

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA**

**CARRERA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA**



**EVALUACIÓN DE LOS FLUJOS DE GASES DE EFECTO  
INVERNADERO (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O) DEL SUELO, EN UNA  
PLANTACIÓN DE PALMA ACEITERA (*Elaeis guineensis*  
Jacq.), DURANTE LA FERTILIZACIÓN NITROGENADA EN  
CAMPO VERDE, UCAYALI.**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO AGRÓNOMO**

**CARLOS ANDRÉS ROMANÍ RODRÍGUEZ**

**PUCALLPA – PERÚ**

**2021**



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA**  
**CARRERA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA**



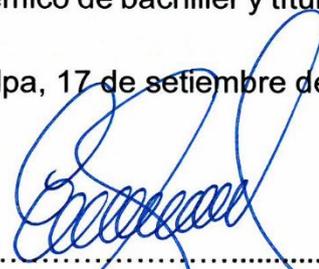
**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS**

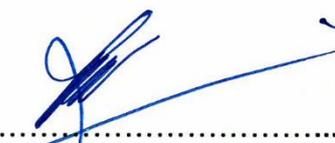
Los Miembros del Jurado que suscriben, reunidos para estudiar y escuchar la sustentación de tesis, presentada por la Bach. **CARLOS ANDRÉS ROMANÍ RODRÍGUEZ** denominada: **“Evaluación de los flujos de gases de efecto invernadero (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O) del suelo, en una plantación de palma aceitera (*Elaeis guineensis* Jacq.) durante la fertilización nitrogenada en Campo Verde, Ucayali”**, para cumplir con el requisito del Título Profesional de **INGENIERO AGRÓNOMO**.

Teniendo en consideración los méritos del referido trabajo, así como los conocimientos demostrados por el sustentante lo declaramos **APROVADO** por **UNANIMIDAD**.

En consecuencia, queda en condición de ser considerado Apto por el Consejo Universitario y recibir el Título de **INGENIERO AGRÓNOMO**, de conformidad con lo estipulado en el Art. 3 y 6 del reglamento para el otorgamiento de grado académico de bachiller y título profesional de la Universidad Nacional de Ucayali.

Pucallpa, 17 de setiembre del 2021

  
.....  
Ing. Edwin Poquioma Yulmachi M.Sc.  
Presidente

  
.....  
Ing. Antonio López Ucarieque M. Sc.  
Secretario

  
.....  
Ing. Alex Rengifo Zumaeta, M.Sc.  
Miembro

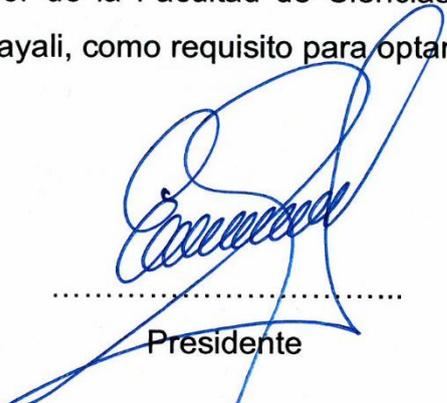
  
.....  
Dr. Grober Panduro Pisco  
Asesor

(\*) De acuerdo con el Art. 21 del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Nacional de Ucayali, éstas deberán ser calificadas con términos de Sobresaliente, Aprobado por Unanimidad, Aprobado por Mayoría y Desaprobado.

## ACTA DE APROBACIÓN

Esta tesis fue aprobada por el Jurado Evaluador de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional de Ucayali, como requisito para optar el Título de Ingeniero Agrónomo.

Ing. Edwin Poquioma Yuimachi M.Sc



.....  
Presidente

Ing. Antonio López Ucariegue M. Sc.



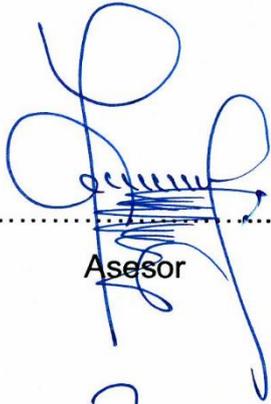
.....  
Secretario

Ing. Alex Rengifo Zumaeta, M.Sc.



.....  
Miembro

Dr. Grober Panduro Pisco.



.....  
Asesor

Bach. Carlos Andrés Romani Rodríguez



.....  
Tesisista



UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI  
VICERRECTORADO DE INVESTIGACION  
DIRECCION DE PRODUCCION INTELECTUAL

# CONSTANCIA

## ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACION

### SISTEMA ANTIPLAGIO URKUND

**N° V/0240-2020**

La Dirección General de Producción Intelectual, hace constar por la presente, que el Informe Final (Tesis) Titulado:

**“EVALUACIÓN DE LOS FLUJOS DE GASES DE EFECTO INVERNADERO (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O) DEL SUELO, EN UNA PLANTACIÓN DE PALMA ACEITERA (*Elaeis guinensis* Jacq.), DURANTE LA FERTILIZACIÓN NITROGENADA EN CAMPO VERDE, UCAYALI”**

Cuyo autor (es) : ROMANÍ RODRÍGUEZ, CARLOS ANDRÉS  
Facultad : CIENCIAS AGROPECUARIAS  
Escuela Profesional : AGRONOMIA  
Asesor(a) : Dr. Panduro Pisco, Grober

Después de realizado el análisis correspondiente en el Sistema Antiplagio URKUND, dicho documento presenta un **porcentaje de similitud de 04%**.

En tal sentido, de acuerdo a los criterios de porcentaje establecidos en el artículo 9 de la DIRECTIVA DE USO DEL SISTEMA ANTIPLAGIO URKUND, el cual indica que no se debe superar el 10%. Se declara, que el trabajo de investigación: SI Contiene un porcentaje aceptable de similitud, por lo que SI se aprueba su originalidad.

En señal de conformidad y verificación se entrega la presente constancia.

Fecha: 29/10/2020



Dra. DINA PARI QUISPE  
Dirección de Producción Intelectual

# AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE TESIS

## REPOSITORIO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

Yo, Carlos Andrés Romani Rodríguez.

Autor de la TESIS titulada:

"Evaluación de los flujos de gases de efecto invernadero (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O) del suelo, en una plantación de palma aceitera (Elaeis guineensis Jacq.) durante la fertilización nitrogenada en Campo Verde, Ucayali."

Sustentada el año: 2021

Con la asesoría de: Dr. Grober Panduro Pisco.

En la Facultad de: Ciencias Agropecuarias.

Carrera Profesional de: Agronomía.

### Autorizo la publicación:

**PARCIAL**  Significa que se publicará en el repositorio institucional solo la caratula, la dedicatoria y el resumen de la tesis. Esta opción solo es válida marcar **si su tesis o documento presenta material patentable**, para ello deberá presentar el trámite de CATI y/o INDECOPi cuando se lo solicite la DGPI UNU.

**TOTAL**  Significa que todo el contenido de la tesis y/o documento será publicada en el repositorio institucional.

De mi trabajo de investigación en el Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Ucayali ([www.repositorio.unu.edu.pe](http://www.repositorio.unu.edu.pe)), bajo los siguientes términos:

**Primero:** Otorgo a la Universidad Nacional de Ucayali **licencia no exclusiva** para reproducir, distribuir, comunicar, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público en general mi tesis (incluido el resumen) a través del Repositorio Institucional de la UNU, en formato digital sin modificar su contenido, en el Perú y en el extranjero; por el tiempo y las veces que considere necesario y libre de remuneraciones.

**Segundo:** Declaro que la **tesis es una creación de mi autoría** y exclusiva titularidad, por tanto me encuentro facultado a conceder la presente autorización, garantizando que la tesis no infringe derechos de autor de terceras personas, caso contrario, me hago único(a) responsable de investigaciones y observaciones futuras, de acuerdo a lo establecido en el estatuto de la Universidad Nacional de Ucayali y del Ministerio de Educación.

En señal de conformidad firmo la presente autorización.

Fecha: 17 / 09 / 2021.

Email: carlosandres-romanirodriguez17@hotmail.com Firma: 

Teléfono: 972838322

DNI: 43291953.

## **DEDICATORIA.**

Al nuestro poderoso Dios, por la salud y la vida, por encaminarme y ayudante en todas las etapas de mi vida de formación profesional.

A mis queridos padres por los buenos consejos y el gran amor que siempre me demuestran.

A mis queridos hermanos porque siempre están conmigo mostrándome su apoyo incondicional.

## **AGRADECIMIENTO.**

Agradecer a Dios, por darme la oportunidad de disfrutar de esta vida.

A la Universidad Nacional de Ucayali, a la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Escuela Profesional de Agronomía por ser parte de mi formación académica.

Al CIFOR por darme la oportunidad de formar parte de este proyecto de medición GEI, ya que esta manera podremos cuantificar las emisiones de gases de efecto invernadero y poder tomar medidas para reducir a estas.

## ÍNDICE.

En el texto:	Pág.
<b>RESUMEN</b> .....	xi
<b>ABSTRACT</b> .....	xii
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	xiii
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	xv
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>II. REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	3
21. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA.....	3
2.1 1. Origen de la palma aceitera.....	4
2.1 2. Clasificación taxonómica.....	4
2.1 3. Características de la palma aceitera.....	5
2.1.3 1. Las raíces.....	5
2.1.3 2. El estipe.....	5
2.1.3 3. Las hojas.....	5
2.1.3 4. Inflorescencias.....	6
2.1.3 5. Frutos y racimos.....	6
2.2. GASES DE EFECTO INVERNADERO Y CALENTAMIENTO GLOBAL.....	6
2.3. GASES DE EFECTO INVERNADERO PROVENIENTES DEL SUELO.....	8
2.3 1. Dióxido de carbono proveniente del suelo.....	9
2.3 2. Metano proveniente del suelo.....	10
2.3 3. Óxido nitroso proveniente del suelo.....	12
24. DISEÑO DE CÁMARA ESTÁTICA CERRADA.....	14
2.4 1. Materiales para instalación.....	15
2.4 2. Dimensiones.....	16
2.4 3. Ventilación.....	17
<b>III. MATERIALES Y MÉTODO</b> .....	18
31. LOCALIZACIÓN Y DURACIÓN DEL ESTUDIO.....	18
3 2. MATERIALES Y EQUIPOS.....	18
3.2 1. Material para la toma de muestra en campo.....	18
3.2 2. Material vegetal.....	18

3.2.3. Equipos.....	18
3.3. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN.....	19
3.3.1. Emisión de gases de efecto invernadero.....	19
3.4. VARIABLES EN ESTUDIO.....	21
3.4.1. Variables independientes.....	21
3.4.2. Variables dependientes.....	21
3.5. DISEÑO ESTADÍSTICO.....	23
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>25</b>
4.1. EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO EN PALMA ACEITERA.....	25
4.1.1. Emisiones de Óxido nitroso (N <sub>2</sub> O) en una plantación de palma aceitera durante la fertilización nitrogenada.....	25
4.1.1.1. Emisiones de Óxido nitroso (N <sub>2</sub> O) dentro del área de fertilización.....	26
4.1.1.2. Emisiones de Óxido nitroso (N <sub>2</sub> O) fuera del área de fertilización.....	28
4.1.2. Emisiones de Dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> ) en una plantación de palma aceitera durante la fertilización nitrogenada.....	30
4.1.2.1. Emisiones de Dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> ) dentro del área de fertilización en palma aceitera.....	31
4.1.2.2. Emisiones de Dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> ) fuera del área de fertilización en palma aceitera.....	33
4.1.3. Emisiones de Metano (CH <sub>4</sub> ) en una plantación de palma aceitera durante la fertilización nitrogenada.....	35
4.1.3.1. Emisiones de Metano (CH <sub>4</sub> ) dentro del área de fertilización en palma aceitera.....	35
4.1.3.2. Emisiones de Metano (CH <sub>4</sub> ) fuera del área de fertilización en palma aceitera.....	38
4.2. INFLUENCIA DE LOS PARÁMETROS AMBIENTALES EN LAS. EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO.....	40
4.2.1. Influencia de los parámetros ambientales en las emisiones de Óxido nitroso.....	40
4.2.2. Influencia de los parámetros ambientales en las emisiones de Dióxido de carbono.....	41

4.2.3. Influencia de los parámetros ambientales en las emisiones de Metano .....	42
<b>V. CONCLUSIONES .....</b>	<b>44</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>46</b>
<b>VII. LITERATURA CONSULTADA .....</b>	<b>47</b>
<b>VIII. ANEXOS .....</b>	<b>54</b>
Anexo 1 – Análisis de varianza .....	55
Anexo 2 - Resultados experimentales .....	57
Anexo 3 – Panel fotográfico .....	63

## RESUMEN.

La investigación se desarrolló en el Caserío Nuevo San Pedro ubicado en la C. F. B. km 47 margen derecho hacia Lima interior 10 km del distrito de Campo Verde, provincia de Coronel Portillo, departamento de Ucayali. En las coordenadas UTM 0507680 – 9059080 y tuvo una duración de 120 días. Se empleó el híbrido Tenera (Dura x Pisífera) correspondiente a la campaña de siembra 2005 y con un rendimiento de 14tm/ha/año. El presente experimento se realizó bajo el diseño completo al azar (D.C.A), con tres tratamientos, incluido un testigo y tres repeticiones. Con un total de 9 unidades experimentales. Para el análisis estadístico se utilizó un análisis de varianza (DCA) y comparación o prueba de promedios de Tukey. La fluctuación de las emisiones de Óxido nítrico ( $N_2O$ ), Dióxido de carbono ( $CO_2$ ) y Metano ( $CH_4$ ) dentro y fuera del área de fertilización, fueron más altas en el Tratamiento 1.01 Kg N/planta, equivalente a 2.2 kg de urea 46% N, en una cámara estática de 15 cm con una dosis de 8.84 g/urea), con niveles de Óxido nítrico ( $N_2O$ ) dentro y fuera de 49.52 y 2.92 g/ $N_2O$ /ha/día, Dióxido de carbono ( $CO_2$ ) dentro y fuera de 12.08 y 11.62 Kg $CO_2$ /Ha/día y Metano ( $CH_4$ ) dentro y fuera con niveles de 0.25 y 4.94 (g/C- $CH_4$ /ha/día), seguida del tratamiento Urea (46% N), en una cámara estática de 15 cm con una dosis proporcional de 4.42 g de dosis nitrogenada de 1.1 kg de urea/palma, quien presento niveles altos de Metano ( $CH_4$ ) fuera del área de fertilización con 5.97 (g/C- $CH_4$ /ha/día), el tratamiento testigo: 0 Kg de N/planta), presento niveles bajos de emisiones de Óxido nítrico ( $N_2O$ ), Dióxido de carbono ( $CO_2$ ) y Metano ( $CH_4$ ) dentro y fuera del área de fertilización.

**Palabras claves:** Palma aceitera, flujo de gases de efecto invernadero, fertilización nitrogenada.

## ABSTRACT.

The research was developed in the Nuevo San Pedro farmhouse located at C. F. B. km 47 on the right margin towards interior Lima 10 km from the Campo Verde district, Coronel Portillo province, Ucayali department. At UTM coordinates 0507680 - 9059080 and it will last for 120 days. The hybrid Tenera (Dura x Pisifera) was used. corresponding to the 2005 sowing campaign and with a yield of 14tm / ha / year. The present experiment was carried out under the complete randomized design (D.C.A), with three treatments, including a control and three repetitions. With a total of 9 experimental units. For the statistical analysis, an analysis of variance and comparison or test of means will be used. The fluctuation of emissions of nitrous oxide (N<sub>2</sub>O), carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) and methane (CH<sub>4</sub>) inside and outside the fertilization area, were higher in T3: (1.01 Kg N / plant, equivalent to 2.2 kg of 46% N urea, in a 15 cm static chamber with a dose of 8.84 g / urea), with nitrous oxide (N<sub>2</sub>O) levels inside and outside of 49.52 and 2.92 g / N<sub>2</sub>O / ha / day, carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) inside and outside 12.08 and 11.62 KgCO<sub>2</sub> / Ha / day and methane (CH<sub>4</sub>) inside and outside with levels of 0.25 and 4.94 (g / C-CH<sub>4</sub> / ha / day), followed by T2: (Urea (46% N) , in a static chamber of 15 cm with a proportional dose of 4.42 g nitrogen dose of 1.1 kg of urea / palm, which presented high levels of methane (CH<sub>4</sub>) outside the fertilization area with 5.97 (g / C-CH<sub>4</sub> / ha / day), on T1: (Control (without application): 0 Kg of N / plant), I present low levels of emissions of nitrous oxide (N<sub>2</sub>O), carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) and methane (CH<sub>4</sub>) inside and outside the area of fertilization.

**Keywords:** Oil palm, greenhouse gas flow, nitrogen fertilization.

## ÍNDICE DE TABLAS.

En el texto:	Pág.
<b>Cuadro 1.</b> Potencial de Calentamiento global de los principales Gases de efecto invernadero.....	8
<b>Cuadro 2.</b> Fuentes de variabilidad y grados de libertad.....	23
<b>Cuadro 3.</b> Tratamientos y dosis de nitrógeno.....	24
<b>Cuadro 4.</b> Prueba de promedio de Tukey de las emisiones de óxido nitroso (N <sub>2</sub> O) dentro del área de fertilización en el cultivo de palma aceitera.....	27
<b>Cuadro 5.</b> Prueba de promedio de Tukey de las emisiones de óxido nitroso (N <sub>2</sub> O) fuera del área de fertilización en el cultivo de palma aceitera.....	29
<b>Cuadro 6.</b> Prueba de promedio de Tukey de las emisiones de Dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> ) dentro del área de fertilización en el cultivo de palma aceitera.....	32
<b>Cuadro 7.</b> Prueba de promedio de Tukey de las emisiones de Dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> ) fuera del área de fertilización en el cultivo de palma aceitera.....	34
<b>Cuadro 8.</b> Prueba de promedio de Tukey de las emisiones de Metano (CH <sub>4</sub> ) dentro del área de fertilización en el cultivo de palma aceitera.....	36
<b>Cuadro 9.</b> Prueba de promedio de Tukey de las emisiones de Metano (CH <sub>4</sub> ) fuera del área de fertilización en el cultivo de palma aceitera.....	39
<b>Cuadro 10.</b> Análisis de varianza de las emisiones de Óxido nitroso (N <sub>2</sub> O) dentro del área de fertilización en el cultivo de palma aceitera.....	55
<b>Cuadro 11.</b> Análisis de varianza de las emisiones de Óxido nitroso (N <sub>2</sub> O) fuera del área de fertilización en el cultivo de palma aceitera.....	55
<b>Cuadro 12.</b> Análisis de varianza de las emisiones de Dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> ) dentro del área de fertilización en el cultivo de palma aceitera.....	55

<b>Cuadro 13.</b> Análisis de varianza Análisis de varianza de las emisiones de Dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> ) fuera del área de fertilización en el cultivo de palma aceitera.....	56
<b>Cuadro 14.</b> Análisis de varianza Análisis de las emisiones de Metano (CH <sub>4</sub> ) dentro del área de fertilización en el cultivo de palma aceitera.....	56
<b>Cuadro 15.</b> Análisis de varianza de las emisiones de Metano (CH <sub>4</sub> ) fuera del área de fertilización en el cultivo de palma aceitera.....	56

## ÍNDICE DE FIGURAS.

En el texto:	Pág.
<b>Figura 1.</b> Efecto invernadero calentamiento global.....	7
<b>Figura 2.</b> Ciclo del CO <sub>2</sub> en el suelo y sus transformaciones.....	9
<b>Figura 3.</b> Ciclo del Metano en: a) Suelos inundados., b) Suelos aireados.....	12
<b>Figura 4.</b> Formación del Óxido nitroso en el suelo. Ciclo de nitrificación- desnitrificación.....	14
<b>Figura 5.</b> Diagrama de dispersión de las emisiones de Óxido nitroso (N <sub>2</sub> O) en una plantación de palma aceitera durante la fertilización nitrogenada.....	25
<b>Figura 6.</b> Diagrama de dispersión de las emisiones de Óxido nitroso (N <sub>2</sub> O) dentro del área de fertilización en una plantación de palma aceitera.....	26
<b>Figura 7.</b> Emisiones de Óxido nitroso (N <sub>2</sub> O) según tratamiento dentro del área de fertilización en una plantación de palma aceitera.....	27
<b>Figura 8.</b> Diagrama de dispersión de las emisiones de Óxido nitroso (N <sub>2</sub> O) fuera del área de fertilización en una plantación de palma aceitera.....	28
<b>Figura 9.</b> Emisiones de Óxido nitroso (N <sub>2</sub> O) según tratamiento fuera del área de fertilización en una plantación de palma aceitera.....	30
<b>Figura 10.</b> Diagrama de dispersión de las emisiones de Dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> ) en una plantación de palma aceitera durante la fertilización nitrogenada.....	30
<b>Figura 11.</b> Diagrama de dispersión de las emisiones de Dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> ) dentro del área de fertilización en una plantación de palma aceitera según tratamientos.....	31
<b>Figura 12.</b> Emisiones Dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> ) según tratamiento dentro del área de fertilización en una plantación de palma aceitera.....	32

<b>Figura 13.</b>	Diagrama de dispersión de las emisiones de Dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> ) fuera del área de fertilización en una plantación de palma aceitera según tratamiento.....	33
<b>Figura 14.</b>	Emisiones Dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> ) según tratamiento fuera del área de fertilización en una plantación de palma aceitera.....	34
<b>Figura 15.</b>	Diagrama de dispersión de las emisiones de Metano (CH <sub>4</sub> ) en una plantación de palma aceitera durante la fertilización nitrogenada.....	35
<b>Figura 16.</b>	Diagrama de dispersión de las emisiones de Metano (CH <sub>4</sub> ) dentro del área de fertilización en una plantación de palma aceitera según tratamiento.....	36
<b>Figura 17.</b>	Emisiones de Metano (CH <sub>4</sub> ) según tratamiento dentro del área de fertilización en una plantación de palma aceitera.....	37
<b>Figura 18.</b>	Diagrama de dispersión de las emisiones de Metano (CH <sub>4</sub> ) fuera del área de fertilización en una plantación de palma aceitera según tratamiento.....	38
<b>Figura 19.</b>	Emisiones de Metano (CH <sub>4</sub> ) según tratamiento fuera del área de fertilización en una plantación de palma aceitera.....	39
<b>Figura 20.</b>	Diagrama de dispersión de la Influencia de los parámetros ambientales en las emisiones de Óxido nitroso (N <sub>2</sub> O).....	41
<b>Figura 21.</b>	Diagrama de dispersión de la Influencia de los parámetros ambientales en las emisiones de Dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> ).....	42
<b>Figura 22.</b>	Diagrama de dispersión de la Influencia de los parámetros ambientales en las emisiones de Metano (CH <sub>4</sub> ).....	43
<b>Figura 23.</b>	Determinación de la temperatura del suelo, dentro del área experimental.....	63
<b>Figura 24.</b>	Área de instalación de cámaras estáticas, para la toma de muestras.....	63
<b>Figura 25.</b>	Cámara estática listas para la extracción de gases de efecto invernadero.....	64

<b>Figura 26.</b>	Lectura de temperatura del suelo.....	64
<b>Figura 27.</b>	Extracción del aire del vial para llevarlo al vacío.....	65
<b>Figura 28.</b>	Aplicación de dosis de urea según tratamiento.....	65
<b>Figura 29.</b>	Pesado de urea según tratamiento y sus respectivas repeticiones.....	66
<b>Figura 30.</b>	Ubicación y limpieza del área de investigación.....	66
<b>Figura 31.</b>	Inspección del área de instalación de cámaras estáticas.....	67
<b>Figura 32.</b>	Equipo de investigadores listo para realizar las evaluaciones en campo.....	67
<b>Figura 33.</b>	Prueba piloto de mediciones de gases de efecto invernadero.....	68
<b>Figura 34.</b>	Traslado de cámaras estáticas para la medición de gases de efecto invernadero.....	68
<b>Figura 35.</b>	Representante de CIFOR explicando la metodología a aplicarse en las parcelas experimentales.....	69
<b>Figura 36.</b>	Aplicación de nitrógeno fuera del área de fertilización en palma aceitera.....	69
<b>Figura 37.</b>	Croquis de ubicación de la parcela en campo verde.....	70

## I. INTRODUCCIÓN.

Carpio P (2018) señala que la palma aceitera (*Elaeis guineensis* Jacquin), es la oleaginosa perenne de mayor productividad y rendimiento de aceite por unidad de superficie, superando a las oleaginosas de ciclo corto. Comercialmente tiene un promedio de vida de 24 a 28 años, dependiendo del germoplasma cultivado y produce racimos con frutos que pueden alcanzar más de 4 toneladas durante su vida productiva, es decir, 600 toneladas acumuladas de fruta por hectárea. Ancupa y Sesa (2007).

Arenas (2015) analizó que la creciente preocupación por el calentamiento global resultante ha puesto de manifiesto la necesidad de mejorar la precisión en la estimación de los flujos de gases de efecto invernadero (GEI).

Los contaminantes más importantes causantes del calentamiento global pueden ser identificados dentro de seis grupos de componentes químicos. Sus aportes en la atmósfera son los siguientes: CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, partículas de carbón, halocarbonados, CO, N<sub>2</sub>O, dentro de los cuales los gases a analizar en el presente proyecto son los gases de CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O.

En los últimos siglos la cantidad de CO<sub>2</sub> en la atmósfera ha presentado un aumento severo. Se ha pasado de unas 280 ppm en la era preindustrial a unas 390 ppm en 2009.

Uno de los grandes problemas presentes actualmente son las emisiones de gases de efecto invernadero generado por las actividades agrícolas en especial durante la actividad de fertilización nitrogenada en el cultivo de palma aceitera, ya que el Óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), Metano (CH<sub>4</sub>) y Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) emitidos por éstos, genera el aumento de temperatura definido como calentamiento global. El efecto final es la contribución al calentamiento global debido al aumento de temperatura generado por las emisiones de los gases de efecto invernadero en los cultivos industriales.

El presente proyecto tuvo como finalidad analizar la problemática de las emisiones de gases de efecto invernadero generadas por las plantaciones de palma aceitera durante la fertilización, para crear estrategias de buenas prácticas

agrícolas que mitiguen el impacto ambiental en el sector agronómico, y así enfrentar el cambio climático.

El objetivo general fue evaluar los flujos de gases de efecto invernadero en una plantación de palma aceitera durante la actividad de fertilización nitrogenada en el Caserío Nuevo San Pedro, cuantificándose los flujos de Óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ), Metano ( $\text{CH}_4$ ) y Dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) por efecto de la aplicación de 3 dosis de fertilización nitrogenada dentro y fuera del área de fertilización de una plantación de palma aceitera.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA.

### 2.1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA.

Nurul (2015), investigaciones realizadas en Malaysia, del impacto de la fertilización nitrogenada, en la emisión de Óxido nitroso en plantaciones de palma de aceite de diferentes edades, detectaron que la aplicación de cantidades importantes de fertilizantes nitrogenados (en el rango de 99 a 155 kg de N/ha) en plantaciones inmaduras (menores de 5 años) el Óxido nitroso alcanzó 22.35 kg N<sub>2</sub>O-N/ha en comparación a palmas en estado productivo (entre 5 y 30 años) alcanzando emisiones de 19.11 Kg N<sub>2</sub>O-N/ha.

Globalmente las actividades agrícolas son la fuente más importante de N<sub>2</sub>O emitido por los suelos (Snyder *et al.*, citado por Saynes, 2016) y aunque representan únicamente 8% de las emisiones totales de gases de efecto invernadero, generan aproximadamente la mitad de las emisiones del sector agrícola. Estas emisiones provienen de los suelos cultivados, de los desechos animales y de la quema de biomasa (Montzka *et al.*, citado por Sanyes V., 2016). En el caso de los suelos cultivados las emisiones de N<sub>2</sub>O están relacionados con el uso excesivo e inadecuado de los fertilizantes nitrogenados (Snyder *et al.*, citado por Sanyes V., 2016).

Las mediciones de emisiones sustanciales de N<sub>2</sub>O por descomposición de turba y Fertilización Nitrogenada en una plantación de palma aceitera exacerbada por puntos calientes en Sumatra, determinan que al realizar el diseño muestral estratificado espacialmente, distinguió el área alrededor de las palmas que recibieron fertilizante (9% de la superficie) del resto de la parcela que estaba sin fertilizar. Las emisiones anuales fueron sustanciales con tasas de 22.1 ± 5.7, 12.8 ± 2.7 y 26.6 ± 5.7 kg N<sub>2</sub>O-N/ ha, en los tratamientos N0, N1 y N2, respectivamente. Estos son iguales a 9.3 ± 2.4, 5.4 ± 1.1 y 11.2 ± 2.4 Mg CO<sub>2</sub> eq/ ha, que equivale de 5 a 10 veces las tasas de emisión en turberas naturales bosque (Oktarita S., 2016).

Inventarios realizados de emisiones y huella de carbono de 19 empresas en Guatemala que abarcan 69443 ha de plantaciones de palma de aceite que representan cerca del 46% del total establecido. El total estimado de emisiones es de 59 238 TM CO<sub>2</sub> de las cuales el 51% corresponde a la aplicación de

fertilizantes y enmiendas al suelo, 36% al consumo de combustibles fósiles y 13% en el uso de ganado para fuerza y energía eléctrica (GREPALMA, 2018).

Estudios realizados en una plantación de Café, en Costa Rica, determinaron que la adición de fertilizante nitrogenado influyó significativamente en las emisiones de Óxido nitroso con un 84% anual emitido durante los periodos posteriores a la fertilización y un aumento temporal de la respiración del suelo y disminución de las captaciones de Metano ( $3.3 \pm 1.1$  kg C-CH<sub>4</sub> ha<sup>-1</sup> año) (Hergoualc'h *et al.*, 2008).

### 2.1.1. Origen de la palma aceitera.

Leveau R., (2018) sostiene que la palma aceitera es originaria de África occidental, de ella ya se obtenía aceite hace 5000 años, especialmente en la Guinea occidental, en el delta del río Níger, de donde pasó a América, introducida después de los viajes de Colón (1492 a 1502), y en épocas más recientes fue introducida a Asia desde América (Gómez M., 2010).

### 2.1.2. Clasificación taxonómica.

Leveau R., (2018) Pertenece a la familia Arecaceae, tribu Cocoeae. Jacquin, la describió en 1763 y le dio el nombre *Elaeis guineensis*. Según León (1987), *Elaeis* incluye tres especies: *E. guineensis*, de África occidental; *E. oleífera* (*Elaeis melanococa*), que se extiende de Centroamérica a Brasil, y *E. odora*, una especie poco conocida de América del Sur (Cáceres A., 2020).

CENIPALMA (2005) indica que la palma aceitera se clasifica de la siguiente manera Leveau R., (2018).

- Clase: Liliopsida.
- Orden: Arecales.
- Familia: Arecaceae.
- Sub familia: Arecoideae.
- Tribu: Cocoeae.
- Género: *Elaeis*.
- Especie: *Elaeis Guineensis*, *Elaeis Oleifera*, *Elaeis Odora* (Cáceres A., 2020).

### **2.1.3. Características de la palma aceitera.**

#### **2.1.3.1. Las raíces.**

Ortiz y Fernández (2000) las raíces es la parte inferior del tallo de la palma aceitera es una estructura cónica de la cual surgen hasta 10 000 raíces primarias. Estas raíces miden entre 5 y 10 mm de diámetro y pueden llegar a alcanzar hasta 20 m de longitud. Cáceres A., (2020) las raíces primarias crecen hacia abajo o se distribuyen de manera más o menos horizontal y cumplen básicamente una función de anclaje. Las raíces primarias dan origen a las secundarias que miden entre 2 y 5 mm de diámetro; estas dan origen a las terciarias de 1 a 2 mm de diámetro y hasta 15 cm de longitud; también existen las cuaternarias muy pequeñas Leveau R., (2018).

#### **2.1.3.2. EL estipe.**

Ortiz R., (2000), Durante los primeros tres años de edad, el tronco se caracteriza por su forma de cono invertido, de cuyo ápice brotan hojas y, de la base, numerosas raíces adventicias. A partir de esa edad, el tronco se alarga conforme emergen las hojas y alcanzan entre 15 y 20 m de alto, con un diámetro que oscila entre 30 y 50 cm. Cáceres A., (2020), La palma aceitera posee un solo punto de crecimiento o meristemo apical que se encuentra en la parte central del tronco. Este llega a producir de 30 a 40 hojas nuevas por año Leveau R., (2018).

#### **2.1.3.3. Las hojas.**

Ortiz R., (2000), El follaje se forma a partir de los primordios foliares localizados en la parte superior del tronco del que nacen las hojas e inflorescencias. El tronco de una palma adulta en condiciones normales posee entre 30 y 40 hojas, las cuales pueden alcanzar entre 5 y 7 metros de longitud, y pesan de 5 a 8 kg (Cáceres A., 2020).

Cáceres A., (2020) la filotaxia o arreglo de las hojas en el estipe es muy importante en el cultivo de palma aceitera. Las hojas están dispuestas en dos espirales, una que corre de derecha a izquierda, en la cual hay ocho hojas colocadas entre la que está en la misma línea vertical, otra de izquierda a derecha, con cinco hojas intermedias Leveau R., (2018).

#### **2.1.3.4. Inflorescencias.**

Ortiz R., (2000), La palma aceitera es monoica, es decir, las flores masculinas se desarrollan separadamente (en el tiempo), de las flores femeninas, pero siempre en la misma planta. Las inflorescencias masculinas y femeninas se forman en las axilas de las hojas; las primeras aparecen entre los 20 a 24 meses, y es a partir de esa edad, en condiciones normales, que surgen por cada hoja que se forma. La inflorescencia masculina está constituida por un pedúnculo largo o eje central, alrededor del cual se distribuyen cerca de cien espigas que poseen forma de dedos de 10 a 20 cm de longitud. El polen posee un atractivo olor a anís. Sin embargo, la inflorescencia femenina es un racimo globoso, cubierto al principio por dos espatas coriáceas y protegido en la base con 5 a 10 brácteas duras y puntiagudas que pueden medir hasta 15 cm de longitud Leveau R., (2018).

#### **2.1.3.5. Frutos y racimos.**

Cáceres A., (2020), El racimo puede ser de varias formas. Por lo general, es ovoide y posee un tamaño promedio de 35 cm de ancho por 50 cm de largo. El número de frutos producidos en cada racimo varía con la edad y con el material genético. Su peso por racimo puede variar de 2 a 3 kg en palmas jóvenes y alcanzar hasta 100 kg en adultas. El racimo está compuesto de un raquis central, espiguillas, frutos normales, partenocárpicos y abortados. El fruto es una drupa sésil, ovoide, que presenta color oscuro o negro cuando está inmaduro y color predominantemente rojo en su madurez. Las características del fruto son las de mayor importancia económica. Los componentes relacionados con la producción anual de racimos son el peso promedio y el número de racimos. Estos componentes asociados con el porcentaje de extracción de aceite constituyen el rendimiento total Leveau R., (2018).

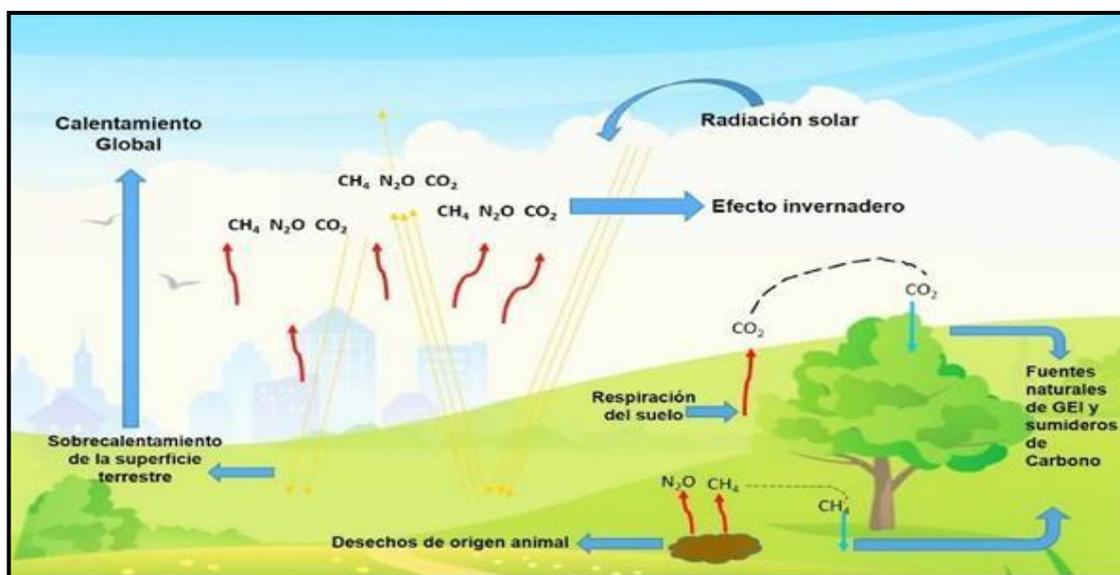
## **2.2. GASES DE EFECTO INVERNADERO Y CALENTAMIENTO GLOBAL.**

Durante las últimas décadas, el calentamiento global ha sido estudiado por diferentes disciplinas, las cuales han estimado aumentos en la temperatura de la atmósfera y los océanos, debido principalmente a las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) como el Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), el Metano (CH<sub>4</sub>),

Óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ), ozono troposférico ( $\text{O}_3$ ) y los clorofluorocarbonos (CFC) IPCC, (2007).

Lo que la comunidad científica ha definido como calentamiento global, es el aumento de la temperatura debido a un incremento de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera, lo que ha llevado a una mayor retención de la radiación solar sobre la superficie del planeta, reduciendo las pérdidas atmosféricas de esta radiación, generándose así, dicho sobrecalentamiento (Chiaradia et al. 2009, Muñoz et al. 2010) (Figura 1). Este incremento de los gases de efecto invernadero ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ , CFC), es derivado de las actividades antropogénicas como deforestación, quema de biomasa, sobreexplotación de combustibles fósiles, agricultura y establecimiento de sistemas pecuarios entre otras actividades. (Hsu et al. 2009).

Estas actividades humanas, generan una cantidad de GEI mucho mayor a la que los ecosistemas se encuentran en capacidad de asimilar, llevando su capacidad de amortiguación al límite, produciendo así, desequilibrios en los flujos de estos gases emitidos a la atmósfera, incluso transformando en importantes fuentes de emisión algunos ecosistemas (Shaver et al. 2000).



Fuente: Arenas (2015).

**Figura 1. Efecto invernadero calentamiento global.**

Después de ser liberados a la atmósfera, los GEI presentan diferente capacidad de provocar calentamiento global, lo cual depende de su poder de radiación y el tiempo promedio que la molécula del gas permanece en la

atmósfera. Estos dos factores son considerados para determinar lo que se conoce como el "Potencial de Calentamiento Global" o GWP (Global Warming Potential). La Tabla 1 se muestra la contribución al calentamiento global de los principales gases de efecto invernadero.

**Cuadro 1: Potencial de Calentamiento global de los principales gases de efecto invernadero.**

POTENCIAL DECALENTAMIENTO GLOBAL			
GAS	20 años	100 años	500 años
Dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> )	1	1	1
Metano (CH <sub>4</sub> )	72	25	8
Óxido nitroso (N <sub>2</sub> O)	289	289	153

Fuente: Adaptado IPCC (2007).

### 2.3. GASES DE EFECTO INVERNADERO PROVENIENTES DEL SUELO.

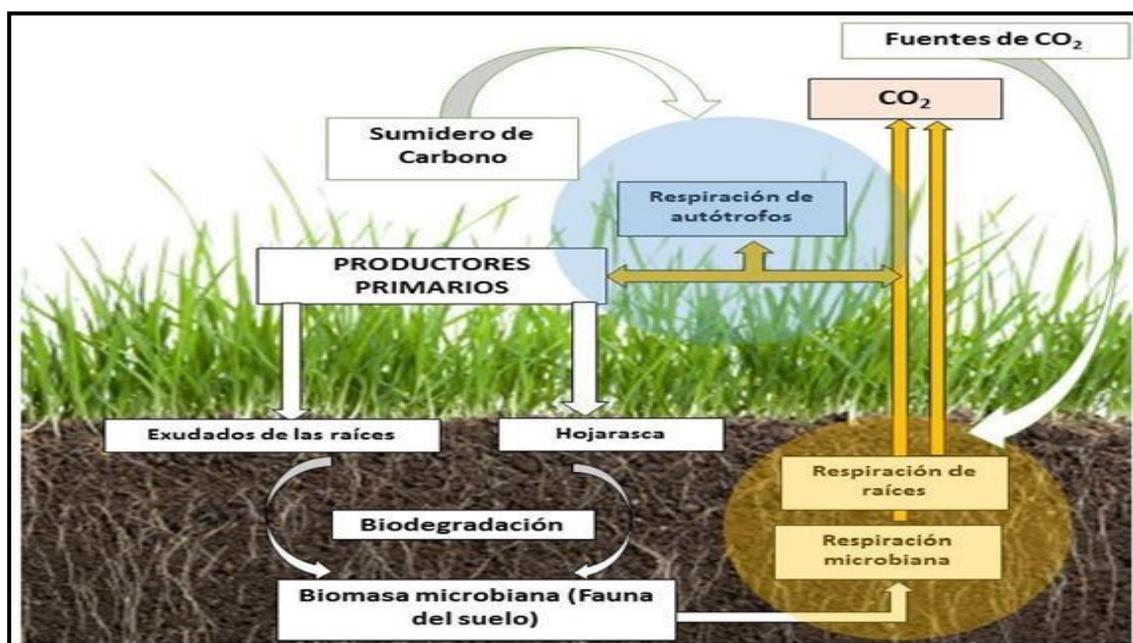
El suelo es una de las principales fuentes de GEI, tanto por las emisiones de origen antropogénico debidas a la gestión y manejo de los usos del suelo las cuales contribuyen al 20% de las emisiones antropogénicas totales, como por las emisiones biogénicas provenientes de procesos biogeoquímicos dentro de los ecosistemas (IPCC 2007, Blagodatsky y Smith 2012, Smith *et al.* 2003, Metay. *et al* 2007). A su vez, los suelos pueden actuar como sumideros de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O, por lo tanto, la evaluación de la capacidad y potencial captura de carbono por parte de los suelos se presenta como una opción para reducir emisiones de GEI reduciendo el efecto negativo que causa el aumento de las concentraciones de estos gases en la atmósfera (Singh *et al.* 2010, Chapuis *et al.* 2007).

Según reportes de Magrin *et al.* (2014), en el período comprendido entre 2001-2010, la mayor fuente de emisiones dentro del componente suelo y usos de la tierra fue la agricultura (50%), seguido por la conversión de bosques (38%), la degradación de sabanas (11%) y quema de biomasa (1%); en contraste, el Bosque (manejo forestal y forestación) aportaron el (100%) de la captación de carbono, actuando, así como sumidero. El alto porcentaje atribuido a la agricultura se debe a las diferentes prácticas agronómicas como la fertilización sintética, la inundación de grandes áreas para el cultivo de arroz y el manejo de las pasturas para ganadería, entre otras actividades (IPCC, 2007, Díaz *et al.* 2014).

### 2.3.1. Dióxido de carbono proveniente del suelo.

El Dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) es el gas de efecto invernadero más importante y representativo ya que aporta el 77% de las emisiones de gases antropogénicos (Hsu *et al.* 2009). Aunque el potencial de calentamiento global del  $\text{CO}_2$  es el más bajo, desempeña un papel vital en los procesos de respiración y fotosíntesis en las plantas al ser la única fuente de carbono usada en el este proceso, siendo entonces un componente importante dentro del ciclo biogeoquímico del carbono.

Dentro del ciclo del carbono en el cual el Dióxido de carbono es protagonista, la actividad microbiana y la respiración de las raíces son las principales fuentes de producción de  $\text{CO}_2$ , una vez liberado a la atmosfera por procesos de difusión, una porción del  $\text{CO}_2$  que ahora se encuentra en la atmosfera es fijado a través de la fotosíntesis y se almacena en el suelo como materia orgánica, el cual es usado nuevamente por los microorganismos como sustrato, oxidando el C en el suelo a  $\text{CO}_2$  (Figura 1 y 2). Sin embargo, es necesario tener en cuenta que la principal fuente de emisiones netas de  $\text{CO}_2$  en la atmósfera es la de los procesos erosivos y oxidativos asociados a los cultivos y sus prácticas agrícolas que alteran el balance a largo plazo de C y N orgánico del suelo. (Muñoz *et al.* 2010, Brito *et al.* 2009, Fang y Moncrieff. 1999, Rochette y Hutchinson *et al.* 2005, Silver *et al.* 2005).



Fuente: Arenas (2015).

**Figura 2. Ciclo del  $\text{CO}_2$  en el suelo y sus transformaciones.**

La producción de CO<sub>2</sub> en el suelo depende de la velocidad de descomposición la cual está determinada por la cantidad y calidad de los sustratos orgánicos, la dinámica de las poblaciones de los diversos grupos descomponedores, y el entorno físico-químico del suelo como la humedad, la temperatura, el oxígeno, la acidez, el potencial redox entre otras variables (Coleman D., 1996, Smith et al. 2003).

Como se mencionó anteriormente, la producción de CO<sub>2</sub> está mediada por la respiración y actividad de la biota en el suelo, pero se debe tener en cuenta que estos procesos varían según el ecosistema, los cuales se caracterizan por poseer una variabilidad temporal y espacial específica. Incluso, dentro de suelos de un mismo ecosistema se presenta una heterogeneidad espacial alta (Fang et al. 1998), igualmente se presentan variaciones a través de pequeñas escalas de tiempo como fluctuaciones nictemerales o de cambios estacionales en ecosistemas templados (Xu y Qi 2001, Han et al. 2007).

### **2.3.2. Metano proveniente del suelo.**

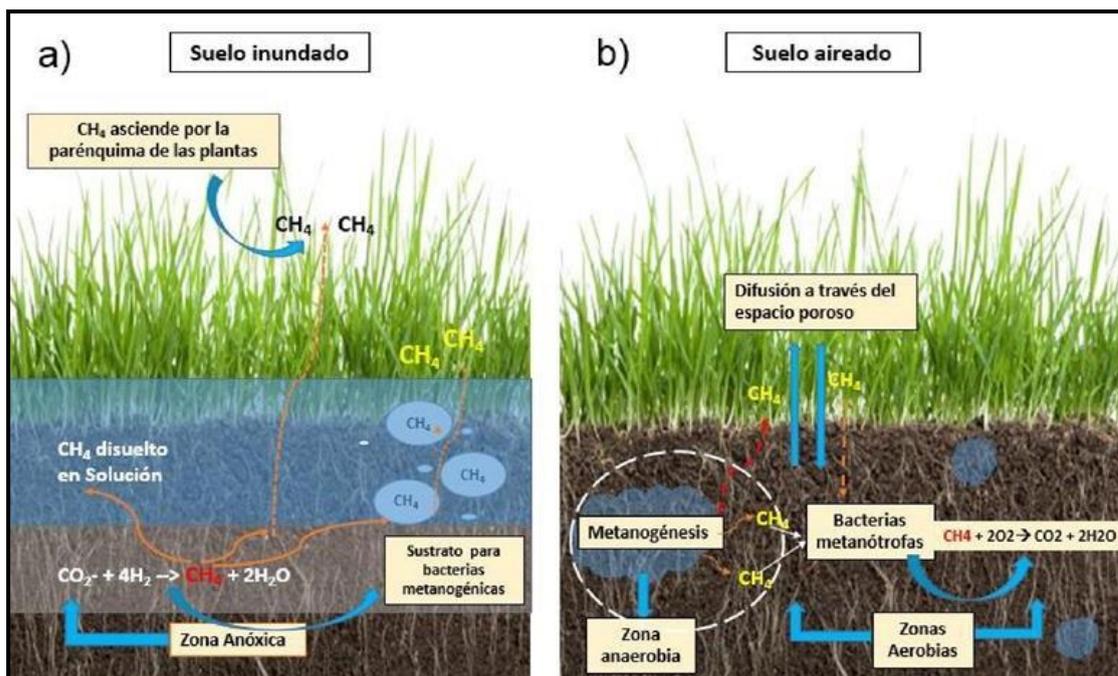
Después del CO<sub>2</sub>, el Metano (CH<sub>4</sub>) es el segundo gas de efecto invernadero más importante y conocido ya que se estima que contribuye al 18% del calentamiento global (Denmead et al. 2008), además de jugar un papel clave en la química atmosférica al afectar significativamente los niveles de ozono, vapor de agua, radicales hidroxilo, y otros compuestos, con el agravante de su prolongado potencial de calentamiento global que lo hace más nocivo que el CO<sub>2</sub> (Wuebbles et al 2002, Butterbach-Bahl et al. 2011). En el suelo, el Metano se encuentra involucrado en dos procesos microbianos que dependiendo cual desempeñe un papel predominante, pueden hacer del suelo una fuente o sumidero de Metano; el primero, es la metanogénesis la cual es un proceso anaeróbico responsable de la producción del CH<sub>4</sub> y el segundo la metanotrofia que es favorecida por condiciones aeróbicas en el suelo y es responsable de la oxidación del gas (Hutsch B., 2001, Tate K., 2015).

Como se mencionó anteriormente, el Metano es producido por metanogénesis en condiciones estrictamente anaerobias y potencial redox muy bajo (Ponnamperuma F., 1972). La producción de Metano comienza después de la reducción de todo el oxígeno molecular presente, donde los diferentes grupos

de bacterias metanogénicas empiezan a producir el Metano a partir de diferentes substratos: puede ser utilizando el acetato, hidrógeno y Dióxido de carbono o compuestos metilados como el Metanol y las metilaminas. (Ponnamperuma F., 1972, Hernández M., 2010, Torres et al 2005).

En contraste, organismos metanótrofos oxidan el Metano, este proceso bien puede ocurrir en presencia de oxígeno (oxidación aerobia) o en ausencia de oxígeno (oxidación anaerobia), sin embargo, en condiciones anaerobias los grupos de bacterias predominantes son las metanogénicas anaerobias, por consiguiente, es en condiciones aerobias donde la oxidación del Metano toma mayor notoriedad (Hernández M., 2010). La oxidación del Metano por parte de los microorganismos se da usando el  $\text{CO}_2$  como aceptor de electrones y liberando Metanol como un producto intermedio, este proceso predomina cerca de las raíces donde la disponibilidad de  $\text{CO}_2$  y  $\text{O}_2$  hace posible las reacciones bioquímicas para estos grupos de microorganismos que usan el Carbono del  $\text{CH}_4$  como su fuente de energía y generación de biomasa (Hernandez M., 2010, Torres et al 2005, Fazli et al. 2013).

En suelos aireados, las emisiones netas de  $\text{CH}_4$  resultan de la interacción de los procesos de consumo y producción de Metano llevados a cabo por las bacterias metanogénicas y las comunidades bacterianas metanotrofas (Butterbach et al. 2011). La vía de intercambio con la atmosfera es similar que la del  $\text{CO}_2$ , en la cual se facilita la difusión del gas entre los espacios porosos del suelo; sin embargo, en suelos inundados, donde la producción de Metano es alta, existen diferentes vías para la difusión del gas a la atmósfera (Figura 3).



Fuente: Arenas (2015).

**Figura 3. Ciclo del Metano en: a) Suelos inundados., b) Suelos aireados.**

En suelos inundados el Metano es liberado a la atmosfera por tres vías: la primero, es en forma de solución, sin embargo puede ser oxidada en la columna de agua; segundo, puede ocurrir que la producción de gas en la superficie del suelo sea alta, por lo tanto se generan burbujas que ascienden por la columna de agua con la suficiente rapidez como para evitar oxidaciones significativas y una tercera vía a través de los espacios de aire con los que cuentan la parénquima de algunas plantas vasculares con adaptaciones a los ambientes acuáticos, por los cuales se da un intercambio de gases con la atmosfera hacia las raíces (Smith et al., 2003, Butterbach et al., 2011, Fazli et al. 2013).

### 2.3.3. Óxido nitroso proveniente del suelo.

El Óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ), es el gas de efecto invernadero proveniente del suelo con el poder de calentamiento global más prolongado y aunque solamente represente alrededor del 0,03 por ciento del total de emisiones de GEI, es casi 300 veces más peligroso para la atmosfera, en comparación con el Dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ). (Thomson et al. 2012).

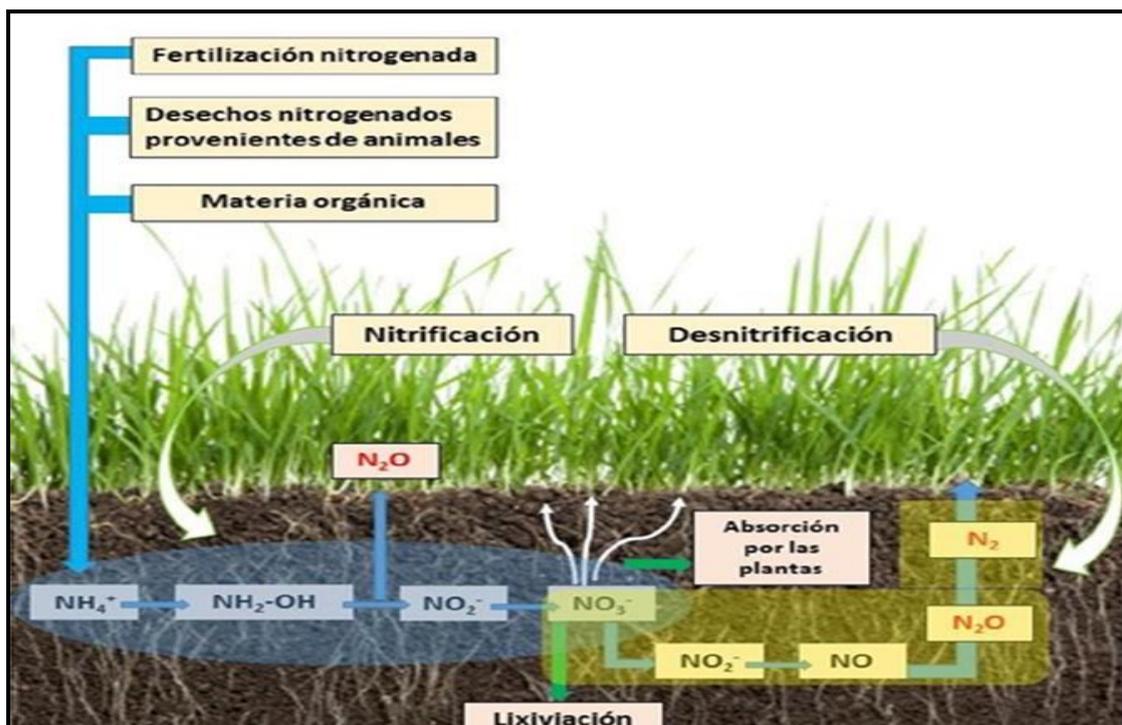
Aunque la fuente natural más importante de  $\text{N}_2\text{O}$  es la desnitrificación, la cual es un proceso importante en el ciclo del nitrógeno, son las actividades

humanas las que modifican y aumentan las tasas de desnitrificación en el suelo y en consecuencia, las emisiones de  $N_2O$  a la atmósfera, (Crutzen et al., 2007; Denmead O., 2008), estas fuentes antropogénicas están asociadas a la producción de alimentos y la seguridad alimentaria de los países ya que actividades como el uso de fertilizantes sintéticos en áreas de cultivo y la excreción de estiércol de animales en suelos ganaderos, descargan importantes cantidades de nitrógeno al suelo (Thomson et al., 2012, Syakila y Kroeze, 2011, IPCC, 2007).

El Óxido nitroso se produce en el suelo principalmente por dos procesos microbiológicos muy importantes en el ciclo del nitrógeno: la nitrificación y la desnitrificación (Figura 4).

En el primer proceso, las fuentes de nitrógeno que llegan al suelo como urea, sulfatos o materia orgánica es asimilado por grupos de bacterias que transforman estos compuestos en nitrógeno amoniacal, posteriormente grupos de bacterias autótrofas (Nitrosomas) oxidan el amonio ( $NH_4^+$ ) a nitritos ( $NO_2^-$ ) y luego un grupo diferente de bacterias (Nitrobacter) se encarga de oxidar el nitrito a nitratos ( $NO_3^-$ ) (Smith et al., 2003, Chapuis et al., 2006). El nitrato y el amonio en el suelo son asimilados por las plantas como parte de sus requerimientos de nitrógeno, el nitrato que no es tomado por las plantas puede perderse por lixiviación o bien estar disponible para entrar en un proceso de desnitrificación (Mora et al., 2005).

Durante el proceso de desnitrificación se realiza una reducción bioquímica por parte de los grupos de bacterias Nitrosomas, Pseudomonas y Nitrobacter, este proceso microbiológico se da en condiciones anaerobias donde las bacterias reducen los nitratos usando la molécula como aceptor de electrones y así el oxígeno de la molécula para su respiración, en el proceso de reducción se obtienen como productos el Óxido nitroso y el nitrógeno molecular ( $N_2$ ) (Smith et al., 2003, Mora et al., 2005). La cantidad de Óxido nitroso que se pueda producir en el suelo depende entonces de la cantidad de nitrato disponible junto a las condiciones de humedad del suelo, ya que, en condiciones anaerobias tanto para bacterias anaerobias estrictas como las facultativas, el nitrato es un buen sustrato alternativo para los procesos de respiración en ausencia de oxígeno.



Fuente: Arenas (2015).

**Figura 4. Formación del Óxido nítrico en el suelo. Ciclo de nitrificación-desnitrificación.**

La alta heterogeneidad espacial y la variabilidad temporal es una característica común de los procesos microbianos del suelo, es por esto que al igual que con el Metano, la emisión de Óxido nítrico exhibe una alta heterogeneidad espacial. Esta variabilidad es el resultado de un complejo conjunto de variables ambientales que influyen en las propiedades fisicoquímicas del suelo y a su vez en la diversidad de la comunidad microbiana, que controlan los procesos de nitrificación y desnitrificación responsables de las emisiones de  $\text{N}_2\text{O}$  (Cosentino et al., 2013).

#### 2.4. DISEÑO DE CÁMARA ESTÁTICA CERRADA.

La cámara estática cerrada ha sido durante los últimos 30 años la metodología más usada para medir los flujos de GEI sobre todo en sistemas agrícolas. Rochette P., (2011), reporta que aproximadamente el 95% de los estudios publicados sobre medición de gases utilizaron la técnica de la cámara estática cerrada.

El principio de la técnica se basa en cubrir un área determinada del suelo con una cámara cerrada y hermética que permita el intercambio de gas entre el suelo que cubre la cámara y la atmosfera dentro de esta. La tasa de cambio de

la concentración dentro de la cámara a través del tiempo se cuantifica para calcular una tasa de flujo, la cual puede ser extrapolada a un área fuera de la cámara (Pihlatie et al., 2013). cuatro o cinco muestras de aire sucesivas (a los 5 o 10 min intervalos, por ejemplo) se extrae de la parte superior de la cámara donde se concentra el gas, usando una jeringa, sin embargo, en cámaras con sistemas más sofisticados la muestra se extrae con bombas de vacío o sistemas automatizados. Se espera que la concentración de gas aumente dentro de la cámara debido a la primera ley de Fick, la cual explica que el flujo de gas es dependiente del gradiente de concentración y la difusividad del suelo (Alves et al., 2012, Davison et al., 2002, Rochette y Eriksen, 2008).

El protocolo de toma de la muestra y el principio de la cámara es el mismo para cualquier sistema o tratamientos que se quieran evaluar, las modificaciones que se pueden observar en las cámaras están asociadas a las necesidades del investigador, por ejemplo, si requiere evaluar el aporte de la planta a las emisiones (como en el caso de los cultivos de arroz) o si es solo el efecto de un tratamiento al suelo desnudo (Butterbach et al., 2011). En este sentido es importante tener en cuenta ciertos aspectos claves en la elaboración de las cámaras, con los cuales se espera que el principio de la técnica se mantenga sin importar las diferencias entre los diseños y que estos no maximicen los errores asociados a la técnica.

#### **2.4.1. Materiales para instalación.**

Lo más importante que se debe tener en cuenta a la hora de elegir el material con el cual se elaborarán las cámaras para el ensayo determinado es que el material seleccionado no reaccione con el aire, entre los materiales más comúnmente usados están el acero inoxidable, aluminio, PVC, Plexiglás, Polipropileno o Polietileno) La razón de este criterio de selección es que el material no debe reaccionar con ninguno de los gases, ni emitir sustancias que contaminen el suelo y afecten las condiciones naturales del suelo (Butterbach et al., 2011, Parkin y Venterea, 2010).

Adicional a la naturaleza inerte de los materiales, es importante tener en cuenta que las cámaras estarán expuesta a las condiciones ambientales y al contacto con animales por ende es importante utilizar materiales resistentes al

agua y a mordeduras de animales (en el caso de evaluaciones en sistemas ganaderos), además de que no sean deformados por el calor o vientos fuertes (Clough et al., 2012, Klein y Harvey, 2012). Por último, pero no menos importante Se recomienda un material reflectante inerte que ayude a mitigar el efecto de la radiación solar sobre el calentamiento cámara y así evitar grandes diferencias de temperatura dentro de la cámara y el ambiente exterior (Rochette y Janzen, 2005).

#### **2.4.2. Dimensiones.**

Las dimensiones acarrear dos aspectos importantes: área y volumen de la cámara y su forma geométrica, en este sentido es importante tener en cuenta que en todas las dimensiones se debe encontrar un equilibrio según las necesidades del investigador. En el caso de la altura (que determina el volumen de la cámara) se debe tener en cuenta que cámaras muy altas minimizan las perturbaciones por presión, pero reducen la sensibilidad de la cámara para medir flujos pequeños.

Consideraciones similares de deben tener en cuenta con el área que abarca la cámara ya que si bien áreas muy grandes pueden obtener mayor representatividad del sistema evaluado también aumenta el perímetro susceptible a fugas de gas (Davison et al., 2002). Como se puede evidenciar, es necesario encontrar una relación adecuada entre las dimensiones de la cámara, en este sentido Rochette y Eriksen, (2008) proponen calcular una relación Área/Perímetro, el cual recomiendan debe ser 10 cm, con el fin de reducir errores por perturbación del suelo sin perder representatividad del sistema.

Por otra parte, respecto a la forma geométrica Butterbach et al., (2011), reconoce que si bien no se pueden hacer conclusiones respecto a cómo la forma geométrica influye en las mediciones, esta característica puede ser usada en beneficio de la investigación, ya que la diversidad de formas geométricas que se pueden usar puede mejorar el desempeño de la cámara para un objetivo específico en la investigación (Rochette & Hutchinson, 2005).

### **2.4.3. Ventilación.**

El uso de ventilación es un aspecto ampliamente recomendado para todos los diseños de cámaras, ya que esta puede reducir el efecto de las diferencias de presión que se pueden generar dentro de la cámara. Estas diferencias de presión son la consecuencia del sobrecalentamiento de la cámara y tiempos prolongados de muestreo que alteran la circulación de los gases dentro de la cámara (Davison et al., 2012).

Sin embargo, El uso de un dispositivo de ventilación en la cámara, si bien puede reducir la sobre presurización, puede incurrir en una fuente adicional de error, factores como la velocidad del viento o las dimensiones del tubo o rejilla de ventilación puede propiciar un intercambio de gas con el exterior de la cámara, diluyendo a muestra que se encuentra adentro (Clough et al., 2012).

Para poder corregir los posibles errores asociados al uso de ventilación en las cámaras (Hutchinson y Mosier, 1981), propusieron una relación entre el volumen de la cámara, el diámetro y longitud del tubo de ventilación y la velocidad del viento Hutchinson y Mosier, (1981), recomienda tener en cuenta ciertas proporciones de los dispositivos de ventilación para evitar una despresurización o disolución de la muestra de gas.

### **III. MATERIALES Y MÉTODO.**

#### **3.1. LOCALIZACIÓN Y DURACIÓN DEL ESTUDIO.**

La investigación se desarrolló en el Caserío Nuevo San Pedro ubicado en la C. F. B. km 47 margen derecho hacia Lima interior 10 km del distrito de Campo Verde, provincia de Coronel Portillo, departamento de Ucayali. En las coordenadas UTM 0507680 – 9059080 y tuvo una duración de 120 días (abril a julio del 2019).

#### **3.2. MATERIALES Y EQUIPOS.**

Los materiales necesarios para poder cumplir con los objetivos fueron los siguientes:

##### **3.2.1. Material para la toma de muestra en campo.**

Los materiales utilizados fueron los siguientes: Libretas de campo, ficha resumen, lápiz, minas, tableros, botas, Mochila, capotas, wincha de 100 m, machetes, cincel, lima para afilar, guantes de cuero, rafia, tubos de agua grande, jeringas, envases para muestras de gases, tubo de PVC de 4" (diámetro 10 cm, altura 10 cm), tubo de PVC de 12" (25 cm de altura y 30 cm de diámetro), jeringas desechables de 50 ml, viales de vidrio pre-evacuados (10 ml), silicona, regulador de presión (tapa).

##### **3.2.2. Material vegetal.**

Se empleó el híbrido de palma aceitera Tenera (Dura x Pisífera) el cual corresponde a la campaña de siembra 2005 y en estado de producción de racimos con un rendimiento de 14 t/ha/año.

##### **3.2.3. Equipos.**

Los equipos utilizados fueron: computadora, cámara fotográfica, balanza de precisión, cromatóforo, analizador de gas infrarrojo portátil (sistemas EGM-4, PP, EE. UU), cámara de respiración del suelo (SRC-1, sistemas PP, EE. UU), filtro de humedad del aire.

### **3.3. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN.**

La metodología que se empleó es experimental, ya que se evaluó las emisiones de los flujos de gases de Óxido nitroso ( $N_2O$ ), Metano ( $CH_4$ ) y Dióxido de carbono ( $CO_2$ ) por efecto de la aplicación de 3 dosis de fertilización nitrogenada en una plantación de palma aceitera, usando la técnica de cámaras estáticas cerradas para el muestreo y recopilación de datos, y también cómo influyen los parámetros (ambientales temperatura del suelo y aire, precipitación, humedad gravimétrica del suelo) en las emisiones de estos flujos (Pihlatie et al., 2013). Esta técnica se basa en cubrir un área determinada del suelo con una cámara cerrada y hermética que permita el intercambio de gas entre el suelo que cubre la cámara y la atmosfera dentro de esta. La tasa de cambio de la concentración dentro de la cámara a través del tiempo se cuantifica para calcular una tasa de flujo, la cual puede ser extrapolada a un área fuera de la cámara (Pihlatie et al., 2013).

#### **3.3.1. Emisión de gases de efecto invernadero.**

##### **a. Emisión de flujo de Óxido nitroso ( $N_2O$ ) del suelo.**

Para capturar el gas emitido por el suelo se utilizó la técnica de la cámara estática, ubicada en la banda de fertilización (a 2.6 m. de la base del estipe de la palma) y en el área de no fertilización (calle de cosecha) es decir a 3.9 m. de la base del estipe de la palma y se recolectaron 18 muestras del gas  $N_2O$ /tratamiento.

Las cámaras de PVC (25 cm de altura y 30 cm de diámetro) se empujaron 3-5 cm en la superficie del suelo. Las tapas de las cámaras estuvieron equipadas con un tubo para muestreo y con un regulador de presión para igualar el interior de la cámara con la presión atmosférica del aire exterior. Al inicio de cada medición, se midieron la presión del aire, la temperatura del suelo y del aire y la altura de la cámara. Luego se ventilaron las cámaras, se cerrarán y se tomarán muestras de gas (30 ml) de la cámara cerrada a  $t = 0, 10, 20$  y  $30$  minutos usando jeringas desechables de 50 ml. Veinte ml de esta muestra se inyectaron en viales de vidrio pre-evacuados (10 ml), por lo que la muestra se almacenará bajo sobrepresión. Después del muestreo, todos los viales fueron sellados con

silicona para evitar fugas y finalmente ser enviados a un laboratorio certificado del CIFOR - CIP (centro internacional de papa) en la ciudad de Lima para su análisis.

#### **b. Emisión de flujo de Metano (CH<sub>4</sub>) del suelo.**

Para capturar el gas emitido por el suelo se utilizó la técnica de la cámara estática, estuvo ubicada en la banda de fertilización (a 2.6 m de la base del estipe de la palma) y en el área de no fertilización (calle) es decir a 3.9 m. de la base del estipe de la palma y se recolectaron 18 muestras del gas CH<sub>4</sub>/ tratamiento.

Las cámaras de PVC (25 cm de altura y 30 cm de diámetro) se empujaron 3-5 cm en la superficie del suelo. Las tapas de las cámaras estuvieron equipadas con un tubo para muestreo y con un regulador de presión para igualar el interior de la cámara con la presión atmosférica del aire exterior. Al inicio de cada medición, se midieron la presión del aire, la temperatura del suelo y del aire y la altura de la cámara. Luego se ventilaron las cámaras, se cerrarán y se tomaron muestras de gas (30 ml) de la cámara cerrada a t = 0, 10, 20 y 30 minutos usando jeringas desechables de 50 ml. Veinte ml de esta muestra se inyectaron en viales de vidrio pre-evacuados (10 ml), por lo que la muestra se almacenará bajo sobrepresión. Después del muestreo, todos los viales fueron sellados con silicona para evitar fugas y finalmente ser enviados un laboratorio certificado del CIFOR - CIP (centro internacional de papa) en la ciudad de Lima para su análisis.

#### **c. Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>).**

Para la medición de la respiración del suelo se utilizó el enfoque dinámico de cámara cerrada, ubicada en la banda de fertilización (a 2.6 m. de la base del estipe de la palma) y en el área de no fertilización (calle) es decir a 3.9 m de la base del estipe de la palma y se recolectaron 18 muestras del gas CO<sub>2</sub>/ tratamiento.

Se colocaron un analizador de gas infrarrojo portátil (sistemas EGM-4, PP, EE. UU.) conectado a una cámara de respiración del suelo (SRC-1, sistemas PP, EE.UU.) En los anillos de PVC instalados permanentemente (diámetro 10 cm, altura 10 cm). Estos anillos se instalaron a una profundidad de 3 y 5 cm para asegurar un cierre hermético. Durante 180 segundos, el EGM-4 hace circular el

aire y el aumento de la concentración de CO<sub>2</sub> se registró automáticamente cada 4.8 segundos.

El flujo de CO<sub>2</sub> se calculó automáticamente a partir del aumento lineal dentro del sistema cerrado en gr. CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> hora<sup>-1</sup>. El analizador de gas infrarrojo es sensible al exceso de humedad, por lo tanto, se instalaron un filtro de humedad del aire en el EGM-4 para garantizar mediciones de CO<sub>2</sub> estables.

### **3.4. VARIABLES EN ESTUDIO.**

#### **3.4.1. Variables independientes.**

##### **Dosis de Nitrógeno: Urea (46% N).**

**T<sup>1</sup>:** Tratamiento testigo no se aplicaron fertilización nitrogenada.

**T<sup>2</sup>:** Tuvo como fuente nitrogenada urea (46% N), el cual se aplicó dentro de 2 cámaras estáticas de 15 y 5 cm de radio, de manera uniforme a una dosis proporcional de 4.42 g y 0.49 g respectivamente de urea/cámara, el cual está calculado en base al área de la banda de fertilización (170 903 cm<sup>2</sup>/palma) y la dosis nitrogenada de 1.1 kg de urea/palma.

**T<sup>3</sup>:** Tuvo como fuente nitrogenada urea (46% N), el cual se aplicó dentro de las cámaras estáticas de 15 y 5 cm de radio, de manera uniforme a una dosis proporcional de 8.84 g y 0.98 g respectivamente de urea/cámara, el cual está calculado en base al área de la banda de fertilización (170 903 cm<sup>2</sup>/palma) y la dosis nitrogenada de 2.2 kg de urea/palma.

Es así que, si el fertilizante es aplicado de manera circular alrededor del estipe, dentro de un anillo o banda de fertilización a 2.6 m de distancia del estipe, de 0.8 m de ancho y considerando un radio de 0.5 m de estipe, el área para la fertilización de la palma será de 17.09 m<sup>2</sup>/palma.

#### **3.4.2. Variables dependientes.**

##### **a) Emisión de flujo de Óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) del suelo.**

La recolección de las 20 muestras gaseosas se realizó antes, durante y después de la fertilización nitrogenada en un período de 30 días.

Cada tratamiento T1, T2, T3 cuenta con 2 posiciones espaciales (ZF, ZNF) replicadas 3 veces. El muestreo en cada una de las 6 cámaras por tratamiento consiste en sacar 4 muestras a T1', T2', T3'.

Las cámaras de PVC (25 cm de altura y 30 cm de diámetro) se empujaron 3-5 cm en la superficie del suelo. Las tapas de las cámaras son equipadas con un tubo para muestreo y con un regulador de presión para igualar el interior de la cámara con la presión atmosférica del aire exterior. Al inicio de cada medición, se midieron la presión del aire, la temperatura del suelo y del aire y la altura de la cámara. Luego se ventilaron las cámaras, se cerraron y se tomaron muestras de gas (30 ml) de la cámara cerrada a  $t = 0, 10, 20$  y 30 minutos usando jeringas desechables de 50 ml. Veinte ml de esta muestra se inyectaron en viales de vidrio pre-evacuados (10 ml), por lo que la muestra se almacenó bajo sobrepresión. Después del muestreo, todos los viales fueron sellados con silicona para evitar fugas y finalmente ser enviados a un laboratorio certificado del CIFOR - CIP (centro internacional de papa) en la ciudad de Lima para su análisis.

#### **b) Emisión de flujo de Metano (CH<sub>4</sub>) del suelo.**

La recolección de las 20 muestras gaseosas se realizó antes, durante y después de la fertilización nitrogenada en un período de 30 días.

Cada tratamiento T1, T2, T3 cuenta con 2 posiciones espaciales (ZF, ZNF) replicadas 3 veces. El muestreo en cada una de las 6 cámaras por tratamiento consiste en sacar 4 muestras a  $t_0, t_{10'}, t_{20'}$  y  $t_{30'}$ .

Las cámaras de PVC (25 cm de altura y 30 cm de diámetro) se empujaron 3-5 cm en la superficie del suelo. Las tapas de las cámaras son equipadas con un tubo para muestreo y con un regulador de presión para igualar el interior de la cámara con la presión atmosférica del aire exterior. Al inicio de cada medición, se midieron la presión del aire, la temperatura del suelo y del aire y la altura de la cámara. Luego se ventilaron las cámaras, se cerrarán y se tomaron muestras de gas (30 ml) de la cámara cerrada a  $t = 0, 10, 20$  y 30 minutos usando jeringas desechables de 50 ml. Veinte ml de esta muestra se inyectaron en viales de vidrio pre-evacuados (10 ml), por lo que la muestra se almacenará bajo sobrepresión. Después del muestreo, todos los viales fueron sellados con

silicona para evitar fugas y finalmente ser enviados a un laboratorio certificado del CIFOR - CIP (centro internacional de papa) en la ciudad de Lima para su análisis.

### **c) Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>).**

La recolección de las 20 muestras gaseosas se realizó antes, durante y después de la fertilización nitrogenada (urea al 46%) de en un periodo de 30 días.

Para la medición de la respiración del suelo se utilizó el método de la cámara cerrada dinámica, ubicada en la banda de fertilización (plato) y en el área de no fertilización (calle) y se recolectaron 18 muestras del gas CO<sub>2</sub>/ tratamiento.

Se colocó un analizador de gas infrarrojo portátil (sistemas EGM-4, PP, EE. UU.) Conectado a una cámara de respiración del suelo (SRC-1, sistemas PP, EE.UU.) En los anillos de PVC instalados permanentemente (diámetro 10 cm, altura 10 cm). Estos anillos se instalaron a una profundidad de 3-5 cm para asegurar un cierre hermético. Durante 180 segundos, el EGM-4 hace circular el aire y el aumento de la concentración de CO<sub>2</sub> se registraron automáticamente cada 4.8 segundos. El flujo de CO<sub>2</sub> se calcularon automáticamente a partir del aumento lineal dentro del sistema cerrado en g CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> hora<sup>-1</sup>. El analizador de gas infrarrojo es sensible al exceso de humedad, por lo tanto, se instalaron un filtro de humedad del aire en el EGM-4 para garantizar mediciones de CO<sub>2</sub> estables.

### **3.5. DISEÑO ESTADÍSTICO.**

El presente experimento se realizó bajo el diseño completo al azar (D.C.A), con tres tratamientos (dosis de fertilizante nitrogenado como fuente urea) incluido un testigo y tres repeticiones. Con un total de 9 unidades experimentales. Para el análisis estadístico se utilizó un análisis de varianza (DCA) y comparación o prueba de promedios de Tukey.

#### **Cuadro 2. Fuentes de variabilidad y grados de libertad.**

Fuentes de variabilidad	Grados de libertad
Tratamientos	2

Error	6
Total	8

Fuente: Propio.

**Donde:**

$$T = \text{Tratamiento: } 3 (T-1) = (3 - 1) = 02$$

$$E = \text{Total} - (T - 1) (8 - (3 - 1)) = 06$$

$$\text{Total} = (T \times \text{Rep}) - 1 (3 \times 3) - 1 = 08$$

**Modelo estadístico.**

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \epsilon_{ij}$$

**Donde:**

$Y_{ij}$  = j-ésima observación en el i-ésimo tratamiento en estudio.

$\mu$  = Media general.

$T_i$  = Efecto del i-ésimo tratamiento en estudio.

$\epsilon_{ij}$  = Error experimental.

$\beta_j$  = Efecto del j-ésimo block en estudio.

$\epsilon_{ijk}$  = Error experimental.

**Componentes en estudio.**

**Cuadro 3. Tratamientos y dosis de nitrógeno.**

Tratamiento	Clave	Dosis de Nitrógeno	Equivalente en urea (Kg)/planta
T1	A	0	0
T2	B	0.51	1.1
T3	C	1.01	2.2

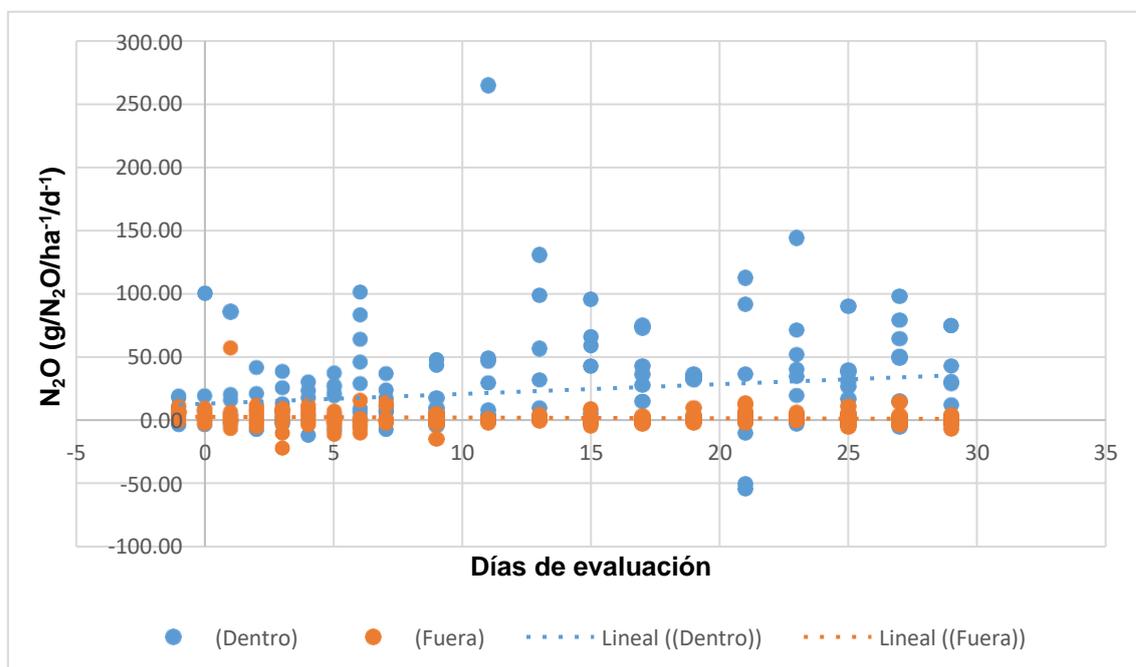
Fuente: Propio.

#### IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

En cuanto a la “Evaluación de los flujos de gases de efecto invernadero ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ) del suelo, en una plantación de palma aceitera (*Elaeis guinensis* Jacq.), durante la fertilización nitrogenada en Campo Verde, Ucayali”, se obtuvieron los siguientes resultados.

##### 4.1. EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO EN PALMA ACEITERA.

###### 4.1.1. Emisiones de Óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ) en una plantación de palma aceitera durante la fertilización nitrogenada.

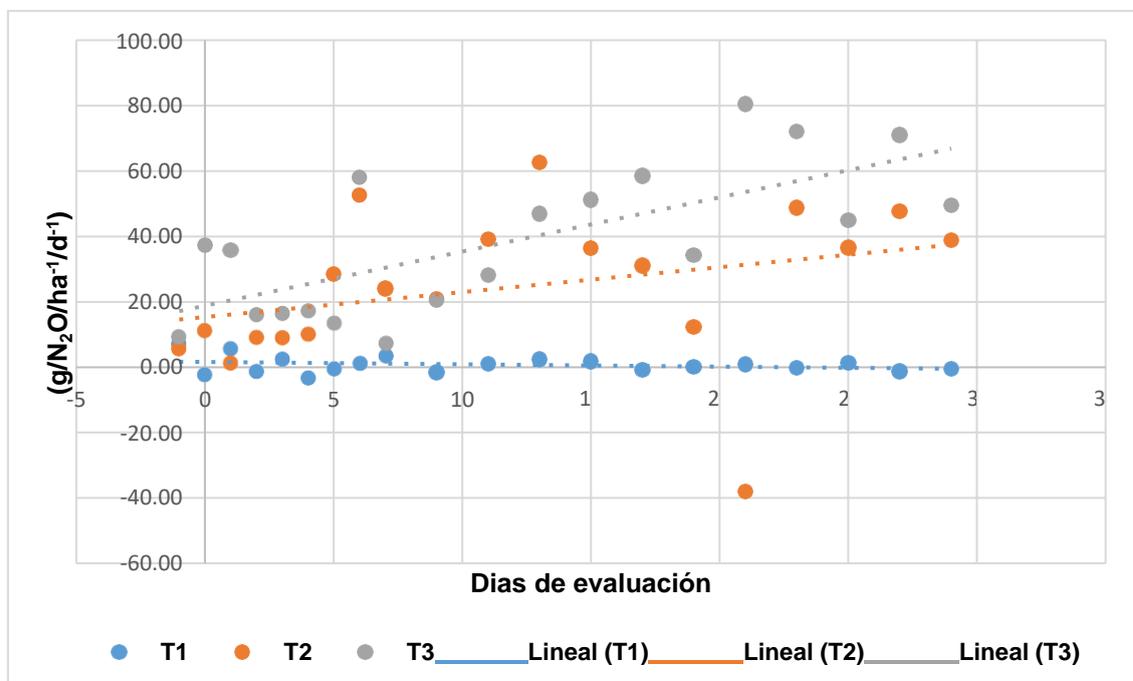


**Figura 5. Diagrama de dispersión de las emisiones de Óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ) en una plantación de palma aceitera durante la fertilización nitrogenada.**

En la Figura 5 se puede observar la fluctuación de las emisiones de Óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ), dentro y fuera del círculo de fertilización en una plantación de palma aceitera durante la fertilización nitrogenada, donde se observó emisiones significativas de estos durante un periodo de 29 días de evaluaciones en una parcela de palma aceitera. El incremento de los gases de efecto invernadero ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ , CFC), es derivado de las actividades antropogénicas como deforestación, quema de biomasa, sobreexplotación de combustibles fósiles,

agricultura y establecimiento de sistemas pecuarios entre otras actividades (Hsu et al., 2009).

#### 4.1.1.1. Emisiones de Óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) dentro del área de fertilización.

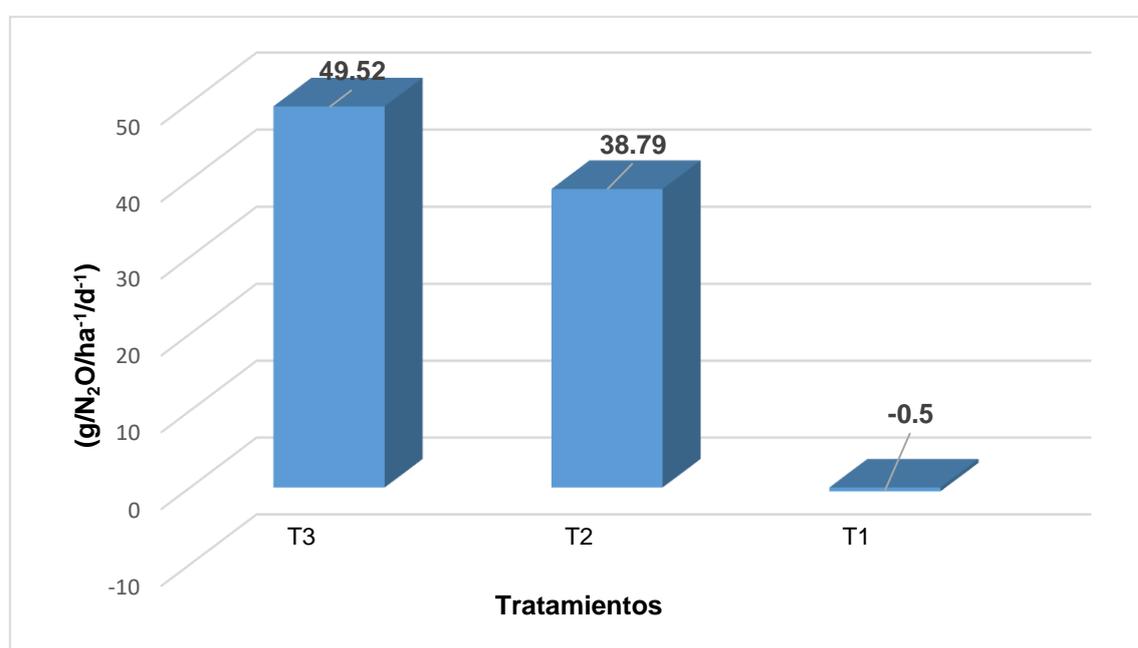


**Figura 6. Diagrama de dispersión de las emisiones de Óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) dentro del área de fertilización en una plantación de palma aceitera.**

Sometidos los datos a un análisis de varianza de las emisiones de Óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) dentro del área de fertilización en el cultivo de palma aceitera, tal como se observa en la Tabla 10, se observó que existe diferencias altamente significativas entre los tratamientos, siendo el coeficiente de variabilidad de 19.06%, el cual nos indica una mayor concentración de los datos, es decir, que el índice de dispersión es adecuado para efectuar comparaciones entre las distintas muestras. Asimismo, el coeficiente de determinación  $R^2 = 0.8991$ , esto nos indica que el 89.91% de los valores de la variable es explicada como efecto de los tratamientos y el 10.09% corresponden a otros factores inherentes a las condiciones experimentales en campo.

**Cuadro 4. Prueba de promedio de Tukey de las emisiones de Óxido nitroso ( $N_2O$ ) dentro del área de fertilización en el cultivo de palma aceitera.**

Tratamientos	Repeticiones	Promedio en ( $g/N_2O/ha^{-1}/d^{-1}$ )	Significancia
T3	3	49.52	a
T2	3	38.79	b
T1	3	-0.50	c

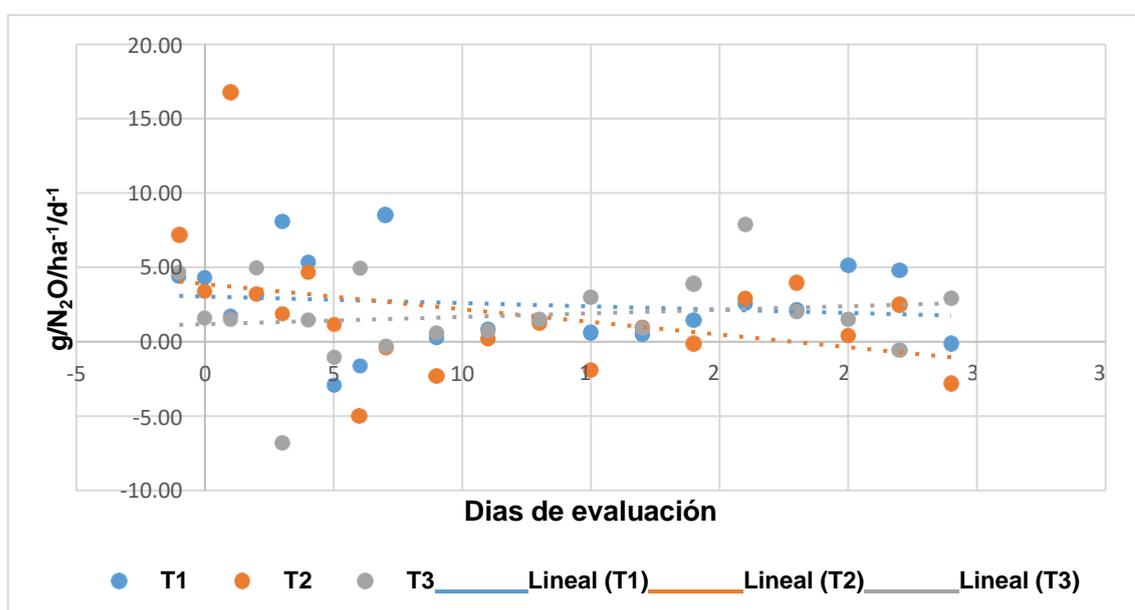


**Figura 7. Emisiones de Óxido nitroso ( $N_2O$ ) según tratamiento dentro del área de fertilización en una plantación de palma aceitera.**

Según la prueba de promedio de Tukey para las emisiones de Óxido nitroso ( $N_2O$ ) dentro del área de fertilización en el cultivo de palma aceitera, se pudo determinar que el T<sup>3</sup>: (1.01 Kg N/planta, equivalente a 2.2 kg de urea 46% N, en una cámara estática de 15 cm con una dosis de 8.84 g/urea), presentó un promedio de 49.52  $g/N_2O/ha^{-1}/d^{-1}$ , seguido del T<sup>2</sup>: (Urea (46% N), en una cámara estática de 15 cm con una dosis proporcional de 4.42 g dosis nitrogenada de 1.1 kg de urea/palma. quien presentó un promedio de 38.79  $g/N_2O/ha^{-1}/d^{-1}$ , y finalmente el T<sup>1</sup>: (Testigo (sin aplicación): 0 Kg de N/planta). presentó un promedio negativo en cuanto a la emisión de este gas con -0.5  $g/N_2O/ha^{-1}/d^{-1}$  durante las evaluaciones realizadas en campo. La producción de  $N_2O$  depende

de la cantidad de sustrato disponible para los microorganismos. El consumo está relacionado con la concentración de  $N_2O$  en la matriz del suelo, cuanto mayor es la cantidad de  $N_2O$  mayor es su disponibilidad para ser reducido a  $N_2$ . Finalmente, el transporte y la liberación hacia la atmosfera se relacionan principalmente con la capacidad del  $N_2O$  de atravesar la matriz del suelo, la cual depende de la impedancia del suelo (Chapuis et al., 2007). Cuando la producción y el transporte del  $N_2O$  son más rápidos que el consumo, el  $N_2O$  es liberado y su tasa es positiva. Cuando esto ocurre decimos que hay emisión de  $N_2O$ .

#### 4.1.1.2. Emisiones de Óxido nitroso ( $N_2O$ ) fuera del área de fertilización.



**Figura 8. Diagrama de dispersión de las emisiones de Óxido nitroso ( $N_2O$ ) fuera del área de fertilización en una plantación de palma aceitera.**

Sometidos los datos a un análisis de varianza del de las emisiones de Óxido nitroso ( $N_2O$ ) fuera del área de fertilización en el cultivo de palma aceitera, tal como se observa en la Tabla 11, se puede observar que existe diferencias altamente significativas entre los tratamientos, siendo el coeficiente de variabilidad de 7.5%, el cual nos indica una mayor concentración de los datos, es decir, que el índice de dispersión es adecuado para efectuar comparaciones entre las distintas muestras. Asimismo, el coeficiente de determinación  $R^2 = 0.9993$ , esto nos indica que el 99.93% de los valores de la variable es explicada como efecto de los tratamientos y el 0.07% corresponden a otros factores inherentes a las condiciones experimentales en campo.

**Cuadro 5. Prueba de promedio de Tukey de las emisiones de Óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) fuera del área de fertilización en el cultivo de palma aceitera.**

Tratamientos	Repeticiones	Promedio en (g/N <sub>2</sub> O/ha <sup>-1</sup> /d <sup>-1</sup> )	Significancia
T3	3	2.92	a
T1	3	-0.11	b
T2	3	-2.81	c

Según la prueba de promedios de Tukey para las emisiones de Óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) dentro del área de fertilización en el cultivo de palma aceitera, se pudo determinar que el T<sup>3</sup>: (1.01 Kg N/planta, equivalente a 2.2 kg de urea 46% N, en una cámara estática de 15 cm con una dosis de 8.84 g/urea), presentó un promedio de 2.92 g/N<sub>2</sub>O/ha<sup>-1</sup>/d<sup>-1</sup>, seguido del T<sup>1</sup>: (Testigo (sin aplicación): 0 Kg de N/planta), quien presentó un promedio negativo con - 0.11 g/N<sub>2</sub>O/ha<sup>-1</sup>/d<sup>-1</sup>, el T<sup>2</sup>: (Urea (46% N), en una cámara estática de 15 cm con una dosis proporcional de 4.42 g dosis nitrogenada de 1.1 kg de urea/palma, presentó el mayor promedio de emisiones negativas de - 2.81 g/N<sub>2</sub>O/ha<sup>-1</sup>/d<sup>-1</sup>, durante las evaluaciones realizadas. Los trabajos sobre consumo neto de N<sub>2</sub>O, sugieren que pensar el suelo como un sumidero de N<sub>2</sub>O bajo determinadas condiciones, podría ayudar a explicar el actual desequilibrio en los presupuestos globales de emisión de N<sub>2</sub>O estimados hacia la atmósfera (Chapuis et al., 2007). Las emisiones de Óxido nitroso presentaron un patrón más complejo de interpretar, debido a que se observaron flujos tanto positivos como negativos, demostrando una vez más, la compleja dinámica que tienen los procesos implicados en el ciclo del nitrógeno en el suelo, los cuales son muy sensibles a las condiciones ambientales que los rodean. Los flujos medidos con el diseño convencional pequeño fueron los únicos que permanecieron positivos a lo largo de los muestreos 4 muestreos los flujos de Óxido nitroso presentaron diferencias significativas (P=0.0075), fluctuando entre un rango de 0.997 a 4.509 mg N<sub>2</sub>O m<sup>2</sup> día<sup>-1</sup>, Adicionalmente, el tipo de suelo, su origen y manejo pueden hacer que exista mayor heterogeneidad de sus propiedades y por ende la temperatura puede afectar de forma diferentes las propiedades de dichos suelos, por ejemplo:

el tipo de arcillas y la porosidad pueden influenciar en el efecto de la temperatura en la evaporación y retención del agua. (Arenas L., 2015).

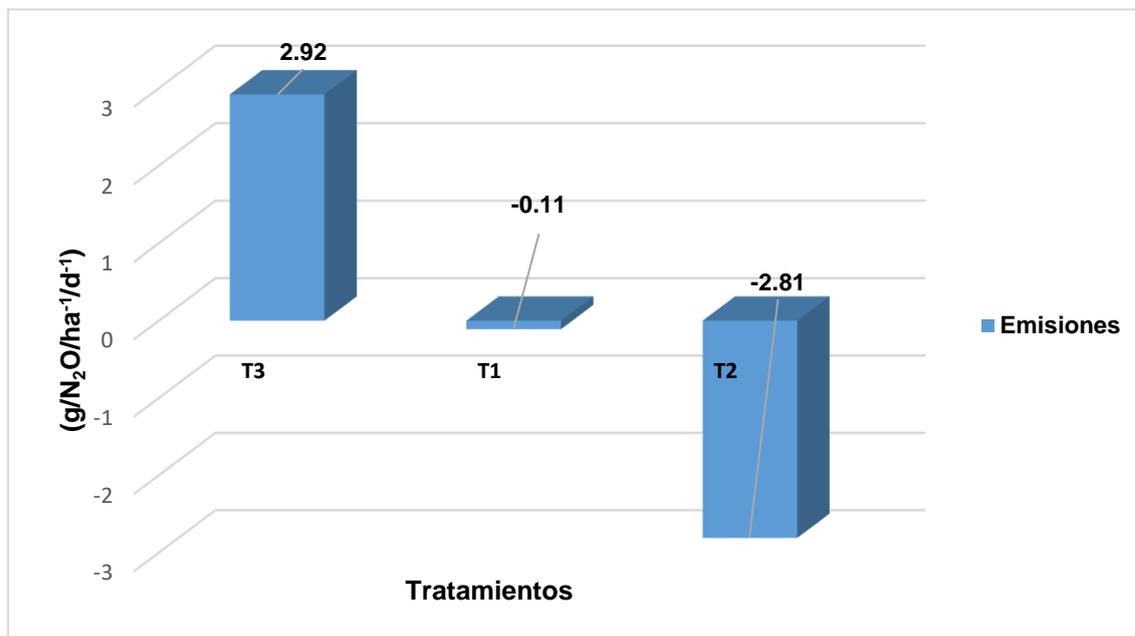


Figura 9. Emisiones de Óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) según tratamiento fuera del área de fertilización en una plantación de palma aceitera.

#### 4.1.2. Emisiones de Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) en una plantación de palma aceitera durante la fertilización nitrogenada.

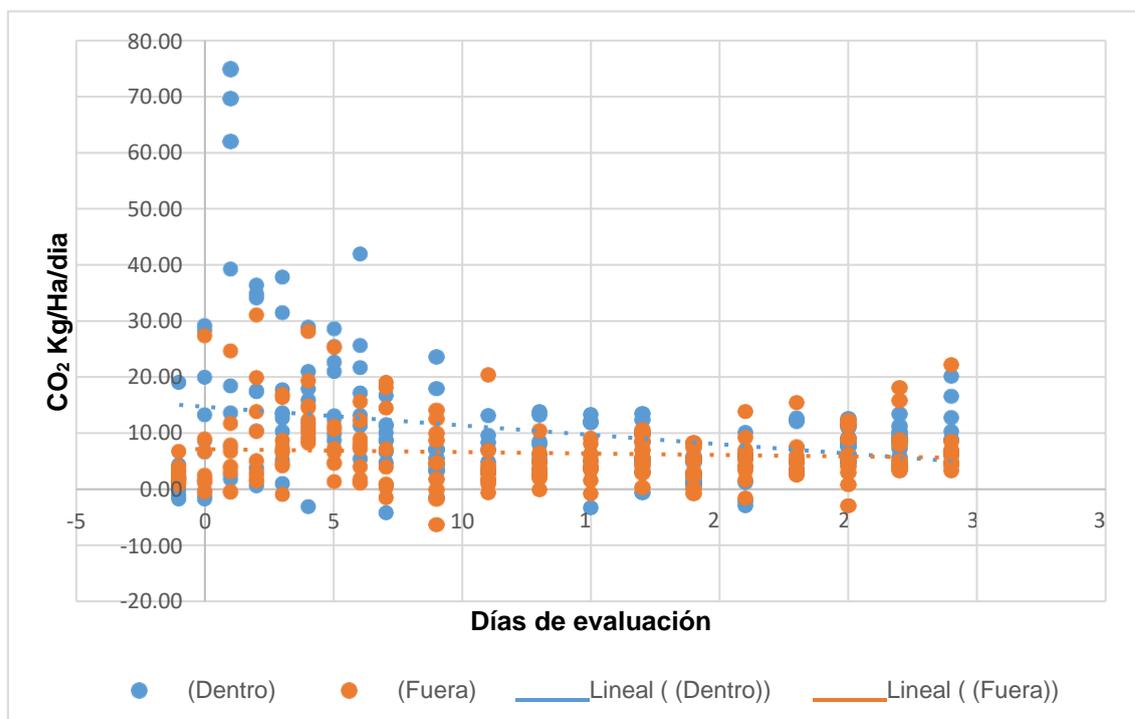


Figura 10. Diagrama de dispersión de las emisiones de Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) en una plantación de palma aceitera durante la fertilización nitrogenada.

En la Figura 10 se puede observar la fluctuación de las emisiones de Dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), dentro y fuera del círculo de fertilización en una plantación de palma aceitera durante la fertilización nitrogenada, donde se observa emisiones significativas de estos durante un periodo de 29 días de evaluaciones en una parcela de palma aceitera, donde se presentaron niveles altos y bajos, estos niveles estuvieron directamente relacionados con las zonas o áreas de muestreo de las parcelas evaluadas.

#### 4.1.2.1. Emisiones de Dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) dentro del área de fertilización en palma aceitera.

Sometidos los datos a un análisis de varianza de las emisiones Dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), dentro del área de fertilización en el cultivo de palma aceitera, tal como se observa en la Tabla 12, se observó que existe diferencias altamente significativas entre los tratamientos, siendo el coeficiente de variabilidad de 18.14%, el cual nos indica una mayor concentración de los datos, es decir, que el índice de dispersión es adecuado para efectuar comparaciones entre las distintas muestras. Asimismo, el coeficiente de determinación  $R^2 = 0.9842$ , esto nos indica que el 98.42% de los valores de la variable es explicada como efecto de los tratamientos y el 1.58% corresponden a otros factores inherentes a las condiciones experimentales en campo.

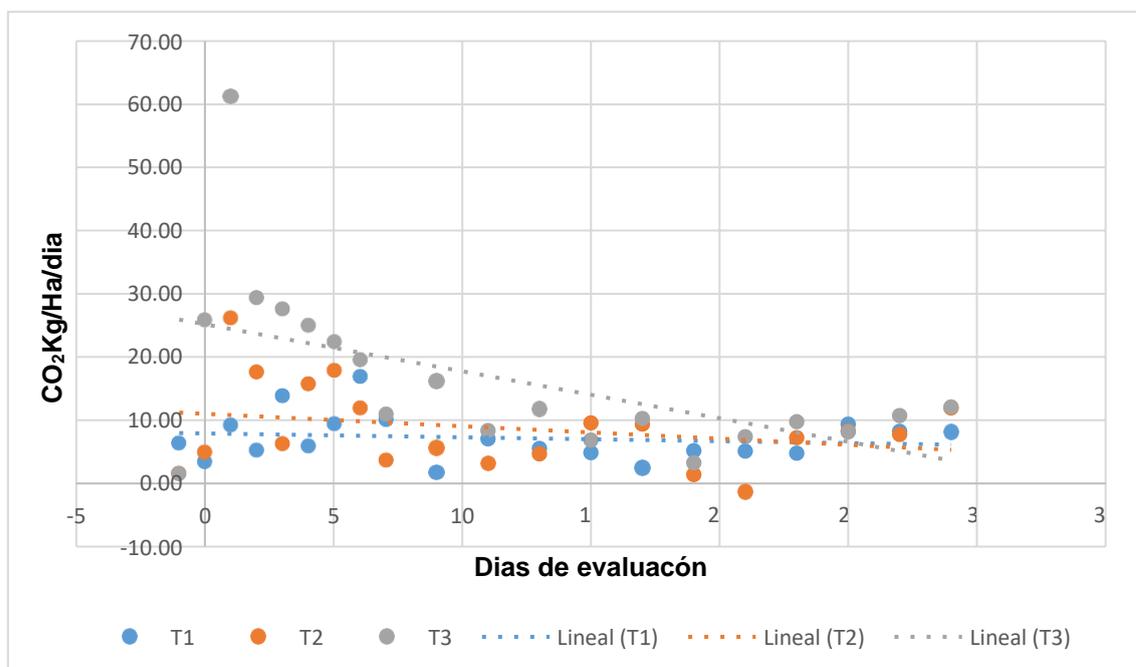
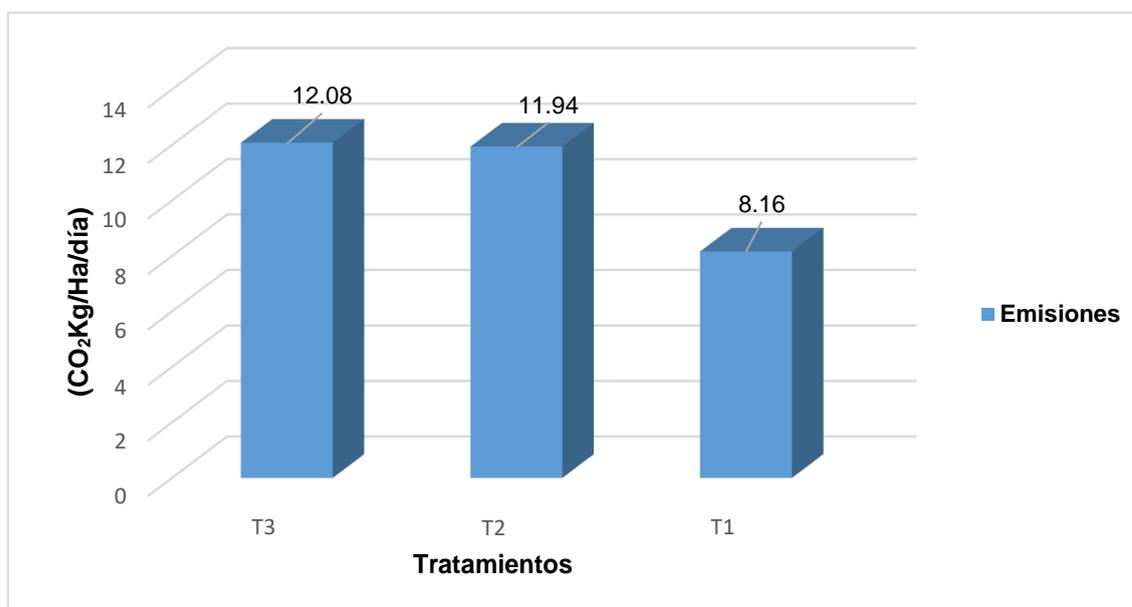


Figura 11. Diagrama de dispersión de las emisiones de Dióxido de carbono

**(CO<sub>2</sub>) dentro del área de fertilización en una plantación de palma aceitera según tratamientos.**

**Cuadro 6. Prueba de promedio de Tukey de las emisiones de Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) dentro del área de fertilización en el cultivo de palma aceitera.**

Tratamientos	Repeticiones	Promedio en (CO <sub>2</sub> Kg/Ha/día)	Significancia
3	3	12.08	a
T2	3	11.94	a
T1	3	8.16	b



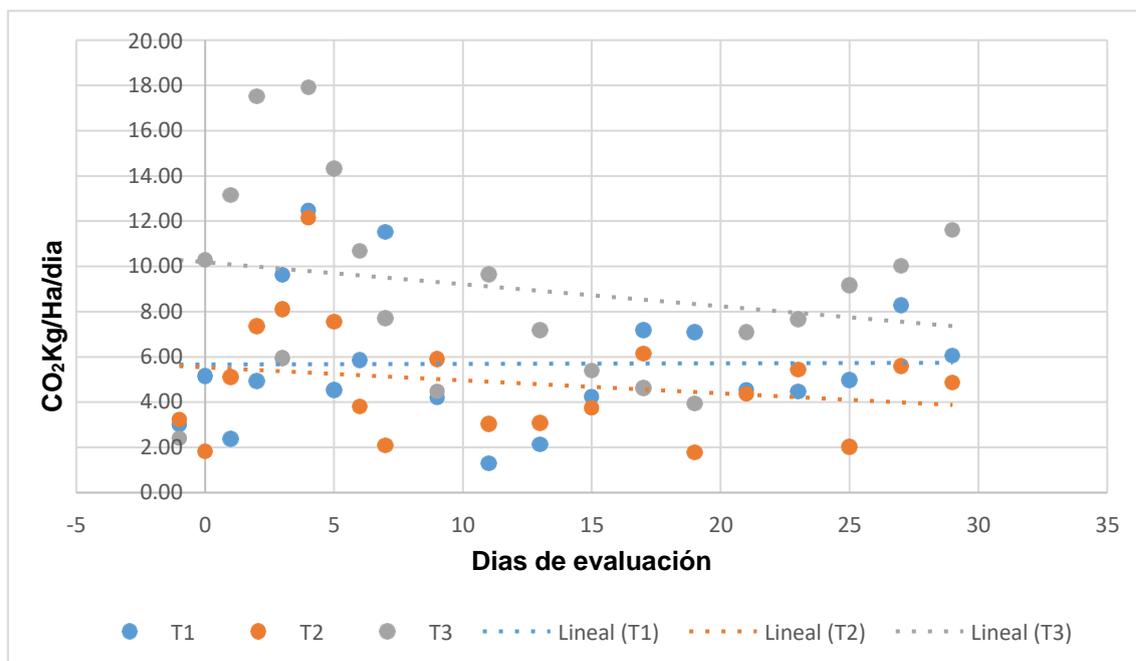
**Figura 12. Emisiones Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) según tratamiento dentro del área de fertilización en una plantación de palma aceitera.**

Los resultados de la prueba de promedios de Tukey para las emisiones de Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) dentro del área de fertilización en el cultivo de palma aceitera, se pudo determinar que el T<sup>3</sup>: (1.01 Kg N/planta, equivalente a 2.2 kg de urea 46% N, en una cámara estática de 15 cm con una dosis de 8.84 g/urea), presento la mayor emisión de Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) con un promedio de 12.08 KgCO<sub>2</sub>/Ha/día, seguida del tratamiento T<sup>2</sup>: (Urea (46% N), en una cámara estática de 15 cm con una dosis proporcional de 4.42 g dosis nitrogenada de 1.1 kg de urea/palma, quien mostro niveles significativos de

emisión de Dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) con un promedio de 11.94  $\text{KgCO}_2/\text{Ha}/\text{día}$ , finalmente el T<sup>1</sup>: (Testigo (sin aplicación): 0 Kg de N/planta), quien no presento fertilización nitrogenada 8.16  $\text{KgCO}_2/\text{Ha}/\text{día}$ . El total estimado de emisiones es de 59238  $\text{TM}/\text{CO}_2$  de las cuales el 51% corresponde a la aplicación de fertilizantes y enmiendas al suelo, 36% al consumo de combustibles fósiles y 13% en el uso de ganado para fuerza y energía eléctrica (GREPALMA, 2018).

#### **4.1.2.2. Emisiones de Dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) fuera del área de fertilización en palma aceitera.**

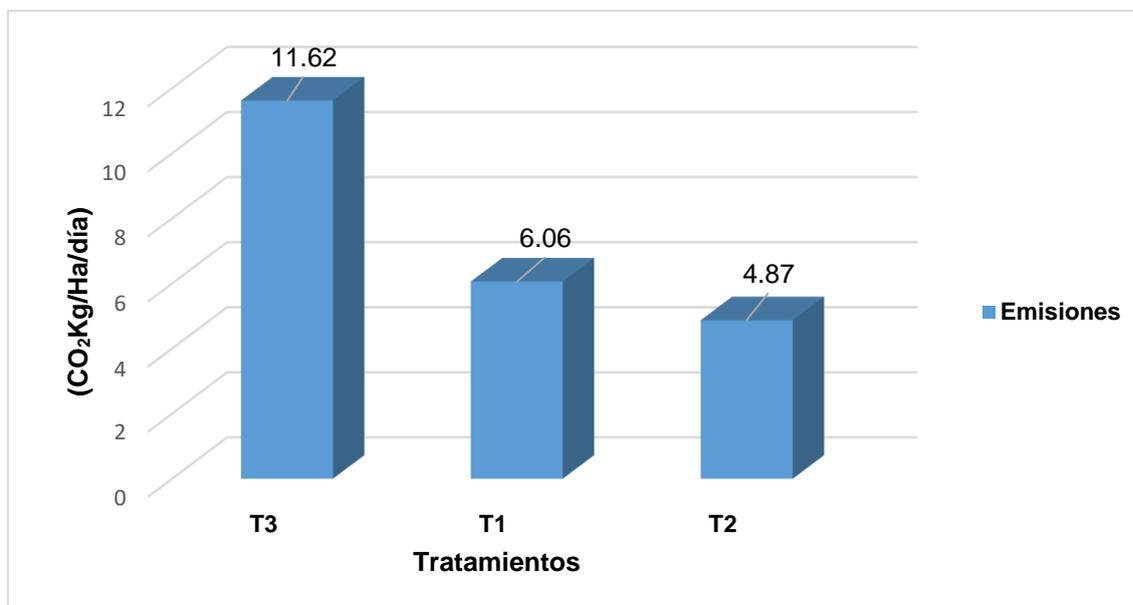
Sometidos los datos a un análisis de varianza de las emisiones Dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), fuera del área de fertilización en el cultivo de palma aceitera, tal como se observa en la Tabla 13, se puede observar que existe diferencias altamente significativas entre los tratamientos, siendo el coeficiente de variabilidad de 12.39%, el cual nos indica una mayor concentración de los datos, es decir, que el índice de dispersión es adecuado para efectuar comparaciones entre las distintas muestras. Asimismo, el coeficiente de determinación  $R^2 = 0.9988$ , esto nos indica que el 99.88% de los valores de la variable es explicada como efecto de los tratamientos y el 0.12% corresponden a otros factores inherentes a las condiciones experimentales en campo. El análisis de varianza mostró diferencias altamente significativas ( $P < 0.0001$ ) en los flujos de  $\text{CO}_2$  en las diferentes épocas de muestreo, es así como el flujo más alto se presentó 30 días después del establecimiento del cultivo (Arenas L., 2015).



**Figura 13. Diagrama de dispersión de las emisiones de Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) fuera del área de fertilización en una plantación de palma aceitera según tratamiento.**

**Cuadro 7. Prueba de promedio de Tukey de las emisiones de Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) fuera del área de fertilización en el cultivo de palma aceitera.**

Tratamientos	Repeticiones	Promedio	Significancia
T3	3	11.62	a
T1	3	6.06	b
T2	3	4.87	c



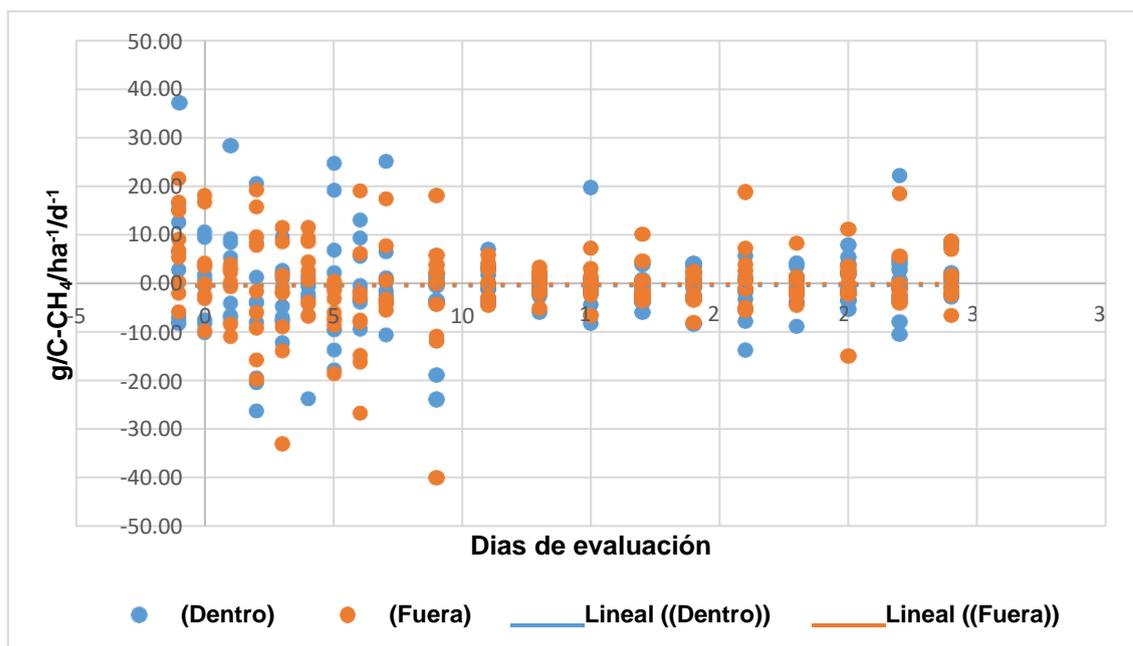
**Figura 14. Emisiones Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) según tratamiento fuera del área de fertilización en una plantación de palma aceitera.**

Los resultados de la prueba de promedio de Tukey para las emisiones de Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) fuera del área de fertilización en el cultivo de palma aceitera, se pudo determinar que el T<sup>3</sup>: (1.01 Kg N/planta, equivalente a 2.2 kg de urea 46% N, en una cámara estática de 15 cm con una dosis de 8.84 g/urea), presentó la mayor emisión de Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) con un promedio de 11.62 KgCO<sub>2</sub>/Ha/día, seguida del tratamiento T<sup>1</sup>: (Testigo (sin aplicación): 0 Kg de N/planta), quien presentó 6.06 KgCO<sub>2</sub>/Ha/día, finalmente el T<sup>2</sup>: (Urea (46% N), en una cámara estática de 15 cm con una dosis proporcional de 4.42 g dosis nitrogenada de 1.1 kg de urea/palma, quien no presentó niveles significativos de emisión de Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) con un promedio de 4.87 KgCO<sub>2</sub>/Ha/día.

#### **4.1.3. Emisiones de Metano (CH<sub>4</sub>) en una plantación de palma aceitera durante la fertilización nitrogenada.**

En la Figura 15 se observó la fluctuación de gases de efecto invernadero específicamente de las emisiones de Metano (CH<sub>4</sub>), dentro y fuera del círculo de fertilización en una plantación de palma aceitera durante la fertilización nitrogenada, donde las emisiones significativas de estos durante un periodo de 29 días de evaluaciones en una parcela de palma aceitera, estas se presentaron niveles altos y bajos, estos niveles estuvieron directamente relacionados con las zonas o áreas de muestreo de las parcelas evaluadas. La compleja dinámica del

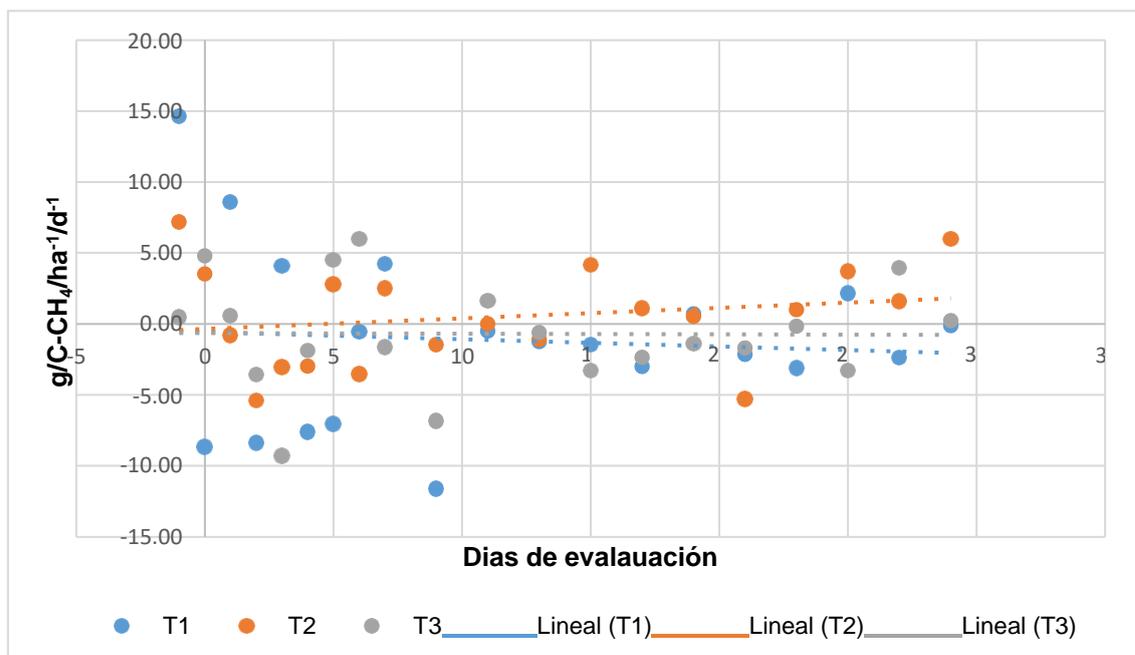
Metano en el suelo que lleva a valores de variabilidad muy alta para los flujos vista como variable hace más complicado definir momentos del día que representen el promedio diario de los flujos (Arenas L., 2015).



**Figura 15. Diagrama de dispersión de las emisiones de Metano (CH<sub>4</sub>) en una plantación de palma aceitera durante la fertilización nitrogenada.**

#### 4.1.3.1. Emisiones de Metano (CH<sub>4</sub>) dentro del área de fertilización en palma aceitera.

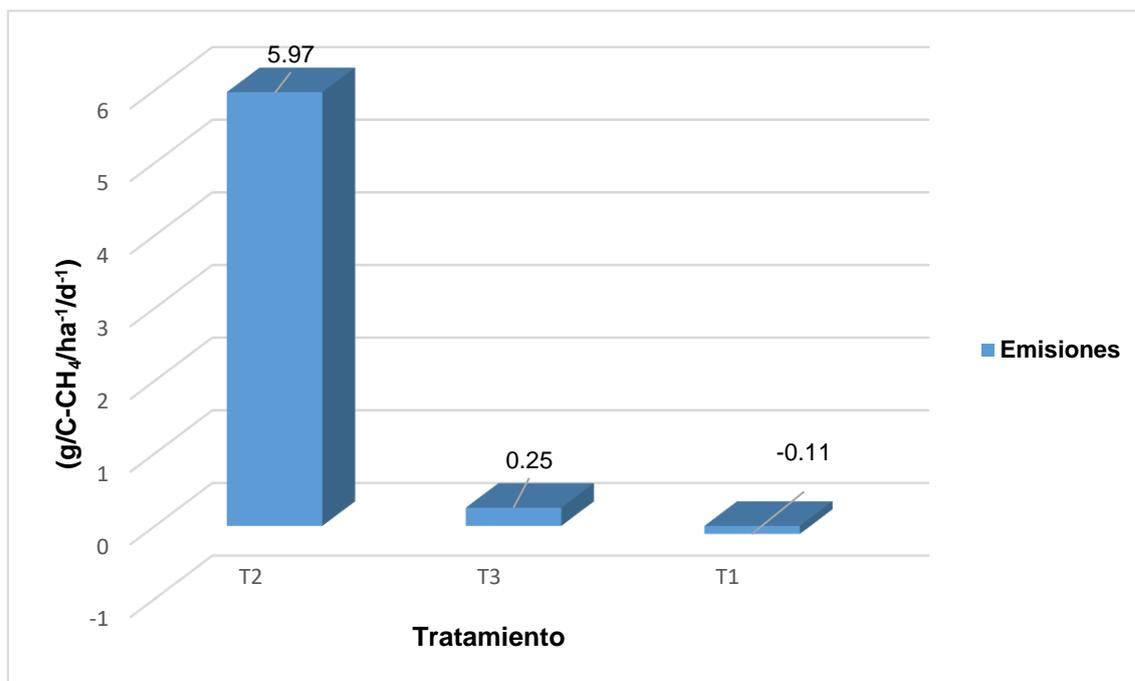
Sometidos los datos a un análisis de varianza de las emisiones Metano (CH<sub>4</sub>), dentro del área de fertilización en el cultivo de palma aceitera, tal como se observa en la Tabla 14, se observó que existe diferencias altamente significativas entre los tratamientos, siendo el coeficiente de variabilidad de 2.09%, el cual nos indica una mayor concentración de los datos, es decir, que el índice de dispersión es adecuado para efectuar comparaciones entre las distintas muestras. Asimismo, el coeficiente de determinación  $R^2 = 0.9891$ , esto nos indica que el 98.91% de los valores de la variable es explicada como efecto de los tratamientos y el 1.09% corresponden a otros factores inherentes a las condiciones experimentales en campo. Una importante variable en la que la temperatura influye directamente y afecta la producción de CH<sub>4</sub> en el suelo, es la evapotranspiración. Esta variable está compuesta por dos fenómenos: La evaporación y la transpiración e influye significativamente en el coeficiente de variabilidad (Arenas L., 2015).



**Figura 16. Diagrama de dispersión de las emisiones de Metano (CH<sub>4</sub>) dentro del área de fertilización en una plantación de palma aceitera según tratamiento.**

**Cuadro 8. Prueba de promedio de Tukey de las emisiones de Metano (CH<sub>4</sub>) dentro del área de fertilización en el cultivo de palma aceitera.**

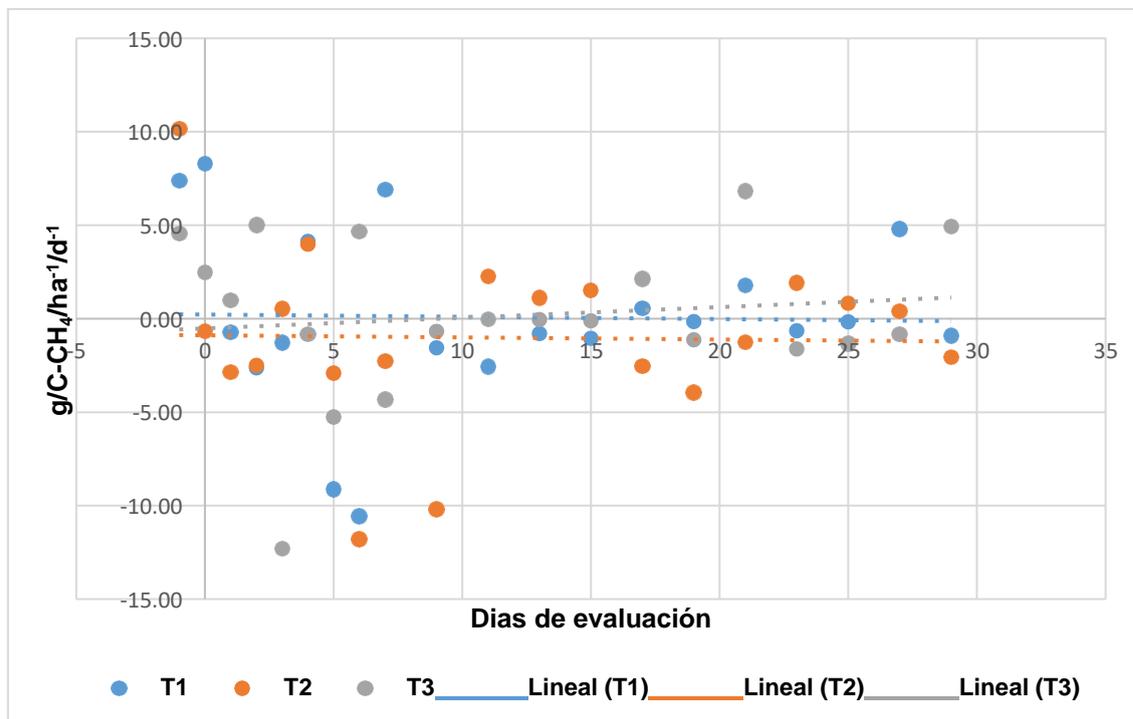
Tratamientos	Repeticiones	Promedio en (g/C-CH <sub>4</sub> /ha <sup>1</sup> /d <sup>1</sup> )	Significancia
2	3	5.97	a
T3	3	0.25	b
T1	3	-0.11	c



**Figura 17. Emisiones de Metano (CH<sub>4</sub>) según tratamiento dentro del área de fertilización en una plantación de palma aceitera.**

Los resultados obtenidos de la prueba de promedio de Tukey para las emisiones de Metano (CH<sub>4</sub>) dentro del área de fertilización en el cultivo de palma aceitera, se pudo determinar que el T<sup>2</sup>: (Urea (46% N), en una cámara estática de 15 cm con una dosis proporcional de 4.42 g dosis nitrogenada de 1.1 kg de urea/palma, presento la mayor emisión de Metano (CH<sub>4</sub>) con 5.97 (g/C-CH<sub>4</sub>/ha<sup>-1</sup>/d<sup>-1</sup>), seguido del T<sup>3</sup>: (1.01 Kg N/planta, equivalente a 2.2 kg de urea 46% N, en una cámara estática de 15 cm con una dosis de 8.84 g/urea), con 0.25 (g/C-CH<sub>4</sub>/ha<sup>-1</sup>/d<sup>-1</sup>), el T<sup>1</sup>: (Testigo (sin aplicación): 0 Kg de N/planta), presento niveles negativos en la emisión de gases de efecto invernadero con un promedio de -0.11 (g/C-CH<sub>4</sub>/ha<sup>-1</sup>/d<sup>-1</sup>). Al respecto, en una plantación de Café encontraron un aumento temporal de la respiración del suelo y disminución de las captaciones de Metano (3.3 ± 1.1 kg C-CH<sub>4</sub> ha<sup>-1</sup> año), siendo estas superiores a los encontrados en los resultados (Hergoualc'h et al., 2008).

#### 4.1.3.2. Emisiones de Metano (CH<sub>4</sub>) fuera del área de fertilización en palma aceitera.

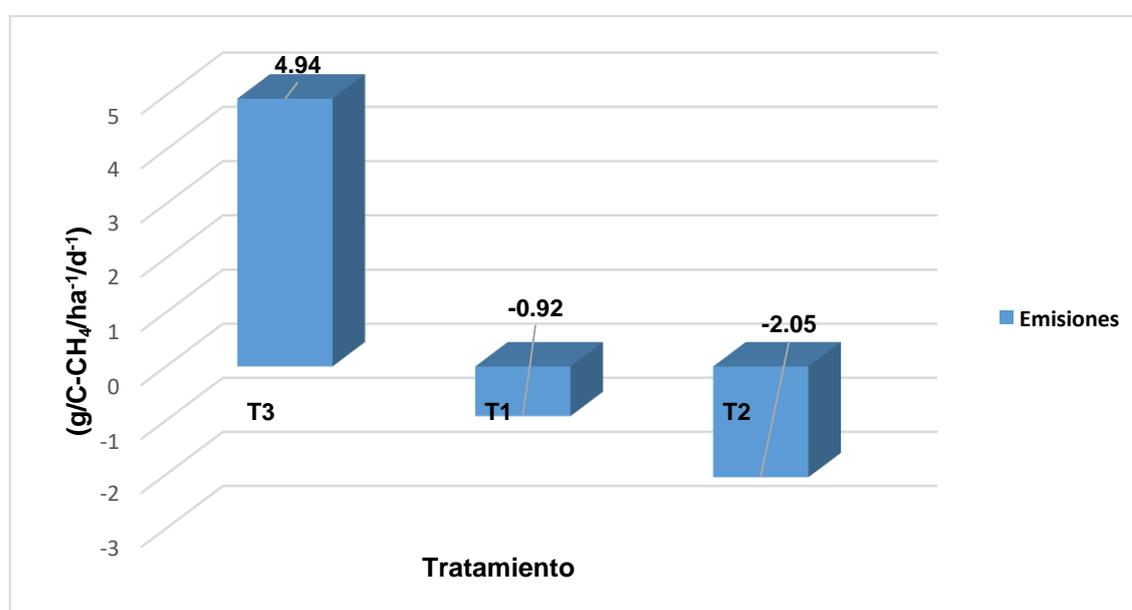


**Figura 18. Diagrama de dispersión de las emisiones de Metano (CH<sub>4</sub>) fuera del área de fertilización en una plantación de palma aceitera según tratamiento.**

Sometidos los datos a un análisis de varianza de las emisiones Metano (CH<sub>4</sub>), fuera del área de fertilización en el cultivo de palma aceitera, tal como se observa en la Tabla 15, se puede observar que existe diferencias altamente significativas entre los tratamientos, siendo el coeficiente de variabilidad de 4.20%, el cual nos indica una mayor concentración de los datos, es decir, que el índice de dispersión es adecuado para efectuar comparaciones entre las distintas muestras. Asimismo, el coeficiente de determinación  $R^2 = 0.9982$ , esto nos indica que el 98.82% de los valores de la variable es explicada como efecto de los tratamientos y el 0.18% corresponden a otros factores inherentes a las condiciones experimentales en campo.

**Cuadro 9. Prueba de promedio de Tukey de las emisiones de Metano (CH<sub>4</sub>) fuera del área de fertilización en el cultivo de palma aceitera.**

Tratamientos	Repeticiones	Promedio en (g/C-CH <sub>4</sub> /ha <sup>-1</sup> /d <sup>-1</sup> )	Significancia
T3	3	4.940	a
T1	3	-0.920	b
T2	3	-2.050	c



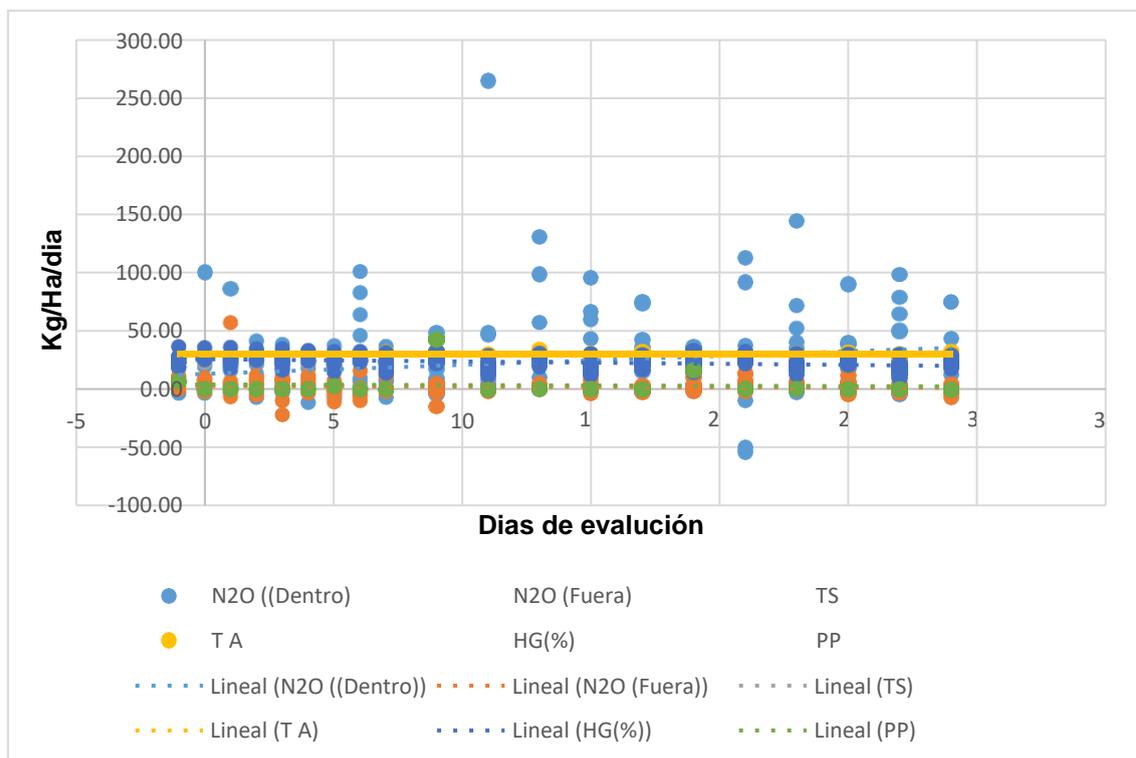
**Figura 19. Emisiones de Metano (CH<sub>4</sub>) según tratamiento fuera del área de fertilización en una plantación de palma aceitera.**

Los resultados obtenidos de la prueba de promedio de Tukey para las emisiones de Metano (CH<sub>4</sub>) fuera del área de fertilización en el cultivo de palma aceitera, se pudo determinar que el T<sup>3</sup>: (1.01 Kg N/planta, equivalente a 2.2 kg de urea 46% N, en una cámara estática de 15 cm con una dosis de 8.84 g/urea), en una cámara estática de 15 cm con una dosis de 8.84 g/urea), presento el mayor promedio de emisión de Metano con 4.94 (g/C-CH<sub>4</sub>/ha<sup>-1</sup>/d<sup>-1</sup>), seguido del T<sup>1</sup>: (Testigo (sin aplicación): 0 Kg de N/planta) quien presento emisiones negativas de Metano de -0.92 (g/C-CH<sub>4</sub>/ha<sup>-1</sup>/d<sup>-1</sup>), el T<sup>2</sup>: (Urea (46% N), en una cámara estática de 15 cm con una dosis proporcional de 4.42 g dosis nitrogenada de 1.1 kg de urea/palma, no presento emisiones de Metano presentando un promedio de -0.25 (g/C-CH<sub>4</sub>/ha<sup>-1</sup>/d<sup>-1</sup>).

## **4.2. INFLUENCIA DE LOS PARÁMETROS AMBIENTALES EN LAS EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO.**

### **4.2.1. Influencia de los parámetros ambientales en las emisiones de Óxido nitroso.**

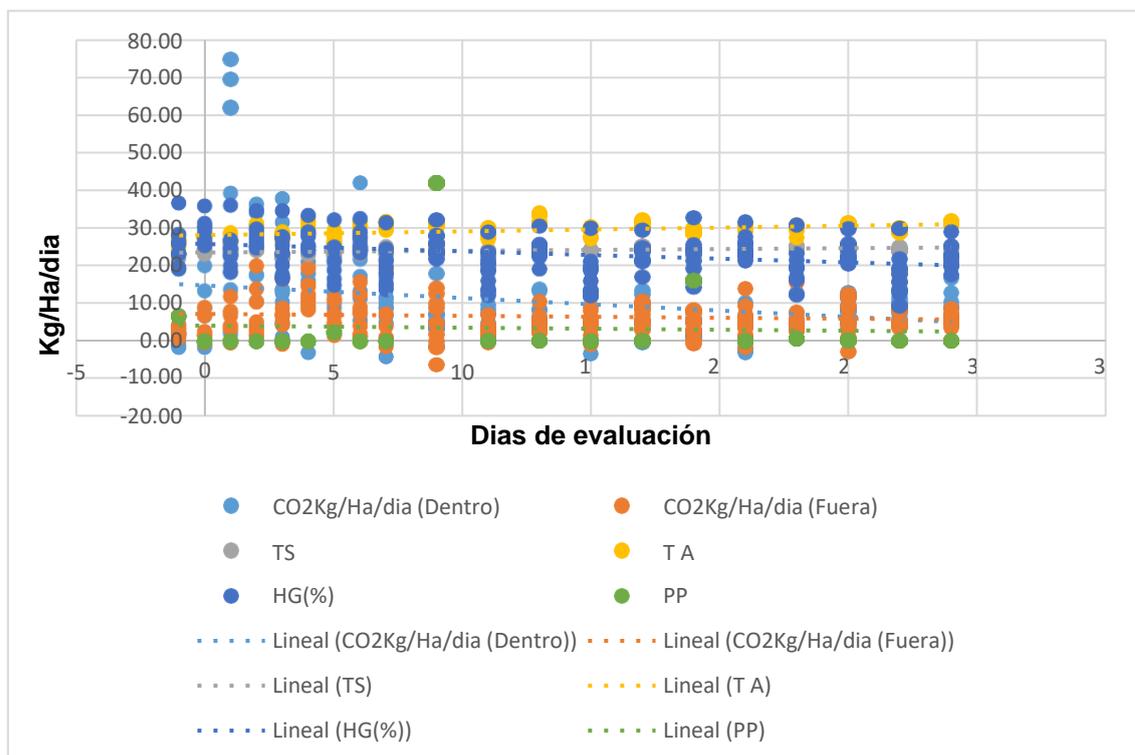
Los datos relacionados a la influencia de los parámetros ambientales y las emisiones de Óxido nitroso según tratamiento dentro y fuera del área de fertilización en una plantación de palma aceitera, se sometió a un análisis de regresión y correlación donde se determinó que existe una relación entre los tratamientos y los niveles de nitrógeno dentro del área de fertilización, con un índice de correlación de Pearson 0.43 y un nivel de significancia de 0.00, mientras que el índice de correlación de Pearson para la variable temperatura ambiental y los días de evaluación, también se observó un índice de 0.46 con un nivel de significancia de 0.00, finalmente el nivel de relación entre la temperatura de suelo y los días de evaluación también presentaron un índice de correlación de Pearson de 0.51 y un nivel de significancia de 0.00, esto nos indica que estas variable presentaron mayor nivel de relación en comparación a las variables anteriormente evaluadas. En relación a la humedad de suelo podemos mencionar a Shelton et al., (2000) quienes encontraron una relación lineal entre la emisión de  $N_2O$  y el contenido de agua, cuando éste se encontró entre 60% del espacio poroso saturado de agua (EPSA) y saturación (100% EPSA). Mientras que Schindlbacher y Zechmeister (2004) observaron emisión de  $N_2O$  máxima en el rango de 80 a 95% del EPSA, con la disminución de la tasa por encima del 95% del EPSA. Asimismo, si nos referimos a cómo la temperatura afecta la emisión de  $N_2O$ , podemos mencionar a Dobbie y Smith, (2001), quienes observaron una relación positiva entre la emisión de  $N_2O$  y la temperatura del suelo, cuando el porcentaje de EPSA se mantuvo elevado. Esto se opone a lo encontrado por Almaraz et al. (2009) quienes observaron una relación negativa entre las dos variables.



**Figura 20. Diagrama de dispersión de la Influencia de los parámetros ambientales en las emisiones de Óxido nitroso (N<sub>2</sub>O).**

#### **4.2.2. Influencia de los parámetros ambientales en las emisiones de Dióxido de carbono.**

Los datos relacionados a la influencia de los parámetros ambientales y las emisiones de Dióxido carbono según tratamiento dentro y fuera del área de fertilización en una plantación de palma aceitera, se sometió a un análisis de correlación donde se determinó que existe una relación entre la temperatura del suelo y los días que se presentaron emisiones de CO<sub>2</sub> con un índice de correlación de Pearson de 0.51 y con un nivel de significancia de 0.00, también existió una relación ínfima entre los días de emisión de CO<sub>2</sub> y la temperatura ambiental donde el índice de correlación de Pearson fue de 0.46 y su significancia de 0.00, y finalmente existió una relación altamente significativa entre la temperatura de suelo y la ambiental en las emisiones de CO<sub>2</sub> con un índice de correlación de Pearson de 0.68.

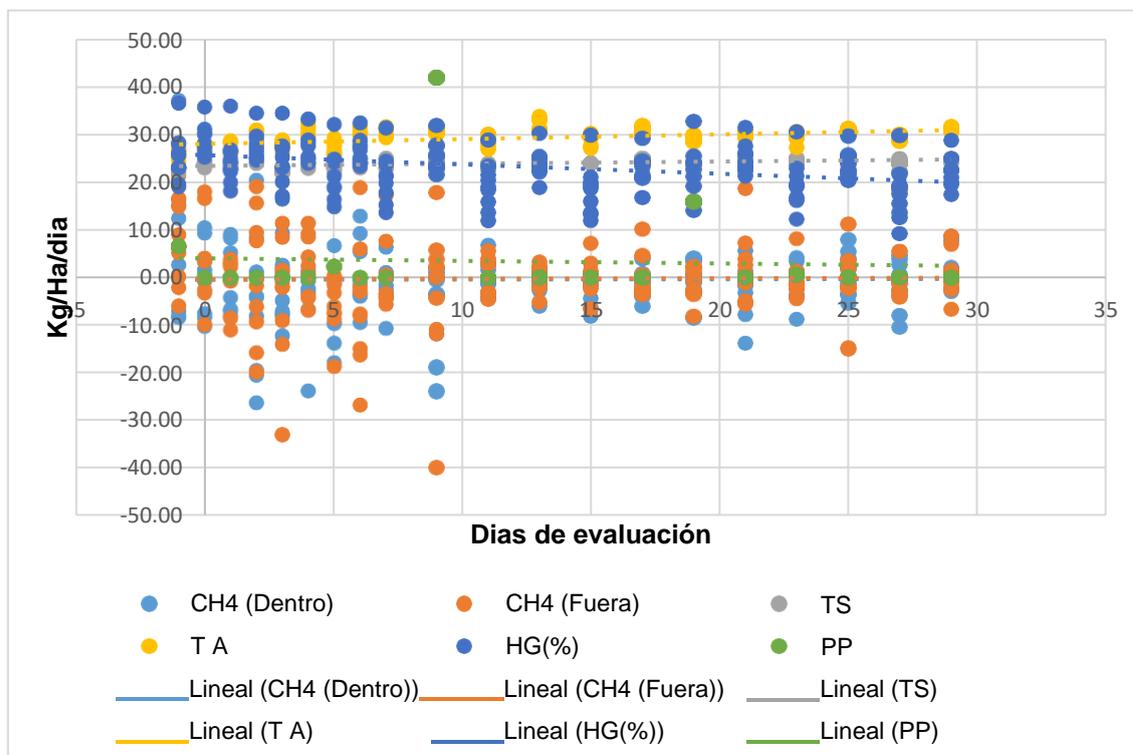


**Figura 21. Diagrama de dispersión de la Influencia de los parámetros ambientales en las emisiones de Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>).**

#### 4.2.3. Influencia de los parámetros ambientales en las emisiones de Metano.

Los datos concernientes a la influencia de los parámetros ambientales y las emisiones de Metano (CH<sub>4</sub>), según tratamiento dentro y fuera del área de fertilización en una plantación de palma aceitera, se sometió a un análisis de correlación donde se determinó que existe una relación entre la temperatura del suelo y los días de emisión de Metano (CH<sub>4</sub>), con un índice de correlación de Pearson de 0.51 y un nivel de significancia de 0.00, seguido de la temperatura del ambiental y los días de emisión de Metano (CH<sub>4</sub>), con una relación ínfima de 0.46 y un nivel de significancia de 0.001, el índice correlación de Pearson de la temperatura de suelo y la ambiental presentaron niveles de 0.68 y una significancia 0.00, estos datos nos indican que a mayor temperatura ambiental, existe una mayor temperatura en el suelo. La variación de los flujos de Metano a lo largo del día si bien no presentan una dinámica diaria tan marcada como el CO<sub>2</sub>, se pueden identificar picos altos de emisiones, los cuales coinciden con las horas del día que presentan las temperaturas más altas (Coef. Correlación = 0.419). Para los cuatro muestreos, las emisiones más altas fueron al inicio de la

tarde (2:00- 3:00 pm) y a pesar de que no se identifica un patrón marcado para los picos bajos, por lo general después del pico alto de la tarde se da un descenso hasta el final de la tarde, siendo las emisiones más bajas las de las horas de la noche y temprano en la mañana (Arenas L., 2015).



**Figura 22. Diagrama de dispersión de la Influencia de los parámetros ambientales en las emisiones de Metano (CH<sub>4</sub>).**

## V. CONCLUSIONES.

En concordancia a los resultados de la "Evaluación de los flujos de gases de efecto invernadero ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ) del suelo, en una plantación de palma aceitera (*Elaeis guineensis Jacq.*), se llegó a las siguientes conclusiones.

1. Se pudo determinar los flujos de gases de efecto invernadero ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ) del suelo, en una plantación de palma aceitera (*Elaeis guineensis Jacq.*), en Ucayali.
2. Se determinó de forma cuantitativa el flujo de Óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ), Metano ( $\text{CH}_4$ ) y Dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) por efecto de la aplicación de 3 dosis de fertilización nitrogenada, siendo el T<sup>3</sup>: (1.01 Kg N/planta, equivalente a 2.2 kg de urea 46% N), el tratamiento que presentó el mayor promedio de emisión de gases de efecto invernadero en relación a los demás tratamientos.
3. Existió variación espacial de los flujos de gases (dentro y fuera del área de fertilización), observándose que fuera del área de fertilización las emisiones de gases de efecto invernadero (Óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ), Metano ( $\text{CH}_4$ ) y Dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ )), fueron inferiores, donde el T<sup>3</sup>: (1.01 Kg N/planta, equivalente a 2.2 kg de urea 46% N, en una cámara estática de 15 cm con una dosis de 8.84 g/urea), volvió a presentar niveles superiores de emisiones, superando significativamente a los demás tratamientos en estudio.
4. En cuanto a la influencia de los parámetros ambientales en la emisión de Óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ), según el índice de correlación de Pearson se determinó que existió una relación altamente significativa con el parámetro niveles de Nitrógeno, temperatura ambiental, y temperatura de suelo en relación a los días en que realizó la toma de las muestras.

5. En relación a la influencia de los parámetros ambientales en la emisión de Dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), según el índice de correlación de Pearson se determinó que existió una relación altamente significativa con el parámetro temperatura de suelo y la temperatura ambiental, en relación a los días en que realizo la toma de las muestras.
  
6. En cuanto a la influencia de los parámetros ambientales en la emisión de Metano ( $\text{CH}_4$ ), dentro y fuera del área de fertilización en una plantación de palma aceitera, según el índice de correlación de Pearson se determinó que existió una relación altamente significativa con el parámetro temperatura de suelo y la ambiental presentaron niveles de 0.68 y una significancia 0.00, estos datos nos indican que, a mayor temperatura ambiental, existe una mayor temperatura en el suelo.

## VI. RECOMENDACIONES.

En concordancia a los resultados y las conclusiones de la “Evaluación de los flujos de gases de efecto invernadero (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O) del suelo, en una plantación de palma aceitera (*Elaeis guineensis* Jacq.), se llegó a las siguientes recomendaciones.

1. Se recomienda seguir evaluando los flujos de gases de efecto invernadero (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O) del suelo, en plantaciones de palma aceitera (*Elaeis guineensis* Jacq.), de diferentes edades, y con diferentes niveles de fertilización en nitrogenada y durante periodos más largos.
2. Realizar fertilizaciones nitrogenadas en plantaciones comerciales de palma aceitera, realizando análisis de suelo y foliar ya que se ha probado que niveles altos de este elemento contribuyen significativamente en la emisión de gases de efecto invernadero (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O), dentro y fuera del área de fertilización.
3. Estudiar la interacción de los macro y micronutrientes en la emisión de flujos de gases de efecto invernadero (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O) del suelo, en plantaciones de palma aceitera (*Elaeis guineensis* Jacq.), en la región de Ucayali.
4. Realizar ensayos previos que permita una adecuada instalación de las cámaras estáticas ya que esto permitirá una toma de muestras correcta y un análisis más exacto de las muestras en laboratorio.

## VII. LITERATURA CONSULTADA.

- Almaraz J, Zhou X, Mabood F, Madramootoo C, Rochette P, Ma B, y Smith D. 2009. Greenhouse gas fluxes associated with soybean production under two tillage systems in southwestern Quebec. *Soil and Tillage Research* 104: 134-139.
- Ancupa y Sesa. 2007. Inventario de Plagas del Cultivo de Palma Africana en el Ecuador. Quito - Ecuador: Pasquel Producciones.
- Arenas L. 2015. Diseño de cámara estática cerrada y medición de flujos de gases de efecto invernadero (GEI) en suelos. Tesis para optar el título de magister en Ingeniería ambiental. Universidad Nacional de Colombia. Palmira - Colombia. 79 p.
- Blagodatsky S y Smith P. 2012. Soil physics meets soil biology: Towards better mechanistic prediction of greenhouse gas emissions from soil. *Soil Biology and Biochemistry* 47: 78-92.
- Brito L D F, Pereira G T & Menezes Z. 2009. Soil CO<sub>2</sub> Emission Of Sugarcane Fields As Affected By Topography. *Sci. Agric. (Piracicaba, Braz.)*, 66 (February), 77–83.
- Butterbach-Bahl K, Breuer L, Gasche R, Willibald G y Papen H. 2002. Exchange of trace gases between soils and the atmosphere in Scots pine forest ecosystems of the northeastern German lowlands: 1. Fluxes of N<sub>2</sub>O, NO/NO<sub>2</sub> and CH<sub>4</sub> at forest sites with different N-deposition. *Forest Ecology and Management* 167: 123-134.
- Butterbach B K, Kiese R & Liu C. 2011. Measurements of biosphere-atmosphere exchange of CH<sub>4</sub> in terrestrial ecosystems. *Methods in enzymology*. 1st ed., Vol. 495, pp. 271–87.
- Cáceres A. 2020. Identificación e incidencia de insectos plaga del fruto de palma aceitera (*Elaeis guineensis jacq.*), en plantaciones establecidas en el distrito de campo verde. Tesis para optar el título profesional de ingeniero agrónomo. Pucallpa, Perú.

- Carpio P. 2018. Manejo Integrado del *Demostipa pallida* en el Cultivo de Palma Aceitera (Bachelor's thesis, Babahoyo: UTB, 2018).
- CENIPALMA Centro de Investigaciones en Palma de Aceite. 2005. El Cultivo de la Palma de Aceite y su Beneficio. Guía general para el nuevo palmicultor. FEDEPALMA. Bogotá, Colombia.
- Chapuis L, Wrage N, Metay A, Chotte J y Bernoux M. 2007. Soils, a sink for  $N_2O$ ? A review. *Global Change Biology* 13: 1-17.
- Chiaradia J, Chiba M de Andrade, C A do Carmo, J B de Oliveira, C Lavorenti A. 2009.  $CO_2$ ,  $CH_4$  and  $N_2O$  fluxes in an ultisol treated with sewage sludge and cultivated with castor bean. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 33, 1863–1870.
- Clough T, Rochette P, Thomas S, Pihlatie M, Christiansen J & Thorman R. 2012. Chapter 2: Chamber Design. Nitrous Oxide Chamber Methodology Guidelines. Global Reserch Alliance on Agricultural Greenhouse Gases.
- Coleman D C and D A Crossley. 1996. Decomposition and nutrient cycling. p. 109–140. In *Fundamentals of soil ecology*. Associated Press, New York.
- Cosentino V R N Figueiro Aureggi S A & Taboada M A. 2013. Hierarchy of factors driving  $N_2O$  emissions in non-tilled soils under different crops. *European Journal of Soil Science*, 64(5), 550–557. <http://doi.org/10.1111/ejss.12080>.
- Denmead O T. 2008. Approaches to measuring fluxes of methane and nitrous oxide between landscapes and the atmosphere. *Plant and Soil*, 309, 5–24. <http://doi.org/10.1007/s11104-008-9599-z>.
- Dobbie K E y Smith K A. 2001. The effects of temperature, water-filled pore space and land use on  $N_2O$  emissions from an imperfectly drained gleysol. *European Journal of Soil Science* 52: 667-673. fertilización en una plantación de palma aceitera exacerbada por puntos calientes.
- Fang C, Moncrieff J B, Gholz H L, Clark K L. 1998. Soil  $CO_2$  efflux and its spatial variation in a Florida slash pine plantation. *Plant Soil*, v.205, p.135-146.

- Fang C, Moncrieff J B. 1999. A model for soil CO<sub>2</sub> production and transport 1: model development. *Agricultural and Forest Meteorology* 95, 225-236.
- Fazli P, Man H C, Md Shah U K & Idris A. 2013. Characteristics of methanogens and methanotrophs in rice fields: A review. *Asia-Pacific Journal of Molecular Biology and Biotechnology*, 21(1), 3–17.
- Fernandez-Luqueño F, Reyes-Varela V, Martinez-Suarez C, Salomon-Hernandez G, Yanez-Meneses J, Ceballos-Ramirez JM, Dendooven L. 2010. Effect of different nitrogen sources on plant characteristics and yield of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Bioresource Technology* 101, 396–403.
- GREPALMA. 2018. Estimación de emisiones de GEI en la producción de aceite de palma de aceite. Agencia de Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID). Guatemala.
- Han G, Zhou G, Xu Z, Yang Y, Liu J, Shi K. 2007. Biotic and abiotic factors controlling the spatial and temporal variation of soil respiration in an agricultural ecosystem *Soil Biol. Biochem*, 39, 418–425.
- Hergoual'c K; Stika U; Harmand J-M; Hénault C. 2008. Fluxes of greenhouse gases from Andosols under coffee in monoculture or shaded by *Inga densiflora* in Costa Rica. *Biogeochemistry* 89:329-345: DOI 10.1007/s10533-008-9222-7.
- Hernández M E. 2010. Wetland Soils as Carbon Sinks and Sources of Methane. *Terra Latinoamericana*, vol. 28(núm. 2), 139–147.
- Hsu Y, Singh S K, Chiang M, Wu Y & Chang I. 2009. Strategies to lower greenhouse gas level by rice agriculture. *Journal of Biotechnology*, 8(2), 126–132.
- Hutsch BW. 2001. Methane oxidation in non-flooded soils as affected by crop production - invited paper. *Eur. J. Soil Sci.*, 14:237-260.
- Inga densiflora* in Costa Rica. *Biogeochemistry*. 2008. 89:329-345: DOI 10.1007/s10533-008-9222-7.

- IPCC. 2006. Guidelines for national greenhouse gas inventories. Volume 4. Agriculture, forestry and other land use <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol4html>.
- IPCC. 2007. Climate change 2007. Sintesis Report. An Assessment of the Intergovernmental Panel on Climate Change. WMO-UNEP. Geneve.
- Jeffrey van Lent. 2016. The effect of land degradation on soil greenhouse gas emission: the case of tropical peatlands in the Peruvian Amazon. Year Report 3 – 2016. CIFOR, WAGENINGEN University & Research. Iquitos – Perú. 26 p.
- Klein C a M & Harvey M. 2012. Nitrous Oxide Chamber Methodology Guidelines. Global Reserch Alliance on Agricultural Greenhouse Gases.
- Leveau R. 2018. Sustentabilidad de fincas productoras de palma aceitera (*Elaeis guineensis*), en el valle del río Shanusi, Loreto.
- Magrin GO, JA Marengo, JP Boulanger, MS Buckeridge, E Castellanos, G Poveda, FR Scarano and S Vicuña. 2014. Central and South America. In: Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part B: Regional Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change and L.L. White (eds.). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA pp. 1499-1566.
- Metay A, Chotte JL y Bernoux M. 2007. Soils, a sink for N<sub>2</sub>O A review. Global Change Biology 13: 1-17.
- Mora Ravelo S G, Sandoval Villa M, Gavi Reyes F & Sánchez García P. 2005. Emisión de N<sub>2</sub>O con fertilización nitrogenada en fertirriego y fertilización convencional. Revista Internacional de Contaminación Ambiental, 21, 23–29.
- Muñoz C, L Paulino, C Monreal and E Zagal. 2010. Greenhouse gas (CO<sub>2</sub> and N<sub>2</sub>O) emissions from soils: A review. Chilean Journal of Agricultural Research 70:485-497.

- Nurul I, Faradiella M, Ferdaus M, Muhamad A, Zulfa H. 2015. Impact of nitrogen fertilizar application on nitrous oxide emission in oil palm plantation. *Procedia enviromental Sciences*. 315 -319.
- Ortiz R, Fernández O. 2000. *El Cultivo de Palma Aceitera*. Universidad Estatal a Distancia. San José, Costa Rica. 191 p.
- Parkin TB and Venterea RT. 2010. Sampling Protocols. Chapter 3. Chamber-Based Trace Gas Flux Measurements. IN *Sampling Protocols*. R.F. Follett, editor. p. 3-1 to 3-39.
- Pihlatie M K, Christiansen J R, Aaltonen H, Korhonen J F J, Nordbo A, Rasilo T, Pumpanen J. 2013. Comparison of static chambers to measure CH<sub>4</sub> emissions from soils. *Agricultural and Forest Meteorology*, 171-172, 124–136. <http://doi.org/10.1016/j.agrformet.2012.11.008>.
- Ponnamperuma FN. 1972. The chemistry of submerged soils. *Advances in Agronomy*, 24, 29–96.
- Rochette P. 2010. Root-derived respiration and nitrous oxide production as affected by crop phenology and nitrogen fertilization. *Plant and Soil* 326: 369-379.
- Rochette P y Eriksen H N S. 2008. Chamber measurements of soil nitrous oxide flux: are absolute values reliable *Soil Science Society of America Journal* 72: 331-342.
- Rochette P y Janzen H. 2005. Towards a revised coefficient for estimating N<sub>2</sub>O emissions from legumes. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 73: 171-179.
- Rochette P. 2011. Towards a standard non-steady-state chamber methodology for measuring soil N<sub>2</sub>O emissions. *Animal Feed Science and Technology* 166e167, 141-146 p.
- Satria Oktarita, Kristell Hergoualc'h, Syaiful Anwar and Louis V Verchot. 2016. Emisiones sustanciales de N<sub>2</sub>O por descomposición de turba y N.
- Saynes V, Etchevers J, Paz F, Alvarado L. 2016. Emisiones de gases de efecto invernadero en sistemas agrícolas de México. *Terra Latinoamérica* 34: 83-96. P.

- Schindlbacher A y Zechmeister-Boltenstern S. 2004. Effects of soil moisture and temperature on NO, NO<sub>2</sub>, and N<sub>2</sub>O emissions from European forest soils. *Journal of Geophysical Research* 109: D17302.
- Shaver G R, Canadell J, Chapin III F S, Gurevitch J, Harte J, Henry G, Rustad L. 2000. Global Warming and Terrestrial Ecosystems: A Conceptual Framework for Analysis. *BioScience*, 50(10), 871–882. Retrieved from <http://www.nslc.wustl.edu/courses/archives/Bio4213/05/>.
- Shelton DR, Sadeghi AM y McCarty GW. 2000. Effect of soil water content on denitrification during cover crop decomposition. *Soil Science* 165: 365-371.
- Silver W L, Thompson a W, McGroddy M E, Varner R K, Dias J D, Silva H, Keller M. 2005. Fine root dynamics and trace gas fluxes in two lowland tropical forest soils. *Global Change Biology*, 11(2), 290–306. <http://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2005.00903.x>.
- Smith KA. 2003. Nitrous oxide emission factors for agricultural soils in Great Britain: The impact of soil water-filled pore space and other controlling variables. *Global Change Biology* 9: 204-218.
- Smith KA, Ball T, Conen F, Dobbie KE, Massheder J, Rey A. 2003. Exchange of greenhouse gases between soil and atmosphere: interactions of soil physical factors and biological processes. *European Journal of Soil Science* 54, 779-791.
- Smith KA, Ball T, Conen F, Dobbie KE, Massheder J, Rey A. 2003. Exchange of greenhouse gases between soil and atmosphere: interactions of soil physical factors and biological processes. *European Journal of Soil Science* 54, 779-791.
- Snyder CS, Bruulsema TW, Jensen TL y Fixen PE. 2009. Review of greenhouse gas emissions from crop production systems and fertilizer management effects. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 133: 247-266.
- Syakila A & Kroeze C. 2011. The global nitrous oxide budget revisited. *Greenhouse Gas Measurement and Management*, 1(1), 17–26. <http://doi.org/10.3763/ghgmm.2010.0007>.

- Syakila A & Kroeze C. 2011. The global nitrous oxide budget revisited. *Greenhouse Gas Measurement and Management*, 1(1), 17–26. <http://doi.org/10.3763/ghgmm.2010.0007>.
- Tate K R. 2015. Soil methane oxidation and land-use change – from process to mitigation. *Soil Biology and Biochemistry*, Volumen 80, January 2015, Pages 260-272.
- Thomson a J, Giannopoulos G, Pretty J, Baggs E M & Richardson D J. 2012. Biological sources and sinks of nitrous oxide and strategies to mitigate emissions. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 367(1593), 1157–1168. <http://doi.org/10.1098/rstb.2011.0415>.
- Thomson a J, Giannopoulos G, Pretty J, Baggs E M & Richardson D J. 2012. Biological sources and sinks of nitrous oxide and strategies to mitigate emissions. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 367(1593), 1157–1168. <http://doi.org/10.1098/rstb.2011.0415>.
- Torres A R, F Ramírez V, F J Fernández y I Barriga S. 2005. Methanogenesis and methane oxidation in wetlands. Implications in the global carbon cycle. *Hydrobiología* 15: 327-349.
- Wuebbles D J and Hayhoe K. 2002. Atmospheric methane and global change. *Earth Sci. Rev.* 57, 177–210.
- Xu M & Qi Y. 2001. Soil-surface CO<sub>2</sub> efflux and its spatial and temporal variations in a young ponderosa pine plantation in northern California. *Global Change Biology*, 7(February 2000), 667–677.

## **VIII. ANEXO.**

**Anexo 1 – Análisis de varianza.**

**Cuadro 10. Análisis de varianza de las emisiones de Óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) dentro del área de fertilización en el cultivo de palma aceitera.**

F.V	GL	SC	CM	FC	Pr>F
Tratamientos	2	4161.22	2080.61	3328.21	0.00
Error	6	3.75	0.63		
Total	8	4164.97			

R<sup>2</sup> = 89.91; C.V. = 0.1906.

**Cuadro 11. Análisis de varianza de las emisiones de Óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) fuera del área de fertilización en el cultivo de palma aceitera.**

F.V	GL	SC	CM	FC	Pr>F
Tratamientos	2	49.3038	24.6519	4428.49	0.00
Error	6	0.0334	0.0056		
Total	8	49.3372			

R<sup>2</sup> = 99.93; C.V. = 0.075.

**Cuadro 12. Análisis de varianza de las emisiones de Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) dentro del área de fertilización en el cultivo de palma aceitera.**

F.V	GL	SC	CM	FC	Pr>F
Tratamientos	2	29.6502	14.8251	187.13	0.00
Error	6	0.4753	0.0792		
Total	8	30.1255			

R<sup>2</sup> = 98.42; C.V. = 0.1814.

**Cuadro 13. Análisis de varianza Análisis de varianza de las emisiones de Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) fuera del área de fertilización en el cultivo de palma aceitera.**

F.V	GL	SC	CM	FC	Pr>F
Tratamientos	2	77.8922	38.9461	2534.45	0.00
Error	6	0.0922	0.0154		
Total	8	77.9844			

R<sup>2</sup> = 99.88; C.V. = 0.1239.

**Cuadro 14. Análisis de varianza Análisis de las emisiones de Metano (CH<sub>4</sub>) dentro del área de fertilización en el cultivo de palma aceitera.**

F.V	GL	SC	CM	FC	Pr>F
Tratamientos	2	69.793	34.897	80017.38	0.00
Error	6	0.003	0.000		
Total	8	69.80			

R<sup>2</sup> = 98.91; C.V. = 0.0209.

**Cuadro 15. Análisis de varianza de las emisiones de Metano (CH<sub>4</sub>) fuera del área de fertilización en el cultivo de palma aceitera.**

F.V	GL	SC	CM	FC	Pr>F
Tratamientos	2	84.477	42.238	23908.47	0.00
Error	6	0.0121	0.002		
Total	8	84.487			

R<sup>2</sup> = 99.82; C.V. = 0.0420.

## Anexo 2 – Resultados experimentales.

FALSO	Date 2	Fert	DBE4FHF	Month#	Sampling#	Id	Plot	Collar	coysten	spatial	position	Soil/Coll	Air/Coll	Cover	Time	Observat	CO2gen [g CO2]	CO2gen [µg C ha-1 d-1]	mg (N)	Date (C)	DBE4FHF	Code	Plot
14/05/2019	14/05/2019	NF	Day 1	4	4	OPN0_7	OPN0	7	OP	close	22	24.5	Cloudy	7:45:00	Water in	0.053	3.46		05.20.19	05.14.1	Day-1	OPN0_7.1	OPN0
14/05/2019	14/05/2019	NF	Day 1	4	4	OPN0_8	OPN0	8	OP	far	23	25.9	Cloudy	8:11:00	Little wat	0.040	2.63		05.20.19	05.14.1	Day-1	OPN0_8.1	OPN0
14/05/2019	14/05/2019	NF	Day 1	4	4	OPN0_9	OPN0	9	OP	close	23	25.3	Cloudy	8:20:00	Little wat	0.061	4.02		05.20.19	05.14.1	Day-1	OPN0_9.1	OPN0
14/05/2019	14/05/2019	NF	Day 1	4	4	OPN0_10	OPN0	10	OP	far	23	25.5	Cloudy	8:26:00	Little wat	0.027	1.75		05.20.19	05.14.1	Day-1	OPN0_10.1	OPN0
14/05/2019	14/05/2019	NF	Day 1	4	4	OPN0_11	OPN0	11	OP	close	23	26.6	Cloudy	8:31:00	Few ants	0.161	10.53		05.20.19	05.14.1	Day-1	OPN0_11.1	OPN0
14/05/2019	14/05/2019	NF	Day 1	4	4	OPN0_12	OPN0	12	OP	far	23	26.5	Cloudy	8:51:00	NA	0.059	3.86		05.20.19	05.14.1	Day-1	OPN0_12.1	OPN0
14/05/2019	14/05/2019	NF	Day 1	4	4	OPN1_13	OPN1	13	OP	close	23	26.9	Cloudy	8:58:00	Little wat	0.083	5.41		05.20.19	05.14.1	Day-1	OPN1_13.1	OPN1
14/05/2019	14/05/2019	NF	Day 1	4	4	OPN1_14	OPN1	14	OP	far	23	26.6	Cloudy	9:05:00	NA	0.068	4.43		05.20.19	05.14.1	Day-1	OPN1_14.1	OPN1
14/05/2019	14/05/2019	NF	Day 1	4	4	OPN1_15	OPN1	15	OP	close	23	27	Sunny	9:13:00	Few litter	0.226	14.80		05.20.19	05.14.1	Day-1	OPN1_15.1	OPN1
14/05/2019	14/05/2019	NF	Day 1	4	4	OPN1_16	OPN1	16	OP	far	23	26.8	Cloudy	9:19:00	Little wat	0.040	2.61		05.20.19	05.14.1	Day-1	OPN1_16.1	OPN1
14/05/2019	14/05/2019	NF	Day 1	4	4	OPN1_17	OPN1	17	OP	close	24	26.8	Cloudy	9:26:00	Little wat	0.027	1.79		05.20.19	05.14.1	Day-1	OPN1_17.1	OPN1
14/05/2019	14/05/2019	NF	Day 1	4	4	OPN1_18	OPN1	18	OP	far	24	26.7	Cloudy	10:07:00	NA	0.608	39.83		05.20.19	05.14.1	Day-1	OPN1_18.1	OPN1
14/05/2019	14/05/2019	NF	Day 1	4	4	OPN2_19	OPN2	19	OP	close	24	25.5	Cloudy	10:16:00	High soil	0.289	18.95		05.20.19	05.14.1	Day-1	OPN2_19.1	OPN2
14/05/2019	14/05/2019	NF	Day 1	4	4	OPN2_20	OPN2	20	OP	far	24	27.8	Cloudy	10:23:00	Little wat	0.116	7.56		05.20.19	05.14.1	Day-1	OPN2_20.1	OPN2
14/05/2019	14/05/2019	NF	Day 1	4	4	OPN2_21	OPN2	21	OP	close	24	27.3	Cloudy	10:29:00	With mos	0.258	16.90		05.20.19	05.14.1	Day-1	OPN2_21.1	OPN2
14/05/2019	14/05/2019	NF	Day 1	4	4	OPN2_22	OPN2	22	OP	far	24	27.3	Cloudy	10:35:00	Little wat	0.101	6.61		05.20.19	05.14.1	Day-1	OPN2_22.1	OPN2
14/05/2019	14/05/2019	NF	Day 1	4	4	OPN2_23	OPN2	23	OP	close	24	27.9	Cloudy	10:48:00	Little wat	0.183	11.97		05.20.19	05.14.1	Day-1	OPN2_23.1	OPN2
14/05/2019	14/05/2019	NF	Day 1	4	4	OPN2_24	OPN2	24	OP	far	24	27.7	Cloudy	11:03:00	Little wat	0.226	14.77		05.20.19	05.14.1	Day-1	OPN2_24.1	OPN2
15/05/2019	14/05/2019	F	Day0	4	5	OPN0_7	OPN0	7	OP	close	23	26.2	Cloudy	9:09:00	Little wat	0.053	3.43		05.20.19	05.15.1	Day 0	OPN0_7.1	OPN0
15/05/2019	14/05/2019	F	Day0	4	5	OPN0_8	OPN0	8	OP	far	23	26.7	Cloudy	9:19:00	NA	0.054	3.50		05.20.19	05.15.1	Day 0	OPN0_8.1	OPN0
15/05/2019	14/05/2019	F	Day0	4	5	OPN0_9	OPN0	9	OP	close	23	26.5	Cloudy	9:21:00	Little wat	0.111	7.24		05.20.19	05.15.1	Day 0	OPN0_9.1	OPN0
15/05/2019	14/05/2019	F	Day0	4	5	OPN0_10	OPN0	10	OP	far	23	26.3	Cloudy	9:34:00	Little veg	0.253	16.58		05.20.19	05.15.1	Day 0	OPN0_10.1	OPN0
15/05/2019	14/05/2019	F	Day0	4	5	OPN0_11	OPN0	11	OP	close	23	26.4	Cloudy	9:41:00	NA	0.161	10.53		05.20.19	05.15.1	Day 0	OPN0_11.1	OPN0
15/05/2019	14/05/2019	F	Day0	4	5	OPN0_12	OPN0	12	OP	far	24	26.4	Cloudy	9:47:00	Little veg	0.088	5.79		05.20.19	05.15.1	Day 0	OPN0_12.1	OPN0
15/05/2019	14/05/2019	F	Day0	4	5	OPN1_13	OPN1	13	OP	close	24	26.4	Cloudy	0:00:00	Ants	0.413	27.03		05.20.19	05.15.1	Day 0	OPN1_13.1	OPN1
15/05/2019	14/05/2019	F	Day0	4	5	OPN1_14	OPN1	14	OP	far	24	28.3	Cloudy	11:17:00	New EGM	0.027	1.77		05.20.19	05.15.1	Day 0	OPN1_14.1	OPN1
15/05/2019	14/05/2019	F	Day0	4	5	OPN1_15	OPN1	15	OP	close	24	28.7	Sunny	11:21:00	NA	0.067	4.35		05.20.19	05.15.1	Day 0	OPN1_15.1	OPN1
15/05/2019	14/05/2019	F	Day0	4	5	OPN1_16	OPN1	16	OP	far	24	29.2	Sunny	11:32:00	NA	0.053	3.48		05.20.19	05.15.1	Day 0	OPN1_16.1	OPN1
15/05/2019	14/05/2019	F	Day0	4	5	OPN1_17	OPN1	17	OP	close	24	29	Sunny	11:42:00	NA	0.027	1.79		05.20.19	05.15.1	Day 0	OPN1_17.1	OPN1
15/05/2019	14/05/2019	F	Day0	4	5	OPN1_18	OPN1	18	OP	far	25	30.8	Sunny	13:41:00	Measure	0.028	1.85		05.20.19	05.15.1	Day 0	OPN1_18.1	OPN1
15/05/2019	14/05/2019	F	Day0	4	5	OPN2_19	OPN2	19	OP	close	25	29.7	Sunny	12:15:00	NA	0.045	2.91		05.20.19	05.15.1	Day 0	OPN2_19.1	OPN2
15/05/2019	14/05/2019	F	Day0	4	5	OPN2_20	OPN2	20	OP	far	25	30.8	Sunny	12:45:00	Orieite n	0.026	1.68		05.20.19	05.15.1	Day 0	OPN2_20.1	OPN2
15/05/2019	14/05/2019	F	Day0	4	5	OPN2_21	OPN2	21	OP	close	25	30.4	Sunny	12:54:00	NA	0.059	3.84		05.20.19	05.15.1	Day 0	OPN2_21.1	OPN2
15/05/2019	14/05/2019	F	Day0	4	5	OPN2_22	OPN2	22	OP	far	25	31	Sunny	13:06:00	NA	0.025	1.65		05.20.19	05.15.1	Day 0	OPN2_22.1	OPN2
15/05/2019	14/05/2019	F	Day0	4	5	OPN2_23	OPN2	23	OP	close	24	30.7	Sunny	13:24:00	End befo	0.042	2.76		05.20.19	05.15.1	Day 0	OPN2_23.1	OPN2
15/05/2019	14/05/2019	F	Day0	4	5	OPN2_24	OPN2	24	OP	far	25	30.8	Sunny	13:34:00	End befo	0.042	2.77		05.20.19	05.15.1	Day 0	OPN2_24.1	OPN2
16/05/2019	14/05/2019	F	Day1	4	6	OPN0_7	OPN0	7	OP	close	22	26.2	Sunny	8:02:00	NA	0.344	22.49		05.22.19	05.16.1	Day1	OPN0_7.1	OPN0
16/05/2019	14/05/2019	F	Day1	4	6	OPN0_8	OPN0	8	OP	far	22	26.8	Sunny	8:09:00	NA	0.348	22.78		05.22.19	05.16.1	Day1	OPN0_8.1	OPN0
16/05/2019	14/05/2019	F	Day1	4	6	OPN0_9	OPN0	9	OP	close	22	28.1	Sunny	8:15:00	Water in	0.209	13.67		05.22.19	05.16.1	Day1	OPN0_9.1	OPN0
16/05/2019	14/05/2019	F	Day1	4	6	OPN0_10	OPN0	10	OP	far	22	27.4	Sunny	8:29:00	NA	0.320	20.95		05.22.19	05.16.1	Day1	OPN0_10.1	OPN0
16/05/2019	14/05/2019	F	Day1	4	6	OPN0_11	OPN0	11	OP	close	22	27.7	Sunny	8:37:00	NA	0.201	13.16		05.22.19	05.16.1	Day1	OPN0_11.1	OPN0
16/05/2019	14/05/2019	F	Day1	4	6	OPN0_12	OPN0	12	OP	far	22	27.1	Sunny	8:49:00	NA	0.236	15.43		05.22.19	05.16.1	Day1	OPN0_12.1	OPN0
16/05/2019	14/05/2019	F	Day1	4	6	OPN1_13	OPN1	13	OP	close	23	28.6	Sunny	9:13:00	Ants	1.005	65.78		05.22.19	05.16.1	Day1	OPN1_13.1	OPN1
16/05/2019	14/05/2019	F	Day1	4	6	OPN1_14	OPN1	14	OP	far	23	28.4	Sunny	9:19:00	NA	0.244	15.96		05.22.19	05.16.1	Day1	OPN1_14.1	OPN1
16/05/2019	14/05/2019	F	Day1	4	6	OPN1_15	OPN1	15	OP	close	23	28.9	Sunny	9:29:00	NA	0.572	37.43		05.22.19	05.16.1	Day1	OPN1_15.1	OPN1
16/05/2019	14/05/2019	F	Day1	4	6	OPN1_16	OPN1	16	OP	far	23	28.8	Sunny	9:37:00	NA	0.239	15.65		05.22.19	05.16.1	Day1	OPN1_16.1	OPN1
16/05/2019	14/05/2019	F	Day1	4	6	OPN1_17	OPN1	17	OP	close	24	29.4	Sunny	9:54:00	Ended be	0.560	36.68		05.22.19	05.16.1	Day1	OPN1_17.1	OPN1
16/05/2019	14/05/2019	F	Day1	4	6	OPN1_18	OPN1	18	OP	far	23	29.3	Sunny	0:00:00	NA	0.184	12.04		05.22.19	05.16.1	Day1	OPN1_18.1	OPN1
16/05/2019	14/05/2019	F	Day1	4	6	OPN2_19	OPN2	19	OP	close	23	29.9	Sunny	10:13:00	Ended be	1.369	89.63		05.22.19	05.16.1	Day1	OPN2_19.1	OPN2
16/05/2019	14/05/2019	F	Day1	4	6	OPN2_20	OPN2	20	OP	far	24	30.4	Sunny	10:19:00	Litterfall	0.359	23.52		05.22.19				

20/05/2019	14/05/2019	F	Day5	4	10	OPN2_21 OPN2	21	OP	close	25	30.9 Cloudy	10:05:00	Endede b	0.434	28,42	24,45	05.24.19	05.20.11	Day 5	DPN2_21.1	OPN2
20/05/2019	14/05/2019	F	Day5	4	10	OPN2_22 OPN2	22	OP	far	25	31.3 Cloudy	10:11:00	NA	0.353	23,12	20,98	05.24.19	05.20.11	Day 5	DPN2_22.1	OPN2
20/05/2019	14/05/2019	F	Day5	4	10	OPN2_23 OPN2	23	OP	close	25	31.7 Cloudy	10:17:00	NA	0.345	21,61	19,55	05.24.19	05.20.11	Day 5	DPN2_23.1	OPN2
20/05/2019	14/05/2019	F	Day5	4	10	OPN2_24 OPN2	24	OP	close	25	32 Cloudy	10:23:00	NA	0.324	21,23	20,95	05.24.19	05.20.11	Day 5	DPN2_24.1	OPN2
21/05/2019	14/05/2019	F	Day6	4	11	OPN2_7 OPN2	7	OP	close	24	29 Cloudy	8:23:00	NA	0.436	28,55	15,80	05.24.19	05.21.11	Day 6	DPN2_7.1	OPN2
21/05/2019	14/05/2019	F	Day6	4	11	OPN2_8 OPN2	8	OP	far	24	28.6 Cloudy	8:30:00	NA	0.415	27,16	21,26	05.24.19	05.21.11	Day 6	DPN2_8.1	OPN2
21/05/2019	14/05/2019	F	Day6	4	11	OPN2_9 OPN2	9	OP	close	24	28.7 Cloudy	8:37:00	NA	0.184	12,06	14,18	05.24.19	05.21.11	Day 6	DPN2_9.1	OPN2
21/05/2019	14/05/2019	F	Day6	4	11	OPN2_10 OPN2	10	OP	far	24	28.5 Cloudy	8:41:00	NA	0.413	27,05	16,21	05.24.19	05.21.11	Day 6	DPN2_10.1	OPN2
21/05/2019	14/05/2019	F	Day6	4	11	OPN2_11 OPN2	11	OP	close	24	29.1 Cloudy	8:46:00	NA	0.348	22,80	25,50	05.24.19	05.21.11	Day 6	DPN2_11.1	OPN2
21/05/2019	14/05/2019	F	Day6	4	11	OPN2_12 OPN2	12	OP	far	24	29.4 Cloudy	8:51:00	NA	0.147	9,64	19,23	05.24.19	05.21.11	Day 6	DPN2_12.1	OPN2
21/05/2019	14/05/2019	F	Day6	4	11	OPN2_13 OPN2	13	OP	close	24	29.9 Cloudy	9:20:00	NA	0.454	29,74	24,09	05.24.19	05.21.11	Day 6	DPN2_13.1	OPN2
21/05/2019	14/05/2019	F	Day6	4	11	OPN2_14 OPN2	14	OP	close	25	30.5 Cloudy	10:35:00	NA	0.422	27,62	22,73	05.25.19	05.21.11	Day 6	DPN2_14.1	OPN2
21/05/2019	14/05/2019	F	Day6	4	11	OPN2_15 OPN2	15	OP	close	24	29.7 Cloudy	9:25:00	NA	0.505	33,08	32,69	05.24.19	05.21.11	Day 6	DPN2_15.1	OPN2
21/05/2019	14/05/2019	F	Day6	4	11	OPN2_16 OPN2	16	OP	far	24	29.5 Cloudy	9:32:00	NA	0.186	12,17	31,49	05.24.19	05.21.11	Day 6	DPN2_16.1	OPN2
21/05/2019	14/05/2019	F	Day6	4	11	OPN2_17 OPN2	17	OP	close	25	29.2 Cloudy	9:59:00	NA	0.164	10,73	26,15	05.24.19	05.21.11	Day 6	DPN2_17.1	OPN2
21/05/2019	14/05/2019	F	Day6	4	11	OPN2_18 OPN2	18	OP	far	25	30 Cloudy	9:45:00	NA	0.198	12,97	25,96	05.24.19	05.21.11	Day 6	DPN2_18.1	OPN2
21/05/2019	14/05/2019	F	Day6	4	11	OPN2_19 OPN2	19	OP	close	25	29.8 Cloudy	10:08:00	Endede be	0.579	37,89	21,42	05.24.19	05.21.11	Day 6	DPN2_19.1	OPN2
21/05/2019	14/05/2019	F	Day6	4	11	OPN2_20 OPN2	20	OP	far	25	30.2 Cloudy	10:12:00	NA	0.270	17,64	27,59	05.24.19	05.21.11	Day 6	DPN2_20.1	OPN2
21/05/2019	14/05/2019	F	Day6	4	11	OPN2_21 OPN2	21	OP	close	25	30.5 Cloudy	10:16:00	Endede be	0.598	39,17	22,43	05.24.19	05.21.11	Day 6	DPN2_21.1	OPN2
21/05/2019	14/05/2019	F	Day6	4	11	OPN2_22 OPN2	22	OP	far	25	30.5 Cloudy	10:22:00	NA	0.429	28,08	24,27	05.24.19	05.21.11	Day 6	DPN2_22.1	OPN2
21/05/2019	14/05/2019	F	Day6	4	11	OPN2_23 OPN2	23	OP	close	25	30.5 Cloudy	10:35:00	NA	0.422	27,62	22,97	05.25.19	05.21.11	Day 6	DPN2_23.1	OPN2
21/05/2019	14/05/2019	F	Day6	4	11	OPN2_24 OPN2	24	OP	far	25	30.4 Cloudy	10:47:00	NA	0.479	31,38	23,37	05.25.19	05.21.11	Day 6	DPN2_24.1	OPN2
22/05/2019	14/05/2019	F	Day7	4	12	OPN2_7 OPN2	7	OP	close	24	27.3 Cloudy	8:10:00	NA	0.361	23,64	16,84	05.25.19	05.22.11	Day 7	DPN2_7.1	OPN2
22/05/2019	14/05/2019	F	Day7	4	12	OPN2_8 OPN2	8	OP	far	24	29.2 Cloudy	8:22:00	NA	0.384	25,10	19,04	05.25.19	05.22.11	Day 7	DPN2_8.1	OPN2
22/05/2019	14/05/2019	F	Day7	4	12	OPN2_9 OPN2	9	OP	close	24	29.3 Cloudy	8:28:00	NA	0.298	19,49	12,23	05.25.19	05.22.11	Day 7	DPN2_9.1	OPN2
22/05/2019	14/05/2019	F	Day7	4	12	OPN2_10 OPN2	10	OP	far	24	30.2 Cloudy	8:32:00	NA	0.415	27,14	16,16	05.25.19	05.22.11	Day 7	DPN2_10.1	OPN2
22/05/2019	14/05/2019	F	Day7	4	12	OPN2_11 OPN2	11	OP	close	24	30.4 Cloudy	8:38:00	NA	0.276	18,10	22,93	05.17.19	05.22.11	Day 7	DPN2_11.1	OPN2
22/05/2019	14/05/2019	F	Day7	4	12	OPN2_12 OPN2	12	OP	far	24	30.1 Cloudy	8:44:00	NA	0.254	16,61	19,39	05.17.19	05.22.11	Day 7	DPN2_12.1	OPN2
22/05/2019	14/05/2019	F	Day7	4	12	OPN2_13 OPN2	13	OP	close	25	29.8 Cloudy	9:04:00	Ants	0.434	28,40	21,30	05.17.19	05.22.11	Day 7	DPN2_13.1	OPN2
22/05/2019	14/05/2019	F	Day7	4	12	OPN2_14 OPN2	14	OP	far	25	29.7 Cloudy	9:00:00	NA	0.317	20,75	19,67	05.17.19	05.22.11	Day 7	DPN2_14.1	OPN2
22/05/2019	14/05/2019	F	Day7	4	12	OPN2_15 OPN2	15	OP	close	25	30.7 Cloudy	9:15:00	NA	0.416	27,22	30,57	05.17.19	05.22.11	Day 7	DPN2_15.1	OPN2
22/05/2019	14/05/2019	F	Day7	4	12	OPN2_16 OPN2	16	OP	far	24	30.1 Cloudy	9:11:00	NA	0.205	13,39	29,60	05.17.19	05.22.11	Day 7	DPN2_16.1	OPN2
22/05/2019	14/05/2019	F	Day7	4	12	OPN2_17 OPN2	17	OP	close	25	30.4 Cloudy	9:39:00	Endede be	0.221	14,48	25,75	05.17.19	05.22.11	Day 7	DPN2_17.1	OPN2
22/05/2019	14/05/2019	F	Day7	4	12	OPN2_18 OPN2	18	OP	far	25	30.5 Cloudy	9:34:00	NA	0.230	15,06	25,61	05.17.19	05.22.11	Day 7	DPN2_18.1	OPN2
22/05/2019	14/05/2019	F	Day7	4	12	OPN2_19 OPN2	19	OP	close	25	31 Cloudy	9:45:00	Endede be	0.428	28,00	20,46	05.17.19	05.22.11	Day 7	DPN2_19.1	OPN2
22/05/2019	14/05/2019	F	Day7	4	12	OPN2_20 OPN2	20	OP	far	25	31.2 Sunny	9:53:00	NA	0.237	15,50	25,40	05.17.19	05.22.11	Day 7	DPN2_20.1	OPN2
22/05/2019	14/05/2019	F	Day7	4	12	OPN2_21 OPN2	21	OP	close	25	30.7 Sunny	9:56:00	Endede be	0.380	24,89	24,01	05.17.19	05.22.11	Day 7	DPN2_21.1	OPN2
22/05/2019	14/05/2019	F	Day7	4	12	OPN2_22 OPN2	22	OP	far	25	30.8 Cloudy	10:05:00	NA	0.343	22,46	22,69	05.17.19	05.22.11	Day 7	DPN2_22.1	OPN2
22/05/2019	14/05/2019	F	Day7	4	12	OPN2_23 OPN2	23	OP	close	25	31.1 Cloudy	10:11:00	Endede be	0.440	28,82	21,60	05.17.19	05.22.11	Day 7	DPN2_23.1	OPN2
22/05/2019	14/05/2019	F	Day7	4	12	OPN2_24 OPN2	24	OP	far	25	31.1 Cloudy	10:22:00	NA	0.439	28,73	22,13	05.17.19	05.22.11	Day 7	DPN2_24.1	OPN2
24/05/2019	14/05/2019	F	Day9	4	13	OPN2_7 OPN2	7	OP	close	24	28.6 Sunny	8:09:00	NA	0.374	24,49	12,61	05.18.19	05.24.11	Day 9	DPN2_7.1	OPN2
24/05/2019	14/05/2019	F	Day9	4	13	OPN2_8 OPN2	8	OP	far	24	29 Sunny	8:14:00	NA	0.422	27,61	18,99	05.18.19	05.24.11	Day 9	DPN2_8.1	OPN2
24/05/2019	14/05/2019	F	Day9	4	13	OPN2_9 OPN2	9	OP	close	24	28.9 Sunny	8:18:00	NA	0.321	20,98	9,21	05.18.19	05.24.11	Day 9	DPN2_9.1	OPN2
24/05/2019	14/05/2019	F	Day9	4	13	OPN2_10 OPN2	10	OP	far	24	29 Sunny	8:22:00	NA	0.415	27,14	13,66	05.18.19	05.24.11	Day 9	DPN2_10.1	OPN2
24/05/2019	14/05/2019	F	Day9	4	13	OPN2_11 OPN2	11	OP	close	24	29.1 Sunny	8:29:00	NA	0.314	20,56	21,76	05.18.19	05.24.11	Day 9	DPN2_11.1	OPN2
24/05/2019	14/05/2019	F	Day9	4	13	OPN2_12 OPN2	12	OP	far	24	29.6 Sunny	8:35:00	NA	0.254	15,69	18,48	05.18.19	05.24.11	Day 9	DPN2_12.1	OPN2
24/05/2019	14/05/2019	F	Day9	4	13	OPN2_13 OPN2	13	OP	close	25	30 Sunny	8:40:00	NA	0.400	26,68	19,40	05.18.19	05.24.11	Day 9	DPN2_13.1	OPN2
24/05/2019	14/05/2019	F	Day9	4	13	OPN2_14 OPN2	14	OP	far	24	30.1 Sunny	8:45:00	NA	0.317	20,75	17,58	05.18.19	05.24.11	Day 9	DPN2_14.1	OPN2
24/05/2019	14/05/2019	F	Day9	4	13	OPN2_15 OPN2	15	OP	close	24	30.1 Sunny	8:52:00	NA	0.184	12,01	29,83	05.18.19	05.24.11	Day 9	DPN2_15.1	OPN2
24/05/2019	14/05/2019	F	Day9	4	13	OPN2_16 OPN2	16	OP	far	24	30.9 Sunny	8:58:00	NA	0.325	21,27	28,82	05.18.19	05.24.11	Day 9	DPN2_16.1	OPN2
24/05/2019	14/05/2019	F	Day9	4	13	OPN2_17 OPN2	17	OP	close	25	30.8 Sunny	9:03:00	NA	0.273	17,89	22,70	05.18.19	05.24.11	Day 9	DPN2_17.1	OPN2
24/05/2019	14/05/2019	F	Day9	4	13	OPN2_18 OPN2	18	OP	far	25	31.1 Sunny	9:07:00	NA	0.217	14,17	22,63	05.18.19	05.24.			

01/06/2019	14/06/2019	F	Day17	5	17	OPN2_21	OPN2	21	OP	close	26	33,4	Sunny	9:59:00	NA	0.358	23,46	17,62	06.20.19	06.01.19	Day17	OPN2_21.1	OPN2
01/06/2019	14/06/2019	F	Day17	5	17	OPN2_22	OPN2	22	OP	far	27	34,5	Sunny	10:05:00	NA	0.400	26,16	20,17	06.20.19	06.01.19	Day17	OPN2_22.1	OPN2
01/06/2019	14/06/2019	F	Day17	5	17	OPN2_23	OPN2	23	OP	close	27	34,9	Sunny	10:10:00	NA	0.998	65,30	20,42	06.20.19	06.01.19	Day17	OPN2_23.1	OPN2
01/06/2019	14/06/2019	F	Day17	5	17	OPN2_24	OPN2	24	OP	far	27	42,2	Sunny	10:20:00	NA	0.453	29,62	18,73	06.20.19	06.01.19	Day17	OPN2_24.1	OPN2
03/06/2019	14/06/2019	F	Day19	5	18	OPN0_7	OPN0	7	OP	close	27	30,4	Cloudy	9:35:00	NA	0.259	16,95	9,56	06.20.19	06.03.19	Day19	OPN0_7.1	OPN0
03/06/2019	14/06/2019	F	Day19	5	18	OPN0_8	OPN0	8	OP	far	26	30,8	Cloudy	9:57:00	NA	0.293	19,20	15,24	06.20.19	06.03.19	Day19	OPN0_8.1	OPN0
03/06/2019	14/06/2019	F	Day19	5	18	OPN0_9	OPN0	9	OP	close	27	32,2	Cloudy	10:05:00	NA	0.252	16,47	6,37	06.20.19	06.03.19	Day19	OPN0_9.1	OPN0
03/06/2019	14/06/2019	F	Day19	5	18	OPN0_10	OPN0	10	OP	far	28	33,2	Cloudy	10:30:00	NA	0.299	19,60	11,19	06.21.19	06.03.19	Day19	OPN0_10.1	OPN0
03/06/2019	14/06/2019	F	Day19	5	18	OPN0_11	OPN0	11	OP	close	28	32,5	Cloudy	10:11:00	Rain start	0.181	11,82	14,19	06.21.19	06.03.19	Day19	OPN0_11.1	OPN0
03/06/2019	14/06/2019	F	Day19	5	18	OPN0_12	OPN0	12	OP	far	25	27,9	Cloudy	11:30:00	NA	0.171	11,21	15,27	06.21.19	06.03.19	Day19	OPN0_12.1	OPN0
03/06/2019	14/06/2019	F	Day19	5	18	OPN1_13	OPN1	13	OP	close	25	27,1	Cloudy	9:45:00	NA	0.162	10,60	26,16	06.21.19	06.03.19	Day19	OPN1_13.1	OPN1
03/06/2019	14/06/2019	F	Day19	5	18	OPN1_14	OPN1	14	OP	far	25	27,6	Cloudy	9:50:00	NA	0.129	12,89	20,21	06.21.19	06.03.19	Day19	OPN1_14.1	OPN1
03/06/2019	14/06/2019	F	Day19	5	18	OPN1_15	OPN1	15	OP	close	27	30,2	Cloudy	14:23:00	NA	0.151	9,90	27,52	06.21.19	06.03.19	Day19	OPN1_15.1	OPN1
03/06/2019	14/06/2019	F	Day19	5	18	OPN1_16	OPN1	16	OP	far	27	30,4	Cloudy	15:03:00	NA	0.705	46,13	30,04	06.21.19	06.03.19	Day19	OPN1_16.1	OPN1
03/06/2019	14/06/2019	F	Day19	5	18	OPN1_17	OPN1	17	OP	close	25	27,7	Cloudy	9:30:00	NA	0.249	16,27	19,94	06.21.19	06.03.19	Day19	OPN1_17.1	OPN1
03/06/2019	14/06/2019	F	Day19	5	18	OPN1_18	OPN1	18	OP	far	25	27,5	Cloudy	9:35:00	NA	0.163	10,68	26,78	06.21.19	06.03.19	Day19	OPN1_18.1	OPN1
03/06/2019	14/06/2019	F	Day19	5	18	OPN2_19	OPN2	19	OP	close	25	27,8	Cloudy	9:55:00	NA	0.143	9,37	19,93	06.21.19	06.03.19	Day19	OPN2_19.1	OPN2
03/06/2019	14/06/2019	F	Day19	5	18	OPN2_20	OPN2	20	OP	far	25	27,5	Cloudy	10:10:00	NA	0.078	5,08	30,00	06.21.19	06.03.19	Day19	OPN2_20.1	OPN2
03/06/2019	14/06/2019	F	Day19	5	18	OPN2_21	OPN2	21	OP	close	25	27,6	Cloudy	10:15:00	NA	0.237	15,49	22,63	06.21.19	06.03.19	Day19	OPN2_21.1	OPN2
03/06/2019	14/06/2019	F	Day19	5	18	OPN2_22	OPN2	22	OP	far	25	27,5	Cloudy	10:50:00	NA	0.074	4,81	27,55	06.21.19	06.03.19	Day19	OPN2_22.1	OPN2
03/06/2019	14/06/2019	F	Day19	5	18	OPN2_23	OPN2	23	OP	close	24	27,2	Cloudy	10:35:00	NA	0.130	8,52	22,81	06.21.19	06.03.19	Day19	OPN2_23.1	OPN2
03/06/2019	14/06/2019	F	Day19	5	18	OPN2_24	OPN2	24	OP	far	25	27,2	Cloudy	10:45:00	NA	0.439	28,73	22,01	06.21.19	06.03.19	Day19	OPN2_24.1	OPN2
05/06/2019	14/06/2019	F	Day21	5	19	OPN0_7	OPN0	7	OP	close	22	23,8	Sunny	7:32:00	NA	0.259	16,95	13,89	06.21.19	06.05.19	Day21	OPN0_7.1	OPN0
05/06/2019	14/06/2019	F	Day21	5	19	OPN0_8	OPN0	8	OP	far	27	34,1	Sunny	13:00:00	NA	0.320	20,95	18,79	06.21.19	06.05.19	Day21	OPN0_8.1	OPN0
05/06/2019	14/06/2019	F	Day21	5	19	OPN0_9	OPN0	9	OP	close	23	25,1	Sunny	7:52:00	NA	0.240	15,69	12,36	06.21.19	06.05.19	Day21	OPN0_9.1	OPN0
05/06/2019	14/06/2019	F	Day21	5	19	OPN0_10	OPN0	10	OP	far	23	26,1	Sunny	8:13:00	NA	0.351	23,00	16,60	06.21.19	06.05.19	Day21	OPN0_10.1	OPN0
05/06/2019	14/06/2019	F	Day21	5	19	OPN0_11	OPN0	11	OP	close	23	26,2	Sunny	8:05:00	NA	0.323	21,11	21,40	06.21.19	06.05.19	Day21	OPN0_11.1	OPN0
05/06/2019	14/06/2019	F	Day21	5	19	OPN0_12	OPN0	12	OP	far	24	26,8	Sunny	8:27:00	NA	0.185	12,14	19,70	06.21.19	06.05.19	Day21	OPN0_12.1	OPN0
05/06/2019	14/06/2019	F	Day21	5	19	OPN1_13	OPN1	13	OP	close	24	28,7	Sunny	9:11:00	NA	0.459	30,04	23,06	06.21.19	06.05.19	Day21	OPN1_13.1	OPN1
05/06/2019	14/06/2019	F	Day21	5	19	OPN1_14	OPN1	14	OP	far	25	28,1	Sunny	9:04:00	NA	0.276	18,05	17,09	06.21.19	06.05.19	Day21	OPN1_14.1	OPN1
05/06/2019	14/06/2019	F	Day21	5	19	OPN1_15	OPN1	15	OP	close	24	32,5	Sunny	9:40:00	NA	0.277	18,14	28,17	06.21.19	06.05.19	Day21	OPN1_15.1	OPN1
05/06/2019	14/06/2019	F	Day21	5	19	OPN1_16	OPN1	16	OP	far	26	32,1	Sunny	10:07:00	NA	0.099	6,36	27,28	06.21.19	06.05.19	Day21	OPN1_16.1	OPN1
05/06/2019	14/06/2019	F	Day21	5	19	OPN1_17	OPN1	17	OP	close	29	32	Sunny	10:19:00	NA	0.301	19,70	24,28	06.21.19	06.05.19	Day21	OPN1_17.1	OPN1
05/06/2019	14/06/2019	F	Day21	5	19	OPN1_18	OPN1	18	OP	far	28	31,8	Sunny	10:23:00	NA	0.136	8,90	26,51	06.21.19	06.05.19	Day21	OPN1_18.1	OPN1
05/06/2019	14/06/2019	F	Day21	5	19	OPN2_19	OPN2	19	OP	close	27	31,7	Sunny	10:43:00	NA	0.397	25,96	20,15	06.21.19	06.05.19	Day21	OPN2_19.1	OPN2
05/06/2019	14/06/2019	F	Day21	5	19	OPN2_20	OPN2	20	OP	far	27	33,7	Sunny	12:45:00	NA	0.103	6,77	26,11	06.21.19	06.05.19	Day21	OPN2_20.1	OPN2
05/06/2019	14/06/2019	F	Day21	5	19	OPN2_21	OPN2	21	OP	close	27	33,2	Sunny	12:37:00	NA	0.237	15,49	22,22	06.21.19	06.05.19	Day21	OPN2_21.1	OPN2
05/06/2019	14/06/2019	F	Day21	5	19	OPN2_22	OPN2	22	OP	far	27	30,6	Sunny	11:53:00	NA	0.294	19,24	24,03	06.21.19	06.05.19	Day21	OPN2_22.1	OPN2
05/06/2019	14/06/2019	F	Day21	5	19	OPN2_23	OPN2	23	OP	close	26	31,9	Sunny	12:14:00	NA	0.456	29,82	22,92	06.21.19	06.05.19	Day21	OPN2_23.1	OPN2
05/06/2019	14/06/2019	F	Day21	5	19	OPN2_24	OPN2	24	OP	far	27	33,1	Sunny	12:25:00	NA	0.452	29,60	20,21	06.21.19	06.05.19	Day21	OPN2_24.1	OPN2
07/06/2019	14/06/2019	F	Day23	5	20	OPN0_7	OPN0	7	OP	close	24	28,3	Sunny	7:49:00	NA	0.406	26,60	13,22	06.21.19	06.07.19	Day23	OPN0_7.1	OPN0
07/06/2019	14/06/2019	F	Day23	5	20	OPN0_8	OPN0	8	OP	far	23	28,9	Sunny	7:54:00	NA	0.450	29,44	17,95	06.24.19	06.07.19	Day23	OPN0_8.1	OPN0
07/06/2019	14/06/2019	F	Day23	5	20	OPN0_9	OPN0	9	OP	close	24	28,5	Sunny	7:59:00	NA	0.114	7,48	9,19	06.24.19	06.07.19	Day23	OPN0_9.1	OPN0
07/06/2019	14/06/2019	F	Day23	5	20	OPN0_10	OPN0	10	OP	far	24	28,7	Sunny	8:06:00	NA	0.350	22,91	13,44	06.24.19	06.07.19	Day23	OPN0_10.1	OPN0
07/06/2019	14/06/2019	F	Day23	5	20	OPN0_11	OPN0	11	OP	close	24	28,5	Sunny	8:14:00	NA	0.391	25,60	16,22	06.24.19	06.07.19	Day23	OPN0_11.1	OPN0
07/06/2019	14/06/2019	F	Day23	5	20	OPN0_12	OPN0	12	OP	far	24	29	Sunny	8:18:00	NA	0.244	15,99	17,13	06.24.19	06.07.19	Day23	OPN0_12.1	OPN0
07/06/2019	14/06/2019	F	Day23	5	20	OPN1_13	OPN1	13	OP	close	24	29,1	Sunny	8:25:00	NA	0.449	29,40	20,20	06.24.19	06.07.19	Day23	OPN1_13.1	OPN1
07/06/2019	14/06/2019	F	Day23	5	20	OPN1_14	OPN1	14	OP	far	24	29,6	Sunny	8:29:00	NA	0.553	36,20	14,64	06.24.19	06.07.19	Day23	OPN1_14.1	OPN1
07/06/2019	14/06/2019	F	Day23	5	20	OPN1_15	OPN1	15	OP	close	24	29,4	Sunny	8:37:00	NA	0.203	13,27	25,32	06.24.19	06.07.19	Day23	OPN1_15.1	OPN1
07/06/2019	14/06/2019	F	Day23	5	20	OPN1_16	OPN1	16	OP	far	27	32,1	Sunny	9:58:00	NA	0.266	17,43	25,16	06.24.19	06.07.19	Day23	OPN1_16.1	OPN1
07/06/2019	14/06/2019	F	Day23	5	20	OPN1_17	OPN1	17	OP	close	25	29,9	Sunny	8:51:00	NA	0.144	9,41	21,44	06.24.19	06.07.19	Day23	OPN1_17.1	OPN1
07/06/2019	14/06/2019	F	Day23	5	20	OPN1_18	OPN1	18	OP	far	27	32,2	Sunny	9:51:00	NA	0.123	8,02	22,19	06.24.19	06.07.19	Day23	OPN1_18.1	OPN1
07/06/2019	14/06/2019	F	Day23	5	20	OPN2_19	OPN2	19	OP	close	25	30,4	Sunny	9:04:00	NA	0.182	11,92	17,12	06.24.19	06.07.19	Day23	OPN2_19.1	OPN2
07/06/2019	14/06/2019	F	Day23	5	20	OPN2_20	OPN2	20	OP	far	25	31,2	Sunny	9:22:00	NA	0.390	25,53	24,24	06.24.19	06.07.19	Day23	OPN2_20.1	OPN2
07/06/2019	14/06/2019	F	Day23	5	20	OPN2_21	OPN2	21	OP	close	26	31,2	Sunny	9:26:00	NA	0.345	22,59	18,03	06.24.19	06.07.19	Day23	OPN2_21.1	OPN2</

Site	Chamber	patial positio	Species	orre GC	N2C	Correc GC	AirTCh	N2O (µg N-N2O m <sup>-2</sup> h <sup>-1</sup> )	N2O (µg N-N2O ha <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )	CH4 (µg C-CH4 m <sup>-2</sup> h <sup>-1</sup> )	CH4 (µg C-CH4 ha <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )	CO2 (mg C-CO2 m <sup>-2</sup> h <sup>-1</sup> )	CO2 (kg C-CO2 ha <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )	(g CO2 m <sup>-2</sup> h <sup>-1</sup> ) EGM	SoilTch	Cover	bservations
IPalmPlantatic	7	close	0	0.51	0.57	0.56	24.50	-14.44	-3.46	-34.57	-8.30	-6.81	-1.63	-0.02	22.80	Cloudy	ndergrowth
IPalmPlantatic	8	far	0	0.51	0.57	0.56	24.60	34.26	8.22	69.30	16.63	28.33	6.80	0.10	23.10	Cloudy	ndergrowth
IPalmPlantatic	9	close	0	0.51	0.57	0.56	25.50	28.86	6.93	62.98	15.12	8.48	2.04	0.03	22.90	Cloudy	NA
IPalmPlantatic	10	far	0	0.51	0.57	0.56	25.50	-0.33	-0.08	22.07	5.30	5.25	1.26	0.02	23.10	Cloudy	ndergrowth
IPalmPlantatic	11	close	0	0.51	0.57	0.56	26.50	73.72	17.69	154.91	37.18	79.46	19.07	0.29	23.40	Cloudy	ndergrowth
IPalmPlantatic	12	far	0	0.51	0.57	0.56	26.40	20.60	4.94	48.55	9.29	3.90	0.95	0.01	23.50	Cloudy	ter in chamber
IPalmPlantatic	13	close	0	0.51	0.57	0.56	26.80	13.38	3.21	11.42	2.74	0.45	0.11	0.00	23.80	Cloudy	ter in chamber
IPalmPlantatic	14	far	0	0.51	0.57	0.56	26.80	24.52	5.88	63.18	14.92	9.01	2.16	0.03	23.70	Cloudy	ter in chamber
IPalmPlantatic	15	close	0	0.51	0.57	0.56	26.70	24.80	5.95	26.52	6.36	7.22	1.73	0.03	23.90	Sunny	ndergrowth
IPalmPlantatic	16	far	0	0.51	0.57	0.56	26.70	44.96	10.79	89.36	21.45	16.85	4.04	0.06	24.00	Cloudy	ndergrowth
IPalmPlantatic	17	close	0	0.51	0.57	0.56	27.60	31.48	7.56	51.98	12.48	13.77	3.30	0.05	24.00	Cloudy	and ndergrowth
IPalmPlantatic	18	far	0	0.51	0.57	0.56	27.30	20.13	4.83	-24.51	-5.88	14.44	3.47	0.05	24.10	Cloudy	NA
IPalmPlantatic	19	close	0	0.51	0.57	0.56	27.60	-10.70	-2.57	-28.97	-6.95	-4.24	-1.02	-0.02	24.50	Cloudy	and ndergrowth
IPalmPlantatic	20	far	0	0.51	0.57	0.56	27.60	26.41	6.34	37.54	9.01	9.86	2.37	0.04	24.60	Cloudy	NA
IPalmPlantatic	21	close	0	0.51	0.57	0.56	27.90	46.22	11.09	68.24	16.38	18.49	4.44	0.07	24.50	Cloudy	ndergrowth
IPalmPlantatic	22	far	0	0.51	0.57	0.56	28.50	27.13	6.51	27.84	6.68	8.60	2.06	0.03	24.70	Cloudy	ter in chamber
IPalmPlantatic	23	close	0	0.51	0.57	0.56	28.80	79.31	19.03	-33.34	-8.00	6.89	1.65	0.03	24.70	Cloudy	NA
IPalmPlantatic	24	far	0	0.51	0.57	0.56	28.40	4.27	1.03	-8.53	-2.05	11.58	2.78	0.04	24.90	Cloudy	NA
IPalmPlantatic	7	close	0	0.51	0.57	0.56	28.80	-14.44	-3.47	-34.58	-8.30	-6.81	-1.63	-0.02	23.10	Cloudy	NA
IPalmPlantatic	8	far	0	0.51	0.57	0.56	25.00	34.26	8.22	69.29	16.63	28.33	6.80	0.10	23.20	Cloudy	NA
IPalmPlantatic	9	close	0	0.57	0.63	0.60	26.00	-12.99	-3.12	-42.33	-10.16	-4.47	-1.07	-0.02	23.20	Cloudy	NA
IPalmPlantatic	10	far	0	0.57	0.63	0.60	26.30	28.66	6.88	75.05	18.01	37.55	9.01	0.14	23.40	Cloudy	NA
IPalmPlantatic	11	close	0	0.57	0.63	0.60	26.70	0.40	0.10	-31.15	-7.48	55.53	13.33	0.20	23.60	Cloudy	NA
IPalmPlantatic	12	far	0	0.57	0.63	0.60	26.80	-9.45	-2.27	-40.77	-9.78	-1.59	-0.38	-0.01	24.00	Cloudy	in chamber, 2 cm
IPalmPlantatic	13	close	0	0.57	0.63	0.60	27.40	28.37	6.81	3.06	0.73	-0.86	-0.21	0.00	24.10	Cloudy	in chamber, 6 cm
IPalmPlantatic	14	far	0	0.57	0.63	0.60	28.20	2.39	0.57	-10.42	-2.50	6.20	1.49	0.02	24.50	Cloudy	NA
IPalmPlantatic	15	close	0	0.57	0.63	0.60	27.60	29.12	6.99	43.72	10.49	27.87	6.69	0.10	24.20	Sunny	NA
IPalmPlantatic	16	far	0	0.57	0.63	0.60	28.50	-0.15	-0.04	-13.20	-3.17	5.62	1.35	0.02	24.40	Sunny	NA
IPalmPlantatic	17	close	0	0.57	0.63	0.60	29.00	80.29	19.44	-0.67	-0.63	36.52	8.76	0.13	24.90	Sunny	NA
IPalmPlantatic	18	far	0	0.57	0.63	0.60	28.90	39.78	9.55	14.96	3.59	10.95	2.63	0.04	24.50	Sunny	NA
IPalmPlantatic	19	close	0	0.48	0.59	0.57	30.10	11.05	2.65	14.22	3.41	117.88	28.29	0.43	24.60	Sunny	NA
IPalmPlantatic	20	far	0	0.48	0.59	0.57	30.20	-1.77	-0.42	14.58	3.50	6.77	1.62	0.02	25.10	Sunny	NA
IPalmPlantatic	21	close	0	0.48	0.59	0.57	30.40	36.73	8.82	39.16	9.40	83.25	19.98	0.31	25.10	Sunny	NA
IPalmPlantatic	22	far	0	0.48	0.59	0.57	30.40	1.86	0.45	17.21	4.13	8.23	1.98	0.03	25.60	Sunny	NA
IPalmPlantatic	23	close	0	0.48	0.59	0.57	30.70	418.46	100.43	6.81	1.63	121.36	29.13	0.45	25.40	Sunny	NA
IPalmPlantatic	24	far	0	0.48	0.59	0.57	30.90	19.58	4.70	-0.87	-0.21	113.75	27.30	0.42	25.70	Sunny	NA
IPalmPlantatic	7	close	0	0.48	0.59	0.57	22.40	-14.20	-3.41	-33.15	-7.96	8.10	1.94	0.03	21.60	Sunny	NA
IPalmPlantatic	8	far	0	0.48	0.59	0.57	22.50	-8.80	-2.11	-35.03	-8.41	-1.25	-0.30	0.00	22.20	Sunny	NA
IPalmPlantatic	9	close	0	0.48	0.59	0.57	25.10	18.22	4.37	22.01	5.28	31.54	7.57	0.12	22.10	Sunny	NA
IPalmPlantatic	10	far	0	0.48	0.59	0.57	25.20	3.17	0.76	16.20	3.89	17.28	4.15	0.06	22.20	Sunny	NA
IPalmPlantatic	11	close	0	0.48	0.59	0.57	27.00	66.40	15.94	118.36	28.41	76.87	18.45	0.28	22.20	Sunny	NA
IPalmPlantatic	12	far	0	0.48	0.59	0.57	27.00	26.93	6.46	9.62	2.31	13.55	3.25	0.05	22.50	Sunny	NA
IPalmPlantatic	13	close	0	0.48	0.59	0.57	27.70	16.17	3.88	34.87	8.37	11.24	2.70	0.04	22.70	Sunny	in chamber, 4 cm
IPalmPlantatic	14	far	0	0.48	0.59	0.57	27.70	-27.07	-6.50	-45.62	-10.95	-1.81	-0.43	-0.01	22.90	Sunny	NA
IPalmPlantatic	15	close	0	0.48	0.59	0.57	27.70	-1.10	-0.26	-27.61	-6.63	56.99	13.68	0.21	23.10	Sunny	NA
IPalmPlantatic	16	far	0	0.48	0.59	0.57	28.40	237.43	56.98	12.75	3.06	49.05	11.77	0.18	23.20	Sunny	NA
IPalmPlantatic	17	close	0	0.48	0.59	0.57	28.90	1.62	0.39	-17.12	-4.11	258.27	61.98	0.95	23.70	Sunny	NA
IPalmPlantatic	18	far	0	0.48	0.59	0.57	29.30	-0.59	-0.14	-2.96	-0.71	16.56	3.97	0.06	23.50	Sunny	NA
IPalmPlantatic	19	close	0	0.48	0.59	0.57	29.30	2.91	0.70	-1.97	-0.47	312.20	74.93	0.92	23.80	Sunny	NA
IPalmPlantatic	20	far	0	0.48	0.59	0.57	31.10	14.36	3.45	12.35	2.96	33.21	7.97	0.12	24.20	Sunny	NA
IPalmPlantatic	21	close	0	0.48	0.59	0.57	32.00	84.41	20.26	37.95	9.11	289.94	69.59	1.06	24.10	Sunny	NA
IPalmPlantatic	22	far	0	0.48	0.59	0.57	31.70	0.93	0.22	-0.80	-0.19	28.41	6.82	0.10	24.10	Sunny	NA
IPalmPlantatic	23	close	0	0.48	0.59	0.57	31.80	358.41	85.02	-28.77	-6.91	163.18	39.16	0.60	24.40	Sunny	NA
IPalmPlantatic	24	far	0	0.48	0.59	0.57	31.90	3.40	0.68	0.68	0.16	102.71	24.65	0.38	25.10	Sunny	NA
IPalmPlantatic	7	close	0	0.48	0.59	0.57	23.50	40.98	9.83	85.14	20.43	43.71	10.49	0.16	22.70	Cloudy	NA
IPalmPlantatic	8	far	0	0.48	0.59	0.57	23.50	2.87	0.69	-7.00	-1.68	11.41	2.74	0.04	22.90	Cloudy	NA
IPalmPlantatic	9	close	0	0.48	0.59	0.57	25.50	-26.94	-6.46	-80.82	-19.40	6.74	1.62	0.02	22.70	Cloudy	NA
IPalmPlantatic	10	far	0	0.48	0.59	0.57	25.60	14.55	3.49	39.61	9.51	43.21	10.37	0.16	23.00	Cloudy	NA
IPalmPlantatic	11	close	0	0.48	0.59	0.57	26.60	-29.59	-7.10	-109.09	-26.18	16.40	3.94	0.06	23.20	Cloudy	NA
IPalmPlantatic	12	far	0	0.48	0.59	0.57	26.80	22.28	5.35	-65.45	-15.71	7.03	1.69	0.03	23.10	Sunny	NA
IPalmPlantatic	13	close	0	0.48	0.59	0.57	27.70	-6.81	-1.64	-16.82	-4.04	2.93	0.70	0.01	23.50	Sunny	NA
IPalmPlantatic	14	far	0	0.48	0.59	0.57	27.70	-9.84	-2.36	-38.43	-9.22	12.57	3.02	0.05	23.40	Sunny	NA
IPalmPlantatic	15	close	0	0.48	0.59	0.57	28.00	31.45	7.55	-84.91	-20.38	72.59	17.42	0.27	23.80	Sunny	NA
IPalmPlantatic	16	far	0	0.48	0.59	0.57	29.80	16.57	3.98	32.26	7.74	21.52	5.16	0.08	23.80	Sunny	NA
IPalmPlantatic	17	close	0	0.48	0.59	0.57	30.20	87.99	21.12	34.45	8.27	144.77	34.75	0.53	24.20	Sunny	NA
IPalmPlantatic	18	far	0	0.40	0.56	0.54	30.30	32.73	7.85	-25.00	-6.00	57.76	13.86	0.21	24.10	Sunny	NA
IPalmPlantatic	19	close	0	0.40	0.56	0.54	30.30	-4.50	-1.08	-16.20	-3.89	73.35	16.20	0.27	24.50	Sunny	NA
IPalmPlantatic	20	far	0	0.40	0.56	0.54	31.40	32.91	7.90	65.30	15.67	82.99	19.92	0.30	25.10	Sunny	NA
IPalmPlantatic	21	close	0	0.40	0.56	0.54	31.40	29.56	7.10	5.06	1.21	151.32	36.32	0.55	24.90	Sunny	NA
IPalmPlantatic	22	far	0	0.40	0.56	0.54	31.30	-20.64	-4.95	-82.19	-19.73	6.64	1.59	0.02	25.30	Sunny	NA
IPalmPlantatic	23	close	0	0.40	0.56	0.54	31.20	172.79	41.47	-33.44	-8.02	141.75	34.02	0.52	25.40	Sunny	NA
IPalmPlantatic	24	far	0	0.40	0.56	0.54	34.10	49.37	11.85	79.70	19.13	129.23	31.02	0.47	26.90	Sunny	NA
IPalmPlantatic	7	close	0	0.40	0.56	0.54	29.30	4.73	1.13	39.04	9.37	56.82	13.64	0.21	23.20	Sunny	NA
IPalmPlantatic	8	far	0	0.40	0.56	0.54	29.30	38.40	9.21	35.39	8.49	70.45	15.91	0.26	23.50	Sunny	NA
IPalmPlantatic	9	close	0	0.40	0.56	0.54	29.30	0.62	-0.15	4.10	0.98	43.11	10.35	0.16	23.70	Sunny	NA
IPalmPlantatic	10	far	0	0.40	0.56	0.54	29.30	26.62									

#PalmPlantatic	21	close	0	0.42	0.56	0.56	31.80	-37.80	-6.70	-74.11	-17.79	54.72	13.13	0.20	25.80	Cloudy	NA
#PalmPlantatic	22	far	0	0.42	0.56	0.56	31.70	-4.45	-1.07	-30.83	-7.40	28.87	6.93	0.11	26.30	Cloudy	NA
#PalmPlantatic	23	close	0	0.42	0.56	0.56	32.10	114.19	27.41	102.49	24.60	119.11	28.59	0.44	25.70	Cloudy	NA
#PalmPlantatic	24	far	0	0.42	0.56	0.56	32.20	0.18	0.04	0.62	0.15	105.25	25.26	0.39	26.90	Cloudy	NA
#PalmPlantatic	7	close	0	0.42	0.56	0.56	23.80	5.72	1.37	-4.30	-1.51	174.40	41.86	0.64	24.00	Cloudy	NA
#PalmPlantatic	8	far	0	0.42	0.56	0.56	23.80	-2.26	-0.54	-33.19	-7.96	30.38	7.29	0.11	23.80	Cloudy	NA
#PalmPlantatic	9	close	0	0.42	0.56	0.56	29.00	-16.02	-3.84	-39.14	-9.39	6.05	1.45	0.02	23.90	Cloudy	NA
#PalmPlantatic	10	far	0	0.42	0.56	0.56	29.00	1.57	0.38	-31.51	-7.56	37.57	9.02	0.14	24.00	Cloudy	NA
#PalmPlantatic	11	close	0	0.42	0.56	0.56	28.70	26.01	6.24	38.70	9.29	31.46	7.55	0.12	24.50	Cloudy	NA
#PalmPlantatic	12	far	0	0.42	0.56	0.56	28.70	-19.55	-4.69	-67.42	-16.18	5.25	1.26	0.02	24.30	Cloudy	NA
#PalmPlantatic	13	close	0	0.42	0.56	0.56	28.60	345.69	82.97	-13.59	-3.26	55.08	13.22	0.20	24.50	Cloudy	NA
#PalmPlantatic	14	far	0	0.42	0.56	0.56	28.70	5.69	1.37	25.41	6.10	34.28	8.23	0.13	24.40	Cloudy	NA
#PalmPlantatic	15	close	0	0.42	0.56	0.56	28.60	120.40	28.90	-14.13	-3.39	22.92	5.50	0.08	24.40	Cloudy	NA
#PalmPlantatic	16	far	0	0.42	0.56	0.56	28.50	-26.75	-6.42	-61.76	-14.82	5.27	1.26	0.02	24.40	Cloudy	NA
#PalmPlantatic	17	close	0	0.42	0.56	0.56	30.20	191.46	45.95	-16.20	-3.89	71.63	17.19	0.26	24.80	Cloudy	NA
#PalmPlantatic	18	far	0	0.42	0.56	0.56	29.80	-41.37	-9.93	-111.00	-26.66	8.07	1.94	0.03	24.80	Cloudy	NA
#PalmPlantatic	19	close	0	0.42	0.56	0.56	30.20	420.54	100.93	22.90	5.50	106.65	25.60	0.39	25.40	Cloudy	NA
#PalmPlantatic	20	far	0	0.42	0.56	0.56	30.50	65.71	15.77	78.79	18.91	65.29	15.67	0.24	25.30	Cloudy	NA
#PalmPlantatic	21	close	0	0.42	0.56	0.56	30.30	266.12	63.87	53.89	12.93	90.31	21.67	0.33	25.10	Cloudy	NA
#PalmPlantatic	22	far	0	0.42	0.56	0.56	30.40	-4.28	-1.03	-11.93	-2.86	17.05	4.09	0.06	25.20	Cloudy	NA
#PalmPlantatic	23	close	0	0.38	0.59	0.57	30.70	38.55	9.25	-2.01	-0.48	47.32	11.36	0.17	25.20	Cloudy	NA
#PalmPlantatic	24	far	0	0.38	0.59	0.57	30.70	-0.22	-0.05	-8.53	-2.05	51.24	12.30	0.19	25.60	Cloudy	NA
#PalmPlantatic	7	close	0	0.38	0.59	0.57	23.50	-29.94	-7.19	-44.20	-10.61	20.06	4.81	0.07	24.00	Cloudy	NA
#PalmPlantatic	8	far	0	0.38	0.59	0.57	24.10	58.31	13.99	71.94	17.27	60.42	14.50	0.22	24.20	Cloudy	NA
#PalmPlantatic	9	close	0	0.38	0.59	0.57	24.90	71.81	17.23	103.96	24.95	69.79	16.75	0.26	24.00	Cloudy	NA
#PalmPlantatic	10	far	0	0.38	0.59	0.57	25.20	49.16	11.80	32.07	7.70	79.40	19.06	0.29	24.30	Cloudy	NA
#PalmPlantatic	11	close	0	0.64	0.59	0.57	26.40	1.13	0.27	-6.57	-1.58	37.04	8.89	0.14	24.40	Cloudy	NA
#PalmPlantatic	12	far	0	0.64	0.59	0.57	26.50	-0.76	-0.18	-17.78	-4.27	4.24	1.02	0.02	24.40	Cloudy	NA
#PalmPlantatic	13	close	0	0.64	0.59	0.57	29.50	153.38	36.81	3.98	0.96	27.85	6.68	0.10	24.60	Cloudy	NA
#PalmPlantatic	14	far	0	0.64	0.59	0.57	29.80	-1.70	-0.41	-10.67	-3.09	6.61	1.62	0.01	24.60	Cloudy	NA
#PalmPlantatic	15	close	0	0.64	0.59	0.57	29.70	23.96	6.22	-26.83	-6.44	-16.97	-4.07	0.02	24.70	Cloudy	NA
#PalmPlantatic	16	far	0	0.64	0.59	0.57	29.80	-8.47	-2.03	-13.98	-3.35	-5.69	-1.37	-0.02	24.70	Cloudy	NA
#PalmPlantatic	17	close	0	0.64	0.59	0.57	30.10	46.92	11.26	1.02	0.25	36.33	8.72	0.13	25.20	Cloudy	NA
#PalmPlantatic	18	far	0	0.64	0.59	0.57	30.20	4.90	1.18	2.26	0.54	29.88	7.20	0.11	25.00	Cloudy	NA
#PalmPlantatic	19	close	0	0.64	0.59	0.57	30.70	33.75	8.10	-14.67	-3.52	42.22	10.13	0.15	25.50	Cloudy	NA
#PalmPlantatic	20	far	0	0.64	0.59	0.57	30.70	-4.55	-1.09	-23.10	-5.54	16.75	4.02	0.06	25.70	Sunny	NA
#PalmPlantatic	21	close	0	0.64	0.59	0.57	31.40	30.67	7.36	-10.18	-2.44	47.31	11.36	0.17	25.40	Cloudy	NA
#PalmPlantatic	22	far	0	0.64	0.59	0.57	31.40	0.16	0.04	-13.73	-3.30	3.94	0.95	0.01	25.70	Sunny	NA
#PalmPlantatic	23	close	0	0.64	0.59	0.57	33.50	26.21	6.29	4.68	1.12	48.00	11.52	0.18	26.10	Cloudy	NA
#PalmPlantatic	24	far	0	0.64	0.59	0.57	33.40	0.77	0.18	-17.20	-4.13	75.72	18.17	0.28	26.50	Cloudy	NA
#PalmPlantatic	7	close	0	0.29	0.55	0.55	23.30	1.79	0.43	4.08	0.98	13.53	3.25	0.05	27.70	Sunny	NA
#PalmPlantatic	8	far	0	0.29	0.55	0.55	23.30	-11.95	-2.87	-49.34	-11.84	-7.10	-1.70	-0.03	24.00	Sunny	NA
#PalmPlantatic	9	close	0	0.29	0.55	0.55	28.10	-3.52	-0.85	-49.34	-11.84	14.60	3.50	0.05	23.80	Sunny	NA
#PalmPlantatic	10	far	0	0.29	0.55	0.55	28.10	14.75	3.54	75.24	18.06	52.08	12.50	0.19	24.30	Sunny	NA
#PalmPlantatic	11	close	0	0.29	0.55	0.55	26.30	-18.22	-4.37	-69.89	-23.97	-5.62	-1.35	-0.02	24.90	Sunny	NA
#PalmPlantatic	12	far	0	0.29	0.55	0.55	26.50	0.85	0.20	-45.42	-10.90	7.55	1.81	0.03	25.30	Sunny	NA
#PalmPlantatic	13	close	0	0.29	0.55	0.55	29.00	199.83	47.96	-0.21	-0.05	22.88	5.49	0.08	25.50	Sunny	NA
#PalmPlantatic	14	far	0	0.29	0.55	0.55	29.00	-62.05	-14.89	-166.66	-40.00	-25.90	-6.22	-0.09	24.30	Sunny	NA
#PalmPlantatic	15	close	0	0.29	0.55	0.55	30.40	37.92	9.10	-2.36	-0.57	29.27	7.02	0.11	26.50	Sunny	NA
#PalmPlantatic	16	far	0	0.29	0.55	0.55	30.80	14.09	3.38	23.76	5.70	58.45	14.03	0.21	24.40	Sunny	NA
#PalmPlantatic	17	close	0	0.29	0.55	0.55	31.50	22.36	5.37	-15.36	-3.69	18.23	4.38	0.07	24.40	Sunny	NA
#PalmPlantatic	18	far	0	0.29	0.55	0.55	31.40	19.00	4.56	15.51	3.72	41.38	9.93	0.15	24.40	Sunny	NA
#PalmPlantatic	19	close	0	0.29	0.55	0.55	30.40	4.53	1.09	-78.81	-18.91	29.65	7.12	0.11	25.50	Sunny	NA
#PalmPlantatic	20	far	0	0.29	0.55	0.55	30.50	1.04	0.25	-17.94	-4.31	19.57	4.70	0.07	24.40	Sunny	NA
#PalmPlantatic	21	close	0	0.29	0.55	0.55	33.80	70.55	16.93	7.36	1.77	74.43	17.86	0.27	25.10	Sunny	NA
#PalmPlantatic	22	far	0	0.29	0.55	0.55	33.80	6.40	1.54	9.29	2.23	36.28	8.71	0.13	25.50	Sunny	NA
#PalmPlantatic	23	close	0	0.29	0.55	0.55	32.80	181.18	43.48	-14.18	-3.40	981.40	235.54	3.60	26.10	Sunny	NA
#PalmPlantatic	24	far	0	0.29	0.55	0.55	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	Sunny	Rain
#PalmPlantatic	7	close	0	0.29	0.55	0.55	27.60	15.50	3.86	3.29	0.67	24.62	6.31	0.13	26.00	Sunny	NA
#PalmPlantatic	8	far	0	0.29	0.55	0.55	27.60	7.27	1.74	-0.39	-0.09	4.27	1.03	0.02	23.00	Cloudy	NA
#PalmPlantatic	9	close	0	0.29	0.55	0.55	28.10	-0.94	-0.22	-18.23	-4.38	13.12	3.15	0.05	23.00	Sunny	NA
#PalmPlantatic	10	far	0	0.29	0.55	0.55	28.20	2.49	0.60	-18.50	-4.46	13.87	3.33	0.05	23.00	Sunny	NA
#PalmPlantatic	11	close	0	0.29	0.55	0.55	29.80	-3.68	-0.88	-15.59	-3.98	39.84	9.56	0.15	23.00	Sunny	NA
#PalmPlantatic	12	far	0	0.29	0.55	0.55	29.30	0.76	0.18	-13.10	-3.14	-2.18	-0.52	-0.01	24.00	Sunny	NA
#PalmPlantatic	13	close	0	0.29	0.55	0.55	29.80	1104.72	265.13	-5.44	-1.31	12.80	3.07	0.05	25.00	Sunny	NA
#PalmPlantatic	14	far	0	0.29	0.55	0.55	29.80	-6.95	-1.67	16.93	4.06	12.71	3.05	0.05	25.00	Sunny	NA
#PalmPlantatic	15	close	0	0.29	0.55	0.55	30.20	15.86	3.81	6.75	1.62	12.23	2.94	0.04	24.00	Sunny	NA
#PalmPlantatic	16	far	0	0.29	0.55	0.55	30.50	3.35	0.80	-12.50	-3.00	17.22	4.13	0.06	24.00	Cloudy	NA
#PalmPlantatic	17	close	0	0.29	0.55	0.55	30.60	202.27	48.55	-1.02	-0.24	14.34	3.44	0.05	25.00	Cloudy	NA
#PalmPlantatic	18	far	0	0.29	0.55	0.55	30.60	6.05	1.45	23.70	5.69	8.04	1.93	0.03	25.00	Sunny	NA
#PalmPlantatic	19	close	0	0.29	0.55	0.55	31.30	35.62	8.55	11.12	2.67	29.58	7.10	0.11	25.00	Sunny	NA
#PalmPlantatic	20	far	0	0.29	0.55	0.55	31.30	3.95	0.95	-12.38	-2.97	28.76	6.90	0.11	25.00	Sunny	NA
#PalmPlantatic	21	close	0	0.29	0.55	0.55	31.00	192.60	46.22	13.84	3.32	20.25	4.86	0.07	25.00	Sunny	NA
#PalmPlantatic	22	far	0	0.29	0.55	0.55	31.00	2.39	0.57	11.99	3.85	6.80	1.63	0.02	25.00	Sunny	NA
#PalmPlantatic	23	close	0	0.29	0.55	0.55	31.40	122.98	29.52	-4.42	-1.06	54.30	13.03	0.20	NA	NA	NA
#PalmPlantatic	24	far	0	0.60	0.60	0.58	31.40	2.77	0.66	0.10	0.02	84.94	20.39	0.31	26.00	Sunny	NA
#PalmPlantatic	7	close	0	0.60	0.60	0.58	23.00	7.18	1.72	-7.10	-1.70	15.66	3.76	0.06	24.00	Sunny	NA
#PalmPlantatic	8	far	0	0.60	0.60	0.58	25.90	-2.91	-0.70	13.25	3.18	-0.15	-0.04	0.00	25.00		

#PalmPlantab	21	close	0	0.48	0.55	0.53	30.30	311.65	74.80	-11.23	-2.69	50.93	12.22	0.19	26.00	Sunny	NA
#PalmPlantab	22	far	0	0.48	0.55	0.53	30.40	2.59	0.62	-12.24	-2.94	23.08	5.54	0.08	27.00	Sunny	NA
#PalmPlantab	23	close	0	0.48	0.55	0.53	30.90	305.40	73.30	-16.06	-3.85	55.54	13.33	0.20	27.00	Sunny	NA
#PalmPlantab	24	far	0	0.48	0.55	0.53	31.40	-3.13	-0.75	-2.86	-0.69	12.06	2.90	0.04	27.00	Sunny	NA
#PalmPlantab	7	close	0	0.48	0.55	0.53	29.50	3.90	0.94	-10.19	-2.45	21.19	5.09	0.08	27.00	Cloudy	NA
#PalmPlantab	8	far	0	0.48	0.55	0.53	30.30	14.44	3.47	8.19	1.98	34.13	8.19	0.13	26.00	Cloudy	NA
#PalmPlantab	9	close	0	0.48	0.55	0.53	30.60	-0.92	-0.22	16.31	3.91	19.48	4.67	0.07	27.00	Cloudy	NA
#PalmPlantab	10	far	0	0.46	0.55	0.53	31.30	4.18	1.00	4.34	1.04	33.66	8.08	0.12	28.00	Cloudy	NA
#PalmPlantab	11	close	0	0.46	0.55	0.53	33.00	-1.12	-0.27	2.90	0.70	23.94	5.74	0.09	28.00	Cloudy	NA
#PalmPlantab	12	far	0	0.46	0.55	0.53	33.40	-0.56	-0.13	-14.56	-3.50	20.97	5.03	0.08	25.00	Cloudy	NA
#PalmPlantab	13	close	0	0.46	0.55	0.53	32.00	6.94	1.67	-4.23	-1.01	2.96	0.71	0.01	25.00	Cloudy	aim of 1 hour, water r
#PalmPlantab	14	far	0	0.46	0.55	0.53	32.00	-9.13	-2.19	-13.64	-3.27	0.16	0.04	0.00	25.00	Cloudy	ter in chamber
#PalmPlantab	15	close	0	0.46	0.55	0.53	28.50	15.21	3.65	13.84	3.32	9.71	2.33	0.04	27.00	Cloudy	NA
#PalmPlantab	16	far	0	0.46	0.55	0.53	28.50	7.73	1.85	-2.23	-0.53	9.50	2.28	0.03	27.00	Cloudy	NA
#PalmPlantab	17	close	0	0.46	0.55	0.53	30.50	130.88	31.41	-2.89	-0.69	4.39	1.05	0.02	25.00	Cloudy	NA
#PalmPlantab	18	far	0	0.46	0.55	0.53	30.50	-0.21	-0.05	-33.39	-8.01	12.51	3.00	0.05	25.00	Cloudy	NA
#PalmPlantab	19	close	0	0.46	0.55	0.53	28.40	144.18	34.60	-35.21	-8.45	6.16	1.48	0.02	25.00	Cloudy	NA
#PalmPlantab	20	far	0	0.46	0.55	0.53	28.40	40.77	9.78	-11.83	-2.84	22.55	5.41	0.08	25.00	Cloudy	NA
#PalmPlantab	21	close	0	0.46	0.55	0.53	29.80	150.31	36.07	16.97	4.07	11.20	2.69	0.04	25.00	Cloudy	fter a second rain of 1
#PalmPlantab	22	far	0	0.46	0.55	0.53	29.80	1.65	0.40	-12.01	-2.88	-3.45	-0.83	-0.01	25.00	Cloudy	NA
#PalmPlantab	23	close	0	0.46	0.55	0.53	29.10	134.71	32.33	1.01	0.24	22.86	5.49	0.08	24.00	Cloudy	after a third rain of 15
#PalmPlantab	24	far	0	0.46	0.55	0.53	29.10	6.52	1.56	9.74	2.34	30.20	7.25	0.11	25.00	Cloudy	NA
#PalmPlantab	7	close	0	0.46	0.55	0.53	22.20	10.85	2.60	-6.00	-1.44	17.01	4.08	0.06	22.00	Sunny	NA
#PalmPlantab	8	far	0	0.46	0.55	0.53	22.20	-3.55	-0.85	16.05	3.85	28.86	6.93	0.11	27.00	Sunny	NA
#PalmPlantab	9	close	0	0.46	0.55	0.53	24.90	2.31	0.55	-13.43	-3.22	22.84	5.48	0.08	23.00	Sunny	NA
#PalmPlantab	10	far	0	0.46	0.55	0.53	24.90	11.57	2.78	-4.59	-1.10	21.23	5.10	0.08	23.00	Sunny	NA
#PalmPlantab	11	close	0	0.46	0.55	0.53	26.70	-2.29	-0.55	-7.41	-1.78	23.81	5.71	0.09	23.00	Sunny	NA
#PalmPlantab	12	far	0	0.46	0.55	0.53	26.70	24.29	5.83	10.71	2.57	6.60	1.58	0.02	24.00	Sunny	NA
#PalmPlantab	13	close	0	0.46	0.55	0.53	32.30	-225.58	-54.14	-32.43	-7.78	-9.17	-2.20	-0.03	24.00	Sunny	NA
#PalmPlantab	14	far	0	0.46	0.55	0.53	32.30	-9.23	-2.22	-20.24	-4.86	13.56	3.25	0.05	25.00	Sunny	NA
#PalmPlantab	15	close	0	0.46	0.55	0.53	31.40	-209.28	-50.23	23.43	5.62	4.80	1.15	0.02	24.00	Sunny	NA
#PalmPlantab	16	far	0	0.46	0.55	0.53	31.40	17.23	5.14	2.68	0.64	16.39	3.93	0.06	26.00	Sunny	NA
#PalmPlantab	17	close	0	0.46	0.55	0.53	34.30	-41.47	-9.95	-57.20	-13.73	-12.38	-2.97	-0.05	29.00	Sunny	NA
#PalmPlantab	18	far	0	0.46	0.55	0.53	34.30	26.56	6.86	1.68	0.40	24.58	5.90	0.09	28.00	Sunny	NA
#PalmPlantab	19	close	0	0.46	0.55	0.53	27.80	153.64	36.87	-22.54	-5.41	26.05	6.25	0.10	27.00	Sunny	NA
#PalmPlantab	20	far	0	0.46	0.55	0.53	27.70	49.17	11.80	78.34	18.80	57.13	13.71	0.21	27.00	Sunny	NA
#PalmPlantab	21	close	0	0.46	0.55	0.53	29.80	381.96	91.67	-4.45	-1.07	41.76	10.02	0.15	27.00	Sunny	NA
#PalmPlantab	22	far	0	0.46	0.55	0.53	29.90	56.54	13.57	30.12	7.23	37.93	9.10	0.14	27.00	Sunny	NA
#PalmPlantab	23	close	0	0.46	0.55	0.53	32.00	469.67	112.72	5.84	1.40	24.69	5.93	0.09	26.00	Sunny	NA
#PalmPlantab	24	far	0	0.46	0.55	0.53	32.00	-7.09	-1.70	-23.11	-5.55	-6.58	-1.58	-0.02	27.00	Sunny	NA
#PalmPlantab	7	close	0	0.46	0.55	0.53	22.60	-1.47	-0.35	-16.08	-3.86	13.02	3.13	0.05	24.00	Sunny	NA
#PalmPlantab	8	far	0	0.55	0.61	0.58	22.90	11.55	2.77	-8.88	-2.13	21.23	5.10	0.08	23.00	Sunny	NA
#PalmPlantab	9	close	0	0.55	0.61	0.58	26.70	-11.29	-2.71	-36.62	-8.79	15.50	3.72	0.06	24.00	Sunny	NA
#PalmPlantab	10	far	0	0.55	0.61	0.58	26.90	8.53	2.05	-4.70	-1.13	20.16	4.84	0.07	24.00	Sunny	NA
#PalmPlantab	11	close	0	0.55	0.61	0.58	28.80	9.85	2.36	14.24	3.42	30.94	7.42	0.11	24.00	Sunny	NA
#PalmPlantab	12	far	0	0.55	0.61	0.58	28.90	6.74	1.62	5.50	1.32	14.31	3.43	0.05	24.00	Sunny	NA
#PalmPlantab	13	close	0	0.55	0.61	0.58	32.10	296.39	71.13	5.08	1.22	14.99	3.60	0.05	24.00	Sunny	NA
#PalmPlantab	14	far	0	0.55	0.61	0.58	33.50	28.41	6.82	34.07	8.18	11.08	2.66	0.04	24.00	Sunny	NA
#PalmPlantab	15	close	0	0.55	0.61	0.58	26.50	167.38	40.17	5.41	1.30	22.37	5.37	0.08	24.00	Sunny	NA
#PalmPlantab	16	far	0	0.55	0.61	0.58	26.50	0.41	0.10	0.58	0.14	25.33	6.08	0.09	27.00	Sunny	NA
#PalmPlantab	17	close	0	0.55	0.61	0.58	33.00	145.11	34.83	2.19	0.52	52.82	12.68	0.19	25.00	Sunny	NA
#PalmPlantab	18	far	0	0.55	0.61	0.58	33.10	20.68	4.96	-10.86	-2.61	31.64	7.59	0.12	25.00	Sunny	NA
#PalmPlantab	19	close	0	0.55	0.61	0.58	29.10	82.79	19.87	-3.69	-0.89	20.26	4.86	0.07	25.00	Sunny	NA
#PalmPlantab	20	far	0	0.55	0.61	0.58	29.60	8.95	2.15	4.41	1.06	20.32	4.88	0.07	26.00	Sunny	NA
#PalmPlantab	21	close	0	0.55	0.61	0.58	29.50	216.28	51.91	-15.64	-3.75	50.22	12.05	0.18	26.00	Sunny	NA
#PalmPlantab	22	far	0	0.55	0.61	0.58	30.50	14.13	3.39	-6.09	-1.46	11.04	2.65	0.04	26.00	Sunny	NA
#PalmPlantab	23	close	0	0.55	0.61	0.58	31.20	601.67	144.40	17.35	4.16	51.21	12.29	0.19	26.00	Sunny	NA
#PalmPlantab	24	far	0	0.55	0.61	0.58	31.60	2.12	0.51	-18.65	-4.48	64.34	15.44	0.24	27.00	Sunny	NA
#PalmPlantab	7	close	0	0.52	0.60	0.58	25.60	22.77	5.47	-14.97	-3.59	19.19	4.60	0.07	24.00	Cloudy	NA
#PalmPlantab	8	far	0	0.52	0.60	0.58	25.50	47.92	11.50	-8.94	-2.14	37.19	8.93	0.14	24.00	Cloudy	NA
#PalmPlantab	9	close	0	0.52	0.60	0.58	26.70	-10.90	-2.62	32.75	7.86	45.62	10.95	0.17	24.00	Cloudy	NA
#PalmPlantab	10	far	0	0.52	0.60	0.58	27.40	20.97	5.03	14.44	3.47	3.22	0.77	0.01	24.00	Cloudy	NA
#PalmPlantab	11	close	0	0.52	0.60	0.58	28.60	4.37	1.05	9.32	2.24	52.34	12.56	0.19	24.00	Cloudy	NA
#PalmPlantab	12	far	0	0.52	0.60	0.58	28.60	-4.67	-1.12	-7.63	-1.83	21.82	5.24	0.08	24.00	Cloudy	NA
#PalmPlantab	13	close	0	0.52	0.60	0.58	28.80	131.00	31.44	7.11	1.71	38.16	9.16	0.14	24.00	Cloudy	NA
#PalmPlantab	14	far	0	0.52	0.60	0.58	28.70	5.82	1.40	10.66	2.56	12.37	2.97	0.05	25.00	Cloudy	NA
#PalmPlantab	15	close	0	0.52	0.60	0.58	28.30	166.11	39.87	16.67	4.00	31.10	7.46	0.11	25.00	Cloudy	NA
#PalmPlantab	16	far	0	0.52	0.60	0.58	28.20	7.56	1.81	-9.02	-2.16	-12.44	-2.99	-0.05	25.00	Cloudy	NA
#PalmPlantab	17	close	0	0.52	0.60	0.58	27.50	158.23	37.98	22.49	5.40	34.51	8.28	0.13	25.00	Cloudy	NA
#PalmPlantab	18	far	0	0.52	0.60	0.58	27.70	-8.27	-1.99	8.57	2.06	25.32	6.08	0.09	25.00	Cloudy	NA
#PalmPlantab	19	close	0	0.52	0.60	0.58	28.60	112.58	27.02	-22.36	-5.37	48.09	11.54	0.18	25.00	Cloudy	NA
#PalmPlantab	20	far	0	0.52	0.60	0.58	28.80	24.28	5.83	46.25	11.10	47.35	11.37	0.17	25.00	Cloudy	NA
#PalmPlantab	21	close	0	0.52	0.60	0.58	28.90	72.47	17.39	-14.02	-3.36	20.77	4.99	0.08	25.00	Cloudy	NA
#PalmPlantab	22	far	0	0.52	0.60	0.58	28.80	13.90	3.34	-0.77	-0.19	16.55	3.97	0.06	25.00	Cloudy	NA
#PalmPlantab	23	close	0	0.52	0.60	0.58	28.70	376.55	90.37	-4.76	-1.14	32.78	7.87	0.12	25.00	Cloudy	NA
#PalmPlantab	24	far	0	0.52	0.60	0.58	29.00	-19.43	-4.66	-62.15	-14.92	50.67	12.16	0.19	25.00	Cloudy	NA
#PalmPlantab	7	close	0	0.55	0.61	0.58	22.00	1.53	0.37	11.33	2.72	38.45	9.23	0.14	22.00	Sunny	NA
#PalmPlantab	8	far	0	0.55	0.61	0.58	21.10	59.74	14.34	76.88	18.45	65.87					

### Anexo 3 - Panel fotográfico.



**Figura 23. Determinación de la temperatura del suelo, dentro del área experimental.**



**Figura 24. Área de instalación de cámaras estáticas, para la toma de muestras.**



**Figura 25. Cámara estática listas para la extracción de gases de efecto invernadero.**



**Figura 26. Lectura de temperatura del suelo.**



**Figura 27. Extracción del aire del vial para llevarlo al vacío.**



**Figura 28. Aplicación de dosis de urea según tratamiento.**



**Figura 29. Pesado de urea según tratamiento y sus respectivas repeticiones.**



**Figura 30. Ubicación y limpieza del área de investigación.**



**Figura 31. Inspección del área de instalación de cámaras estáticas.**



**Figura 32. Equipo de investigadores listo para realizar las evaluaciones en campo.**



**Figura 33. Prueba piloto de mediciones de gases de efecto invernadero.**



**Figura 34. Traslado de cámaras estáticas para la medición de gases de efecto invernadero.**



**Figura 35. Representante de CIFOR explicando la metodología a aplicarse en las parcelas experimentales.**



**Figura 36. Aplicación de nitrógeno fuera del área de fertilización en palma aceitera.**

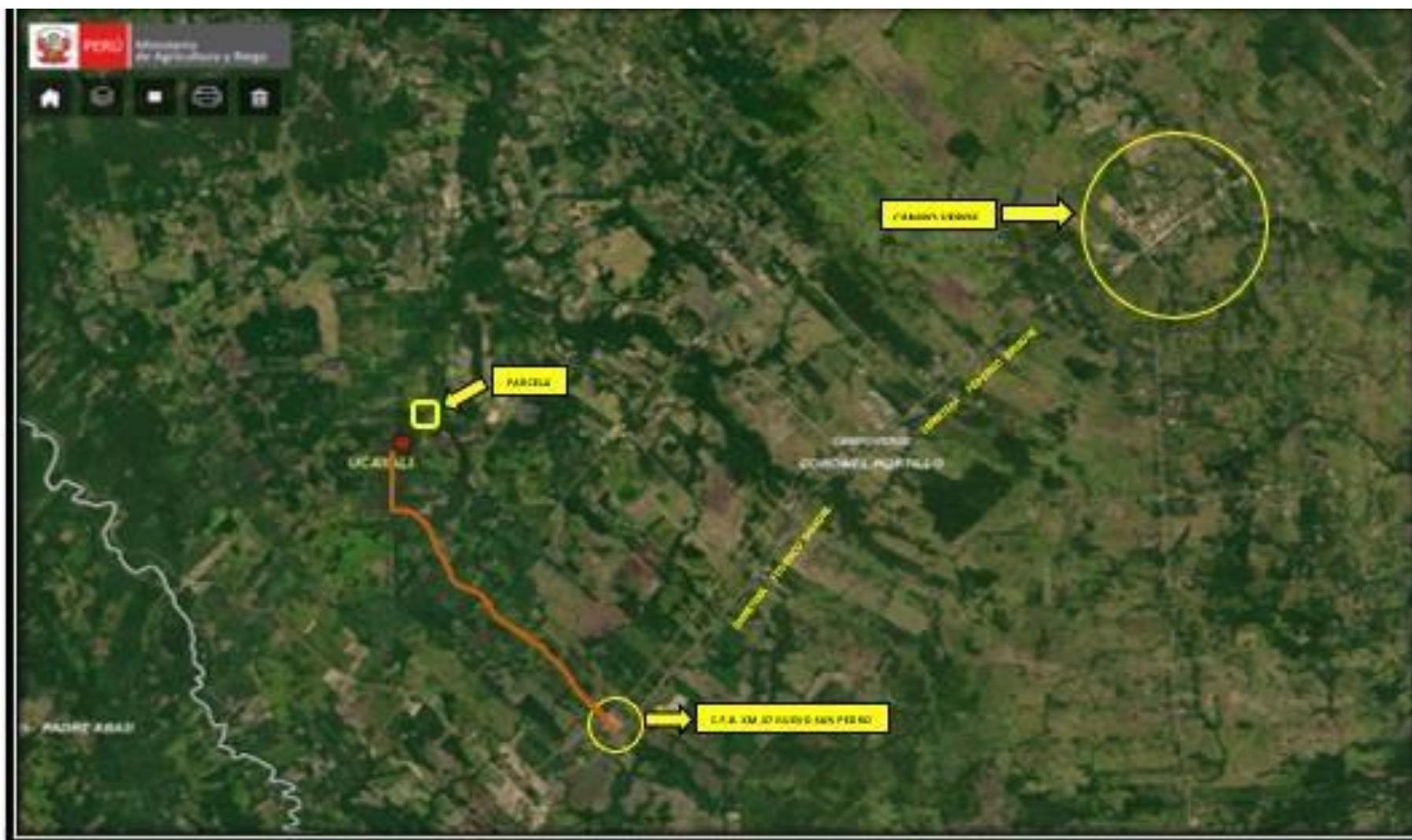


Figura 37. Croquis de ubicación de la parcela en Campo Verde.