

Propuesta Trabajo Fin de Titulación en Cooperación Internacional para el Desarrollo Sostenible (TFT-CIDS)

PUESTO Nº: **07**

1.- TÍTULO TFT-CIDS

Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) procedentes de suelos cafetaleros de Jaén, Perú.

2.- LUGAR DE DESARROLLO / FECHAS

Perú

Duración: 2 meses

Fechas: septiembre-octubre 2022

3.- INSTITUCIÓN DE ACOGIDA DEL ESTUDIANTE

Universidad Nacional de Jaén (Perú)

4.- TUTOR EN LA UPM

Nombre: Margarita Ruiz Ramos

5.- OBJETIVOS GENERAL Y ESPECÍFICOS DEL TFT-CIDS

Objetivo general:

- Determinar las Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) procedentes de suelos cafetaleros fertilizados con tres fuentes nitrogenadas en Jaén, Perú.

Objetivos específicos:

- Determinar la influencia de las condiciones edafoclimáticas en las emisiones de N₂O, CH₄, CO₂.
- Calcular el factor de emisión de N₂O en función de distintas fuentes nitrogenadas.
- Evaluar el efecto de la aplicación de fertilizantes nitrogenados sobre las emisiones de GEI.

6.- CONTEXTUALIZACIÓN DEL TFG-CIDS

Explicar el contexto general en el que se inserta el TFT-CIDS. Pertinencia del TFT-CIDS en la actuación global

Con el fin de incrementar la producción de café se aplican fertilizantes nitrogenados (N) cuyas dosis varían entre 150 a 400 kg N ha⁻¹ año⁻¹ (Cannavo *et al.*, 2013; Salamanca-Jimenez *et al.*, 2017); siendo la urea la fuente más común por su alto contenido de N (46%) y bajo precio. La cantidad de este fertilizante aplicado en la etapa vegetativa varía de 100 a 125 g de urea/planta, lo que equivale a tasas de hasta 600 kg de urea ha⁻¹ para plantaciones con densidades de 10 000 plantas ha⁻¹ (Sadeghian, 2008). Estas cantidades de fertilizante N aplicadas al café, contribuyen al aumento de la huella de carbono (C) de la industria al aumentar las emisiones de N₂O del suelo

(Noponen *et al.*, 2012) y las emisiones de GEI asociadas al uso de insumos y operaciones de cultivo.

El uso de fertilizantes nitrogenados está ligado con procesos de eutrofización de los cuerpos de agua a través de la lixiviación de nitratos (NO_3^-) y con mayores emisiones de N_2O (Carpenter *et al.*, 1998), este último, es un GEI cuyo potencial de calentamiento global es 298 veces superior al del CO_2 (Myhre *et al.*, 2013). Al menos el 30% del N aplicado en el cultivo de café se puede perder por volatilización en forma de amoníaco (NH_3) cuando el N se aplica en forma de urea o estiércoles. Esta pérdida tan significativa de N genera preocupaciones ambientales o económicas como la acidificación del suelo, eutrofización, emisiones indirectas de N_2O tras su deposición o la pérdida de N volatilizado (Sanz-Cobena *et al.*, 2014), lo cual provoca impactos que amenazan la sostenibilidad y el sustento del productor cafetalero (Salamanca-Jimenez *et al.*, 2017). Es fundamental, por tanto, un adecuado manejo del cultivo, especialmente de la fertilización, para optimizar el aprovechamiento del N y reducir las pérdidas hacia las aguas o la atmósfera.

La investigación permitirá obtener datos científicos actualizados y reales sobre los GEI generados por uno de los principales cultivos del Perú, con esta base informativa se promoverá implementar medidas de mitigación más sostenibles para la producción de este cultivo y de los diversos cultivos que se desarrollan en la región y en todo el país, con el fin de que obtenga un incremento potencial en la productividad del café aplicando nuevas tecnologías verdes amigables con el medio ambiente. Así se promoverá mejoras en los niveles socioeconómicos y una mejor calidad de vida de las familias directamente involucradas. También se impulsará la formación de nuevos talentos en investigación científica en la temática del cambio climático, siendo éste un tema amplio y de importancia que involucra a todas las ramas de la ciencia y a la población global.

Sumado a lo expuesto, la carencia de investigaciones en Perú (Jaén) interesadas en las emisiones de GEI en cultivos de café, da lugar al desarrollo de investigación, siendo pionera en Perú en este campo.

7.- DESCRIPCIÓN DEL TFG-CIDS

Describir el TFG-CIDS claramente: Metodología, actividades y resultados esperados. Aporte de soluciones técnicas y tecnológicas apropiadas a las condiciones existentes.

Metodología:

- **Muestreo y medidas de emisiones de GEI**

Los flujos de GEI se medirán por un periodo de cuatro meses, con el uso de la técnica de cámara estática como se describe en Guardia *et al.* (2016). Se colocará una cámara (diámetro 35.6 cm, altura 19.3 cm) en cada unidad experimental y se cerrará durante 45 minutos, la muestra de gas (20 mL) se colectará a los 0 minutos (al momento de cerrar la cámara) y 45 minutos (antes de

abrir la cámara). Se tomarán muestras de GEI dos-tres veces por semana durante los primeros 30 días después de fertilizar, luego la frecuencia disminuirá progresivamente (mínimo una vez cada 15 días).

Las muestras gaseosas serán trasladadas/enviadas de Perú a España. Se analizarán en el laboratorio de Química y Tecnología de Alimentos, de la Universidad Politécnica de Madrid, España; a través de cromatografía de gases utilizando un cromatógrafo de gases HP-6890 equipado con un detector de captura de electrones de Ni^{63} (Micro-ECD) para analizar N_2O y un detector de ionización de llama con metanizador (FID) CO_2 y CH_4 , tal y como se detalla en Sanz-Cobena *et al.* (2014).

- **Análisis de suelos y datos meteorológicos**

Se coleccionarán muestras de suelo de cada subparcela a profundidades de 0-7.5 cm, 7.5-15 cm y 15-30 cm, se secarán al aire y se tamizarán para determinar las propiedades fisicoquímicas básicas (C orgánico, pH, textura, contenido inicial de N mineral) según métodos convencionales (Nelson y Sommers, 1996), incluyendo densidad aparente (Grossman y Reinsch, 2002). Con el fin de evaluar la relación entre las emisiones gaseosas con las propiedades del suelo, se coleccionarán muestras de suelo (constituidas por tres submuestras en cada unidad experimental) de 0 a 10 cm de profundidad en todas las ocasiones de muestreo de gas, esto servirá para determinar la humedad de suelo (por secado a 105 °C) en todos los muestreos de suelo, y N mineral (NH_4^+ y NO_3^-). El espacio poroso lleno de agua (WFPS), se calculará dividiendo el contenido volumétrico de agua por la porosidad total del suelo. La porosidad total del suelo se calculará de acuerdo con la siguiente relación: porosidad del suelo = $((1 - (\text{densidad aparente del suelo}/2.65)))$, asumiendo una densidad de partículas de 2.65 g cm^{-3} .

Los datos de precipitación y temperatura del aire por hora serán obtenidos de una estación meteorológica ubicada en la parcela de ensayo.

- **Cálculo del factor de emisión (FE) de N_2O**

El factor de emisión de N_2O se calculará a través de la ecuación siguiente (Kim *et al.*, 2017a).

$$\text{FE} = F_t - F_c / N_a$$

Donde:

F_t = es el flujo acumulado de N_2O ($\text{kg N}_2\text{O-N ha}^{-1}$) de la parcela tratada con urea

F_c = es el flujo acumulado de N_2O ($\text{kg N}_2\text{O-N ha}^{-1}$) de la parcela control

N_a = es el nivel de N aplicado en kg ha^{-1} .

- **Diseño metodológico**

La presente investigación es de tipo experimental, analítica, explicativa, longitudinal e hipotético - deductiva. De acuerdo con el grado de manipulación de las variables la presente investigación es experimental ya que replica un fenómeno donde las variables son manipuladas (tipo de fertilización), el fenómeno a estudiar es medido a través de grupos de estudio y control, y según los lineamientos del método científico. Según el análisis de los resultados es un estudio

analítico ya que profundizan más en el estudio, planteando pruebas de hipótesis y buscando determinar el fertilizante que emita menos emisiones de GEI, según el nivel de profundización se trata de una investigación explicativa ya que con los resultados se establecerán relaciones de causa y efecto que permitan hacer generalizaciones que puedan extenderse a realidades similares sobre las emisiones de GEI en suelos cafetaleros. Es del tipo hipotético – deductivo ya que se basa en la observación de la realidad con el fin de crear una hipótesis para luego aplicar una deducción y obtener una conclusión.

- **Diseño muestral**

Se aplicará un diseño de bloques completos al azar, cuatro tratamientos y tres repeticiones por cada tratamiento, lo que resulta en 12 unidades experimentales (4 tratamientos x 3 repeticiones), cada unidad experimental constará de 5 m x 8 m (40 m²).

- **Diseño de experimento:** bloques completos al azar con tres repeticiones.
- **Factor:** fertilización; 1. Sin fertilizar, 2. Fertilización orgánica, 3. Fertilización convencional, 4. Fertilización convencional + DMPP.

Tabla 1

Dosis de N (kg/ha) y otros macros o mesonutrientes a ser aplicados durante el ensayo

Tratamiento	Dosis (Kg N ha ⁻¹)	Producto	Cantidad (Kg ha ⁻¹)	Composición (%)						Dosis de producto (g planta año ⁻¹)
				N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	SO ₄	
T1: Sin fertilizar	0	-		0	0	0	0	0	0	0
T2: Fertilización orgánica	250	Guano de islas	2080	12	9	2.5	9	0	0	416
T3: Fertilización sintética	250	Urea	543	46	0	0	0	0	0	149
		Sulfato de potasio y magnesio	100	0	0	11	0	9	11	
		Sulfato de potasio	50	0	0	50	0	0	18	

		Roca fosfórica	50	0	20	0	26	0	0	
T4: Fertilización sintética + DMPP	250	Urea + DMPP	960	2	0	0	0	0	0	232
		Sulfato de potasio y magnesio	100	0	0	11	0	9	11	
		Sulfato de potasio	50	0	0	50	0	0	18	
		Roca fosfórica	50	0	20	0	26	0	0	

- **Técnicas de recolección de datos**

Para la recolección de datos se utilizarán las siguientes técnicas de evaluación e instrumentales.

Evaluación: Los datos de las emisiones de GEI serán colectados utilizando la técnica de cámara estática como se describe en Guardia *et al.* (2016). Se colocará una cámara (diámetro 35.6 cm, altura 19.3 cm) en cada unidad experimental y se cerrará durante 145 minutos. Se tomarán muestras de GEI dos-tres veces por semana durante los primeros 30 días después de fertilizar, luego la frecuencia disminuirá progresivamente (mínimo una vez cada 15 días). Para minimizar los efectos de la variación diaria de las emisiones, se tomarán muestras a la misma hora del día (10 a 12 a.m.).

Instrumentos: Los datos de las emisiones de GEI se analizarán a través de cromatografía de gases utilizando un cromatógrafo de gases HP-6890 equipado con un detector de captura de electrones de 63 Ni (Micro-ECD) para analizar N₂O y un detector de ionización de llama con metanizador (FID) CO₂ y CH₄.

Los datos referentes al C orgánico, pH, textura, contenido de N mineral del suelo, serán procesados a través de métodos convencionales (Nelson y Sommers, 1996), incluyendo densidad aparente (Grossman y Reinsch, 2002).

Los datos de precipitación y temperatura del aire por hora serán obtenidos de una estación meteorológica ubicada en la parcela de ensayo.

- **Técnicas estadísticas para el procesamiento de los datos**

Para el procesamiento de los datos se utilizará el software R – Project. Se verificará la homogeneidad de la varianza (Levene) y la distribución normal de los datos (Shapiro-Wilk) y los datos se transformarán logarítmicamente cuando no se cumplan estos supuestos. Se realizará un análisis de varianza teniendo en cuenta el diseño experimental, es decir, los efectos “Bloque”

y “Fertilizante” se incluirán en el modelo lineal. Se realizarán análisis de contraste ortogonal para comparar los diferentes tratamientos (1. Sin fertilizar, 2. Fertilización orgánica, 3. Fertilización convencional, 4. Fertilización convencional + DMPP) a un nivel de significancia $P < 0.05$. Los valores de cada contraste se obtendrán mediante la distribución t de Student con grados de libertad iguales a los del modelo residual. También se realizarán análisis de correlación lineal entre parámetros del suelo, temperatura y flujos gaseosos (previamente comprobando la distribución normal de los datos). Se realizarán dos tipos de análisis: i) utilizando los valores promedio en cada evento de muestreo ($n =$ número de días de muestreo); y ii) usando los valores promedio o acumulados a lo largo del experimento ($n =$ número de unidades experimentales).

Resultados esperados:

- Las condiciones de clima y suelo afectarán de forma significativa a los flujos de N_2O , CH_4 y CO_2 (García-Marco *et al.*, 2014).
- Se espera que la fertilización convencional con inhibidor genere un menor factor de emisión.
- Los tratamientos de fertilización convencional con inhibidor o fertilización orgánica pueden reducir las emisiones de N_2O según el efecto descrito en la literatura (Guardia *et al.*, 2017; 2018), debido a una mejor sincronización de la liberación del N con las necesidades del cultivo.

Principales aportes:

- No existen estudios referidos a la medición de gases de efecto invernadero generados en suelos cafetaleros de Perú por lo que la investigación sería pionera en esta área.
- Esta investigación sería el punto de partida para la implementación de un laboratorio dedicado a la medición de GEI.
- Se implementaría un sistema de medición de GEI que puede ser aplicado a otros cultivos.

Se va a determinar el factor de emisión en un cultivo de café.

8.- TITULACIONES PARA LA REALIZACIÓN DEL TFT-CIDS

(Identificación de los Grados o Máster adecuados para la realización del TFT_CIDS, en caso de conocerlos, o titulaciones que se consideren adecuadas)

- Máster en Estrategias y Tecnologías para el Desarrollo
- Máster Universitario en Gestión de Desastres
- Grado en Ingeniería Mecánica
- Grado en Tecnologías Industriales
- Grado en Ingeniería Medioambiental

9.- OTROS DATOS DE INTERÉS