1. **Introducción**

Dado el aumento de concentración de CO2 atmosférico por actividades antrópicas como la quema de combustibles fósiles, deforestación, cambios en el uso del suelo…, ( (CITAS!!!), y sus consecuencias climáticas, (CITAS) se han tomado medidas

El C terrestre se almacena en la biomasa de las plantas a través de la vegetación; en el suelo a través de la descomposición de restos orgánicos y en forma de carbonatos, a través de la alteración mineral. En estos dos compartimentos encontramos \_\_ del carbono; junto con los océanos \_\_\_ atmosfera\_\_\_ y combustibles fósiles se forman los 5 reservorios de C de la tierra. (Lal, 2008)

Así, almacenar o secuestrar carbono atmosférico en otro compartimento, con acciones como la reforestación o la restauración de suelos, se incluyen en tratados europeos como el Protocolo de Kyoto y el Acuerdo de París sobre gestión de emisiones de CO2.

La restauración de áreas minas y otras zonas que hayan sufrido una fuerte degradación podría suponer un secuestro de C de 0.3-1th-1año-1 (*Lal, 2001*). Se han llevado a cabo proyectos de restauración minera con tecnosoles (Monterroso et al., 1998), suelos artificiales elaborados a partir de mezclas de materiales (naturales, artificiales, residuos) y que imitan las propiedades de los suelos naturales (*Macías-García, 2006*). Las plantas fijan CO2 atmosférico a través de la fotosíntesis y lo almacenan en su biomasa; en suelo encontramos una reserva de carbono inorgánico en la que aparecen los carbonatos formados a partir de la alteración mineral por el CO2, y una reserva de carbono orgánico que llega de la descomposición de restos vegetales y animales; la fracción orgánica se almacena como diferentes formas de C con distintos grados de estabilidad. Las formas más lábiles son el C de la biomasa y el C soluble que pronto se oxidan por mineralización, el C mas estable aparece humificado (unido a elementos y/o minerales) (extraíble con pirofosfato) y el C oxidable, el más estable. (*Macias 2005*)

En la restauración de la mina de lignitos de As Pontes se estimó una fijación media de al menos 1t C por ha por año que, en 20 años significarían más de 100.000 t de CO2, siendo más intensa los primeros años, pero continuando los años posteriores. (*Macias, 2005*).

**Lal,R., (2008). Carbon sequestration. Phlosophical transictions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences 363,815-30. Doi:10.1098/rstb.2007.2185**

**Lal, R., 2001. Soil Degradation by erosión. Land Degradation & Development 12, 519-539. doi:10.1002/ldr.472**

**Macías-García, F., 2006. Elaboración de Suelos derivados de residuos con diferentes aplicaciones ambientales. DEA. Medio Ambiente y Recursos Naturales. Universidad de Santiago de Compostela. Santiago de Compostela: s.n.**

**Macías et al. 2005. Alternativas de secuestro de carbono orgánico en suelos y biomasa de Galicia. IBADER. Recursos Rurais. Issue 1, pp.71-85**

**Monterroso, C., Macías, F., Gil Bueno, A. & Val, C., 1998. Evaluation of the land reclamation project at the As Pontes Mine (NW Spain) in relation to the suitability of the soil for plant growth.. Land Degradations & Development, Issue 9, pp. 441-451.**

1. Objetivo general de mi TFM.

En la misma línea, se realizará un análisis del contenido de carbono almacenado en el compartimento edáfico y biótico de dos zonas mineras (Minas de cobre de Touro, NO España y Säo Domingo, SE Portugal) restauradas con tecnosoles y se proyectará en el tiempo para analizar el potencial de sumidero de CO2 de las áreas.

1. Hipótesis de trabajo (en su caso) y objetivos específicos.

Analizar el stock de carbono en la vegetación arbórea y no arbórea, hojarasca y suelo en diferentes escenarios temporales y climáticos para determinar cuál es el alcance del sumidero de carbono, su tendencia y los procesos por los que puede estar influenciado (temperatura, precipitaciones, topografía…). Finalmente se hará una proyección del potencial de secuestro de carbono que aporta la restauración de suelos fuertemente degradados, además de la recuperación de la funcionalidad del ecosistema.

1. Metodología.

*Área de estudio*

El área de estudio será la Mina de cobre de Touro, de 600ha, está localizada entre los ayuntamientos de O Pino y Touro, a 20km de Santiago de Compostela (Galicia). Fue explotada para la extracción de cobre a partir de calcopirita en las cortas de Bamas, Brandelo, Ariteiros y Vieiro. Tras la explotación, el área carecía de vegetación ni suelo y contaminada por sulfuros metálicos.

Mina de cobre de Touro (Galicia)

* Climatología.
* Topografía (tipo de suelo?, características del tecnosol?
* Dimensión
* Tipo de vegetación

*Diseño experimental*

Cada ubicación representa un escenario climático, en la mina de Touro la fijación de C se dio en condiciones de clima templado y en la mina de Säo Paulo, mediterráneo. Cada área se estratifica en 3 marcos temporales en función del tiempo transcurrido desde que se inició la restauración

1. t=1 🡪 tiempo menor desde la restauración.
2. t=2 🡪 tiempo intermedio desde la restauración
3. t=3 🡪 tiempo alto desde la restauración en cada zona.

Análisis de carbono en el suelo.

En cada escenario temporal y climático se recoge una muestra de suelo a 0-5cm (hay más estudios q analizan esta profundidad), 5-20cm (llego hasta los20 cm de capa arable) y a partir de 20cm (como es variable puede interesar verlo en puntos fijos). Estas se tamizan (fracción mayor >2mm y fracción menor <2mm) se secan y se homogenizan para los análisis bioquímicos. La fracción menor se caracterizará para tamaño de partícula por tamizado y por sedimentación pipeta-Robinson. Se determinará también la densidad aparente por el método de **Blake y Hartge (1986**) mediante la extracción de un volumen de suelo con un tubo cilíndrico de dimensiones conocidas.

Las muestras se tamizan eliminando las gravas (fracción mayor >2mm) y se caracteriza el tamaño de partícula por tamizado y **sedimentación pipeta-Robinson**.

La densidad se calcula como el peso seco menos el peso de las gravas entre el volumen del cilindro (Throop et al (2012)).

Para la determinación del C total, C orgánico total y C inorgánico total, se molerán las muestras y se analizarán siguiendo los siguientes métodos:

* Análisis por combustión con un analizador LECO para obtener el C total (Aran, 2021)
* Extracción por pirofosfato: C humificado (formando complejos minerales con el suelo ) Macias 2005)
* Oxidación con dicromato en medio ácido (C orgánico total) (La diferencia en Ct y Ch son las formas de C lentamente oxidables) (Macias 2005)
* Ataque ácido con HCL (C inorgánico total). (referencia) (no hace falta xq ya tengo la diferencia, solo me da la presencia de carbonatos enton no me es útil)

Arán, D., Santos, E.S., Abreu, M.M. *et al.* Use of combined tools for effectiveness evaluation of tailings rehabilitated with designed Technosol. *Environ Geochem Health* **44**, 1857–1873 (2022). <https://doi.org/10.1007/s10653-021-01118-3>

Macías et al. 2005. Alternativas de secuestro de carbono orgánico en suelos y biomasa de Galicia. IBADER. Recursos Rurais. Issue 1, pp.71-85

El carbono orgánico por hectárea de suelo (COS, MgC/ha) se calcula como COS=CO(%) x densidad aparente (DA, Mg/m3) x profundidad. (USDA)

Análisis de carbono en la vegetación. (referencias)

Se establece 1 parcela aleatoria de 20x20x20 en cada escenario temporal y climático en la que se analizará en stock de carbono en vegetación de gran porte mediante métodos indirectos tomando en campo los datos correspondientes a diámetro a la altura del pecho (dap, cm) y altura total del árbol (Ht, cm). Con ecuaciones alométricas (en función de la especie) obtengo la biomasa arbórea, a través de la que se calculará el C biomas h-1 como ΔCBA = (BA \* CF) Ba: biomasa arbórea sobre el suelo. CF: fracción de carbono; valor estándar del IPCC para CF=0,5; stock de carbono en vegetación de pequeño porte cortando la vegetación que caiga dentro de la parcela y recogiendo la muestra para análisis en laboratorio; stock de carbono en la hojarasca recogiendo los restos vegetales que caigan en la parcela. Se pesan las muestras recogidas húmedas y secas. Las muestras serán molidas y tamizadas en el laboratorio y se analizará el contenido total de C mediante combustión con analizador LECO. (FAO, 1997)

*Análisis de datos.*

Estadística descriptiva con test de comparación de medias:

* Diferencias significativas en contenido en carbono para las distintas ubicaciones.
* Diferencias significativas en contenido de carbono para los distintos tiempos desde la restauración.
* Diferencias entre la distribución de las diferentes formas de C.

Análisis multivariante: correlación entre las distintas variables (tipo de suelo (granulometría, densidad), profundidad, tiempos y ubicaciones) y los contenidos en carbono.

Modelos de proyección (Ex --ante): estimar el potencial de secuestro de carbono que tienen las áreas estudiadas.