. *Revista EIA*, 12(E2) junio, pp. E55-E60. [Online]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.14508/reia.2015.12.E2.55-60>.