



UNAP



FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN ECOLOGÍA DE
BOSQUES TROPICALES**

TESIS

**“DETERMINACIÓN DE FLUJOS DE DIÓXIDO DE CARBONO Y
DINÁMICA ESTACIONAL EN TRES TURBERAS AMAZÓNICAS, LORETO-
PERÚ, 2018-2019”**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERA EN ECOLOGÍA DE BOSQUES TROPICALES**

PRESENTADO POR:

NORIS DANIELA BOULLOSA PUSCAN

ASESOR:

Ing. JORGE SOLIGNAC RUIZ, M.Sc.

COASESOR:

Prof. HINSBY CADILLO QUIROZ, PhD.

IQUITOS, PERÚ

2022



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N° 059-CTG-FCF-UNAP-2022

En Iquitos, a los 28 días del mes de setiembre del 2022, a horas 10:00 am., se dio inicio a la sustentación de la tesis: "DETERMINACION DE FLUJOS DE DIOXIDO DE CARBONO Y DINÁMICA ESTACIONAL EN TRES TURBERAS AMAZONICAS, LORETO-PERÚ, 2018-2019", aprobado con R.D. N° 0369-2021-FCF-UNAP, presentado por la bachiller NORIS DANIELA BOULLOSA PUSCAN, para obtener el Título Profesional de Ingeniera en Ecología de Bosques Tropicales, que otorga la Universidad de acuerdo a Ley y Estatuto.

El jurado calificador y dictaminador designado mediante R.D. N° 0237-2022-FCF-UNAP, está integrado por:

Ing. Abraham Cabudivo Moena, Dr.	: Presidente
Ing. Ronald Burga Alvarado, Dr.	: Miembro
Ing. Sixto Alfredo Iman Correa, M.Sc.	: Miembro
Ing. Jorge Solignac Ruiz, M.Sc.	: Asesor
Prof. Hinsby Cadillo Quiroz, PhD.	: Coasesor

Luego de haber escuchado con atención y formulado las preguntas necesarias, las cuales fueron respondidas: *satisfactoriamente*

El jurado después de las deliberaciones correspondientes, llevo a las siguientes conclusiones:

La sustentación pública y la tesis han sido: *aprobadas* con la calificación de *muy bueno*

Estando la bachiller apta para obtener el Título Profesional de Ingeniera en Ecología de Bosques Tropicales.

Siendo las *11:27 am*, se dio por terminado el acto *académico*

Ing. ABRAHAM CABUDIVO MOENA, Dr.
Presidente

Ing. RONALD BURGA ALVARADO, Dr.
Miembro

Ing. SIXTO ALFREDO IMAN CORREA, M.Sc.
Miembro

Ing. JORGE SOLIGNAC RUIZ, M.Sc.
Asesor

Prof. HINSBY CADILLO QUIROZ, PhD.
Coasesor

Conservar los bosques benefician a la humanidad ¡No lo destruyas!

Ciudad Universitaria "Puerto Almendra", San Juan, Iquitos-Perú

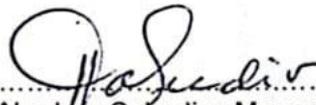
www.unapiquitos.edu.pe

Teléfono: 065-225303

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN ECOLOGÍA DE BOSQUES
TROPICALES**

"Determinación de flujos de dióxido de carbono y dinámica estacional en tres turberas amazónicas, Loreto-Perú, 2018-2019"

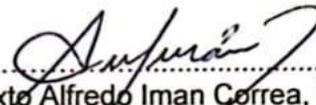
MIEMBROS DEL JURADO Y ASESOR



.....
Ing. Abraham Capudivo Moena, Dr
Presidente
REG. CIP N° 40295



.....
Ing. Ronald Burga Alvarado, Dr
Miembro
REG. CIP N° 45725



.....
Ing. Sixto Alfredo Iman Correa, M.Sc.
Miembro
REG. CIP N° 36247



.....
Ing. Jorge Solignac Ruiz, M.Sc.
Asesor
REG. CIP N° 113740



.....
Blgo. Hlmsby Cadillo Quiroz, Ph.D
Coasesor
REG. ORCID N° 0000-0002-4908-
4597

RESULTADOS DEL INFORME DE SIMILITUD



Nombre del usuario:
Universidad Nacional de la Amazonia Peruana

ID de Comprobación:
61372209

Fecha de comprobación:
16.02.2022 14:01:35 -05

Tipo de comprobación:
Doc vs Internet

Fecha del Informe:
16.02.2022 14:29:55 -05

ID de Usuario:
Ocultado por Ajustes de Privacidad

Nombre de archivo: TESIS RESUMEN NORIS DANIELA BOULLOSA PUSCAN

Recuento de páginas: 60 Recuento de palabras: 11041 Recuento de caracteres: 65080 Tamaño de archivo: 910.47 KB ID de archivo: 72345064

4.95% de Coincidencias

La coincidencia más alta: 0.5% con la fuente de Internet (http://bdigital.unal.edu.co/51898/1/Laura_Natalia_Arenas_Calle-2016.pdf)

4.95% Fuentes de Internet

668

Página 62

No se llevó a cabo la búsqueda en la Biblioteca

18.7% de Citas

Citas

45

Página 63

No se han encontrado referencias

0% de Exclusiones

No hay exclusiones

Modifind

Modificaciones del texto detectadas. Busque más detalles en el informe en línea.

Caracteres sustituidos

30

DEDICATORIA

Y todo lo que hagáis, hacedlo de corazón, como para el Señor y no para los hombres; Colosenses 3:23

Por sobre todas las cosas a Dios, quien me da el sustento y la guía para transitar en esta senda llamada vida. A mis padres, que me ayudaron a formarme en la persona que soy hoy. Le debo muchos de mis logros, incluido este. A todos y cada uno de los miembros de mi familia, además de mis amistades y personas en general quienes estuvieron apoyándome en el proceso.

AGRADECIMIENTO

Con los brazos abiertos, me recibieron en el mundo y me han proporcionado oportunidades incomparables. Antes de todo esto, no pensé que pudiera conseguir incluso una fracción de ellos, gracias mi Señor Jesucristo.

- Al profesor Hinsby Cadillo Quiroz y Dra. Outi Lähteenoja, quienes me han ayudado transmitiéndome sus conocimientos de la hermosura que hay en investigar las turberas tropicales, gracias por su paciencia y por guiarme en los muestreos.
- Al proyecto turberas, liderado por el profesor Cadillo, de la Universidad Estatal de Arizona. El cual me dio la oportunidad de poder entrar a un nuevo mundo.
- A mi asesor de tesis, Ing. Jorge Solignac, ser humano de calidad, sus comentarios y ayuda genuina en todo el proceso de la tesis fueron un aporte invaluable.

A quienes estuvieron apoyándome en los muestreos de campo en cada una de las turberas estudiadas, en especial a Rony Shapiama, Diego Navarro y Paul Vizcarra, quien tuvo la paciencia de instruirme en cada salida de campo.

Tantos por agradecer. Aun si no se encuentra su nombre escrito, mi agradecimiento por cada uno de ustedes es genuino, llevándolos siempre el corazón. Dios los bendiga a cada uno.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
PORTADA	i
ACTA DE SUSTENTACIÓN	ii
JURADO Y ASESOR	iii
RESULTADO DEL INFORME DE SIMILITUD	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	vi
ÍNDICE GENERAL	vii
ÍNDICE DE TABLAS	xi
ÍNDICE DE FIGURAS	xiii
RESUMEN	xiv
ABSTRACT	xv
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO	4
1.1. Antecedentes	4
1.2. Bases teóricas	8

1.2.1. Turberas	8
1.2.2. Turberas en el mundo	9
1.2.3. Turberas amazónicas	9
1.2.4. Factores influyentes en la regulación de turberas	10
1.2.5. Importancia de las turberas	11
1.2.6. Variación estacional	11
1.3. Definición de términos básicos	12
CAPÍTULO II: HIPÓTESIS Y VARIABLES	14
2.1. Formulación de la hipótesis	14
2.1.1. Hipótesis general	14
2.1.2. Hipótesis nula	14
2.2. Variables y su operacionalización	15
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA	16
3.1. Tipo y diseño	16
3.2. Diseño muestral	21
3.3. Procedimientos de recolección de datos	22
3.3.1. Procedimientos de campo	22

• Metodología para muestreo de flujos de CO ₂	22
• Protocolo de instalación de cámaras de gases	23
• Mediciones de las cámaras de suelo con el LI-800	23
3.3.2. Procedimiento de gabinete	26
• Verificación de tipeo de datos	26
3.4. Procesamiento y análisis de los datos	26
• Convertir block de notas a Excel	26
• Normalidad de los datos	27
• Análisis de datos	28
3.5. Análisis estadístico	29
CAPÍTULO IV: RESULTADOS	31
4.1. Flujo anual de CO ₂ de cada turbera estudiada ubicada en las tres parcelas evaluadas	31
4.2. Variación de flujos anuales de CO ₂ en las turberas estudiadas	32
4.3. Análisis de la relación de la temperatura y los flujos CO ₂ de cada una de las turberas estudiadas	36
4.4. Análisis de la relación de la precipitación y los flujos CO ₂ de cada una de las turberas estudiadas	40
4.5. Flujos de CO ₂ y dinámica estacional de cada una de las turberas estudiadas	44

CAPITULO V: DISCUSIÓN	48
CAPITULO VI: CONCLUSIONES	51
CAPITULO VII: RECOMENDACIONES	54
CAPITULO VIII: FUENTES DE INFORMACIÓN	55
ANEXOS	60
Anexo 1. Mapa de ubicación	61
Anexo 2. Formato para recolección de datos	62
Anexo 3. Panel fotográfico	65
Anexo 4. Instrumentos para recolección de datos	66
Anexo 5. Parcelas permanentes de muestreo del proyecto turberas	67

ÍNDICE DE TABLAS

N°	Descripción	Pág.
1.	Variables y su operacionalización	15
2.	Análisis de normalidad de los flujos de CO ₂ en las parcelas de muestreo	27
3.	Media de los flujos de CO ₂ de las turberas estudiadas	31
4.	Datos descriptivos para el análisis de varianza	32
5.	Test de ANOVA: diferencia entre la media de los flujos de CO ₂	33
6.	Comparación múltiple de variación de medias entre las turberas	34
7.	Resumen de temperaturas mensuales	36
8.	Correlación entre el flujo de CO ₂ y la temperatura de la turbera BVA_02	37
9.	Correlación entre el flujo de CO ₂ y la temperatura de la turbera QUI-02	38
10.	Correlación entre el flujo de CO ₂ y la temperatura de la turbera SJO_02	39
11.	Resumen de precipitaciones mensuales	40
12.	Correlación entre el flujo de CO ₂ y la precipitación de la turbera BVA_02	41
13.	Correlación entre el flujo de CO ₂ y la precipitación de la turbera QUI -02	42
14.	Correlación entre el flujo de CO ₂ y la precipitación de la turbera SJO -02	43
15.	Correlación entre el flujo de CO ₂ y la precipitación de la turbera SJO_02	44

ÍNDICE DE FIGURAS

N°	Descripción	Pág.
1.	Modelo de tapa para las cámaras	24
2.	Variación de medias por zona de muestre	35
3.	Comparación de flujos de CO ₂ por zonas de muestreo	35
4.	Relación entre la temperatura y los flujos de CO ₂ de la turbera BVA_02	37
5.	Relación entre la temperatura y los flujos de CO ₂ de la turbera QUI_02	38
6.	Relación entre la temperatura y los flujos de CO ₂ de la turbera SJO_02	39
7.	Relación entre la precipitación y los flujos de CO ₂ de la turbera BVA_02	41
8.	Relación entre la precipitación y los flujos de CO ₂ de la turbera QUI_02	42
9.	Relación entre la precipitación y los flujos de CO ₂ de la turbera SJO_02	43
10.	Comparativo entre los flujos de mensuales de CO ₂ y la precipitación en turbera de QUI_02.	45
11.	Comparativo entre los flujos de mensuales de CO ₂ y la precipitación en turbera de BVA_02.	46
12.	Comparativo entre los flujos de mensuales de CO ₂ y la precipitación en turbera de SJO_02.	47

RESUMEN

Se ha determinado los flujos de dióxido de carbono (CO₂) y su dinámica estacional en las tres turberas estudiadas: Buena Vista, Quistococha y San Jorge. La metodología empleada fue de tipo básico, con un enfoque cuantitativo y evaluación de nivel correlacional. Para su desarrollo se utilizó cámaras de gases estáticas.

Se cuantificó el flujo promedio mensual de CO₂ de las tres turberas, asimismo de la temperatura y precipitación en los periodos de mayo del 2018 a abril del 2019.

Los resultados del flujo de CO₂ demostraron que la turbera de San Jorge (SJO_02) presentó mayor flujo con un valor de 566,32 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ en comparación de las turberas Quistococha (QUI_02) y Buena vista (BVA_02) con valores de 465,10 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ y 461,13 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ respectivamente. Asimismo, se determinó que la media de la turbera San Jorge (SJO_02) varía significativamente con respecto al resto de turberas.

Los resultados del análisis de correlación utilizando la prueba estadística de Pearson mostró, de las turberas estudiadas, Buena vista (BVA_02) posee un mayor grado de asociación directa y positiva entre la temperatura y los flujos de CO₂, con un p valor =,738 y la precipitación y los flujos de CO₂, con un p valor =,636.

Según los datos estadísticos obtenidos, se concluye que la temperatura y precipitación son variables que influyen en la dinámica estacional de los flujos de CO₂.

Palabras clave: Dióxido de carbono, temperatura, precipitación, turberas.

ABSTRACT

Carbon dioxide (CO₂) fluxes and their seasonal dynamics have been determined in the three peat bogs studied: Buena Vista, Quistococha and San Jorge. The methodology used was of a basic type, with a quantitative approach and a correlational assessment. For its development, static gas chambers.

The monthly average CO₂ flux of the three peatlands was quantified, as well as the temperature and precipitation for the period from May 2018 to April 2019. The results of the CO₂ flux showed that the San Jorge peatland (SJO-02) presented higher fluxes at 566,32 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ compared to the Quistococha (QUI-02) and Buena vista (BVA-02) peatlands with values of 465,10 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ and 461, 13 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ respectively. Likewise, it was determined that the average of the San Jorge bog (SJO-02) varies significantly with respect to the rest of bogs.

The results of the correlation analysis using the Pearson statistical test showed, of the peat bogs studied, Buena Vista (BVA_02) has a higher degree of direct and positive association between temperature and CO₂ flows, with a p value =.738 and precipitation and CO₂ fluxes, with a p value =.636.

According to the statistical data obtained, it is concluded that temperature and precipitation are variables that influence the seasonal dynamics of CO₂ flows.

Keywords: Carbon dioxide, temperature, precipitation, peatland

INTRODUCCIÓN

El 3% de la superficie del planeta está cubierta por turberas. (Iturraspe, 2010). Sin embargo, el dióxido de carbono (CO₂), el metano (CH₄) y el óxido de nitrógeno (N₂O) producidos por este tipo de bosque son críticos para el cambio climático regional, nacional y mundial por su capacidad de retener calor o efecto invernadero. (Joosten & Couwenberg, 2008). En Sudamérica, en los países de Chile y Argentina, existen turberas que incluyen las gramíneas, son denominadas turberas fueguinas, pero no son los únicos tipos de turberas existentes en el mundo. En las zonas tropicales se estima que existe una superficie de 441 025 Km² de turberas tropicales (Page, *et al.*, 2011); de las cuales, en la Amazonía se encuentran 150 000 Km² aproximadamente (Householder *et al.*, 2012).

Las turberas son ecosistemas recientemente estudiados en la Amazonia Peruana, las zonas húmedas tienen una amplia gama de entornos con algunas zonas completamente sumergidas o saturadas por el agua. Se caracteriza por presentar material vegetal parcialmente descompuesto denominado turba el cual se acumula progresivamente en el tiempo (Ramsar, 1971). A nivel mundial las turberas son los principales reservorios de carbono, desempeñando un rol importante en el ciclo global del carbono y en la regulación del ciclo hidrológico.

Las turberas almacenan grandes cantidades de carbono en sus suelos y en su vegetación (Couwenberg *et al.*, 2010); siendo sumideros naturales de carbono, cumpliendo funciones relacionadas con la degradación de materia orgánica y su acumulación, generando productos como el dióxido de carbono (CO₂) y metano (CH₄). Estudios anteriores realizados en las turberas tropicales nos permiten obtener datos importantes; como los registros paleo ecológicos y paleo climáticos de

medición continua, esta información a la vez nos permite evaluar los cambios del clima, la biodiversidad y el paisaje; haciendo una referencia valiosa para estudios posteriores y ver posibles escenarios de cambio e impactos en este contexto de incertidumbre (Ramil-rego, *et al.*, 2018).

Sabemos muy poco acerca de los factores que regulan los flujos de dióxido de carbono (CO₂) y metano (CH₄) de estas turberas tropicales (Wright *et al.*, 2011). Los registros que se han obtenido en su mayoría, son de las turberas del hemisferio norte que han sido estudiadas, de las cuales se ha determinado que la temperatura incrementa la descomposición y producción de gases; mientras que el nivel de agua, la vegetación y el pH del suelo influyen las tasas estacionales (Lähteenoja *et al.*, 2009a). Los flujos de gases en las turberas, es susceptible a los cambios estacionales de temperatura y precipitación; a raíz de ello, se ha determinado que estas emisiones son los principales impulsores de las variaciones interanuales de dióxido de carbono (CO₂) y metano (CH₄) (Manrique, n.d). Para determinar el flujo de CO₂ en cualquier lugar, debemos tener en cuenta la variación de las condiciones ambientales presente en la zona de estudio.

Al haber escasos estudios relacionados con los almacenes y flujos de carbono en las turberas tropicales amazónicas, implica que estén abiertas múltiples líneas de investigación relacionadas con los ciclos biogeoquímicos, sobre las tasas estacional, su dinámica, y si es que similares factores como en las latitudes del norte afectan a las turberas tropicales; adicionalmente, la deforestación en el trópico es un problema que afecta en gran manera a estos ecosistemas, donde se estima que las emisiones debido a esto (deforestación) representen 20% de las emisiones totales generadas por las actividades antropogénicas (Honorio & Baker, 2010).

Tres turberas de la región de Loreto fueron objeto de este estudio. Se seleccionaron para representar varios hábitats. La turbera de Quistococha, Buena Vista y San Jorge. Que se encuentran dentro de la categoría de vegetación boscosa, aguajales, palmeras dispersas, varillales y pantanos mixtos de tipo de turberas (Teh *et al.*, 2017). Las actividades antropogénicas están afectando sensiblemente a estas turberas, principalmente a la turbera de Quistococha. A pesar de almacenar grandes cantidades de carbono en sus bosques, su destino en un clima cambiante es desconocido (Wang *et al.*, 2018), tanto que podrían pasar de sumideros a fuentes de carbono. En consecuencia, ¿Cómo podemos medir el valor de estos bosques? ¿es crucial mantenerlo seguro? Es necesario desarrollar estudios que permitan evaluar y analizar el estado actual de los bosques y cómo los procesos antropogénicos y ambientales afectarán el futuro de estas turberas (Honorio *et al.*, 2015).

La investigación tiene como finalidad la evaluación del flujo de CO₂ de las turberas en estudio e identificar la relación de la temperatura y precipitación en los flujos de CO₂ en las tres turberas amazónicas de estudio. En este sentido, el propósito de la presente investigación es obtener información valiosa, cuantificando los flujos de dióxido de carbono (CO₂) y su dinámica estacional en tres turberas amazónicas: turbera de Quistococha, Buena Vista y San Jorge.

CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes

Los flujos de gases de efecto invernadero y la dinámica de carbono en las turberas tropicales es de importancia mundial, en 1997 en especial, en el Sudeste Asiático se ha liberado una cantidad alta de carbono a la atmosfera; 0,81-2,57 Gt de Carbono, que es equivalente entre el 13% y el 40% de las emisiones anuales producidas por las actividades humanas a nivel global (Lähteenoja *et al.*, 2009b). Estas emisiones son el resultado del cambio de uso de la tierra, incendios forestales y deforestación (Ramil-rego *et al.*, 2018), es muy particular encontrar estudios de ecosistemas de turberas del Sudeste de Asia (Lähteenoja, *et al.*, 2009a ; Lähteenoja, *et al.*, 2009b); por el contrario, nuestro conocimiento sobre los ecosistemas de las turberas amazónicas parece estar restringida a algunas observaciones ocasionales en los estudios ecológicos que puedan realizarse (Lähteenoja, *et al.*, 2009a). No obstante existen estudios en turberas tropicales que se han documentado, la cual muestra que en la Amazonía Peruana, la cuenca del Pastaza- Marañón cuenta con una extensión de 120 000 km² de turbera tropical y estas albergan depósitos de turba de hasta 7,5 m de espesor (Lähteenoja, *et al.*, 2012). La existencia de depósitos de turba en esta parte de la cuenca amazónica fue documentada a principios del año 2000 y la primera investigación sistemática fue su espesor y extensión (Lähteenoja, *et al.*, 2009b).

La saturación de agua en el suelo está estrechamente relacionada al almacenamiento de carbono en los ecosistemas de turberas, favoreciendo las condiciones anaerobias que limitan la descomposición de la materia orgánica (Roucoux, *et al.*, 2017)

Wang, (*et al.*, 2018), menciona que en condiciones alteradas las turberas de la Amazonia pueden liberar cantidades importantes de carbono a la atmósfera a nivel mundial. Existen varios factores que amenazan las turberas tropicales, teniendo en consideración que el área total estimada de turberas amazónicas es 150 000 km² en relación a la turbera de indonesia (200 728 km²), Lähteenoja (*et al.*, 2009b), recomienda realizar más estudios acerca los factores ambientales asociados a los flujos de carbono en las turberas amazónicas, estudios que pueden llegar a ser de gran significancia. (Lähteenoja, *et al.*, 2009a), menciona que las turberas se pueden dividir en turberas minerotróficas y turberas ombrotróficas, esta división se basa en el origen del agua y aporte de nutrientes. Las turberas minerotróficas se forman típicamente en las depresiones y llanuras recibiendo nutrientes minerales de la superficie o de las aguas subterráneas; al contrario de las minerotróficas, las turberas ombrotróficas únicamente reciben entrada de nutrientes y de agua de las deposiciones atmosféricas (lluvia), húmeda y seca, debido a que la turba se forma en una cúpula convexa.

Hernández, (2010), menciona que las plantas son los principales captadores de carbono, fijando el CO₂ de la atmósfera y transformándolo en carbono orgánico. El estudio indica que los suelos anegados favorecen la acumulación de carbono, debido a que la condición anaerobia incrementa la producción de gases y la descomposición de materia orgánica se da de manera más lenta.

Estudios realizados por Wang (*et al.*, 2018), a través de un modelo biogeoquímico, que ayuda a cuantificar la acumulación de carbono en las turberas y no turberas; dieron como resultado en las simulaciones lo siguiente: Indican que el calentamiento acelera la pérdida de turba, mientras que el aumento de precipitación acelera la acumulación de turba. De acuerdo a este estudio, se supone que las

condiciones ambientales todavía son favorables a la acumulación de turba (Lähteenoja, *et al.*, 2009a).

Los componentes de respiración de suelo son muy poco estudiados. Una de las investigaciones realizadas por Baggs (2006) indica que las raíces de los árboles realizan mayor contribución en el proceso de respiración. El rango global de flujo en los suelos varía entre 64 a 72 Gt, siendo una de las principales fuentes de entrada de CO₂ a la atmosfera. El estudio menciona la importancia de cuantificar la respiración neta del suelo, que nos ayudará a predecir posibles cambios en el ecosistema.

Laine, (*et al.*, 2009), realizaron estudios en Genglar, Irlanda, que indican que la dinámica del gas carbono es sensible ante los cambios en el nivel de agua. Se midieron y monitorearon la dinámica de los flujos de CO₂ y CH₄ y los cambios de la composición de la vegetación; el nivel del agua se redujo y se elevó experimentalmente dentro de un año como periodo de calibración. La temperatura del suelo desempeña un papel importante en la dinámica de las emisiones de CO₂, ya que las condiciones de temperatura y humedad propician la activación microbiana. (Arenas Calle, 2015). Como resultado, la caída del nivel de agua aumentó la tasa de respiración y disminuyó la emisión de metano; y el aumento del nivel de agua disminuyó la tasa de respiración y aumentó la emisión de metano. Gracias a los registros obtenidos de los regímenes diario y estacionales de los flujos CO₂, se puede afirmar que los flujos de gases se encuentran sensiblemente influenciados por la temperatura y precipitación (Laine, *et al.*, 2009). A base de esta influencia, es posible analizar la importancia de esta relación y estimar las emisiones o captura de CO₂ en los diferentes tipos de ecosistemas; acuáticos,

terrestres o mixtos. Paralelamente la conducta atmosférica del CO₂ ha mostrado ser uno de los superiores trazadores en la comprensión de mucho de los grandes inconvenientes del ambiente ligados a la concentración y difusión de contaminantes, producidos por las actividades humanas (Quereda & Montón, 1996).

Otro de los casos de estudio lo realizó, Teh, (*et al.*, 2017), en las turberas de la cuenca del Amazonas; Buenavista, San Jorge, Quistococha y Miraflores. El estudio se realizó con la finalidad de determinar patrones estacionales de intercambio de gases y establecer relación entre los flujos de gases de CH₄ y N₂O con referente a las variables ambientales. El muestreo se llevó a cabo durante cuatro campañas de campo (dos estaciones secas, dos estaciones de creciente) durante un periodo de 27 meses que se extendió desde febrero del 2012 a mayo del 2014. El flujo de CH₄ mostró una marcada estacionalidad con divergencias entre los patrones suaves de cambios estacionales. Laine, (*et al.*, 2009), mencionan que las temporadas de creciente pueden amenazar la función de sumidero de carbono de turberas. Investigaciones realizadas en el norte de los Andes Benavides, (2015), ha demostrado que las turberas son extremadamente sensibles a modificaciones ambientales, sean estas climáticas, hidrológicas o biogeoquímicas (nutricionales) modificando su funcionalidad de sumideros de carbono a fuentes y en el peor de los casos a grandes emisores de CH₄.

Arenas (2015), realizó estudios de gases de efecto invernadero en Colombia, en el cual utilizó el diseño de cámara estática cerrada, la investigación sugiere realizar las mediciones de CO₂, CH₄ y N₂O con las cámaras estáticas cerradas, la cual es una alternativa económica y la más usada en mediciones de flujos de gases.

Además, las mediciones realizadas de los flujos se encuentran dentro del rango reportado a nivel mundial.

1.2. Bases teóricas

1.2.1. Turberas

Los ecosistemas de turberas son un tipo de humedal que se caracteriza por presentar zonas de clima lluvioso que se encuentran dominados por plantas hidrófitas (Domínguez *et al.*, 2012). Una de las principales características de las turberas es que poseen una gran capacidad de acumular materia orgánica, para que una turbera se de origen tiene que existir la combinación de diferentes condiciones y factores ambientales; entre ellas, 1- balance hídrico, 2- sustrato bajo en nutrientes, 3- ingreso de aguas bajas en nutrientes, 4- temperatura, 5- precipitación, 6- pH, 7-humedad, al modificar una sola de estas condiciones o factores puede llevar a la turbera fuera de su zona de resiliencia (Benavides, 2015) convirtiéndose en el peor de los casos en fuentes de emisión de carbono.

Las turberas capturan carbono a través de la vegetación que fija el CO₂ de la atmosfera, transformándolo a carbono orgánico. Domínguez (*et al.*, 2012), menciona que la característica de producir y acumular materia orgánica proviene de la descomposición parcial de los restos vegetales que en el proceso se van transformando en turba dada la ausencia de aire, la presencia de un medio ácido o básico y un suelo saturado de agua, la cual podemos encontrar en variado espesor. La turba está formada por restos de plantas muertas y parcialmente descompuestas que fueron acumulándose en suelos anegados, por lo cual son ecosistemas con alto contenido de materia orgánica, desempeñando funciones ambientales vitales a nivel de sistemas (León & Reyes, 2017).

1.2.2. Turberas en el mundo

El reconocimiento de las turberas en el mundo como parte esencial de los ecosistemas de humedales ha aumentado, aproximadamente más de la mitad de los humedales a nivel mundial son turberas. Estos ecosistemas son en gran extremo vulnerables a las actividades antropogénicas y al cambio climático (León & Reyes, 2017).

Domínguez, (*et al.*, 2012), menciona que las turberas representan aproximadamente el 50% o 70% de los humedales de todo el mundo, cubriendo un equivalente de 3% (4 millones de km²) del área total de la tierra. Las turberas se distribuyen principalmente en el hemisferio norte y sólo un 4% aproximadamente están presentes en América del Sur.

1.2.3. Turberas amazónicas

La estimación más reciente de la extensión total de las turberas amazónicas es de 150 000 km² (Householder *et al.*, 2012; Lähteenoja *et al.*, 2012; Robinson *et al.*, 1999). Las turberas entregan muchos beneficios a las personas y plantas, ayudan a la conservación de la biodiversidad, intervienen en la regulación del ciclo hidrológico, almacenan carbono a través de la fijación de CO₂, convirtiéndolo en carbono orgánico, la cual se acumula en las capas de turba, estos ecosistemas guardan una gran cantidad de información científica (Semenza & Curutchet, 2000).

Teh (*et al.*, 2017), menciona que en la Amazonía se encuentran turberas de vegetación boscosa, aguajales, palmeras dispersas y pantano mixtos, estudios realizado por (Ruokolainen *et al.*, 2009) clasifican a las turberas tropicales en tres tipos de turberas, minerotróficas, ombrotróficas y mixtas o de transición. Esta clasificación se basa en el aporte de nutrientes; minerotróficas se forman típicamente en las depresiones y llanuras recibiendo alto contenido de nutrientes

minerales de la superficie o de las aguas subterráneas. En contraste, con la turbera ombrotróficas que únicamente reciben nutrientes y agua de la precipitación, recibiendo bajo nutrientes minerales, debido a que la turba se forma una cúpula convexa, y las turberas de transición que reciben agua y nutrientes de la superficie, agua subterránea y precipitación. Las turberas tropicales amazónicas tienen una alta densidad de carbono, en nuestro futuro cambiante estas pueden pasar de sumideros de carbono a ser fuente de carbono (Wang, *et al.*, 2018). Llámamos sumidero de carbono cuando el bosque tiene la capacidad de almacenar gran cantidad de carbono y fuente cuando el bosque emite CO₂ Y CH₄ a la atmosfera, al no haber un equilibrio entre la respiración y la descomposición (Hernández, 2009).

1.2.4. Factores influyentes en la regulación de turberas

El CO₂ y CH₄ son los principales gases de efecto invernadero entre el ecosistema de turberas y la atmósfera (Hirano *et al.*, 2009). El flujo global de CO₂ estimado del suelo está dentro del rango de 64 a 72 Gt -C. En promedio 20–38% de la entrada anual de CO₂ -C a la atmósfera provienen de fuentes terrestres y marinas. Las turberas son importantes reguladores del cambio climático, así como determinantes de la red de equilibrio de carbono del ecosistema (Baggs, 2006). El proceso de fotosíntesis, la respiración aeróbica de materia orgánica, la disolución de carbonatos y el intercambio océano-atmosférico de gases, son procesos que pueden alterar los parámetros del flujo de CO₂. Los componentes como la temperatura, la mezcla horizontal y la advección tienen la posibilidad de modificar las respectivas fronteras de los flujos de CO₂ (Oliveira & Cabeçadas, 2012). Se realizaron varios intentos por modelar con precisión los flujos de CO₂ del suelo sobre espacio y tiempo (Metcalf *et al.*, 2007) incluso pequeños cambios en la

respiración del suelo pueden causar drásticos cambios en la concentración de CO₂ atmosférico que pueden influir potencialmente en el clima global cambiante (Yu *et al.*, 2015).

Las condiciones hidrológicas, calidad de la turba y temperatura son los factores dominantes que controlan las tasas de respiración del suelo (Chimner, 2004).

1.2.5. Importancia de las turberas

A pesar que los humedales a nivel mundial solo ocupan el 6 % de la superficie terrestre, su importancia es significativa para el mundo, estimándose que contiene 15×10^{14} kg de carbono en todo el mundo.(Hernández & Moreno , 2018) Las turberas realizan una gran contribución al ecosistema, siendo lugares que conservan grandes cantidades de especies vegetales y animales, contribuyendo a mantener el equilibrio de la diversidad biológica, además que se considera uno de los principales reguladores del ciclo hidrológico, el cual almacena carbono en la vegetación y suelos (Leon & Olivan, 2010)

1.2.6. Variación estacional

La variación estacional del flujo de CO₂ se observa en todos los ecosistemas. Las tasas de los flujos suelen ser más altas durante verano y son más bajas durante el invierno. Debiéndose a los cambios en la temperatura, humedad, precipitación, producción de fotosíntesis o combinaciones.

Los factores que influyen en la variación de los flujos pueden depender del tipo de ecosistema y clima. En época de verano, la humedad es una limitante, en tanto que en invierno la variable temperatura es un factor limitante. En las zonas tropicales los flujos de CO₂ tienen una tendencia estacional en la temperatura, precipitación y radiación del suelo. (Anderson, 1973 en Peñaherrera M, 2018)

1.3. Definición de términos básicos

Humedales: Son ecosistemas que se hallan de manera temporal o permanentemente inundados, están regulados por los factores climáticos y son un importante hábitat para muchos seres vivos (Lähteenoja, 2018).

Turberas: Ecosistemas de humedales que se caracterizan por tener suelos saturados en agua y en donde se acumulan materia orgánica en forma de turba (Lähteenoja, 2018).

Turba: Es un tipo de suelo que posee materia orgánica pura, generalmente se encuentra en estado de descomposición (Lähteenoja, 2018).

Turbera Minerotrófica: Tipo de turberas con una superficie plana, que reciben agua de la escorrentía superficial o subterránea (Lähteenoja, *et al.*, 2009a).

Turbera Ombrotrofica: Tipos de turberas que poseen una forma convexa, reciben agua y nutrientes solo de la precipitación de las lluvias (Lähteenoja, *et al.*, 2009a).

Turbera de Transición: Llamada también turbera mixta, son turberas que reciben agua y nutrientes de la escorrentía superficial, subterránea y de la precipitación de las lluvias (Lähteenoja, *et al.*, 2009a).

Reserva de carbono: Parte de un ecosistema que contiene carbono (Lähteenoja, 2018).

Sumidero de carbono: Parte de un ecosistema que acumula carbono de la atmosfera (Lähteenoja, 2018).

Fuente de carbono: Parte de un ecosistema que emite carbono a la atmosfera (Lähteenoja, 2018).

Dióxido de carbono: Gas incoloro y denso que naturalmente se encuentra en la atmósfera. Conformado por un átomo de carbono (C) y dos átomos de oxígeno (O₂) (WWF, 2014).

Flujos de CO₂: Tasa neta de la diferencia de la producción y el consumo de CO₂ (Lähteenoja, 2018).

Temperatura atmosférica: Elemento del clima, que mide la cantidad de calor del entorno (Gunti, 2009).

Temperatura del suelo: Condición ambiental directamente relacionada con la temperatura atmosférica, mide la cantidad de calor en un cuerpo (Globe, 2005).

Precipitación: Cantidad de agua que desciende a la superficie de la tierra en su mayoría en forma de lluvia, llovizna, nieve, también en forma de gotas de rocío. Siendo el proceso más importante del ciclo hidrológico (Sánchez , 2008).

CAPÍTULO II. HIPÓTESIS Y VARIABLES

2.1. Formulación de la hipótesis

2.1.1. Hipótesis general

Existe variación significativa en los flujos de dióxido de carbono y su dinámica estacional en las tres turberas de la Amazonía estudiadas.

2.1.2. Hipótesis alterna

El flujo de CO₂ varía por las diferencias de temperatura y precipitación estacional en las tres turberas de la Amazonía.

2.1.3. Hipótesis nula

El flujo de CO₂ no varía por las diferencias de temperatura y precipitación estacional en las tres turberas de la Amazonía

2.2. Variables y su operacionalización

Los datos fueron obtenidos cada mes en las turberas de Quistococha y Buena Vista y cada 3 meses en la turbera de San Jorge utilizando el equipo LI-800 para medición de flujos de CO₂, y se tomaron mediciones de parámetros ambientales de temperatura, los datos de la precipitación se obtuvieron de la aplicación Google Earth Pro, de su componente climático.

En la investigación se logra identificar la variable independiente, que se encuentra formado por la variable V1 temperatura que es la medición mensual de la temperatura de cada una de las zonas de estudio, que tiene como indicador °C y la variable V2 precipitación que es la precipitación mensual de cada una de las turberas estudiadas, esta variable tiene como indicador mm/mes.

La variable dependiente es el flujo de CO₂; que es la medición de los flujos de CO₂ de las turberas estudiadas. Teniendo como indicador CO₂ mgC/m²/s.

Tabla 1. Variables y su operacionalización

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Escala	Indicadores
VARIABLE INDEPENDIENTE					
V1: Temperatura	Elemento del clima, que mide la cantidad de calor del entorno (Gunti, 2009).	Es la medición mensual de temperatura de las turberas estudiadas.	Temperaturas mensuales de las zonas estudiadas	Intervalo	°C
V2: Precipitación	Cantidad de agua que desciende a la superficie de la tierra (Sánchez , 2008).	Medición mensual de la precipitación de las turberas estudiadas	Precipitaciones mensuales de las zonas estudiadas	Razón	mm/mes
VARIABLE DEPENDIENTE					
V3: Flujo de CO ₂	Flujo de sustancias resultante de los procesos de captura de dióxido de carbono.	Es la medición del flujo de CO ₂ de las turberas estudiadas.	Lecturas de concentración de CO ₂	Razón	CO ₂ μmol//m ² /s

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño

Según Nicomedes (2018), el tipo de investigación fue básica ya que su principal aporte lo hace al conocimiento científico, explorando nuevas teorías y transformar las ya existentes. Se estudió los flujos de CO₂ de tres parcelas de muestreo de tres turberas evaluadas.

La presente investigación realizada tuvo un enfoque cuantitativo.

El enfoque cuantitativo presenta un conjunto de procesos, es secuencial y probatorio. Cada una de las etapas precede a la siguiente y no se puede omitir pasos. El orden es estricto, pero se puede redefinir alguna fase. Parte de una idea, se acota, delimita y se derivan objetivos y preguntas de investigación, se revisa teoría y se construye un marco. Se generan hipótesis y variables de las preguntas y se procede a probarlas, se analizan resultados obtenidos utilizando métodos estadísticos y se plantea conclusiones (Hernández, *et al.*, 2014)

La presente investigación tuvo un alcance correlacional como nos indica Hernandez (et al., 2010), ya que la intención del presente estudios es establecer relaciones entre las variables flujo de CO₂ y meteorología, pero no de naturaleza causa-efecto, sino del grado de asociación entre ellas.

Caracterización de las áreas de estudio

Para llevar a cabo la presente investigación se necesitó ubicar las zonas de muestreo, donde son tres los lugares del cual se analizaron la recolección de datos de los flujos de CO₂ y variables (Anexo 4).

La parcela dos de Buena Vista (BVA_02), ubicado en el río Tahuayo, con coordenadas geográficas: **V1- 73° 11.924' W y 4° 15.043' S, V2- 73° 11.928' W y 4° 14.989' S, V3- 73° 11.900' W y 4° 14.987' S, V4- 73° 11.897' W y 4° 15.045' S.**

La parcela de Quistococha (QUI_02), ubicado en el distrito de San Juan Bautista, Ciudad de Iquitos. Con coordenadas geográficas: **V1- 73° 19.020' W y 3° 50.094' S, V2- 73° 19.026' W y 3° 50.065' S, V3 - 73° 18.969' W y 3° 50.059' S, V4 - 73° 11.376' W y 3° 50.087' S.**

La parcela dos de San Jorge (SJO_02), ubicado cerca de la localidad de Tamshiyacu, perteneciente al distrito de Fernando Lorez. Con coordenadas geográficas: **V1- 73° 11.347' W y 4° 03.374" S, V2- 73° 11.345' W y 4° 03.428' S, V3- 73° 11.371' W y 4° 03.431' S, V4- 73° 11.376' W y 4° 03.378' S.**

Accesibilidad

Turbera de Buena Vista

El acceso a la comunidad de Buena Vista es vía fluvial, para el cual es necesario transportarnos en la embarcación que nos llevará hacia el río Tahuayo. Las embarcaciones salen todos los días a excepción del lunes, a partir de las 7:30 am. Hace el recorrido desde La "Venecia de Belén" (río Itaya), pasando por la localidad de Tamshiyacu (río Amazonas), hasta entrar al río Tahuayo.

Para los muestreos salimos de la comunidad a partir de las 6:00 am, listos para subirnos a la canoa con el peque-peque, que nos llevó a la turbera, el recorrido duró aproximadamente 30 minutos río abajo, en época de vaciante de los ríos la embarcación nos deja a orillas del margen derecho del río Tahuayo y es necesario adentrarnos al bosque para llegar a la parcela, caminando aproximadamente unos 20 a 30 minutos. En época de creciente las mediciones de los flujos de CO₂ se realizan en pequeñas canoas aproximadamente llegando a la parcela en 30

minutos. En nuestra pequeña embarcación se llevan los equipos, materiales y el personal necesario, encargado de mediciones, asistente para las mediciones y el personal que maneja la embarcación.

Turbera de Quistococha

La turbera de Quistococha es una de las más accesibles, para llegar a ella se realizó el recorrido desde la carretera Iquitos – Nauta km 6,5; llegando al Centro Turístico Quistococha. Desde el Centro de Investigaciones de Recursos Naturales (Cirna-UNAP) ubicado en el distrito de San Juan Bautista hasta Quistococha se realiza el recorrido en aproximadamente 35 minutos dependiendo del tráfico de la ciudad, luego se procede a embarcarnos en chalupas que nos llevarán a la entrada de las turberas, después se realiza una caminata de aproximadamente 15 minutos para llegar a la parcela de muestreo.

Turbera de San Jorge

El acceso a la turbera de San Jorge se realizó vía fluvial, las embarcaciones salen de la “Venecia de Belén”, se transportó en la embarcación que se dirige al río Amazonas y no al Tahuayo. También pasa por la localidad de Tamshiyacu, y luego toma la ruta siguiendo el río Amazonas hacia la comunidad San Jorge. El viaje dura aproximadamente siete horas.

Para las mediciones de los flujos se realiza la caminata hacia la turbera, parcela dos; la duración de la caminata es de aproximadamente dos horas. Es necesario realizar la verificación correspondiente de los equipos y materiales necesarios para las mediciones, junto con las baterías reemplazables de carga, ya que una vez iniciado la caminata no hay vuelta atrás hasta terminar el total de mediciones por día de muestreo.

Fisiografía

Lähteenoja (*et al.*, 2009b), mencionan que las turberas amazónicas se encuentran dentro de la categoría de tierras bajas de llanuras aluviales amazónicas – TB-Lla.

Suelos

Lähteenoja, (*et al.*, 2009b), clasifican a las turberas de acuerdo al contenido de nutrientes, siendo Buena vista la turbera con clasificación de rico en nutrientes, calcio y magnesio. La turbera de Quistococha también se encuentra con clasificación rica en nutrientes, sin embargo, su contenido es mucho menor que la turbera de Buena Vista. Así mismo, la turbera de San Jorge presenta una clasificación pobre en nutrientes.

Lähteenoja (2009a), clasifican a las turberas tropicales en tres tipos de turberas, minerotróficas, ombrotólicas y mixtas o de transición, basado en el aporte de nutrientes; minerotróficas se forman típicamente en las depresiones y llanuras recibiendo alto contenido de nutrientes minerales de la superficie o de las aguas subterráneas (Buena vista y Quistococha). En contraste, con la turbera ombrotólicas que únicamente reciben nutrientes y agua de la precipitación, recibiendo bajo nutrientes minerales, debido a que la turba se forma una cúpula convexa, y las turberas de transición que reciben agua y nutrientes de la superficie, agua subterránea y precipitación (San Jorge).

Clima

El clima de las zonas de estudio es caliente y húmedo, y muestra muy poca variación estacional (temperatura media anual 26 °C (Lähteenoja, *et al.*,2009b).

La estación meteorológica de Tamshiyacu registra las temperaturas próximas de Buena Vista y San Jorge, siendo la temperatura máxima promedio anual 32,5 y 30

°C, registrando temperaturas mínimas de aproximadamente 21 y 20 °C. El promedio total anual de la precipitación es de 2556,2 mm (Rodríguez, 2019).

Vegetación

Investigaciones realizadas han mostrado que el musgo *Sphagnum* es uno de los elementos dominante en las turberas. Sin embargo, cuando pasan a zonas altas estas son dominadas por cojines de plantas vasculares como *Plantago rigida* y *Distichia muscoides*.(Benavides, 2015).

En la Amazonía Peruana se encuentran turberas de vegetación boscosa, aguajales, palmeras dispersas y pantano mixtos (Teh *et al.*, 2017).

Las turberas amazónicas poseen características de varillal hidromórfico el cual contiene árboles de baja estatura y delgados, básicamente se encuentran en zonas donde existen turberas elevadas en forma de cúpula convexa, pobres en nutrientes, que se alimenta por la lluvia. El varillal hidromórfico es el ecosistema más denso en carbono que se conoce en la Amazonía (Roucoux, *et al.*, 2017).

Materiales y equipos

Equipos

Gas Hound modelo LI-800 mide los flujos de CO₂, sensor de temperatura LabQuest, baterías recargables extras para el equipo Li-800, baterías para la mini laptop, tapa para cerrar las cámaras.

Herramientas

Cámaras de gases cerradas, tablilla de apuntes, formatos de campo para las mediciones de los flujos y parámetros ambientales, capota impermeable, útiles de escritorio, entre otros.

3.2. Diseño muestral

Se centra en tres zonas de estudio, Quistococha (QUI_02), Buena Vista (BVA _02) y San Jorge (SJO _02), las cuales conforman la población de estudio. Esta población posee un área de 0.5. Estas parcelas de muestreo se han establecidos por la red RAINFOR-GEM como parcelas permanentes para el monitoreo intensivo de carbono. Cada zona de estudio posee 15 sub parcelas permanentes 10 de ellas son de 20m x 20 m y 5 de ellas son de 10 m x20 m (anexo 5).

De las 15 sub parcelas permanentes divididas del área total de estudio de cada turbera, se tomaron como representación a 7 sub parcelas para la toma de datos en cada una de las parcelas, los cuales se encuentran instaladas dentro de las parcelas permanentes de manera aleatoria. La muestra representativa del área de estudio se tomó mediante el método de fracción de muestreo, teniendo en consideración que se colocaron 2 cámaras de gases por subparcela para evaluar los flujos de gases de CO₂. En total se cuenta con 14 cámaras de gases por zona de muestreo, siendo su altura 30 cm y 22 cm de diámetro. La población representativa de nuestra población es de 0,038 ha.

Por cada sub parcela o miniplot se tiene dos cámaras de gases, se ha realizado dos repeticiones de 6 min por cada cámara de gas para medir la concentración de CO₂, teniendo 28 repeticiones por zona de muestreo por mes. Sabiendo que las mediciones se hicieron mensuales para las turberas de Quistococha y Buena Vista, y trimestral para San Jorge. Los meses de evaluación fueron doce meses para Quistococha (mayo 2018 – abril 2019), once meses para Buena Vista (mayo 2018 – marzo 2019), 4 meses para San Jorge (julio y octubre del 2018 – enero y abril del 2019) sabiendo que las mediciones son trimestrales para esta última.

3.3. Procedimientos de recolección de datos

Los datos se obtuvieron de manera in situ de forma mensual para Quistococha y Buena Vista y trimestral para San Jorge donde, se recolectarán los datos de los flujos de CO₂ y de los parámetros ambientales. Se utilizó un analizador de gases LI-COR-800 para medir la concentración de los gases y el LabQuest que se utiliza con diferentes sensores vernier para medir los parámetros ambientales (temperatura). Para los datos de precipitación se han tomado las precipitaciones anuales de cada zona utilizando el aplicativo Google Earth Pro de acuerdo a las coordenadas de cada zona.

3.3.1. Procedimiento de campo

- **Metodología para muestreo de flujos de CO₂**

Honorio & Baker (2010) han establecido un protocolo de muestreo de flujos de gases carbono, para el caso del estudio se utilizó la parcela permanente de muestreo. Estas mediciones se realizan de manera repetida en el tiempo, con la finalidad de calcular la fijación o pérdida del carbono debido a la productividad, mortalidad y respiración. Estos datos suelen estimarse midiendo parámetros de manera directa. Como, por ejemplo, la respiración de los diferentes componentes del ecosistema puede estimarse tomando una muestra de aire por un tiempo definido, y analizando la concentración de CO₂ en la muestra, tomando la muestra de interés mediante una cámara cerrada. Existen equipos diseñados para medir los flujos de gases, tales como el analizador de gas Infrarrojo EGM -4 que puede llevarse a campo y que es muy utilizado por su bajo costo y flexible en zonas tropicales, también está el método de “Eddy – Covariance” el cual se utiliza para medir la productividad total y sensibilidad fotosintética.

- **Protocolo de Instalación de cámaras de gases**

Se tiene en cuenta que para la toma de datos se utilizaron las parcelas permanentes de muestreo instaladas con anterioridad por el proyecto *Turberas*. El cual se estableció con la finalidad de realizar monitoreo intensivo de carbono.

El proceso de instalación de las cámaras de gases se dio inicio con la instalación de 7 miniplots de 4 m x 4 m, teniendo en consideración que cada parcela permanente de muestreo mide 0.5 ha en total, distribuidos en 15 sub parcelas de muestreo. En cada miniplot se ha instalado bancos para poder realizar las mediciones de los flujos de gases y toma de datos de parámetros ambientales, los flujos son sensibles a perturbaciones ambientales. En cada miniplot se instaló 2 tubos de 30 cm de altura; 10 cm quedando debajo de la superficie del suelo y 20 cm del tubo se quedando por encima del suelo y un diámetro de 22 cm. Los tubos se denominan: tubo "A" Y tubo "B". ver anexo 5

- **Mediciones de las cámaras de suelo con el LI-800**

Para las mediciones de las cámaras de gases con el LI-COR- 800 se realizó el siguiente procedimiento (Cadillo, 2019).

Instalados en los miniplots para las respectivas mediciones se coloca la caja a prueba de agua (el cual lleva el equipo LI-COR-800) en el banco de madera, se procede abrir la caja para realizar todas las conexiones. Una vez realizado las conexiones:

- a) Encender la laptop y el licor 800, abrir el programa que se encuentra en la laptop "Li800"; elegir COM1 (a veces puede ser otro de la lista COM2, COM3). Hacer clic en "record", en Y-axis máximo 1500 ppm, en X-axis mínimo 380ppm; haz clic en "Tick marks" y elegir "plot length" 500; Luego Log File: Haz clic en "Point" y dar "Save to". Luego indicar la carpeta y el nombre de archivo en la

que se guardará las lecturas de esta medición. Indicar la carpeta y el nombre nuevo para cada uno de las mediciones (se genera un archivo por cada medición, escoger el nombre de archivo en “Save to”).

Ejemplo: BVA_02_01_A o BVA_02_01_B.

- b) Establecido el nombre dar click en “Save to”. Esperar mientras se estabiliza el CO₂ en la atmosfera, para dar inicio a la medición clic en el icono “Start”.
- c) El equipo LI-COR- 800 está conectado con dos mangueras una absorbe aire y la otra expulsa aire, al momento de colocar las mangueras en las tapas es necesario tener en cuenta cual absorbe y cual expulsa aire, tal como se muestra en la foto.



Figura 1. Modelo de tapa para las cámaras

Nota: Tomada del protocolo de gases de suelo (Cadillo-Quiroz, 2019) , muestra el modelo de tapa con el que se cierra la cámara de gas.

- d) Una vez conectados las mangueras esperamos que los valores de ppm de CO₂ estén por debajo de los 420 ppm (ideal). Es necesario mantener la cámara hacia arriba lejos de las fuentes de CO₂ como los humanos o animales; si los valores suben colocar en otra dirección. Solo si los valores están estables debajo 420 ppm se puede realizar la medición. Se agita la tapa cerca del tubo para mezclar el aire en la superficie del suelo en el tubo a medirse (airear el

tubo) antes de cerrar la tapa. Solo cuando se está cerrando el tubo con la tapa comenzamos a medir, haciendo click en el icono "Start" del Licor 800 para grabar los datos.

- e) Las mediciones se realizan por 6 minutos. En cada medición se realiza una prueba de soplo suave para asegurarnos de que los tubos se encuentren correctamente sellados y no esté filtrándose aire del exterior, si en los 35 primeros segundos la medición sube más de 15 a 20 ppm, la cámara no se encuentra debidamente sellada, por lo cual tenemos que volver a realizar el procedimiento.
- f) El operador es el encargado de verificar el estado de la medición, tiene que anotar en el formato la hora de inicio de cada medición y al cumplirse los 6 minutos presionar "Stop" y avisar al operador de la tapa para que abra la cámara, el operado anota la hora de término.
- g) Después de las mediciones de gases, medir los parámetros ambientales (inmediatamente) de acuerdo a lo solicitado en el formato de campo, ajustar las cámaras a 10 cm y levantar las cuerdas de las mini parcelas (si se han caído)
- h) Cuando realizamos las mediciones en cada mini parcela se apaga el equipo al momento de trasladarlo, así evitamos que el equipo se moje, se golpee, o las mangueras absorban agua o residuos del suelo, tenemos que tener cuidado al momento de manipular el equipo pues es sensible a la humedad y los golpes. Al final de todas las mediciones apagar el equipo y desconectar todo para su traslado.

3.3.2. Procedimiento de gabinete

- **Verificación de tipeo de datos**

Después de realizar las salidas de campo, se procedió a la verificación de los datos obtenidos, ya que en algunos casos los archivos que se generan se encuentran incompletos o son archivos sin datos. Para ello se realizó el siguiente procedimiento:

- a) Se necesita las carpetas con los datos que se van a verificar, eso se obtienen de la mini Laptop en el cual se guardan los datos.

Ejemplo: Gases de suelo_C02_LICOR

- b) Se seleccionó la carpeta con la que comenzaremos la verificación de los datos:

Ejemplo: BVA_02_2018_06

BVA_02_2019_04

- c) Se revisó y verificó los archivos excel contrastando con los datos del formato de campo, para ver si no hay error en el tipeo de los datos o corroborar si alguna medición se encuentra fuera de lo normal. En caso se encuentre algún error marcar el dato para la modificación.

3.4 Procedimiento de análisis de datos

- **Convertir block de notas a excel**

Para poder trabajar los datos obtenidos fue necesario convertir los blocks de notas de los archivos de CO₂ a un formato que sea fácil trabajarlo, donde podamos utilizar el Software y realizar el análisis estadístico. Para ello realizamos el siguiente procedimiento:

- a) Abrimos una hoja de excel en el blanco, nos ubicamos en el menú archivo, y luego al menú abrir, examinar, automáticamente se generó una carpeta en el

cual vamos a buscar el archivo (asegúrese de colocar buscar “todos los archivos”) y hacer click.

- b) Se abrió una pantalla en segundo plano, en el cual seleccionamos **Delimitados**, y presionamos siguiente. Luego seleccionar **Tabulación y espacio**, procedemos a colocar siguiente y finalizar.
- c) Los datos del block nos aparecieron en la tabla excel, luego se realizó los ajustes necesarios y seleccionar los datos que se van a utilizar.

- **Normalidad de los datos**

Para poder usar las pruebas estadísticas correspondientes se ha realizado una prueba de normalidad, utilizando la prueba de Shapiro – Wilk, cuando los datos son menores a 50. La cual se indica en la siguiente tabla:

Tabla 2. Análisis de normalidad de los flujos de CO₂ en las parcelas de muestreo

		Shapiro-Wilk		
	Lugares	Estadístico	gl	Sig.
Flujos de CO ₂ en las parcelas de muestreo	QUI_02	,911	12	,220
	BVA_02	,959	11	,754
	SJO_02	,967	4	,823

Según la prueba de shapiro – wilk, usada en el software estadístico SPSS V26, se confirma que los datos siguen una distribución normal, ya que el P valor es mayor al alfa ($\alpha=0.05$). Por tanto, en el análisis estadístico se aplicaron pruebas paramétricas.

- **Análisis de datos**

Realizado las mediciones de la concentración de flujos de gases y la verificación de los datos, se procedió a calcular estos flujos. El sistema LI-COR 800, almacena la concentración de gases en un formato especial (formato 81x) que puede ser leída por el programa **Soil Flux Pro**, creado por Li-Cor®. Estos archivos se presentan como un paquete de datos que reúne las concentraciones de cada observación. El flujo obtenido es calculado por este software, según la concentración de CO₂ a través del tiempo, con la siguiente fórmula: (Olivares, 2017)

$$F_C = \frac{10VP_0 \left(1 - \frac{W_0}{1000}\right) DC'}{RS(T_0 + 273,15) dt}$$

(Ecuación 1)

Dónde: **F_C** es el flujo (μmol m⁻² s⁻¹), **V** es el volumen interior de cámara y cantidad de cilindro de PVC sobre el área (cm³), **W₀** es la parte molar inicial de agua (mmol mol⁻¹), **P₀** es la presión inicial (KPa), **S** es la zona del área del suelo (cm²), **T₀** es la temperatura inicial del aire (°C), **R** es la constante de los gases (universal) y **dC'/dt** es la tasa de cambio inicial en fracción de moles de CO₂ corregidos con respecto al agua y medido en (μmol m⁻¹s⁻¹). La tasa de cambio que utiliza el software se obtiene de un ajuste lineal o exponencial entre la concentración y el tiempo, calculando el flujo según el mejor ajuste de los datos.

Para el análisis de datos de la presente investigación se utilizó el software estadístico SPSS que facilita el cálculo de los datos. Para asegurar el correcto cálculo, se revisó cada observación que arrojaran valores anómalos de los flujos, pues en algunos casos, se presentan mediciones sin datos, incompletos o con errores en el inicio y término de cada medición.

Realizada la importación de datos, generando una compilación de las mediciones por cada mes, se calcularon los flujos y exportaron los archivos a un formato que pueda ser analizado en el software estadísticos SPSS, con el objetivo de obtener los flujos anuales de cada turbera realizando el análisis estadístico de la información. Se utilizó el análisis de varianza (ANOVA) y comparación de las medias para identificar las diferencias significativas entre los flujos anuales de cada turbera; acompañado de la prueba estadística de Tukey con un intervalo de confianza del 95%.

Se utilizó el análisis de correlación de Pearson entre los flujos de CO₂ (variable dependiente) y las variables de temperatura y precipitación (variables independientes) para determinar si existe relación significativa entre los flujos y cada uno de las variables (Arenas, 2015).

3.5. Análisis estadístico

Se exportaron los datos obtenidos en la fase de campo a un formato que pueda ser analizado en el software estadístico SPSS.

Se ha realizado los cálculos para determinar la media, desviación estándar, intervalo de confianza de los datos.

Para determinar las diferencias significativas entre los flujos anuales de cada turbera, se utilizó el análisis de varianza ANOVA, Asimismo la comparación de las medias, que fueron acompañados de la prueba estadística de Tukey con un intervalo de confianza del 95%

Posteriormente se realizó la prueba POST HOC donde se utilizó el estadístico de la prueba Tukey con un nivel de significancia del 95% para determinar en qué grupos existen las diferencias significativas de las medias.

Para determinar el grado de correlación entre los flujos de CO₂, temperatura y precipitación de cada turbera estudiada, se utilizó el estadístico de Pearson el cual indica que el p valor se encuentra en el rango de 0 a 1, descritos a continuación:

- Entre 0 y 0,10: Correlación inexistente
- Entre 0,10 y 0,29: Correlación débil
- Entre 0,30 y 0,50: Correlación moderada
- Entre 0,50 y 1,00: Correlación fuerte

CAPITULO IV. RESULTADOS

Los resultados de la investigación se presentan en base a los objetivos específicos, donde comprende el estudio del flujo de CO₂ de cada turbera estudiada, en la cual se codificó las turberas de Quistococha, Buena Vista y San Jorge como: QUI_02, BVA_02 y SJO_02, respectivamente se realizó la comparación de cada una de ellas, así como la correlación que existe entre las dimensiones de la variable meteorología (temperatura y precipitación).

4.1. Flujo anual de CO₂ de cada turbera estudiada ubicada en las tres parcelas evaluadas

A continuación, se muestra el cuadro resumen de los flujos anuales de CO₂ de las turberas estudiadas:

Tabla 3. Media de los flujos de CO₂ de las turberas estudiadas

Descriptivos		
Turberas	N	Media del flujo de CO ₂ ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)
QUI_02	12	465,1028
BVA_02	11	461,1324
SJO_02	4	566,3215

En la tabla anterior, se muestra que la turbera ubicada en la parcela de SJO_02 presenta mayor flujo de CO₂ con un valor de 566,3215 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, en comparación de las turberas de las parcelas QUI_02 con un valor de 465,1028 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ y BVA_02 con un valor de 461.1324 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, las cuales presentan cierta similitud en sus resultados.

El procesamiento de datos indica que el 100 % de datos incluidos corresponde a QUI_02, el 91,7 % a BVA_02 y el 33,3 % a SJO_02.

4.2. Variación de flujos anuales de CO₂ en las turberas estudiadas

Para identificar las diferencias significativas entre los flujos anuales de cada turbera, se ha realizado el análisis de varianza ANOVA y la comparación de las medias; acompañado de la prueba estadística de Tukey con un intervalo de confianza del 95%.

A continuación, se muestran los datos descriptivos que serán utilizados posteriormente en la prueba ANOVA:

Tabla 4. Datos descriptivos para el análisis de varianza

Descriptivos						
	N	Media ($\mu\text{mol m}^{-2}$ s^{-1})	Desv. estándar	Desv. Error	95% del intervalo de confianza para la media	
					Límite inferior	Límite superior
QUI_02	12	465,1028	19,42931	5,60875	452,7580	477,4476
BVA_02	11	461,1324	6,170350	1,86043	456,9871	465,2777
SJO_02	4	566,6325	17,79025	8,89512	538,0133	594,6298

En la tabla anterior se muestra que la turbera ubicada en la parcela de SJO_02 presenta una media del flujo de CO₂ mayor, como se ha indicado anteriormente, en comparación de las turberas de las parcelas QUI_02 y BVA_02, que presentan valores con resultados más próximos. La desviación estándar, la dispersión de los datos, indicando que, la turbera de la parcela de QUI_02 presenta flujos de CO₂

más dispersos, seguido de la turbera de la parcela de SJO_02, teniendo como dato numérico $19,42931 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ y $17,79025 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, mientras que la parcela de la turbera de BVA_02 presenta una menor desviación estándar con un valor $6,170350 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$.

Para poder determinar si existen diferencias significativas entre las medias de los flujos anuales de CO₂ se presentará a continuación el análisis de la prueba ANOVA:

Tabla 5. Test de ANOVA: diferencia entre la media de los flujos de CO₂

ANOVA					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	36322,269	2	18161,134	79,50	,000
Dentro de grupos	5482,687	24	228,445		
Total	41804,956	26			

En la tabla anterior se muestra el análisis ANOVA donde se observa el estadístico p valor = ,000 es menor a ,005 por lo que se acepta que existe algunas diferencias significativas entre las medias de los flujos anuales de CO₂ de las turberas estudiadas.

Luego de realizar la prueba ANOVA se realizó la prueba POST HOC donde utilizamos el estadístico de prueba de Tukey con un nivel de significancia del 95 % para poder determinar entre que grupos existes las diferencias significativas de las medias, donde a continuación se detallará en la siguiente tabla:

Tabla 6. Comparación múltiple de variación de medias entre las turberas

Comparaciones múltiples							
Variable dependiente: Flujo de CO ₂							
(I) Parcelas	(J) Parcelas	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%		
					Límite inferior	Límite superior	
HSD Tukey	BVA_02	QUI-02	-3,97038	6,30911	,806	-19,7260	11,7852
		SJO-02	- 105,18913*	8,82491	,000	-127,2274	-83,1507
	QUI_02	BVA-02	3,97038	6,30911	,806	-11,7852	19,7260
		SJO-02	-101,21874*	8,72630	,000	-123,0108	-79,4266
	SJO_02	BVA-02	105,21874*	8,82491	,000	83,1507	127,2274
		QUI-02	105,18913*	8,72630	,000	79,4266	123,0108

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

En la tabla anterior se muestra la comparación múltiple de la variación de medias entre las turberas, donde se observa que entre la turbera BVA_02 y QUI_02 nos da un p valor = ,806 donde es mayor a ,005 por lo que se demuestra que NO existe variación significativa entre las medias de dichas turberas; entre las turberas BVA_02 y SJO_02 nos da un p valor = ,000 que es menor a ,005 por lo que se demuestra que SI existe una variación significativa entre las medias de dichas turberas, asimismo es el caso de las turberas QUI_02 y SJO_02 que no da un p valor = ,000 que es menor a ,005 por lo que se demuestra que SI existe una variación significativa entre las medias de dichas turberas. Se puede observar lo mencionado anteriormente en la figura 2 y figura 3.

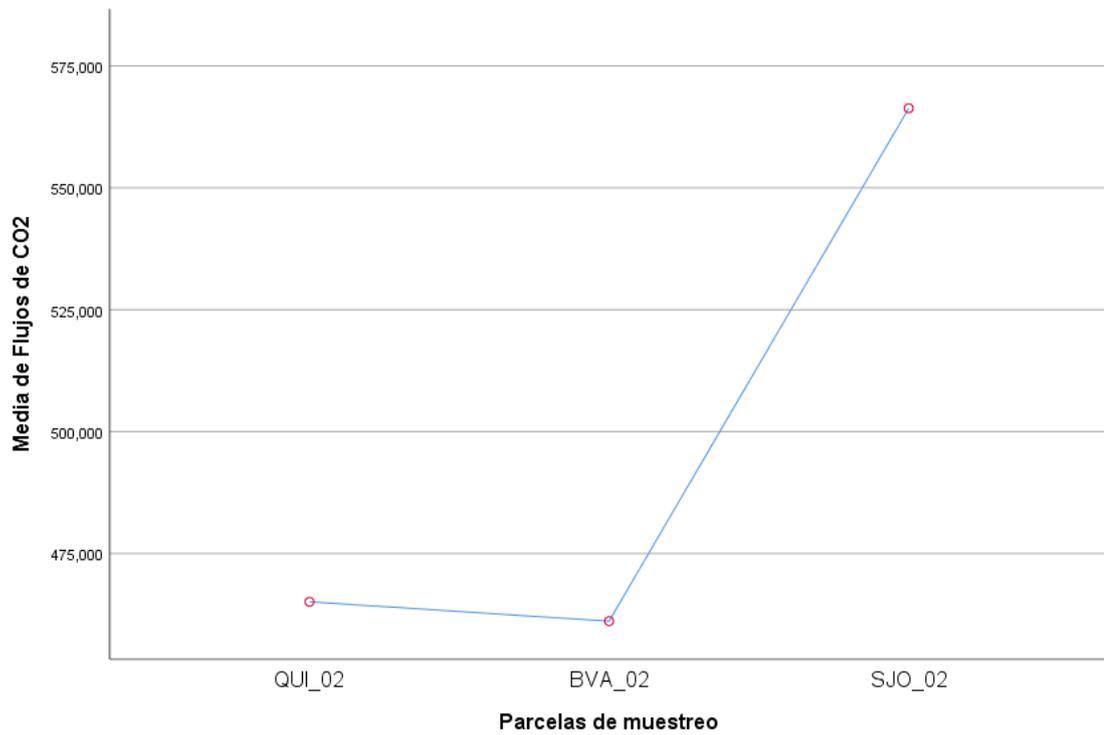


Figura 2. Variación de medias por zona de muestre

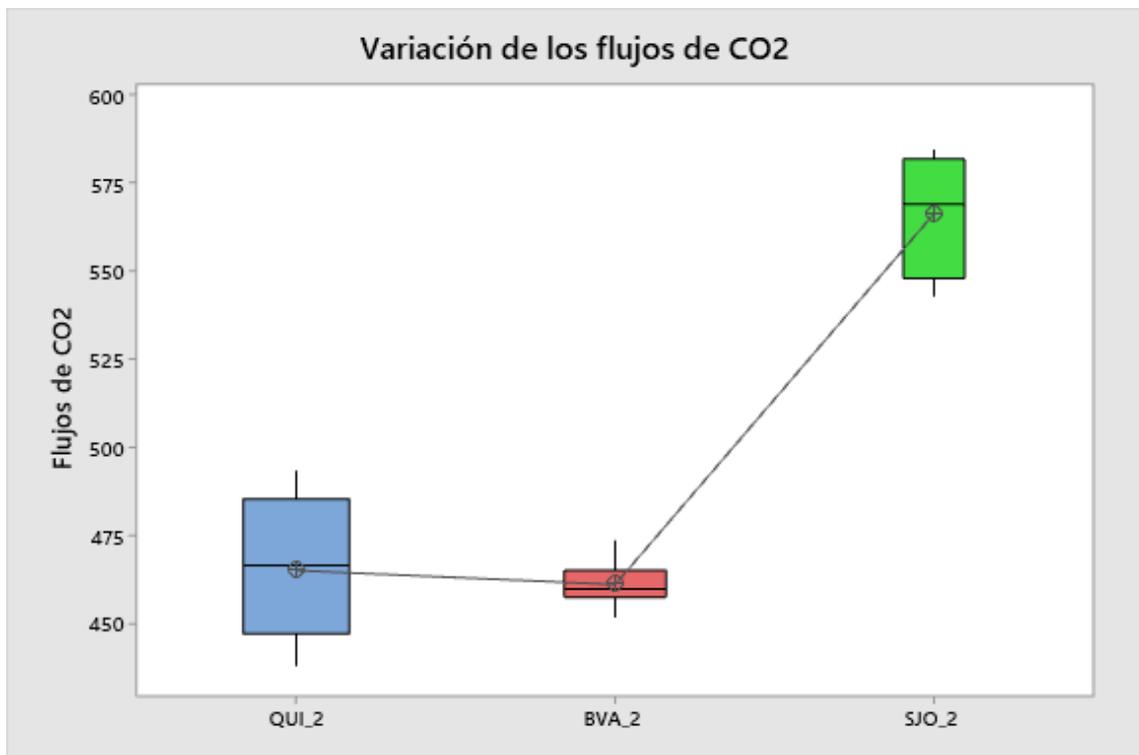


Figura 3. Comparación de flujos de CO₂ por zonas de muestreo

4.3. Análisis de la relación de la temperatura y los flujos CO₂ de cada una de las turberas estudiadas

A continuación, se muestra la media por mes de la temperatura tomada en las turberas estudiadas.

Tabla 7. Resumen de temperaturas mensuales

Mes	Turbera		
	BVA_02	QUI_02	SJO_02
MAYO	25,44	25,78	
JUNIO	24,68	24,28	
JULIO	24,43	24,93	23,92
AGOSTO	24,53	24,45	
SEPTIEMBRE	24,08	25,65	
OCTUBRE	25,11	25,19	25,05
NOVIEMBRE	25,65	25,83	
DICIEMBRE	25,65	24,89	
ENERO	24,54	26,04	25,60
FEBRERO	25,58	26,65	
MARZO		26,82	
ABRIL	27,30	26,69	26,60

Con los datos obtenidos de la temperatura se analizará la correlación entre el flujo de CO₂ y la temperatura de cada turbera estudiada, por lo que se utilizó el estadístico de Pearson que nos indica que el p valor está en el rango de 0 a 1 los cuales describiremos a continuación:

- Entre 0 y 0,10: correlación inexistente
- Entre 0,10 y 0,29: correlación débil
- Entre 0,30 y 0,50: correlación moderada
- Entre 0,50 y 1,00: correlación fuerte

Con lo mencionado anteriormente se procedió a realizar el análisis de correlación de Pearson, el cual detallaremos a continuación:

Tabla 8. Correlación entre el flujo de CO₂ y la temperatura de la turbera BVA_02

Correlaciones			
		CO2 BVA_02	Temperatura BVA_02
CO2 BVA_02	Correlación de Pearson	1	,738**
	Sig. (bilateral)		,010
	N	11	11
Temperatura BVA_02	Correlación de Pearson	,738**	1
	Sig. (bilateral)	,010	
	N	11	11

** . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

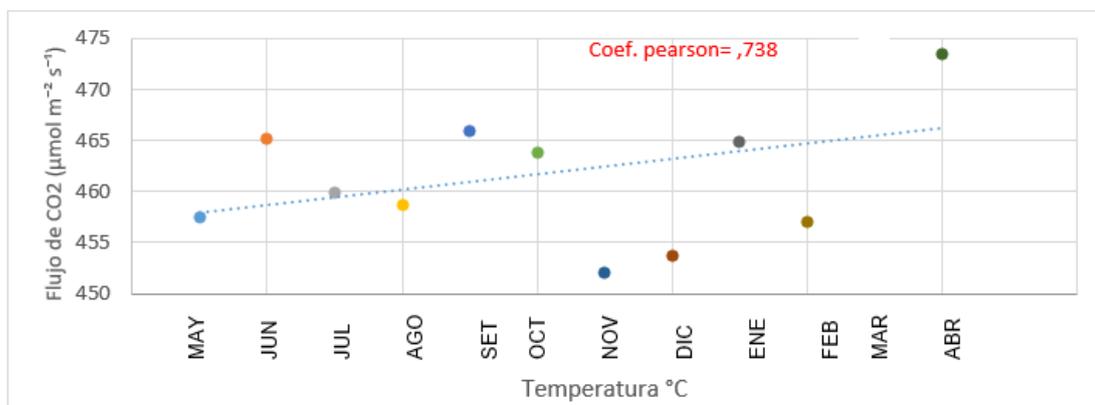


Figura 4. Relación entre la temperatura y los flujos de CO₂ de la turbera BVA_02

En la tabla y figura anterior se muestra la correlación entre la temperatura y el flujo de CO₂ de la turbera BVA_02 donde se puede observar un estadístico de Pearson: p valor=,738 el cual está en el rango de 0,50 y 1,00 por lo que se demuestra que existe una correlación fuerte entre las variables de temperatura y flujo de CO₂ de la turbera BVA_02.

Tabla 9. Correlación entre el flujo de CO₂ y la temperatura de la turbera QUI_02

Correlaciones			
		CO ₂ QUI_02	Temperatur a QUI_02
CO ₂ QUI_02	Correlación de	1	,310
	Pearson		
	Sig. (bilateral)		,360
	N	12	12
Temperatura QUI_02	Correlación de	,310	1
	Pearson		
	Sig. (bilateral)	,360	
	N	12	12

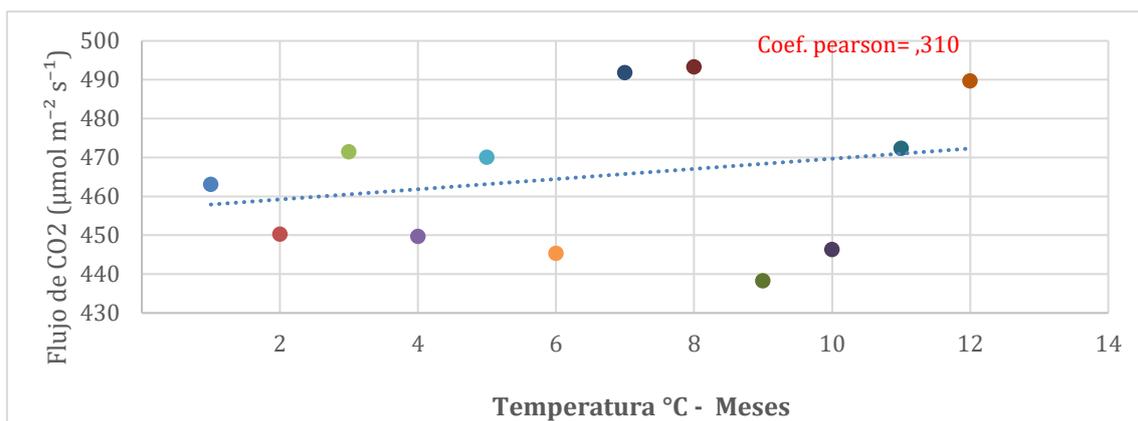


Figura 5. Relación entre la temperatura y los flujos de CO₂ de la turbera QUI_02

En la tabla y figura anterior se muestra la correlación entre la temperatura y el flujo de CO₂ de la turbera QUI_02 donde se puede observar un estadístico de Pearson: p valor =,310 el cual está en el rango de 0,30 y 0,50 por lo que se demuestra que existe una correlación moderada entre las variables de temperatura y flujo de CO₂ de la turbera QUI_02.

Tabla 10. Correlación entre el flujo de CO₂ y la temperatura de la turbera SJO_02

Correlaciones			
		CO2 SJO_02	Temperatur a SJO_02
CO2 SJO_02	Correlación de	1	,145
	Pearson		
	Sig. (bilateral)		,855
	N	4	4
Temperatura SJO_02	Correlación de	,145	1
	Pearson		
	Sig. (bilateral)	,855	
	N	4	4

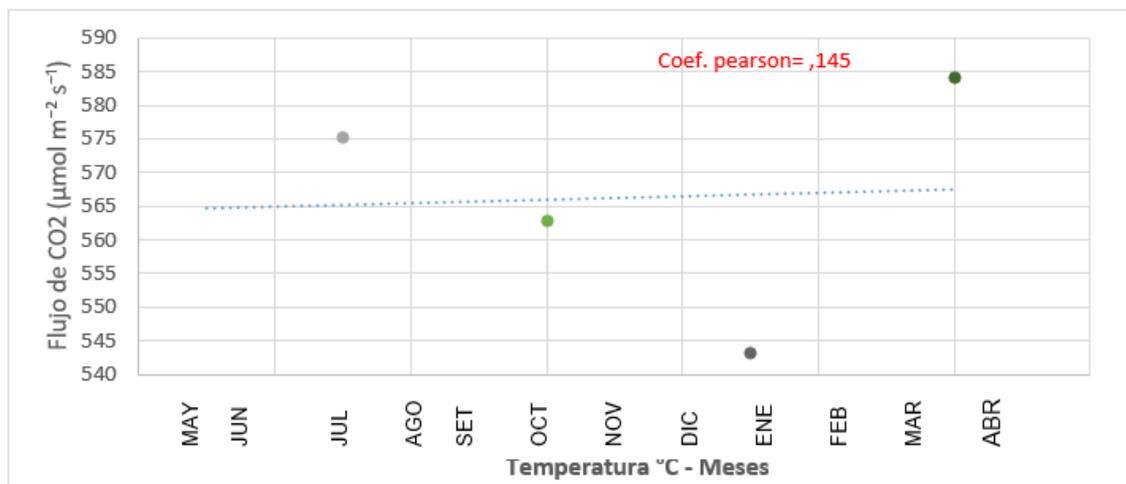


Figura 6. Relación entre la temperatura y los flujos de CO₂ de la turbera SJO_02

En la tabla y figura anterior se muestra la correlación entre la temperatura y el flujo de CO₂ de la turbera SJO_02 donde se puede observar un estadístico de Pearson: p valor=,145 el cual está en el rango de 0,10 y 0,29 por lo que se demuestra que existe una correlación débil entre las variables de temperatura y flujo de CO₂ de la turbera SJO_02.

4.4. Análisis de la relación de la precipitación y los flujos CO₂ de cada una de las turberas estudiadas

A continuación, se muestra el promedio por mes de la precipitación registrada en las turberas estudiadas

Tabla 11. Resumen de precipitaciones mensuales

Mes	Precipitación mm/mes		
	BVA_02	Turbera QUI_02	SJO_02
MAYO	245,50	241,50	
JUNIO	183,00	166,60	
JULIO	170,00	138,40	136
AGOSTO	156,70	156,40	
SEPTIEMBRE	162,00	179,80	
OCTUBRE	190,00	197,50	182
NOVIEMBRE	200,00	223,60	
DICIEMBRE	176,00	312,90	
ENERO	226,20	281,80	213,4
FEBRERO	208,10	216,40	
MARZO		286,50	
ABRIL	241,50	282,00	270,2

Tabla 12. Correlación entre el flujo de CO₂ y la precipitación de la turbera BVA_02

Correlaciones			
		CO ₂	Precipitación
		BVA_02	BVA_02
CO ₂ BVA_02	Correlación de Pearson	1	,636*
	Sig. (bilateral)		,036
	N	11	11
Precipitación BVA_02	Correlación de Pearson	,636*	1
	Sig. (bilateral)	,036	
	N	11	12

*. La correlación es significativa en el nivel 0,05 (bilateral).

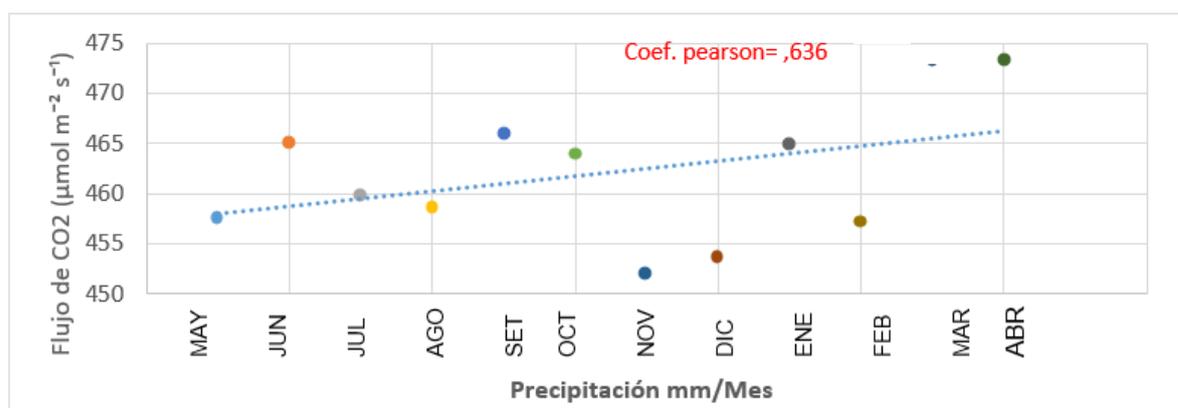


Figura 7. Relación entre la precipitación y los flujos de CO₂ de la turbera BVA_02

En la tabla y figura anterior se muestra la correlación entre la precipitación y el flujo de CO₂ de la turbera BVA_02 donde se puede observar un estadístico de Pearson: p valor=,636 el cual está en el rango de 0.50 y 1.00 por lo que se demuestra que existe una correlación fuerte entre las variables de temperatura y flujo de CO₂ de la turbera BVA_02.

Tabla 13. Correlación entre el flujo de CO₂ y la precipitación de la turbera QUI_02

Correlaciones			
		CO2	Precipitación
		QUI_02	QUI_02
CO ₂ QUI_02	Correlación de	1	,445
	Pearson		
	Sig. (bilateral)		,147
	N	12	12
Precipitación QUI_02	Correlación de	,445	1
	Pearson		
	Sig. (bilateral)	,147	
	N	12	12

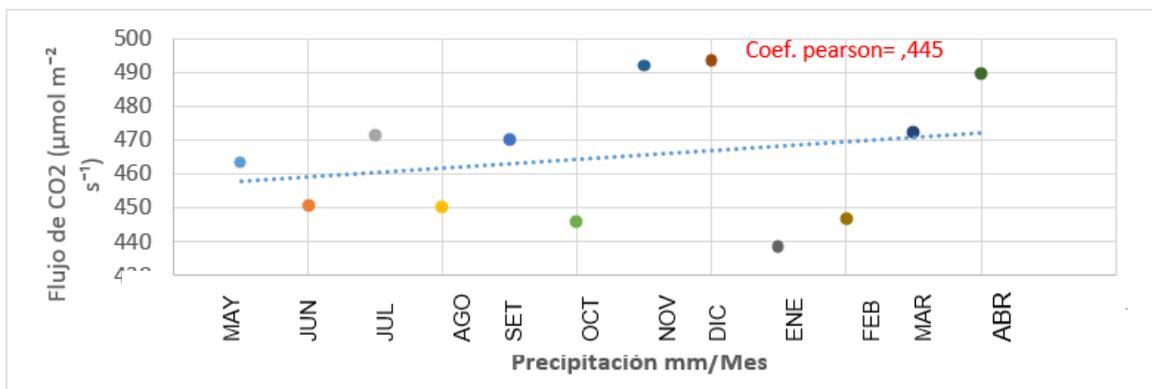


Figura 8. Relación entre la precipitación y los flujos de CO₂ de la turbera QUI_02

En la tabla y figura anterior se muestra la correlación entre la precipitación y el flujo de CO₂ de la turbera QUI_02 donde se puede observar un estadístico de Pearson: p valor=,445 el cual está en el rango de 0.30 y 0.50 por lo que se demuestra que existe una correlación moderada entre las variables de temperatura y flujo de CO₂ de la turbera QUI_02.

Tabla 14. Correlación entre el flujo de CO₂ y la precipitación de la turbera SJO_02

		Correlaciones	
		CO2 SJO_02	Precipitación SJO_02
CO ₂ SJO_02	Correlación de	1	,234
	Pearson		
	Sig. (bilateral)		,766
	N	4	4
Precipitación SJO_02	Correlación de	,234	1
	Pearson		
	Sig. (bilateral)	,766	
	N	4	12

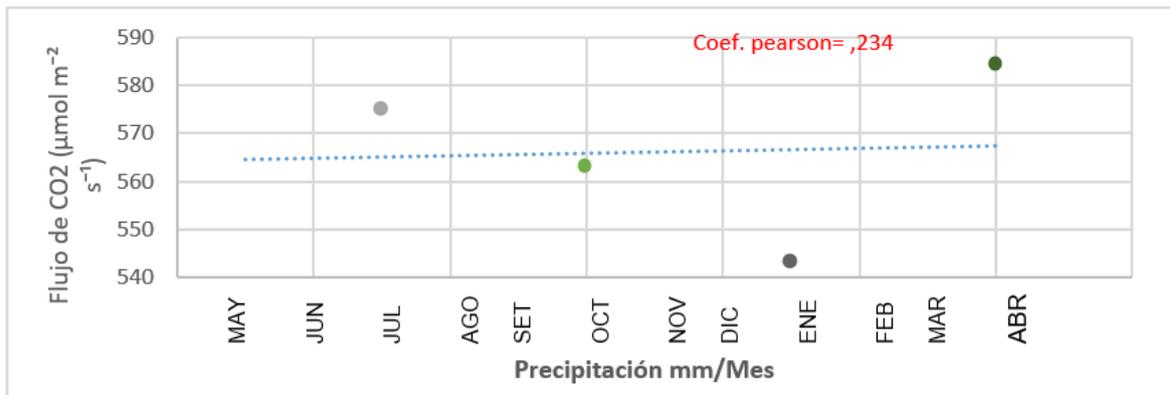


Figura 9. Relación entre la precipitación y los flujos de CO₂ de la turbera SJO_02

En la tabla y figura anterior se muestra la correlación entre la precipitación y el flujo de CO₂ de la turbera SJO_02 donde se puede observar un estadístico de Pearson: p valor=,234 el cual está en el rango de 0,10 y 0,29 por lo que se demuestra que existe una correlación débil entre las variables de temperatura y flujo de CO₂ de la turbera SJO_02.

4.5. Flujos de CO₂ y dinámica estacional de cada una de las turberas estudiadas

A continuación, se muestra la media por mes de los flujos, tomada en las turberas estudiadas.

Tabla 15. Variación de medias mensuales de los flujos de CO₂ de las turberas estudiadas

Mes	Turbera		
	QUI_02	BVA_02	SJO_02
MAYO	463,02	457,44	
JUNIO	450,28	465,11	
JULIO	471,39	459,85	575,12
AGOSTO	449,66	458,66	
SEPTIEMBRE	470,01	465,89	
OCTUBRE	445,35	463,86	562,90
NOVIEMBRE	491,78	452,09	
DICIEMBRE	493,26	453,68	
ENERO	438,22	464,83	543,07
FEBRERO	446,29	457,67	
MARZO	472,31		
ABRIL	489,66	473,39	584,20

En la tabla anterior se muestra la variación de las medias mensuales de los flujos de las turberas estudiadas donde se observa que la turbera de SJO-02 presenta por lo que se acepta que existe algunas diferencias significativas entre las medias de los flujos mensuales de CO₂ de las turberas estudiadas. Se considera los meses de muestreo por cada zona. Siendo 12 meses para QUI_02, 11 meses para BVA_02 Y 4 meses para SJO_02, donde a continuación se detallará en las siguientes figuras:

A continuación, en la figura 10 se muestra el flujo mensual de la turbera de QUI_02 donde se puede observar que el promedio de flujo más bajo se registra en el mes de enero del 2019 con un flujo de CO₂ de 438.22 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ y el más alto registrado en el mes de diciembre del 2018 con un flujo de CO₂ de 493.26 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ entre los 12 meses de muestreo. Además, al realizar el comparativo entre el flujo de CO₂ y la precipitación se muestra ambas variables miden un rango de tendencia moderada, esto quiere decir que la precipitación si influye en la variable flujos de CO₂, pero no en la magnitud que se espera.

Se identifica que los meses de junio, julio agosto, setiembre y octubre del 2018 son los meses de estaciones secas, las cuales presentan una precipitación por debajo de los 200 mm/mes.

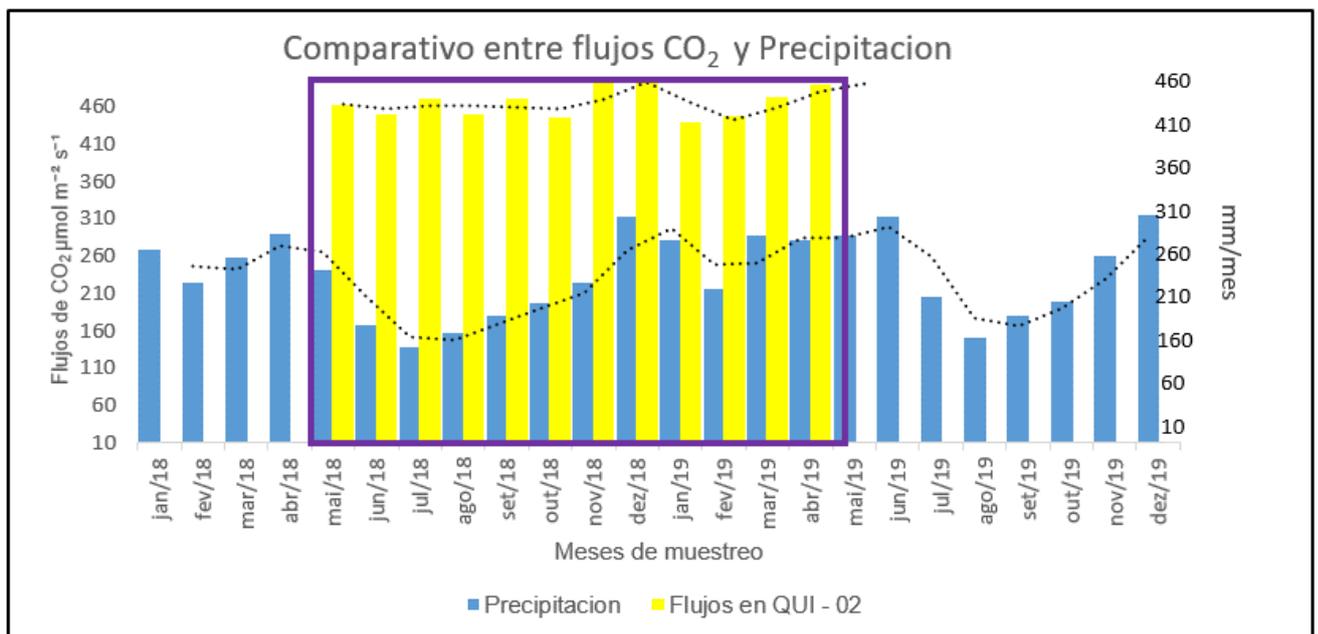


Figura 10. Comparativo entre los flujos de mensuales de CO₂ y la precipitación en turbera de QUI_02.

A continuación, en la figura 11 se muestra el flujo mensual de la turbera de BVA_02 donde se puede observar que el promedio más bajo se registra en el mes de noviembre del 2018 con un flujo de CO₂ 452.09 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ y el más alto registrado en el mes de marzo del 2019 con un flujo de CO₂ de 473.39 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ entre los 11 meses de muestreo. Además, al realizar el comparativo entre el flujo de CO₂ y la precipitación se muestra ambas variables miden un rango de tendencia relativamente fuerte, esto quiere decir que la precipitación si influye en la variable flujos de CO₂, en un mayor grado, por tanto, se dice que si la precipitación aumenta el flujo de CO₂ también aumentará, ya que la relación entre las variables es directa.

Se identifica que los meses de agosto y setiembre del 2018 son los meses de estaciones secas, las cuales presentan una precipitación por debajo de los 200 mm/mes.

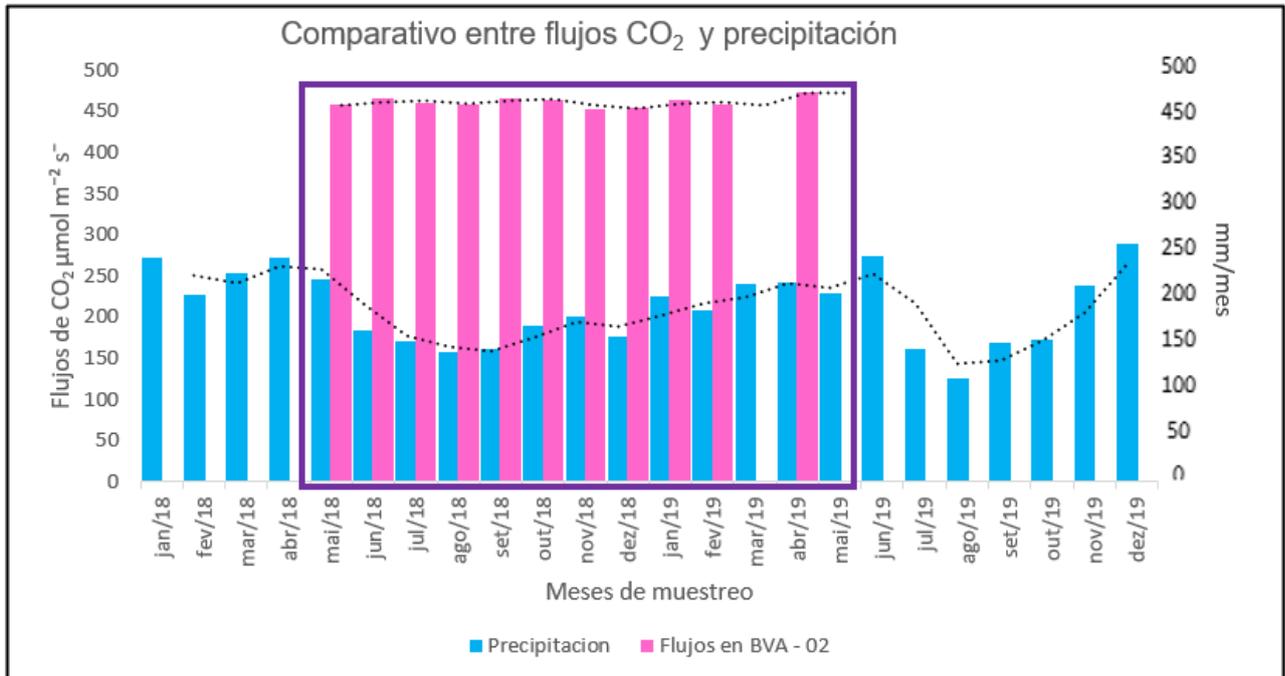


Figura 11. Comparativo entre los flujos de mensuales de CO₂ y la precipitación en turbera de BVA_02.

A continuación, en la figura 12 se muestra el flujo mensual de la turbera de SJO_02 donde se puede observar que el promedio más bajo se registra en el mes de enero del 2019 con un flujo de CO₂ de 543.06 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ y el más alto registrado en el mes de abril del 2019 con un flujo de CO₂ de 484.19 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ entre los 4 meses de muestreo. Además, al realizar el comparativo entre el flujo de CO₂ y la precipitación se muestra que la relación entre estas variables es débil, esto quiere decir que la precipitación no influye en la variable flujos de CO₂, es por ello que el comportamiento de los flujos no obedece a los patrones de precipitación.

Se identifica que los meses de julio, agosto y setiembre del 2018 son los meses de estaciones secas, las cuales presentan una precipitación por debajo de los 200 mm/mes

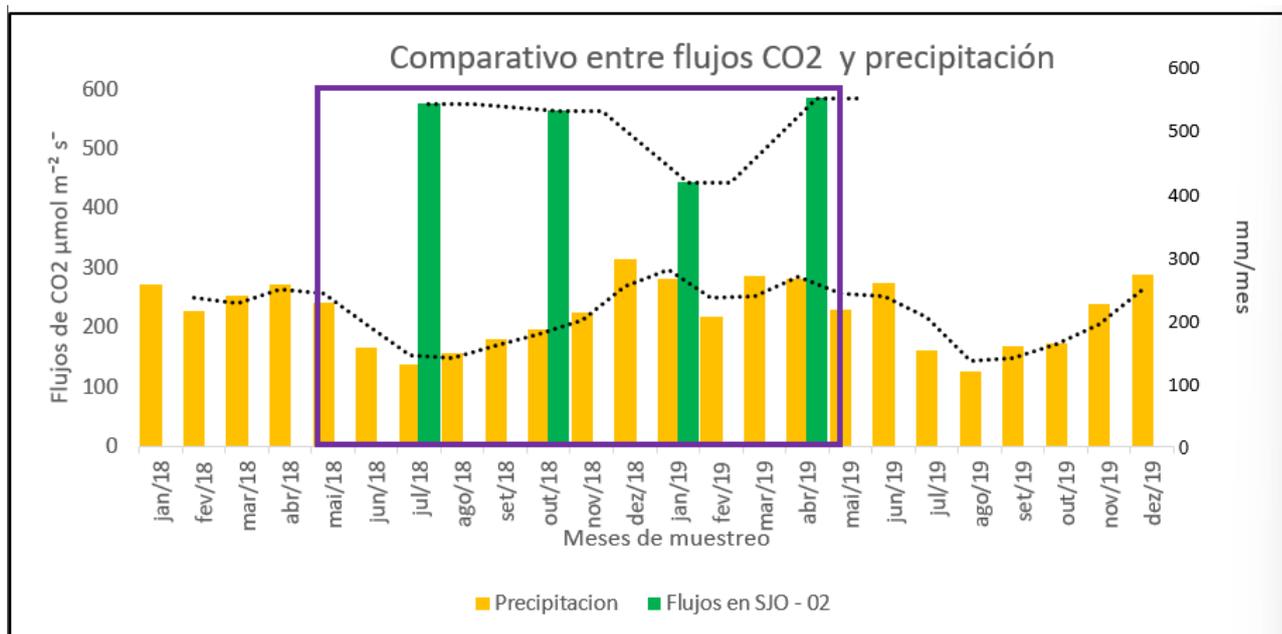


Figura 12. Comparativo entre los flujos de mensuales de CO₂ y la precipitación en la turbera de SJO_02

CAPITULO V. DISCUSIÓN

La turbera San Jorge (SJO_02) presenta un mayor flujo promedio de CO₂ con un valor de 566,32 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, en comparación de las turberas de Quistococha (QUI_02) con un valor intermedio de 465,10 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ y un valor inferior la turbera Buena Vista (BVA_02) con un valor de 461.13 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$.

El flujo de CO₂ de la turbera San Jorge (SJO_02) varía significativamente con respecto a las turberas Buena Vista (BVA_02) y Quistococha (QUI_02), ya que según el estadístico de Tukey producto de la prueba ANOVA nos da 0.000 para cada caso en particular por lo que demuestras la variación entre las turberas mencionadas.

La Dra. Lahteenoja (et al., 2009a), en estudios realizados en la Amazonia Peruana, sustenta que existen dos tipos de turberas que poseen caracterãsticas únicas, la primera son las turbera minerotróficas, tal cual es el caso de la turbera estudiada de BVA_02 y QUI_02, este tipo de turbera recibe nutrientes de aguas superficiales, fluviales o subterráneas, por el cual su contenido de nutrientes es el más alto que las otras turberas, sin embargo las turberas ombrotróficas como en el caso de SJO_02, al estar formado como una cúpula convexa solo recibe agua de las precipitaciones, por tanto su nivel de nutrientes es bajo. Wright (et al., 2011) menciona que las caracterãsticas de la vegetaci3n son importantes para considerar una variaci3n en los flujos de carbono de acuerdo a las condiciones climáticas que favorecen a la descomposici3n y producci3n de gases.

En la investigaci3n existe una correlaci3n fuerte entre la temperatura y el flujo de CO₂ de la turbera de BVA_02 ya que se obtuvo un estadístico de Pearson: p valor=,738 el cual valida la correlaci3n entre ambos, asimismo existe una

correlación moderada entre la temperatura y el flujo de CO₂ de la turbera de QUI_02 ya que se obtuvo un estadístico de Pearson: p valor=,310 el cual valida la correlación entre ambos y finalmente se determinó que existe una correlación débil entre la temperatura y el flujo de CO₂ de la turbera de SJO_02 ya que se obtuvo un estadístico de Pearson: p valor=,145 lo que valida la débil asociación entre las variables.

Analizando la siguiente variable se ha demostrado que existe una correlación fuerte entre la precipitación y el flujo de CO₂ de la turbera de BVA_02 ya que se obtuvo un estadístico de Pearson: p valor=,636 el cual valida la correlación entre ambos, asimismo existe una correlación moderada entre la precipitación y el flujo de CO₂ de la turbera de QUI_02 ya que se obtuvo un estadístico de Pearson: p valor=,445 el cual valida la correlación entre ambos y finalmente se determinó que existe una correlación débil entre la precipitación y el flujo de CO₂ de la turbera de SJO_02 ya que se obtuvo un estadístico de Pearson: p valor=,234 lo que valida la débil asociación entre las variables.

Las tasas de respiración del suelo generalmente aumentan exponencialmente con el aumento de la temperatura. Yu (*et al.*, 2015) indica que la temperatura afecta en gran parte los componentes de la respiración de suelo, asimismo menciona que existe diversos modelos para analizar la relación, temperatura – respiración, tales como: modelos líneas, modelos exponenciales. Por otro lado; Lähteenoja (*et al.*, 2009a) nos dice que el aumento de precipitación acelera la acumulación de turba. Para finalizar, se ha demostrado que existe una variación entre los flujos mensuales de cada turbera estudiada, registrándose en enero del 2018 el menor flujo de CO₂ en la turbera de QUI_02 un flujo de CO₂ de 438.22 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ y los meses de

mayor flujo se registran en el mes de abril del 2019 en la turbera de SJO_02 un flujo de CO₂ de 584.19 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$.

Según los datos estadísticos obtenidos, se demuestra que la temperatura y precipitación son variables que influyen en la dinámica estacional de los flujos de CO₂, tal como indica Lähteenoja (et al., 2009), la temperatura incrementa la descomposición y producción de gases; mientras que el nivel de agua, la vegetación y el pH del suelo influyen las tasas estacionales.

La variación estacional del flujo de CO₂ se observa en todos los ecosistemas. Las tasas de los flujos suelen ser más altas durante verano y son más bajas durante el invierno. Debiéndose a los cambios en la temperatura, humedad, precipitación, producción de fotosíntesis o combinaciones.

Anderson, 1973, citado en Peñaherrera (2018), nos menciona que los factores que influyen en la variación de los flujos pueden depender del tipo de ecosistema y clima. En época de verano, la humedad es una limitante, en tanto que en invierno la variable temperatura es un factor limitante. En las zonas tropicales los flujos de CO₂ tienen una tendencia estacional en la temperatura, precipitación y radiación del suelo. Wright (et al., 2011) nos menciona que, en contraste con las turberas del sudeste asiático, las turberas amazonicas acumulan mayor cantidad de gases en el sub suelo.

CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES

5.1. Flujo de CO₂ de cada turbera estudiada ubicada en las 3 parcelas evaluadas

En la tabla 2 se muestra el promedio de flujo de CO₂ de las turberas estudiadas, la turbera San Jorge (SJO_02) presenta un mayor flujo promedio de CO₂ con un valor de 566,32 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. La turbera de Quistococha (QUI_02) muestra el promedio de flujo de CO₂ con un valor intermedio de 465,10 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. La turbera Buena Vista (BVA_02) muestra el promedio de flujo de CO₂ con un valor de 461.13 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$.

5.2. Variación de flujos de CO₂ por parcela estudiada

En la tabla 5 y la figura 2 se muestra la comparación múltiple de la variación de medias entre las turberas, donde se observa que entre la turbera BVA_02 y QUI_02 nos da un p valor = ,997 donde es mayor a ,005 por lo que se demuestra que no existe variación significativa entre las medias de dichas turberas; entre las turberas BVA_02 y SJO_02 nos da un p valor = ,000 que es menos a ,0.005 por lo que se demuestra que si existe una variación significativa entre las medias de dichas turberas, asimismo es el caso de las turberas QUI_02 y SJO_02 que no da un p valor = ,000 que es menos a ,0.005 por lo que se demuestra que si existe una variación significativa entre las medias de dichas turberas.

5.3. Análisis de la relación de la temperatura y los flujos CO₂ de cada una de las turberas estudiadas

En la tabla 7 se muestra que existe una correlación fuerte entre la temperatura y el flujo de CO₂ de la turbera de Buena Vista (BVA_02) ya que se obtuvo un estadístico

de Pearson: p valor=,738 el cual valida la correlación entre ambos, asimismo en la tabla 8 se muestra que existe una correlación moderada entre la temperatura y el flujo de CO₂ de la turbera de Quistococha (QUI_02) ya que se obtuvo un estadístico de Pearson: p valor=,310 el cual valida la correlación entre ambos y finalmente en la tabla 9 se muestra que no existe correlación entre la temperatura y el flujo de CO₂ de la turbera de San Jorge ya que se obtuvo un estadístico de Pearson: p valor=,145 lo que valida la falta de correlación entre ambas variables.

5.4. Análisis de la relación de la precipitación y los flujos CO₂ de cada una de las turberas estudiadas

En la tabla 11 se muestra que existe una correlación fuerte entre la precipitación y el flujo de CO₂ de la turbera de Buena Vista (BVA_02) ya que se obtuvo un estadístico de Pearson: p valor=,636 el cual valida la correlación entre ambos, asimismo en la tabla 12 se muestra que existe una correlación moderada entre la precipitación y el flujo de CO₂ de la turbera de Quistococha (QUI_02) ya que se obtuvo un estadístico de Pearson: p valor=,445 el cual valida la correlación entre ambos y finalmente en la tabla 13 se determinó que no existe correlación entre la precipitación y el flujo de CO₂ de la turbera de San Jorge (SJO_02) ya que se obtuvo un estadístico de Pearson: p valor=,234 lo que valida la falta de correlación entre ambas variables.

5.5. Flujos de CO₂ y dinámica estacional de las parcelas estudiadas

En la tabla 14 se muestran los flujos promedios mensuales de cada turbera estudiada, siendo 12 meses de muestreo para la turbera de QUI_02, 11 meses de muestreo para la turbera de BVA_02 y 4 meses de muestreo para la turbera de SJO_02.

Los meses de menor flujo de CO₂ se registran en enero del 2018 en la turbera de QUI_02 con un flujo de CO₂ de 438.22 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ y los meses de mayor flujo se registran en el mes de abril del 2019 en la turbera de SJO_02 con un flujo de CO₂ de 584.19 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. de acuerdo a los resultados se menciona que la precipitación influencia los flujos de CO₂, esto nos indica que existe una relación positiva y directa entre las variables.

La estación seca identificada varía entre junio del 2018 hasta octubre del 2018, en la cual se mostraron precipitaciones menores a 200 mm/mes.

CAPÍTULO VII. RECOMENDACIONES

- ✓ Es necesario extender el tiempo de recolección de los flujos, mientras más años dure el estudio, mayor confiabilidad en los resultados. También realizar las mediciones de CO₂ de manera periódica en las turberas, realizar estudios de las variaciones estacionales de las turberas y los parámetros ambientales que pueden influenciar y generar variaciones, para poder determinar el impacto que estas puedan generar en la zona de estudio y a nivel mundial.
- ✓ Se recomienda que para las salidas de campo y manejo del equipo para medición de los flujos de CO₂ es necesario tener conocimiento de los protocolos elaborados por el proyecto para manejar con cuidado los equipos, siguiendo los pasos para obtener resultados confiables. Además, es importante realizar una evaluación de las cámaras de gases permanentes, verificando que estas se encuentren debidamente selladas, si no fuera el caso se procederá a sellarlas con algún pegamento.
- ✓ Se recomienda que se utilicen equipos modernos para la lectura de los flujos de los gases de efecto invernadero, y complementar el análisis de las turberas con imágenes satelitales, para tener una mejor visión del estado de las turberas en la Amazonia Peruana.

CAPÍTULO VIII. FUENTES DE INFORMACIÓN

- Arenas Calle, L. N. (2015). Diseño de cámara estática cerrada y medición de flujos de gases de efecto invernadero (GEI) en suelos.
- Baggs, E. M. (2006). Partitioning the components of soil respiration: a research challenge. *Plant and Soil*, 284(1–2), 1–5. <https://doi.org/10.1007/s11104-006-0047-7>
- Benavides, J. C. (2015). Cambios globales en las turberas andinas : efecto de los gradientes ambientales y la perturbación humana en la estructura de los ecosistemas de turba. https://www.researchgate.net/publication/260971548_Cambios_globales_en_las_turberas_andinas_efecto_de_los_gradientes_ambientales_y_la_perturbacion_humana_en_la_estructura_de_los_ecosistemas_de_turba
- Cadillo-Quiroz, H. (2019). Protocolo para medición de gases de efecto invernadero en suelos de las turberas amazónicas conAerisPico y Licor-800.
- Carrasco Díaz, S. (2006). Metodología de la investigación científica (A. J. Paredes Galván (ed.); Primera ed).
- Chimner, R. A. (2004). Soil respiration rates of tropical peatlands in Micronesia and Hawaii. *Wetlands*, 24(1), 51–56. [https://doi.org/10.1672/0277-5212\(2004\)024\[0051:SRROTP\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1672/0277-5212(2004)024[0051:SRROTP]2.0.CO;2)
- Couwenberg, J., Dommain, R., & Joosten, H. (2010). Greenhouse gas fluxes from tropical peatlands in south-east Asia. *Global Change Biology*, 16(6), 1715–1732. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2009.02016.x>
- Domínguez, E., Bahamonte, N., & Muñoz, C. (2012). Efectos de la extracción de la turba sobre la composición y estructura de una turbera de *Sphagnum* explotada y abandonada hace 20 años, Chile. 1–8. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-686X2012000200003>
- Globe. (2005). Protocolo de temperatura del suelo. 1–17. <https://www.globe.gov/documents/16257217/17240639/Protocolo+de+Tempe>

ratura+del+Suelo/f7bf6f08-2779-4250-ae41-74e61c1fca38

- Gunti, E. (2009). Influencia de la temperatura y la humedad en la dinamica de la materia organica de los suelos de Galicia y su relacion con el cambio climatico.
- Hernández, M. E. (2009). Suelo de humedales como sumideros de carbono y fuente de metano. *Hernández, María E*, 28, 139–147.
- Hernández, S. (2010). Metodología de la investigación. México: MC Draw Hill.
- Hernández-Sampieri, R., & Torres, C. P. M. (2018). Metodología de la investigación (Vol. 4). México^ eD. F DF: McGraw-Hill Interamericana.
- Hernández Sampieri, R., & Fernández Collado, C. (2014). Metodología de la investigación (Sexta ed, Vol. 148).
- Hirano, T., Jauhiainen, J., Inoue, T., & Takashi, H. (2009). Controls on the carbon balance of tropical peatlands. *Ecosystems*, 12(6), 873–887. <https://doi.org/10.1007/s10021-008-9209-1>
- Honorio C, E. N., Vega A, J. E., & Corrales M, M. N. (2015). Diversidad , estructura y carbono de los bosques aluviales del Noreste Peruano. *Folia Amazónica*, 24(1), 55–70.
- Honorio, E. N., & Baker, T. (2010). Manuel para el monitoreo del ciclo del carbono en bosques amazonicos. 1–54.
- Householder, E., Janovec, J. P., Tobler, M. W., Page, S. E., & Läfteenoja, O. (2012). Peatlands of the Madre de Dios River of Peru: Distribution, Geomorphology, and Habitat Diversity. *Wetlands*. <https://doi.org/10.1007/s13157-012-0271-2>
- Iturraspe, R. & Roig, C.E. 2000. Aspectos hidrológicos de turberas de Sphagnum de Tierra del Fuego - Argentina. In: Coronato A & C Roig (eds) Conservación de ecosistemas a nivel mundial con énfasis en las turberas de Tierra del Fuego. *Disertaciones y Conclusiones.*, Ushuaia, Argentina, Pp 85-93.
- Joosten, H. & Couwenberg, J. 2008. Peatlands and carbon. Pp 99-117. In: PARISH, F. Sirin, A. Charman, D. Joosten, H. Minayeva, T.Silvius, M. & L. Stringer

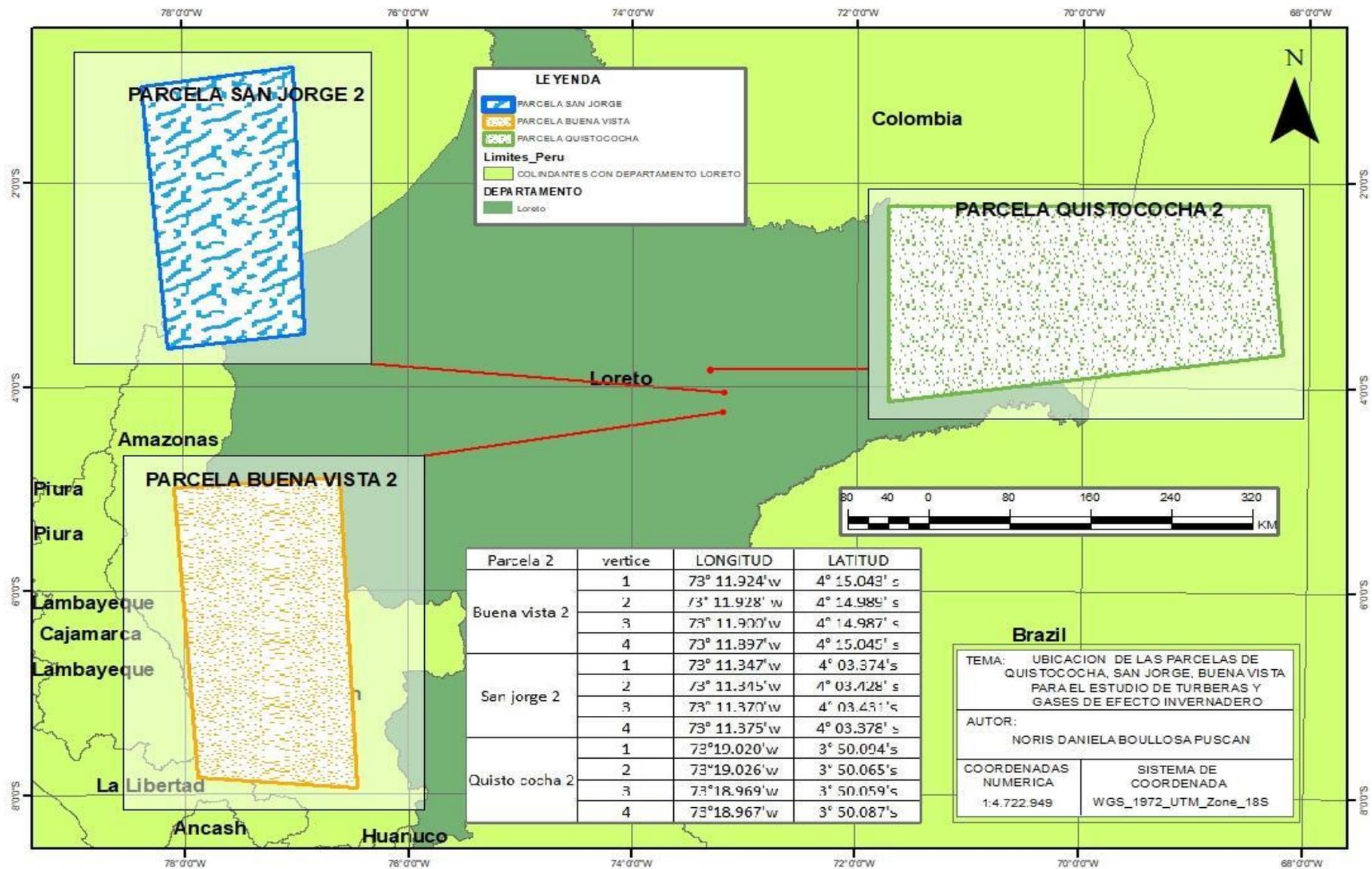
- (EDS.). Assessment on peatlands, biodiversity and climate change: main report. Global Environment Centre, Kuala Lumpur and Wetlands International, Wageningen.
- Lähteenoja, O. (2018). Ecología ecosistemica y dinamica de carbono de las turberas amazonicas. Diapositivas, 1–48.
- Lähteenoja, O., Rojas Reategui, Y., Räsänen, M., Del castillo T, D., Oinonen, M., & Page, S. (2012). The large Amazonian peatland carbon sink in the subsiding Pastaza-Marañon, Peru. *Global Change Biology*, 164–178. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2011.02504.x>
- Lähteenoja, O., Ruokolainen, K., Schulman, L., & Alvarez, J. (2009a). Amazonian floodplains harbou minerotrophic and ombrotrophic peatlands. *EL SERVIER*, 140–145. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2009.06.006>
- Lähteenoja, O., Ruokolainen, K., Schulman, L., & Oinonen, M. (2009b). Amazonian peatlands : an ignored C sink and potential source. *Global Change Biology*, 2311–2320. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2009.01920.x>
- Laine, A. M., Byrne, K. A., Kiely, G., & Tuittila, E.-S. (2009). The short-term effect of altered water level on carbon dioxide and methane fluxes in a blanket bog. *Suoseura*, 60(3–4), 65–83.
- León, Y., & Reyes, J. (2017). Delimitacion y descripción biofísica de dos turberas y de una laguna endorreica en el sector Salsipuedes-Cerro Asunción , Parque Nacional Tapantí - Macizo de la Muerte , Costa Rica. <https://doi.org/10.22458/urj.v10i1.2030>
- Manrique, V. (n.d.). Ciencias basicas de los efectos del metano sobre el cambio climatico. 28–33.
- Metcalf, D. B., Meir, P., Aragão, L. E. O. C., Malhi, Y., da Costa, A. C. L., Braga, A., Gonçalves, P. H. L., de Athaydes, J., de Almeida, S. S., & Williams, M. (2007). Factors controlling spatio-temporal variation in carbon dioxide efflux from surface litter, roots, and soil organic matter at four rain forest sites in the eastern Amazon. *Journal of Geophysical Research: Biogeosciences*, 112(4),

1–9. <https://doi.org/10.1029/2007JG000443>

- Olivares Rojas, J. P. (2017). Evaluacion del modelo Ecosse para la simulacion de gases de metano y dióxido de carbono en suelos de un bosque y una turbera antropogenica en la isla de Chiloé. In Вестник Росздравнадзора (Vol. 4).
- Oliveira, A., & Cabeçadas, G. (2012). Procesos tras la variabilidad mareal del bióxido de carbono en el estuario del Tajo (Portugal). *Ciencias Marinas*, 38(1 B), 209–221. <https://doi.org/10.7773/cm.v38i1B.1784>
- Page, S. E., Rieley, J. O., & Banks, C. J. (2011). Global and regional importance of the tropical peatland carbon pool. *Global Change Biology*, 798–818. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2010.02279.x>
- Porlles, M. 2011. Flujo y Stock de Carbono de Suelos en Tres Tipos de Bosque de la Amazonia Peruana. Jenaro Herrera – Loreto. Pp. 33-48.
- Quereda Sala, J., & Montón Chiva, E. (1996). Dióxido de carbono y clima en el litoral mediterráneo. *Investigaciones Geográficas*, 16, 5. <https://doi.org/10.14198/ingeo1996.16.07>
- Ramil-rego, P., Gómez-Orellana, L., Ferreiro, J., Muñoz, C., & Rodríguez, M. . (2018). Genesis y dinamica de las turberas de la region biogeografica Atlantica de la Peninsula Iberica. *Vizkaia*, February, 2013–2018.
- Ramsar, 1971. Humedales: agua, vida y cultura 8a. Reunión de la Conferencia de las Partes Contratantes en la Convención sobre los Humedales Valencia.
- Robinson, G. E., Heuser, L. M., Leconte, Y., Lenquette, F., Hollingworth, R. M., Crutzen, P. J., Fall, R., Galbally, I., Lindinger, W., Schulman, L., & Ruokolainen, K. (1999). Parameters for global ecosystem models. *Scientific Correspondence*, 399(June), 535–536.
- Roucoux, K. H., Lawson, I. T., Baker, T. R., Torres, D. D. C., Draper, F. C., Gilmore, M. P., Coronado, E. N. H., Kelly, T. J., Mitchard, E. T. A., & Vriesendorp, C. F. (2017). Threats to intact tropical peatlands and opportunities for their conservation. *00(0)*, 1–10. <https://doi.org/10.1111/cobi.12925>

- Sánchez San Roman, J. (2008). Hidrología e Hidrogeología. Dpto. Geología - Universidad Salamanca - España, 1, 120–134. <http://hidrologia.usal.es/temas/Precipitaciones.pdf>
- Semenza, M., & Curutchet, G. (2000). Importancia de. lii, 1–6.
- Teh, Y., Murphy, W. A., Berrio, J. C., Boom, A., & Page, S. E. (2017). Seasonal variability in methane and nitrous oxide fluxes from tropical peatlands in the western Amazon basin. *Biogeosciences*, 14(15), 3669–3683. <https://doi.org/10.5194/bg-14-3669-2017>
- Wang, S., Zhuang, Q., Draper, F. C., & Cadillo-Quiroz, H. (2018). Un cambio posible de un sumidero a una fuente en las tuberías Amazonicas causado por un clima cambiando. 5, 8–9.
- Wright, E. L., Black, C. R., Cheesman, A. W., Drages, T., Larges, D., Turner, B. L., & Sjögersten, S. (2011). Contribution of subsurface peat to CO₂ and CH₄ fluxes in a neotropical peatland. 2867–2881. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2011.02448.x>
- WWF. (2014). Manual de monitoreo de carbono. Manual De Metodologia Da Pesquisa Aplicada À Educação, 6, 1–56.
- Yu, L., Wang, Y., Wang, Y., Sun, S., & Liu, L. (2015). Quantifying components of soil respiration and their response to abiotic factors in two typical subtropical forest stands, southwest China. *PLOS ONE*, 10(2), 1–20. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0117490>

ANEXO



Anexo 1. Mapa de ubicación

Anexo 2. Formato para recolección de datos

FECHA: (Si se hacen mediciones todos los días escribir todas las fechas en cada celda)	Gases del suelo QUI-02	Comentarios:
Colectores de datos: ¿Inundado?:		

FECHA	Miniplot	Cámara	Archivo Licor	Hora de cerrar la cámara	Hora de abrir la cámara	Ambiente		Suelo		pH del suelo					Altura de cámara (cm) (entre el borde de la cámara y base interior en el suelo, hojarasca o agua)	Promedio de altura de cámara (cm)	Nivel de agua en el suelo (cm) (-/+)	Cámara flotante (Yes) o (No)	Altura de la cámara flotante (del agua al techo)	Notas	Código de gases disueltos	
						T°	Presión atmosférica (kPa)	T°	Humedad (%)	pH 1	pH 2	pH 3	pH 4	pH 5								
	5	A1	5A-1																		H2O_A	
	5	A2	5A-2																			H2O_B
	6	A1	6A-1																			H2O_A
	6	A2	6A-2																			H2O_B
	7	A1	7A-1																			H2O_A
	7	A2	7A-2																			H2O_B

FECHA: (Si se hacen mediciones todos los días escribir todas las fechas en cada celda)	Gases del suelo QUI-02	Comentarios:
Colectores de datos: ¿Inundado?:		

FECHA :	Miniplot s	Cámara	Archivo Licor	Hora de cerrar la cámara	Hora de abrir la cámara	Ambiente		Suelo		pH del suelo					Altura de cámara (cm) (entre el borde de la cámara y base interior en el suelo, hojarasca o agua)	Promedio de altura de cámara (cm)	Nivel de agua en el suelo (cm) (-/+)	Cámara flotante (Yes) o (No)	Altura de la cámara flotante (del agua al techo)	Notas	Código de gases disueltos
						T °	Presión atmosférica (kPa)	T °	Humedad (%)	pH 1	pH 2	pH 3	pH 4	pH 5							
	15	B1	15B-1																		
	15	B2	15B-2																		H2O_B

Nota: Si se usa las cámaras flotantes la altura óptima entre el techo y el agua debe ser entre 13 y 14 cm.

Anexo 3. Panel fotográfico



Foto 1. Miniplots para medir el flujo de CO₂ del suelo las turberas estudiadas



Foto 2. Programando al equipo Gas Hound Li-800, para medir el flujo de CO₂ por el suelo

Anexo 4. Instrumentos para recolección de datos



Instrumentos para medir la concentración de gases:

Laptop para observar los flujos de CO_2

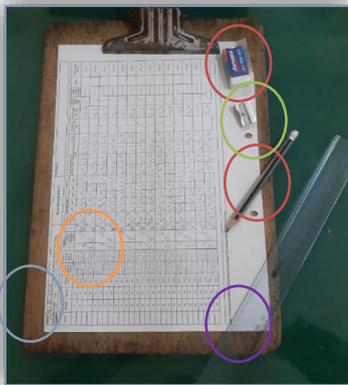
Tablet para observar los flujos de CH_4

Li-COR (CO_2)

Aeris-PICO (CH_4)

Batería

Mangueras



Instrumentos de recolección de datos:

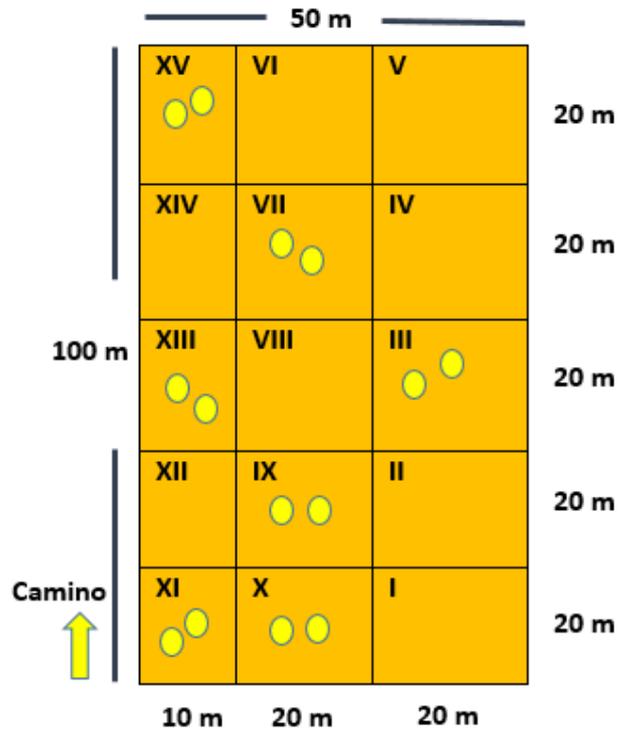
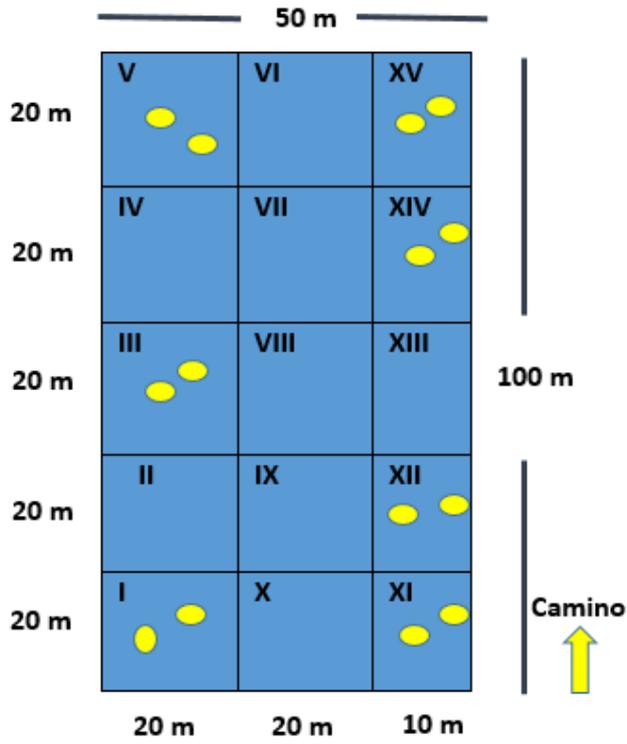
Formato
Tablilla
Borrador
Tajador
Lápiz
Regla



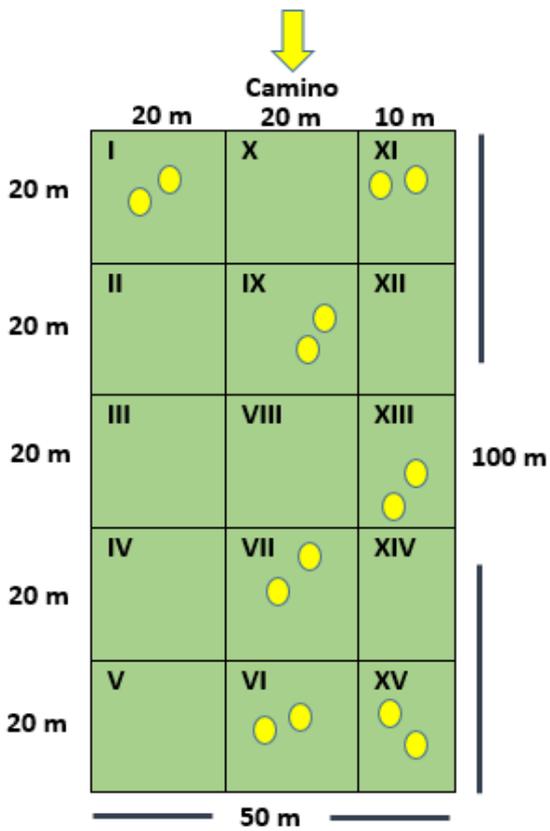
Instrumentos para los parámetros ambientales:

Caja hermética
LabQuest
Sensores para medir los parámetros ambientales

Anexo 5. Parcelas permanentes de muestreo del Proyecto Turberas



BVA - 02



QUI - 02

SJO - 02