



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRONÓMICA



**EFFECTO DE LA LABRANZA SOBRE EL FLUJO DE DIÓXIDO DE
CARBONO DEL SUELO EN EL ALTIPLANO C.E. ILLPA PUNO**

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. JOSE LUIS MARAZA MERCADO

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGRÓNOMO

PUNO - PERÚ

2024



JOSE LUIS MARAZA MERCADO

EFECTO DE LA LABRANZA SOBRE EL FLUJO DE DIÓXIDO DE CARBONO DEL SUELO EN EL ALTIPLANO C.E. ILLPA PUNO

My Files

My Files

Universidad Nacional del Altiplano

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid::8254:414257842

86 Páginas

Fecha de entrega

9 dic 2024, 11:14 a.m. GMT-5

19,562 Palabras

Fecha de descarga

9 dic 2024, 11:29 a.m. GMT-5

88,115 Caracteres

Nombre de archivo

3_Tesis-Jose_2024_Correccion.pdf

Tamaño de archivo

6.4 MB


DIRECTOR
F. Cortez C


Dr. Manuel Agredy Callohuanca P.
Cod. 82081 - CIP: 24042





12% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Texto citado
- Texto mencionado
- Coincidencias menores (menos de 11 palabras)

Fuentes principales

- 12% Fuentes de Internet
- 2% Publicaciones
- 6% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

DIRECTOR
F. ORTIZ C.

Dr. Manuel Alfredo Callahuanca P.
Cod. 82081 CIP: 24042





DEDICATORIA

Quiero dedicar esta tesis A: Dios por darme la fuerza necesaria para culminar esta meta, quien ha sido mi guía, fortaleza y su mano de fidelidad y amor han estado conmigo hasta el día de hoy.

Con mucho cariño a mi madre quien con su amor, paciencia y esfuerzo me ha permitido llegar a cumplir hoy un sueño más, gracias por inculcar el ejemplo de esfuerzo y valentía, por brindarme su apoyo y sus consejos para hacer de mí una mejor persona de no temer las adversidades porque Dios está con nosotros siempre.

A la cafeína y al azúcar, mis compañeras en muchas largas noches de estudio y escritura.

Jose Luis Maraza Mercado



AGRADECIMIENTOS

Me gustaría agradecer a mi Universidad Nacional del Altiplano Puno por abrirme las puertas y brindarme la oportunidad de avanzar en mi carrera profesional, así como también a diferentes docentes que brindaron sus conocimientos y su apoyo para seguir adelante.

Gracias infinitas a mi madre por su amor incondicional y su apoyo moral. Su fe en mí, incluso en los momentos más difíciles, ha sido el pilar de este logro.

Quiero expresar mi más profundo agradecimiento a mi asesor de tesis Mg. Flavio Ortiz Calcina su experiencia, comprensión y paciencia contribuyeron a mi experiencia en el complejo y gratificante camino de la investigación.

Jose Luis Maraza Mercado



ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTOS	
ÍNDICE GENERAL	
ÍNDICE DE TABLAS	
ÍNDICE DE FIGURAS	
ÍNDICE DE ANEXOS	
ÍNDICE DE ACRÓNIMOS	
RESUMEN	13
ABSTRACT.....	14
CAPÍTULO I	
INTRODUCCIÓN	
1.1 OBJETIVO GENERAL	17
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	17
CAPÍTULO II	
REVISIÓN DE LITERATURA	
2.1 ANTECEDENTES	18
2.2 MARCO TEÓRICO	23
2.2.1 Ciclo del Carbono en ecosistemas terrestres	23
2.2.2 Suelos del Altiplano	24
2.2.3 Uso de suelo en el altiplano.....	25
2.2.4 Prácticas de labranza y sus tipos	25
2.2.5 Efecto de la Labranza en la Emisión de dióxido de carbono	26
2.2.6 Dióxido de carbono y su rol en el cambio climático.....	27



2.2.7	Flujo de dióxido de carbono del suelo	27
2.2.8	Factores que afectan el flujo de dióxido de carbono del suelo.....	28
2.2.9	Medición de flujo de dióxido de carbono del suelo	28

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1	ZONA DE ESTUDIO.....	30
3.2	POBLACIÓN Y MUESTRA.....	31
3.2.1	Población.....	31
3.2.2	Muestra.....	31
3.3	DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.....	32
3.3.1	Diseño experimental.....	32
3.3.2	Mediciones y variables.....	32
3.3.3	Tipo de investigación	33
3.4	MEDICIÓN EN CAMPO DEL FLUJO DE DIÓXIDO DE CARBONO DEL SUELO	33
3.5	CÁLCULO DE FLUJO DE DIÓXIDO DE CARBONO	35
3.6	MUESTREO Y ANÁLISIS DE SUELO.....	36
3.7	MEDICIÓN DE VARIABLES AMBIENTALES.....	37
3.8	DISEÑO ESTADÍSTICO	37

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1	COMPARAR EL FLUJO DE DIÓXIDO DE CARBONO DEL SUELO EN TERRENO SIN ROTURAR Y ROTURADO	39
4.1.1	Variables ambientales	45



4.2	CUANTIFICAR EL EFECTO DE LA LABRANZA EN TERRENO SIN ACTIVIDAD AGRÍCOLA Y CALLPAR EN EL FLUJO DE DIÓXIDO DE CARBONO	47
4.3	ANALIZAR LA RELACIÓN ENTRE FACTORES DEL SUELO Y VARIABLES ATMOSFÉRICAS CON EL FLUJO DE DIÓXIDO DE CARBONO	49
V.	CONCLUSIONES.....	52
VI.	RECOMENDACIONES	54
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	55
	ANEXOS.....	67

ÁREA: Ciencias agrarias

LÍNEA: Cambio climático y agricultura

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 13 de diciembre de 2024



ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 Puntos de muestreo y medición en terreno callpar y sin actividad agrícola.....	31
Tabla 2 Flujo de CO ₂ , temperatura del suelo (Ts) y humedad del suelo (Hs) en terreno sin roturar y roturado	42
Tabla 3 Variables ambientales del aire según diferentes usos del suelo en la época seca y lluviosa	46
Tabla 4 Correlación de Pearson entre variables analizadas (Índice de significancia, (p <0.05) en terreno roturado y sin roturar.....	50



ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 El ciclo de carbono del terreno en un sistema extensivo de producción de vegetación.....	24
Figura 2 Localización del área de estudio. a) mapa de Perú; b) departamento de Puno y c) C.E. Illpa.....	30
Figura 3 Anillos para medición de CO ₂ en un punto de medición con seis repeticiones	32
Figura 4 Puntos de muestreo antes de labranza a) y después de labranza b).....	34
Figura 5 Analizador de gases infrarrojo EGM-4 (PP-System -Hitchin, UK), cámara de respiración (SRC-1) y sensor de temperatura (STP-1).....	34
Figura 6 Suelo muestreado en campo	36
Figura 7 Medidor de pH (pH 2023), Anemómetro multifuncional (GM8910) y termómetro digital (TP 300).....	37
Figura 8 Comparación de flujo de CO ₂ en terreno sin roturar y roturado.....	39
Figura 9 Flujo de dióxido de carbono diario en terreno sin roturar y después de roturado.....	41
Figura 10 Comparación de flujo de CO ₂ en terreno sin roturar y roturado.....	44
Figura 11 Variación de flujo de CO ₂ en terreno sin roturar y roturado	47
Figura 12 Flujo de CO ₂ en terreno callpar y sin actividad agrícola.....	48



ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1	Descargando datos de campo almacenado en equipo EGM-4 con ayuda del programa Transfer (un solo punto)..... 67
Anexo 2	Datos de medición almacenado en EGM-4..... 67
Anexo 3	Concentración de CO ₂ medido por equipo EGM-4 en seis anillos de medición en suelo sin roturar..... 75
Anexo 4	Cálculo de flujo de CO ₂ en suelo sin roturar en callpar 76
Anexo 5	Panel fotográfico en terreno sin roturar..... 76
Anexo 6	Panel fotográfico en terreno roturado..... 80
Anexo 7	Procedimiento para análisis en laboratorio..... 82
Anexo 8	Análisis de varianza (ANOVA) comparando suelo roturado y sin roturar 83
Anexo 9	Declaración jurada de autenticidad de tesis..... 85
Anexo 10	Autorización para el depósito de tesis en el repositorio institucional 86



ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

GEI:	Gases de efecto invernadero
CO ₂ :	Dióxido de carbono
EGM-4:	Analizador de gases infrarrojo portátil
IPCC:	Intergovernmental Panel on Climate Change (Grupo intergubernamental de expertos sobre el cambio climático)
C.E.:	Centro experimental
PPM:	Partes por millón
Ts:	Temperatura del Suelo
Hs:	Humedad del suelo
UNA:	Universidad Nacional del Altiplano
DMS:	Diferencia mínima significativa
SC:	Suma de cuadrados
CV:	Coefficiente de variación
SRC-1:	Cámara de respiración de suelo
MO:	Materia orgánica
COS:	Carbono orgánico del suelo



RESUMEN

Las prácticas agrícolas, en particular la labranza, han sido ampliamente adoptadas en la región para la producción de cultivos en el altiplano, una zona en la que la agricultura juega un papel crucial y las emisiones de gases de efecto invernadero son una inquietud en aumento. La roturación del suelo aumenta las emisiones de CO₂ al alterar sus condiciones físicas. El objetivo es determinar el efecto de la labranza convencional en el flujo de dióxido de carbono en suelos del altiplano C.E. Illpa Puno. Se realizaron mediciones en terrenos roturados y no roturados en el Altiplano, abarcando distintas condiciones ambientales y tipos de suelo (02 puntos en terreno sin actividad agrícola y 02 puntos en terreno de callpar), medidos antes y después de la labranza durante cinco días consecutivos en cada uno de ellos. El flujo de CO₂ se midió utilizando un analizador de gases infrarrojo portátil de dinámica cerrada, EGM-4. Los resultados indicaron que las emisiones de CO₂ fueron superiores en los terrenos roturados, particularmente en terreno sin actividad agrícola, donde se alcanzaron valores de hasta 0.93 g CO₂ m⁻² h⁻¹, en contraste en terrenos no roturados en callpar las emisiones fueron significativamente menores de 0.49 g CO₂ m⁻² h⁻¹. Además, se notó que la roturación eleva la temperatura y la humedad del suelo, promoviendo la actividad de los microorganismos responsables de la liberación de CO₂ del suelo. La implementación de medidas como la labranza cero o mínima podría disminuir significativamente las emisiones de CO₂ y favorecer una agricultura más sustentable. El hallazgo podría contribuir a elaborar tácticas de mitigación para reducir las emisiones totales de gases de efecto invernadero del terreno agrícola en el altiplano.

Palabras Clave: Agricultura sustentable, Altiplano, Emisiones de CO₂, Labranza, Suelo roturado



ABSTRACT

Agricultural practices, particularly tillage, have been widely adopted in the region for crop production in the altiplano, an area where agriculture plays a crucial role and greenhouse gas emissions are a growing concern. Soil tillage increases CO₂ emissions by altering its physical conditions. The objective is to determine the effect of conventional tillage on carbon dioxide flux in soils of the C.E. Illpa Puno altiplano. Measurements were made in plowed and unplowed land in the Altiplano, covering different environmental conditions and soil types (02 points in land without agricultural activity and 02 points in callpar land), measured before and after tillage for five consecutive days in each of them. CO₂ flux was measured using a portable closed dynamics infrared gas analyzer, EGM-4. The results indicated that CO₂ emissions were higher in plowed soils, particularly in virgin soils, where values of up to 0.93 g CO₂ m⁻² h⁻¹ were reached, in contrast, in unplowed soils in callpar, emissions were significantly lower at 0.49 g CO₂ m⁻² h⁻¹. In addition, it was noted that plowing raises soil temperature and humidity, promoting the activity of microorganisms responsible for the release of CO₂ from the soil. The implementation of measures such as zero or minimum tillage could significantly reduce CO₂ emissions and favor a more sustainable agriculture. The finding could contribute to develop mitigation tactics to reduce total greenhouse gas emissions from agricultural land in the altiplano.

Keywords: Sustainable agriculture, Altiplano, CO₂ Emissions, Tillage, Plowed land



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

La globalización de la agricultura ha llevado a una disminución en la cantidad de tierras fértiles disponibles para la agricultura. La intensificación agrícola ha empeorado la calidad del suelo y ha aumentado los niveles de gases de efecto invernadero (GEI) a nivel mundial. Estas preocupaciones atraen la atención de los científicos ambientales y académicos, quienes buscan métodos para reducir las emisiones de carbono (C) de los suelos agrícolas (Mehra et al., 2018b).

El altiplano, debido a su geografía única y condiciones climáticas, alberga ecosistemas frágiles y valiosos, que desempeñan un papel crucial en la regulación del ciclo del carbono global. Sin embargo, las prácticas agrícolas, en particular la labranza, han sido ampliamente adoptadas en esta región para la producción de cultivos. La labranza puede tener un impacto significativo en la dinámica del carbono del suelo, lo que podría influir en el flujo de dióxido de carbono (CO₂) hacia la atmósfera. A pesar de la importancia de comprender cómo la labranza afecta el flujo de CO₂ en los suelos del altiplano, existe una falta de estudios exhaustivos y específicos en esta área. Las investigaciones existentes sobre el tema se centran principalmente en regiones con características geográficas y climáticas diferentes, lo que hace difícil extrapolar sus hallazgos al altiplano. Las actividades agrícolas contribuyen en un 34% a las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero (GEI); La mecanización de la agricultura, en particular la labranza primaria, tiene como objetivo principal romper el suelo para mejorar su estructura y mejorar así la captación y el almacenamiento de humedad, y en algunos casos la inversión de la capa superficial del suelo para controlar las malas hierbas y las plagas (Navarro et al., 2000).



El laboreo múltiple se considera una práctica de conservación porque se omite la inversión de la capa arable y sólo se dejan en la superficie del suelo los restos de cosecha del año anterior. Por lo tanto, surge la necesidad de abordar la siguiente pregunta de investigación ¿Cuál es el efecto de la labranza en el flujo de dióxido de carbono en los suelos del altiplano? Esta pregunta es crucial para comprender cómo las prácticas agrícolas pueden estar contribuyendo al cambio climático y para desarrollar estrategias de manejo sostenible que minimicen el impacto ambiental mientras se asegura la seguridad alimentaria en la región del altiplano, la respuesta a esta pregunta podría tener implicaciones significativas para la toma de decisiones agrícolas y la formulación de políticas ambientales en el altiplano y en última instancia, contribuir a la mitigación del cambio climático a nivel global.

El presente estudio sobre el efecto de la labranza en el flujo de CO₂ en suelos del altiplano es de gran importancia, debido a que contribuirá al conocimiento científico, nos ayudará a comprender cómo las prácticas agrícolas, como la labranza, afectan el flujo de CO₂ en los suelos, siendo este estudio esencial para el avance de la ciencia agrícola y la ecología, a la vez este proyecto ayudará a llenar una brecha en la literatura científica, ya que hay una falta de estudios específicos sobre esta temática en el contexto del altiplano, resaltando que es importante estudiar el CO₂ un gas de efecto invernadero clave que contribuye al cambio climático global.

Si la labranza tiene un impacto significativo en la liberación de CO₂ desde los suelos del altiplano, entender este proceso es esencial para la mitigación de las emisiones de gases de efecto invernadero y para desarrollar estrategias de adaptación al cambio climático, teniendo conocimiento que el altiplano es una región agrícola importante para la producción de alimentos y comprender cómo la labranza afecta el flujo de CO₂ es esencial para el desarrollo de prácticas agrícolas sostenibles que permitan mantener la



productividad de los suelos a largo plazo sin dañar el medio ambiente, a la vez se conoce que el altiplano alberga ecosistemas frágiles y únicos, incluyendo humedales y áreas de conservación de la biodiversidad y conocer el efecto de la labranza en el flujo de CO₂ nos ayudara a diseñar estrategias de manejo que minimicen el impacto negativo en estos ecosistemas.

1.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar el efecto de la labranza convencional en el flujo de dióxido de carbono en suelos del altiplano C.E. Illpa Puno

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Comparar el flujo de dióxido de carbono del suelo en terreno sin roturar y roturado
- Cuantificar el efecto de la labranza en terreno sin actividad agrícola y callpar en el flujo de CO₂
- Determinar la influencia de la temperatura y humedad del suelo y de variables atmosféricas (temperatura del aire, humedad relativa, presión atmosférica, velocidad del viento e iluminación) con el flujo de dióxido de carbono.



CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 ANTECEDENTES

Verhulst et al. (2015) en su investigación, destacan que la agricultura de conservación es un sistema de producción que se caracteriza por maximizar la producción de cultivos a corto plazo y su potencial de sustentabilidad a largo plazo. Sin embargo, si se decide utilizar la agricultura de conservación como una estrategia para la captura de carbono, todavía se deben abordar brechas significativas. La información sobre el impacto del laboreo y la rotación de cultivos en el almacenamiento de carbono es escasa en la mayoría de las zonas tropicales y subtropicales, así como en el mundo en desarrollo, la mayoría de los estudios se han realizado a nivel de parcela y se requiere más investigación holística a nivel de explotación agrícola, incluidas las limitantes del agroecosistema, así como los presupuestos totales de la captura de carbono en el ámbito regional y global (Luchsinger et al., 2006). Por otro lado, Yonemura et al. (2009) en su trabajo de investigación indicó que las concentraciones de CO₂ en el suelo hasta una profundidad de 50 cm las cuales fueron monitorizadas con sondas de CO₂ Vaisala desde junio de 2004 hasta mayo de 2005 en parcelas agrícolas aradas convencionalmente y sin laboreo, encontró que eran generalmente más altas en las primeras que en las segundas a su vez las concentraciones de CO₂ en el suelo también fueron mayores en verano y menores en invierno, los cálculos revelan que en la capa más superficial del suelo (0-5 cm), la producción de CO₂ fue mayor en las parcelas sin laboreo, mientras que en la capa más profunda (15-25 cm), fue mayor en las parcelas convencionales.

Camacho-Tamayo & Rodríguez (2007) indicaron que la preparación del suelo con un contenido en agua de 0,12 g/g-1 mostró la resistencia específica más baja a la



fragmentación del suelo, en opinión de Albíter-Pineda et al. (2020) quienes sostienen que la humedad aumentó la actividad microbiana en el suelo, lo que provocó un aumento en las emisiones de CO₂ después del riego. Hubo poca variación en la mineralización de N para ambas épocas de muestreo. Además, el manejo se relacionó con los cambios en la biomasa microbiana, el índice qCO₂ y los parámetros bioquímicos se vieron afectados por el uso de agroquímicos, el contenido de humedad y la materia orgánica. Asimismo en otro trabajo de investigación Báez & Aguirre (2011) realizando un experimento en tres sitios de la región del Soconusco, Chiapas, México: Tapachula (TAP), Tuxtla Chico (TCH) y Frontera Hidalgo (FRA) con el objetivo de evaluar el impacto de la labranza de conservación (cero labranza, CL, y labranza mínima, LM), más labranza convencional (LC) sobre el contenido de la materia orgánica (MO), densidad aparente (ρ_b) y conductividad hidráulica a saturación (Ks) en dos ciclos sucesivos de producción de maíz: temporal y humedad residual, detectaron diferencia significativa en los sitios TAP y FRA, y altamente significativa en la profundidad, ya que en todos los sitios se determinó mayor concentración de MO en el estrato de 0 a 20 cm (Tukey, 5%). Díaz-Zorita et al. (2004) no encontró diferencia significativa de su comportamiento entre los sistemas cero labranza y labranza convencional, este resultado fue corroborado por Yang & Kay (2001).

En un estudio comparable encontró que los tratamientos con labranza cero aumentaron la densidad aparente en todos los suelos franco-limosos y arcillo-limosos, mientras que los tratamientos con labranza reducida y rayado profundo (cincelado) no mostraron diferencias, otro investigador Buczko et al. (2006) también encontró valores de K más altos en labranza de conservación en comparación con labranza convencional. Esto se debe a que la estructura del suelo y la actividad de los micro y macro organismos que forman galerías por donde fluye el agua influyen en esta variable. Además, los K en labranza convencional pueden ser mayores, iguales o menores en comparación con



labranza cero.

Rodríguez et al. (2015) indican que la sobreexplotación de los recursos naturales y el uso de prácticas de manejo agresivas para el suelo y el agua pueden reducir significativamente la productividad de estos recursos. En el caso del suelo, uno de los factores principales es el uso de sistemas de labranzas inadecuados. Se discuten también los resultados sobre las propiedades del suelo que se deterioran como resultado del uso de estos sistemas, así como los efectos de las tecnologías agrícolas sobre los indicadores de fertilidad del suelo. En relación con estos hallazgos, labranza de conservación mostró valores de conductividad saturada (K) más altos que labranza convencional en suelos similares o de textura franco limoso y arcilloso (Cameira et al., 2003).

Alvis et al. (2021) en su investigación, indica que los humedales altoandinos son ecosistemas importantes debido a sus servicios ecosistémicos y el almacenamiento de carbono, como resultado de la baja tasa de descomposición debido a los suelos inundados y las bajas temperaturas, como resultado, informaron los valores totales de carbono almacenado, que equivalen a aproximadamente 795 415,65 toneladas de CO₂ para un área total de 882.54 ha del bofedal. La biomasa aérea tiene la mayor fracción de carbono por muestra (49%), seguida del suelo orgánico (43,1%) y la biomasa bajo suelo. Sin embargo, el suelo orgánico almacena la mayor cantidad de carbono con 218,3 TC/ha (90%), seguido de la biomasa bajo suelo (raíces) con 19,7 TC/ha (8%) y la biomasa aérea (hojas y tallos) con 4,8 TC/ha (2%).

El laboreo mecánico del suelo, en cualquiera de sus formas, no siempre funciona como se espera Conant et al. (2007) su aplicación excesiva puede provocar deformaciones de la estructura, compactación de las capas subsuperficiales, y cambios en la disponibilidad de humedad en la zona radicular de las plantas cultivadas, a la vez,



González-Cervantes et al. (2004) indican que cuando se alteran procesos relacionados con los ciclos del carbono, C, trae como consecuencia una disminución en el poder de agregación y en la respiración del suelo, con una mayor susceptibilidad a la erosión. En las parcelas de labranza tradicional, el rendimiento por hectárea fue significativamente mayor en ambos cultivos.

Hubo influencia en el establecimiento en frejol Torcaza en el sistema de labranza a favor de la tradicional (Luchsinger et al., 2006). Así mismo, Lizcano et al. (2022) reportaron que sus dos sistemas de labranza estudiados presentaron diferencias significativas para casi todas las variables evaluadas, destacándose la productividad, el componente nutricional de las plantas y la distribución morfológica de sus órganos, en el rendimiento de la fibra de algodón. Según Becerra (2021) en su investigación en Colombia en tres tipos de cobertura, para explicar los factores que más influyen en estas fluctuaciones. Se encontró una diferencia significativa en el flujo de CO₂ entre las tres capas, y el valor promedio de CO₂ en la cuenca hidromórfica fue de $20 \pm 0,40$ mg C/m² s. El tipo de recubrimiento, la temperatura del suelo y el pH describen alrededor del 36,7 % de las variaciones de flujo del CO₂ para los factores que tienen un impacto significativo en las fluctuaciones de flujo.

Camacho-Tamayo & Rodríguez (2007) Indica que, al utilizar un arado de vertedera para arar el suelo, la presión parcial de oxígeno aumenta repentinamente hasta la profundidad del arado. Esto hace que la materia orgánica se oxide rápidamente, lo que se traduce en una pérdida de carbono del suelo de unas 2 t-ha⁻¹. Por su parte, Peña (2015) reporta que el Páramo es un importante sumidero global de carbono, y el bajo potencial de óxido-reducción, el alto contenido de agua y el ambiente húmedo contribuyen al secuestro de carbono en este ecosistema. El flujo de CO₂ del suelo, también conocido como respiración del suelo (Rs), es un proceso natural en el que la difusión libera carbono,



resultado de actividades autótrofas y heterótrofas, a la atmósfera. Los siguientes resultados muestran que los Rs son menor en la cobertura de páramo ($0.42 \text{ g CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ h}^{-1}$) que, en las demás coberturas vegetales, probablemente debido al mayor contenido de humedad (57.1% en promedio) relacionado con la reducción de la actividad microbiana. Se realizaron mediciones de Rs en un páramo afectado por el cambio del uso del suelo, incluyendo coberturas actuales de papa, pastura, páramo en recuperación y lotes de labranza. Este estudio muestra que los cambios en la cobertura vegetal del suelo tienen un impacto significativo en la acumulación y las dinámicas de liberación de carbono del suelo a la atmósfera, lo que conduce a la creación de nuevas estrategias para el manejo y la protección de los páramos andinos.

Sarmiento-Sarmiento et al. (2022) indican que los sistemas de labranza menos agresivos, como labranza reducida utilizando arado de cincel y labranza cero, pueden reducir los efectos negativos de la labranza convencional en la fertilidad del suelo. Estos dos sistemas de labranza de conservación se utilizan en la producción agrícola y se diferencian en cómo se gestionan los desechos: en labranza reducida, los desechos se incorporan según la profundidad del arado, mientras que en labranza cero. La labranza reducida o vertical implica el uso de un arado para cortar el suelo en forma vertical sin voltearlo, lo que facilita la infiltración sin dañar la estructura del suelo. Sin embargo, debido a que no se utilizan aperos adecuados del suelo, puede ser difícil para las plantas germinar. Se necesitan sistemas de labranza de conservación utilizando arado de cinceles, grada y sembradora en los ecosistemas incipientes y frágiles de zonas áridas donde la falta de materia orgánica y agua son los principales factores limitantes. Este sistema resulta muy conveniente para evitar la erosión de los suelos.

Ccama (2023) utilizando analizador de gases infrarrojo portátil (EGM-4) indican que la respiración del suelo varió entre épocas secas y lluviosas, así como entre los

diferentes sitios examinados. En tiempo seco, el S3 (frente a la UNA – Puno) tenía una cantidad menor de $0.67 \text{ g CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ h}^{-1}$, mientras que, en tiempo lluvioso, el S3 tenía una cantidad mayor de $0.99 \text{ g CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ h}^{-1}$. Se descubrió que la respiración del suelo está influenciada por una variedad de factores, incluida la conductividad eléctrica, el pH, la humedad del suelo y la temperatura del suelo y del aire, dependiendo de la temporada del año. Los datos ayudarán a estimar las emisiones de la respiración del suelo en los humedales altoandinos.

2.2 MARCO TEÓRICO

2.2.1 Ciclo del Carbono en ecosistemas terrestres

Uno de los ciclos biogeoquímicos más cruciales en los ecosistemas terrestres es el ciclo del carbono, que regula la transferencia y el almacenamiento de carbono entre la atmósfera, los océanos, los suelos y la biosfera (Figura 1). Este ciclo involucra la interacción de procesos biológicos, geológicos y químicos que afectan la disponibilidad y el secuestro de carbono en diferentes partes del ecosistema (Smith et al., 2016).

La fotosíntesis es el proceso por el cual las plantas absorben CO_2 de la atmósfera y lo almacenan como biomasa en sus tejidos en los ecosistemas terrestres (Quéré et al., 2018). La caída de hojas, ramas y la muerte de las plantas pueden llevar esta biomasa al suelo, aumentando el contenido de carbono orgánico del suelo. Parte de este carbono regresa a la atmósfera en forma de CO_2 cuando los microorganismos descomponen la materia orgánica (Cotrufo et al., 2015).

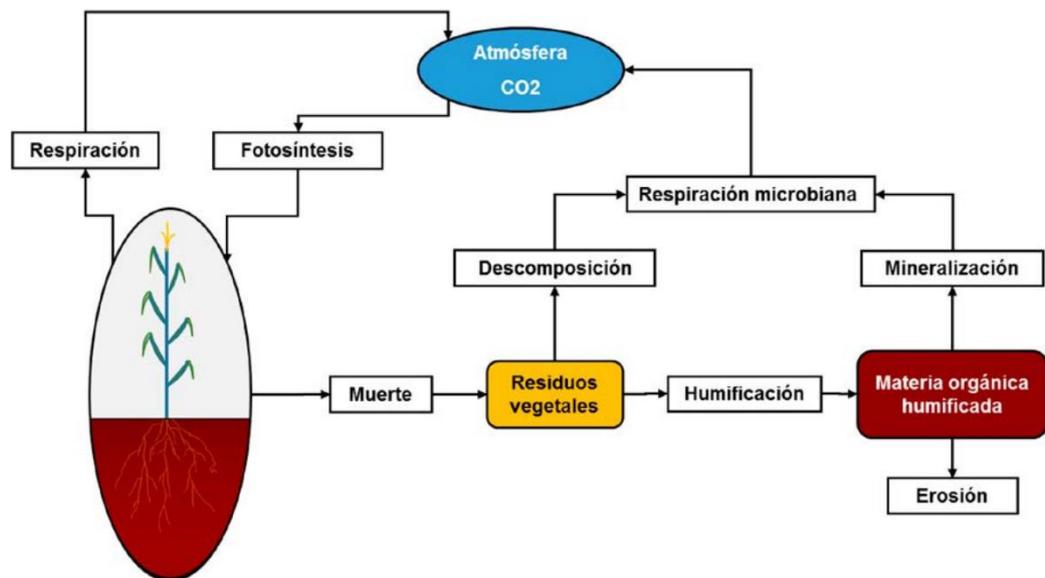
Las prácticas como labranza pueden tener un impacto significativo en el ciclo del carbono en los suelos agrícolas. Labranza acelera la descomposición de la materia orgánica al exponerla al oxígeno, lo que aumenta las emisiones de CO_2

del suelo a la atmósfera (Lal, 2020). En este contexto, los suelos son esenciales como sumideros o fuentes de carbono, dependiendo de cómo se manejen (Paustian et al., 2016).

La mitigación del cambio climático depende de la capacidad de los ecosistemas terrestres para almacenar carbono. Los suelos contienen aproximadamente tres veces más carbono que la atmósfera, lo que los convierte en un importante reservorio de carbono (Houghton & Nassikas, 2017).

Figura 1

El ciclo de carbono del terreno en un sistema extensivo de producción de vegetación.



Nota: En el sector ganadero se añade la contribución de las excretas animales, mientras que en sistemas intensivos se incorpora la adición de fertilizantes orgánicos.

Fuente: (Rimski-Korsakov & Álvarez, 2015)

2.2.2 Suelos del Altiplano

En áreas como el Altiplano, donde los suelos ya son susceptibles, se ha demostrado que la práctica de conservación y la disminución de la intervención



mecánica no solo protegen el suelo, sino que también fomentan una mayor estabilidad de carbono. Los suelos bajo labranza mínima o cero labranza mantienen mayores niveles de materia orgánica en comparación con la labranza convencional, lo que ayuda a reducir las emisiones de CO₂ (Báez & Aguirre, 2011). En el ecosistema altoandino, las reservas de carbono orgánico del suelo varían según el uso de la tierra; las áreas con agricultura intensiva tienen bajas reservas y las áreas de pastoreo tienen recursos promedio (Canaza et al., 2023).

2.2.3 Uso de suelo en el altiplano

El altiplano es una zona geográfica situada a elevadas altitudes, usualmente por encima de los 3 500m, se distingue por su topografía plana o levemente ondulada. La utilización del suelo en el altiplano puede fluctuar dependiendo del lugar específico y las condiciones climáticas. Sin embargo, aquí se presentan algunos usos habituales del suelo en esta zona, se emplea en la agricultura gracias a su suelo fértil y la presencia de agua para irrigación (Loza & Taype, 2021).

2.2.4 Prácticas de labranza y sus tipos

Labranza convencional tiende a perturbar significativamente el suelo, exponiendo materia orgánica a los microorganismos que la descomponen y liberando grandes cantidades de CO₂ a la atmósfera (Schley et al., 2018). Esto podría resultar en una mayor pérdida de carbono orgánico del suelo y una contribución al cambio climático. Por el contrario, labranza cero y labranza reducida reducen el disturbio del suelo al mantener los desechos de cultivos en la superficie, lo que reduce la erosión y promueve la retención de humedad y reduce

las emisiones de CO₂ (University of California, 2020; University of Minnesota Extension, 2017).

La labranza tiene el potencial de alterar el secuestro biológico de C y la producción de GEI. Los componentes de los GEI se liberan lentamente del suelo a través de reacciones entre el C y los nutrientes (principalmente nitrógeno) que están presentes en el suelo. Una comprensión de los mecanismos de secuestro biológico de C en los sistemas de producción agrícola puede conducir a estrategias potencialmente rentables capaces de reducir el calentamiento global. El cambio de labranza convencional a labranza cero está protegiendo los suelos bajo cultivo, mejorando su calidad (o reduciendo su tasa de disminución de la materia orgánica del suelo) y mejorando la resiliencia de los sistemas de cultivo a nivel mundial. Esta revisión recopila la información que tenemos actualmente sobre la tecnología de labranza cero y sus efectos en las propiedades del suelo relacionadas con la dinámica del carbono. También analiza el papel potencial que podrían tener las prácticas de labranza en la mitigación del cambio climático (Mehra et al., 2018b).

2.2.5 Efecto de la Labranza en la Emisión de dióxido de carbono

La labranza del suelo puede alterar significativamente el flujo de CO₂, ya que expone la materia orgánica del suelo a la descomposición microbiana y promueve la oxidación del carbono (Nina, 2023). Diferentes sistemas de labranza pueden tener efectos variables en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo y, por ende, en la dinámica del CO₂ (García, 2015). El sistema de labranza tradicional presenta un nivel crítico de densidad aparente a 35 cm de profundidad de laboreo, lo que influye en la porosidad, el desarrollo radicular y el rendimiento de los cultivos (García, 2015).



2.2.6 Dióxido de carbono y su rol en el cambio climático

El CO₂ es uno de los principales gases de efecto invernadero, y su acumulación en la atmósfera debido a actividades humanas como la quema de combustibles fósiles y los cambios en el uso del suelo, es el principal impulsor del cambio climático global (Checalla, 2023). Desde 2000 hasta 2010, las emisiones de gases de efecto invernadero siguieron en aumento, el ritmo más acelerado en las últimas tres décadas, manteniendo una tendencia del 1,3 % anual hasta el año 2000, pero ascendiendo al 2,2 % anual desde ese momento. El 35% de estas emisiones provienen del sector energético; el 24% corresponde a la silvicultura, la agricultura y otras actividades del suelo; la industria representa el 21%; el transporte, el 14%; y la construcción, el 6% (IPCC, 2014).

2.2.7 Flujo de dióxido de carbono del suelo

El flujo de CO₂ del suelo es un proceso clave en el ciclo global del carbono, ya que los suelos actúan como fuentes o sumideros de este gas de efecto invernadero. La dinámica del CO₂ en el suelo está influenciada por factores como la temperatura, humedad, pH, contenido de materia orgánica, entre otros (Checalla, 2023).

La respiración del suelo puede clasificarse en dos categorías: la respiración autótrofa de CO₂, resultado de la actividad metabólica, y la respiración heterótrofa, originada por animales que consumen residuos y generan CO₂ en niveles tróficos más elevados a medida que absorben materia orgánica (Malhi et al., 2009). Los factores que afectan el flujo de CO₂ en el suelo incluyen la temperatura, la humedad, el tipo de vegetación, las prácticas de agricultura y el contenido de carbono orgánico del suelo, estos elementos influyen en la actividad



biológica del suelo y, en consecuencia, en el ritmo de degradación de la materia orgánica (Davidson & Janssens, 2006).

El suelo juega un rol esencial en la reducción del cambio climático, dado que funciona tanto como depósito como como origen de CO₂. Las actividades de gestión del suelo, tales como la agricultura, la utilización de fertilizantes y la clase de uso del suelo, pueden modificar de manera significativa el balance de carbono en el suelo (Smith et al., 2008). Por esta razón, se ha subrayado la importancia de implementar prácticas agrícolas sustentables para disminuir las emisiones de CO₂ y potenciar la captura de carbono (Smith et al., 2008).

2.2.8 Factores que afectan el flujo de dióxido de carbono del suelo

Diversos elementos afectan el flujo de CO₂ en el suelo (Davidson & Janssens, 2006), entre ellos:

- **Temperatura:** Cuando las temperaturas se elevan, la actividad de los microorganismos se incrementa, lo que podría aumentar la liberación de CO₂.
- **Humedad:** La presencia de agua también influye en la respiración de los microorganismos; terrenos más secos suelen presentar un flujo reducido de CO₂.
- **Composición del Suelo:** Diversos tipos de suelos poseen distintas habilidades para acumular y liberar carbono.

2.2.9 Medición de flujo de dióxido de carbono del suelo

Es fundamental realizar mediciones del flujo de CO₂ en el suelo para entender los patrones de emisión y su vínculo con las prácticas de gestión del



suelo. Hay varias técnicas para evaluar este flujo, incluyendo la utilización de cámaras cerradas y sistemas de medición automática, estas herramientas facilitan la adquisición de información exacta acerca de las tasas de emisión de CO₂ en diferentes clases de terreno y bajo diferentes condiciones meteorológicas (Pumpanen et al., 2004).

EGM-4 (PP-Systems, Hitchin, UK) en conjunto con una cámara de respiración subterránea SRC-1 (PP-Systems, Hitchin, UK) La cámara tiene forma cilíndrica con dimensiones de 15 cm de alto y 10 cm de diámetro. Se dispone de un ventilador para la mezcla de aire. Para garantizar la uniformidad de las mediciones, se deben emplear cilindros o "collares" de PVC de 10 centímetros de alto, que se insertan en el suelo a una profundidad de 6-7 cm (Oviedo & Kowalski, 2006).

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 ZONA DE ESTUDIO

El estudio se llevó a cabo en el Centro Experimental Illpa (C.E. Illpa), ubicado en el distrito de Paucarcolla, provincia de Puno, región de Puno (Figura 2). Las coordenadas geográficas del sitio son UTM 384760,8 E y 8262701,6 N (Tabla 1). Este centro se encuentra al noroeste de la ciudad de Puno, al oeste de la carretera asfaltada Puno-Juliaca, en el kilómetro 19, a una altitud de 3827 msnm. El C.E. Illpa abarca una superficie de 403.50 hectáreas, con una temperatura media anual de 8.8 °C y una precipitación media anual de 754 mm.

Figura 2

Localización del área de estudio. a) mapa de Perú; b) departamento de Puno y c) C.E. Illpa

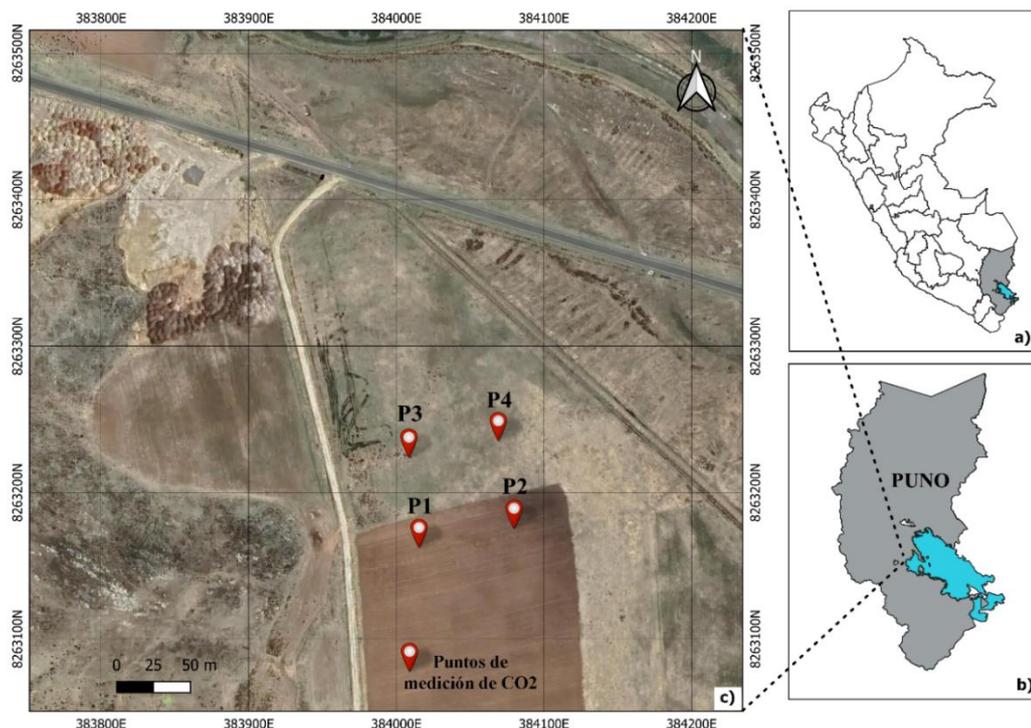


Tabla 1

Puntos de muestreo y medición en terreno callpar y sin actividad agrícola

Punto de muestreo y/o medición	Coordenadas UTM		Observación
	X	Y	
P1	384010.21	8263160.40	Callpar
P2	384076.26	8263176.01	Callpar
P3	384000.48	8263204.93	Sin actividad agrícola
P4	384055.80	8263220.83	Sin actividad agrícola

3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1 Población

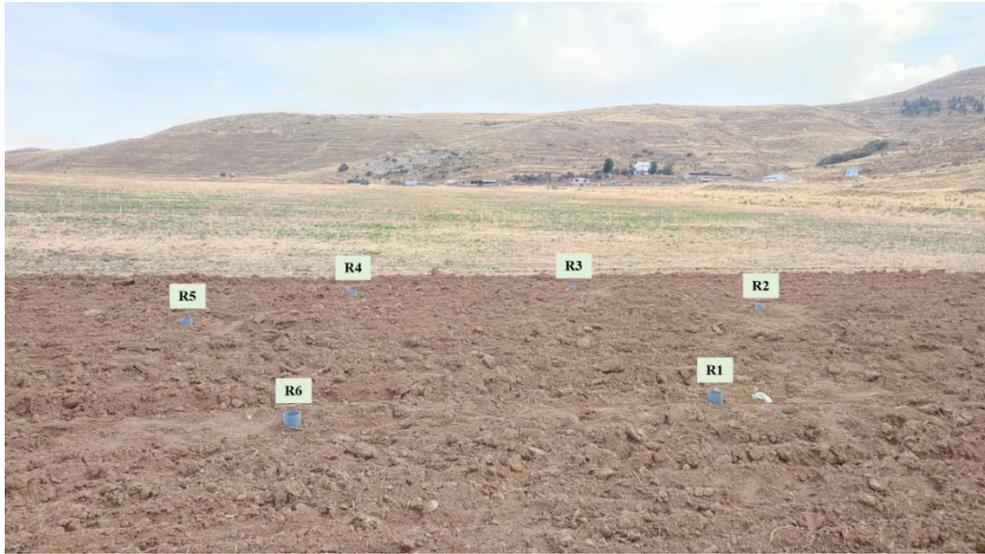
La población de esta investigación está conformada por áreas de terreno que fueron roturadas para la campaña agrícola 2023-2024 del CE Illpa de la Universidad Nacional del Altiplano, ubicado en el distrito de Paucarcolla del departamento de Puno.

3.2.2 Muestra

Fueron seleccionados cuatro puntos de medición (02 puntos en terreno sin actividad agrícola y 02 puntos en terreno de callpa) de manera aleatoria de acuerdo con la guía de muestreo de suelos (MINAM, 2014), que fueron áreas representativas. En cada sitio se instalaron seis anillos de PVC para medir el flujo de CO₂ utilizando el analizador de gases infrarrojos portátil EGM-4 (Figura 3). Las mediciones se llevaron a cabo cinco días antes y después de la labranza del suelo.

Figura 3

Anillos para medición de CO₂ en un punto de medición con seis repeticiones



3.3 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

3.3.1 Diseño experimental

- Descripción del sitio de estudio y sus características.
- Diseño de parcelas experimentales con dos tratamientos: labranza convencional y no labranza.
- Tamaño de las parcelas y replicaciones necesarias.

3.3.2 Mediciones y variables

- Variable dependiente: Flujo de CO₂ del suelo.
- Variables independientes: Tipo de labranza, temperatura del suelo, humedad del suelo, contenido de materia orgánica, etc.
- Métodos de medición: Uso de cámaras de flujo para medir el CO₂ emitido, sensores de temperatura y humedad del suelo, análisis de laboratorio para materia orgánica.



3.3.3 Tipo de investigación

Este estudio es de tipo experimental porque implica la manipulación de una variable independiente (tipo de labranza) para observar su efecto en una variable dependiente (flujo de dióxido de carbono del suelo). Se busca establecer relaciones causales entre las prácticas de labranza y las emisiones de CO₂ del suelo.

3.4 MEDICIÓN EN CAMPO DEL FLUJO DE DIÓXIDO DE CARBONO DEL SUELO

La respiración (autótrofa + heterótrofa) del suelo (flujo de dióxido de carbono) fue medido en cuatro puntos (dos en terreno sin actividad agrícola y dos en callpar) con seis repeticiones en cada punto los cuales fueron elegidos al azar en cada parcela antes y después de la labranza utilizando un sistema de cámara cerrada mediante la circulación de aire entre un analizador de gases por infrarrojos portátil EGM-4 (PP Systems, Hitchin, UK), conectado a una cámara de respiración del suelo SRC-1 (PP Systems, Hitchin, UK) (Figura 4), durante cada medición, la cámara se fijó a la superficie del suelo en un punto aleatorio de cada parcela. La superficie inferior de la cámara se inserta al suelo aproximadamente 3 cm para garantizar un sellado hermético a la superficie del suelo y minimizar la posibilidad de fugas.

Figura 4

Puntos de muestreo antes de labranza a) y después de labranza b)

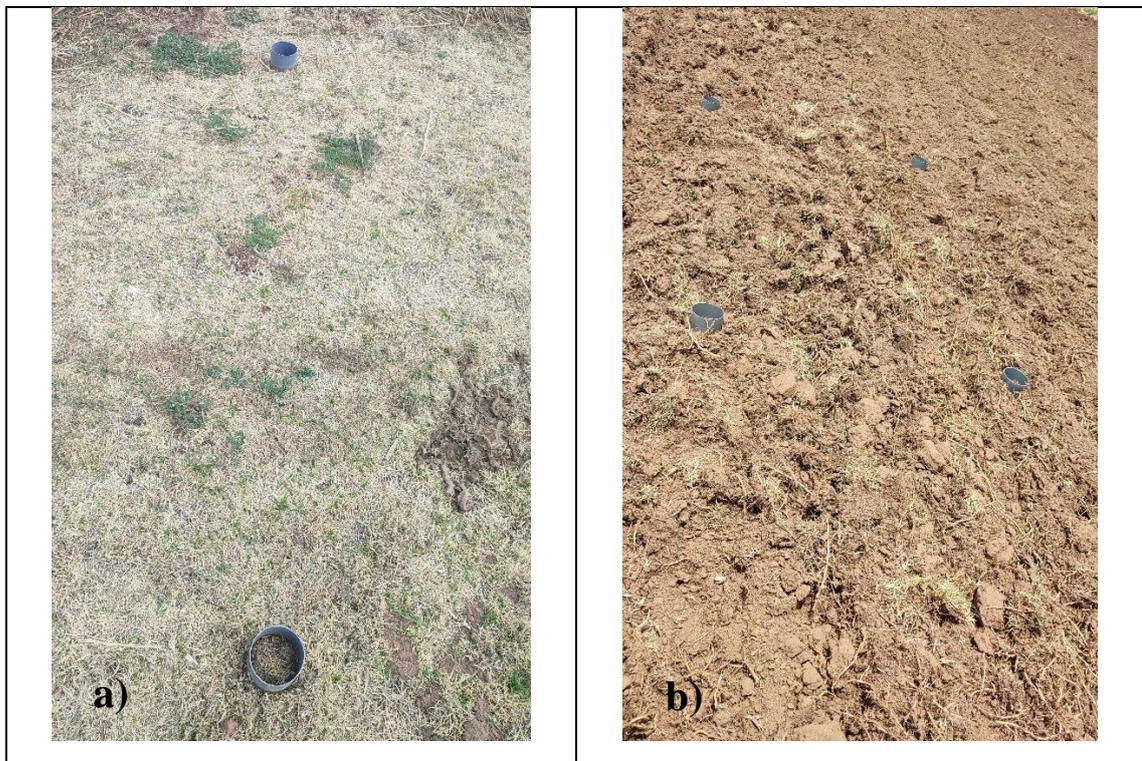


Figura 5

Analizador de gases infrarrojo EGM-4 (PP-System -Hitchin, UK), cámara de respiración (SRC-1) y sensor de temperatura (STP-1)



3.5 CÁLCULO DE FLUJO DE DIÓXIDO DE CARBONO

Para las mediciones de flujo de CO₂ del suelo fueron medidos durante cinco días antes y después de la labranza del suelo, en terreno sin actividad agrícola y callpar del C.E. Illpa de la UNA – Puno. Los flujos de CO₂ (g m⁻² h⁻¹) se integraron en función del tiempo y se calcularon mediante la siguiente ecuación (Marthews et al., 2014):

$$F_s = \left(\frac{C_n - C_1}{t_n - t_1} \right) \left(\frac{P}{T_a + 273.15} \right) \left(\frac{V_d}{A} \right) \left(\frac{44.01 \times 0.36}{R} \right) g \text{ CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ h}^{-1}$$

$$F_{sc} = F_s \left(\frac{V_d - V_c}{V_d} \right) g \text{ CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ h}^{-1}$$

F_s = Flujo de CO₂ sin corrección (g m⁻² h⁻¹)

F_{sc} = Flujo de CO₂ corregido (g CO₂ m⁻² h⁻¹)

C_n - C₁ = Diferencia de flujo de CO₂, normalmente entre las últimas 10 lecturas por medición, o entre el primer y el último valor de flujo si la medición tuvo menos de 10 lecturas, en ppmv

t_n - t₁ = Diferencia de tiempo, en segundos, sobre la cual se calculó la diferencia en el flujo de CO₂.

P = Presión atmosférica en milibares (mb), promediada sobre t_n - t₁ medida por el EGM

T_a = Temperatura del aire (°C), convertir a Kelvin (K)

V_d = volumen dentro de la cámara de respiración EGM (Volumen de la cámara SRC-1)

A = Área de suelo sobre la cual se midió el flujo de CO₂ (cubierta por la cámara (m²))

R = Constante universal de los gases (8.314 J K⁻¹ mol⁻¹)

V_c = volumen de la cámara de respiración sobre la superficie del suelo en el momento de la medición (volumen total de la cámara interna (m^3))

44.01 = Peso molecular de CO_2 (g/mol)

3.6 MUESTREO Y ANÁLISIS DE SUELO

Se realizaron una colecta de suelo, muestreando suelo a una profundidad (0-10 cm). Se tomará una muestra para la determinación del contenido de materia orgánica (MO) y carbono orgánico del suelo (COS), se realizaron tres repeticiones en cada punto de medición de flujos de CO_2 . El muestreo de suelos se desarrolló en forma aleatoria según la guía (MINAM, 2014; Rognitz et al., 2009). El análisis de suelo fue realizado en el Laboratorio de suelos de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional del Altiplano (Figura 6).

Figura 6

Suelo muestreado en campo

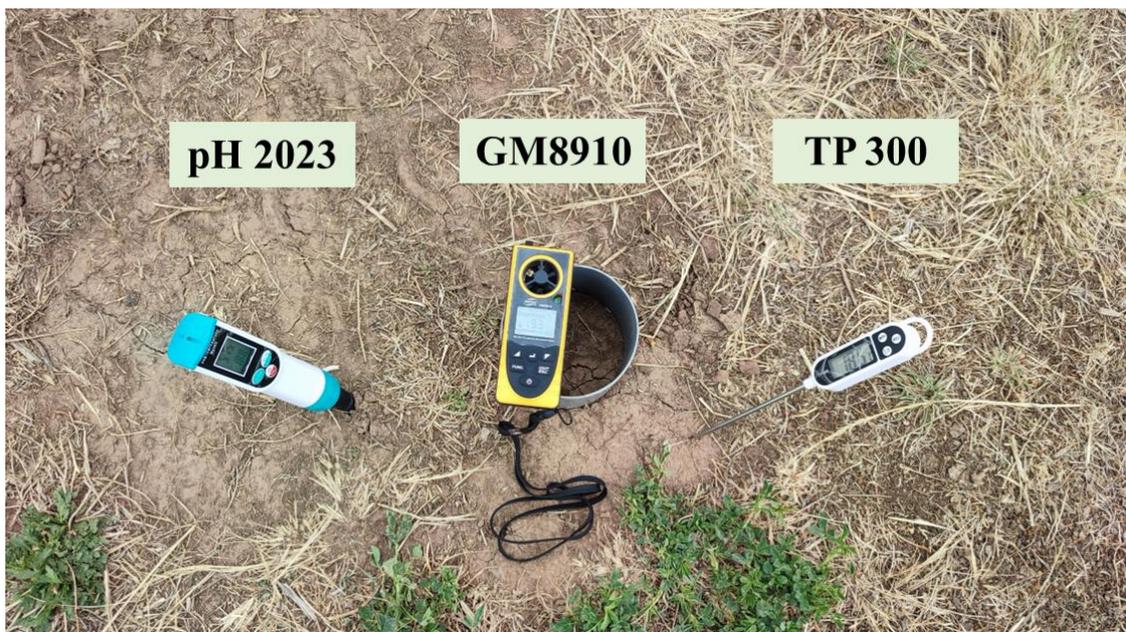


3.7 MEDICIÓN DE VARIABLES AMBIENTALES

Un anemómetro multifuncional GM8910 fue utilizado para medir la temperatura del aire, humedad relativa, presión atmosférica, velocidad del viento e iluminación en cada punto y cámara durante la medición del flujo de dióxido de carbono, mientras que la temperatura del suelo se midió utilizando un termómetro digital (Figura 7). Las variables ambientales nos indican cuales son los que influyen positiva o negativamente en la emisión de dióxido de carbono del suelo.

Figura 7

Medidor de pH (pH 2023), Anemómetro multifuncional (GM8910) y termómetro digital (TP 300)



3.8 DISEÑO ESTADÍSTICO

Utilizando el método de ajuste de Shapiro-Wilks, pruebas t de Student y ANOVA para diferencias significativas ($p < 0.05$) de flujos entre diferentes puntos de muestreo, labranza (terreno sin actividad agrícola y callpar) en el altiplano, cuando las distribuciones son normales, se estableció la normalidad de los datos de flujo de CO_2 y



de las variables ambientales. Para calcular los análisis estadísticos se utilizó el programa estadístico InfoStat 12.0, se utilizaron correlaciones lineales de Pearson para evaluar la labranza en lo que respecta al flujo de CO₂ en relación a los factores ambientales.

CAPÍTULO IV

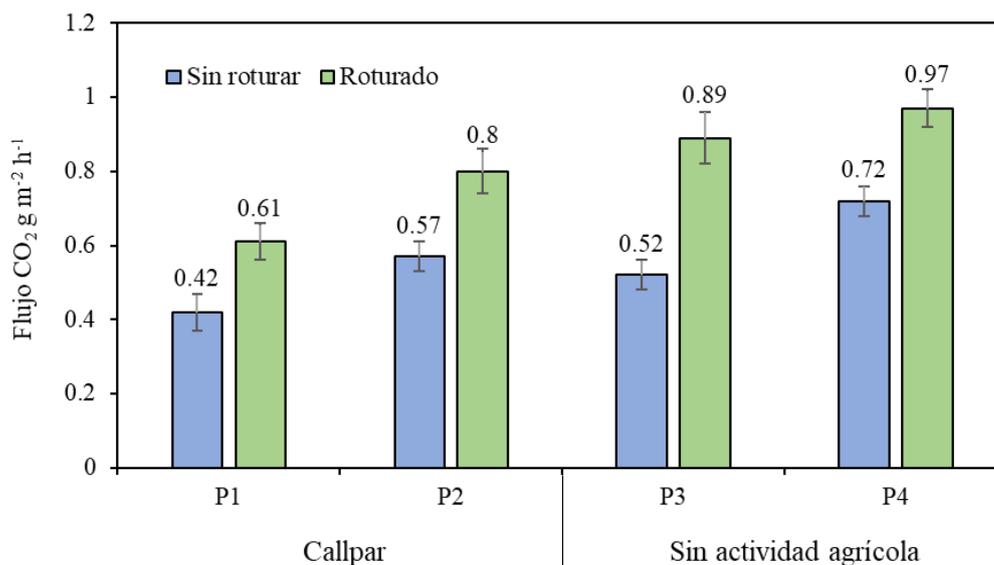
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 COMPARAR EL FLUJO DE DIÓXIDO DE CARBONO DEL SUELO EN TERRENO SIN ROTURAR Y ROTURADO

Comparando el suelo sin roturar y roturado en cuatro puntos de medición (P1 a P4). Los resultados indican que el flujo de CO₂ del suelo roturado es mayor en comparación al suelo sin roturar en los cuatro puntos de medición, tanto en "Callpar" (P1 y P2) como en el "Terreno sin actividad agrícola" (P3 y P4). El flujo de CO₂ mayor fue en terreno sin actividad agrícola y roturado de 0.97 g CO m⁻² h⁻¹ y menor en callpar sin roturar de 0.42 g CO m⁻² h⁻¹. Las diferencias son más marcadas en P2 y P4, donde la roturación incrementa significativamente la emisión de CO₂ del suelo (Figura 8). Esto sugiere que el suelo roturado incrementa la emisión de CO₂ del suelo.

Figura 8

Comparación de flujo de CO₂ en terreno sin roturar y roturado





Nina (2023), en suelo roturado, suelo con restos de cultivo de avena y suelo con pastizal natural en el CE. Illpa reporta valores de 0.61, 0.47 y 0.46 g CO₂ m⁻² h⁻¹ respectivamente, estos valores son un poco menor al presente estudio. En otro estudio, muestran valores similares realizado en suelo de la Bahía Interior de Puno reporta 0.99 g CO₂ m⁻² h⁻¹ en época lluviosa y 0.67 g CO₂ m⁻² h⁻¹ en época seca (Ccama, 2023).

En un estudio medido antes y después de labranza con arado de vertedera convencional reportan flujo de CO₂ menor antes de labranza de 0.03 g CO₂ m⁻² h⁻¹ y mayor después de labranza de 0.06 g CO₂ m⁻² h⁻¹, indicando que incrementa en 50% el efecto de labranza respecto a no labranza se suelo (Forte et al., 2017). Este resultado es similar al presente estudio. Comparando la cantidad de CO₂ emitido es mucho menor con respecto al presente estudio, esto puede atribuirse que en regiones semiáridas en mayor la emisión de CO₂ en comparación a regiones continentales (Mohammed et al., 2022).

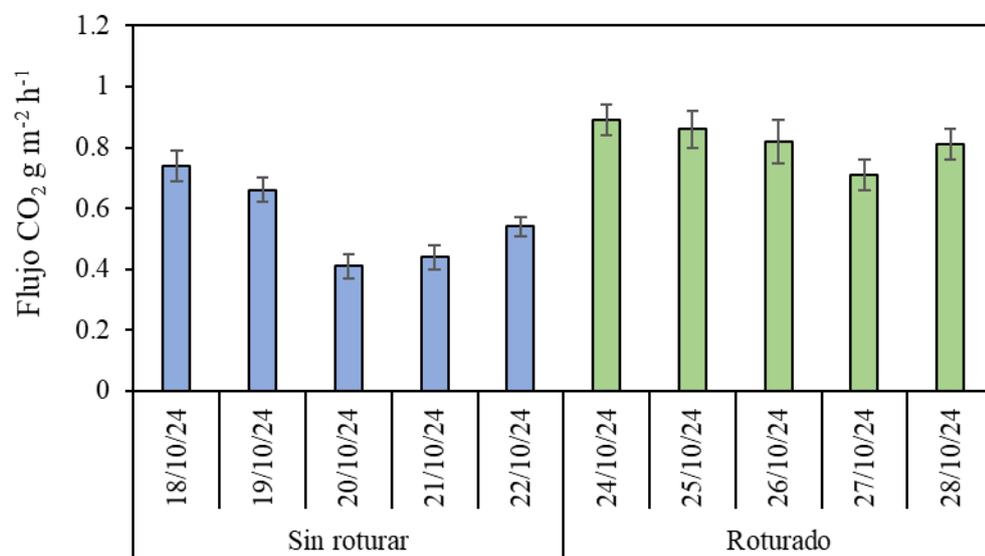
El incremento en las emisiones de CO₂ en el sistema de labranza convencional con arado está vinculado a una actividad microbiana más elevada. El incremento en la respiración de microorganismos se debe a la introducción directa de desechos de cultivos en el terreno que proporcionan nutrientes para el desarrollo de las comunidades microbianas en el suelo (Rutkowska et al., 2018). Simultáneamente, esta estimulación es respaldada por un incremento en la aireación del suelo y un incremento en la temperatura del mismo (Sá et al., 2019; Smith et al., 2012).

El método de labranza influye en la respiración del terreno al modificar la densidad aparente y la difusividad de los gases (Zhang et al., 2021). La utilización de una labranza reducida del suelo reduce considerablemente las emisiones de CO₂ entre un 7 y 35% en comparación a labranza convencional (Rutkowska et al., 2018).

El flujo de CO₂, en suelo sin roturar vario de 0.41 a 0.74 g CO₂ m⁻² h⁻¹ y en suelo roturado de 0.71 a 0.89 g CO₂ m⁻² h⁻¹. La temperatura del suelo es más alta en el suelo roturado 25.53 ± 2.34°C que en terreno sin roturar 20.21 ± 2.24°C, siendo estadísticamente significativo (p<0.05) entre terreno sin torurar y roturado, sugiriendo que el proceso de roturación incrementa la retención de calor (Figura 9).

Figura 9

Flujo de dióxido de carbono diario en terreno sin roturar y después de roturado



En otros estudios indican que existe variabilidad de flujo de CO₂ del suelo en diferentes fechas de medición (Mohammed et al., 2022), en este estudio también existe variabilidad diaria de flujo de CO₂. En otro estudio, indica que los flujos diarios de CO₂ en el suelo se ven influenciados por la labranza, la fecha de muestreo y su interacción (Franco-Luesma et al., 2020). Los sistemas de labranza inciden en los flujos de CO₂ del suelo al influir directamente en las propiedades del suelo (Schley et al., 2018).

Los resultados de la comparación entre suelos sin roturar y roturado para flujo de CO₂ (g m² h⁻¹), temperatura del suelo (Ts, °C) y humedad del suelo (Hs, %), obtenidos entre el 18 y el 28 de octubre de 2024. En cuanto a la humedad del suelo, el suelo roturado

también muestra valores más altos $11.44 \pm 2.08\%$ en comparación con el suelo sin roturar $8.89 \pm 1.80\%$, lo que indica una mayor capacidad de retención de agua. Estas diferencias estadísticas respaldan que la roturación tiene un efecto significativo en las condiciones físicas del suelo, favoreciendo la emisión de CO_2 , el aumento de temperatura y la retención de humedad (Tabla 2).

Tabla 2

Flujo de CO_2 , temperatura del suelo (T_s) y humedad del suelo (H_s) en terreno sin roturar y roturado

Fechas	Flujo CO_2 $\text{g m}^{-2} \text{h}^{-1}$		T_s ($^{\circ}\text{C}$)		H_s (%)	
	Min/Max	Media \pm D.E.	Min/Max	Media \pm D.E.	Min/Max	Media \pm D.E.
18/10/2024	0.25/1.15	0.74 ± 0.23	18.6/24.3	21.35 ± 1.60	7.62/13.23	9.78 ± 2.02
19/10/2024	0.21/0.99	0.66 ± 0.19	18.6/26.3	22.13 ± 2.32	6.72/11.30	8.86 ± 1.48
20/10/2024	0.20/0.93	0.41 ± 0.17	16.3/23.8	19.19 ± 1.90	7.30/10.36	8.73 ± 1.11
21/10/2024	0.16/0.85	0.44 ± 0.20	16.4/20.3	18.08 ± 1.15	5.59/8.99	7.60 ± 1.42
22/10/2024	0.30/0.85	0.54 ± 0.15	17.7/22.8	20.30 ± 1.43	5.59/12.04	9.49 ± 2.30
Sin roturar		0.56 ± 0.23^b		20.21 ± 2.24^b		8.89 ± 1.80^b
24/10/2024	0.50/1.52	0.89 ± 0.26	22.3/29.1	25.11 ± 1.58	8.07/13.47	11.65 ± 2.25
25/10/2024	0.46/1.44	0.86 ± 0.29	24.8/31.3	27.85 ± 1.49	10.53/14.83	12.17 ± 1.70
26/10/2024	0.13/1.64	0.82 ± 0.35	21.2/30.3	25.67 ± 2.71	7.67/14.16	11.08 ± 2.10
27/10/2024	0.21/1.00	0.71 ± 0.24	20.5/27.1	23.61 ± 1.93	9.64/13.80	10.93 ± 1.68
28/10/2024	0.46/1.23	0.81 ± 0.23	22.2/28.4	25.41 ± 1.70	7.13/14.16	11.36 ± 2.78
Roturado		0.82 ± 0.28^a		25.53 ± 2.34^a		11.44 ± 2.08^a

Nina (2023) en otra investigación en el mismo CE Illpa, respetaron valores de 29.52°C y 24.77°C de temperatura del suelo en época seca y lluviosa respectivamente, estos valores son concordantes al presente estudio, así mismo, la humedad de suelo reportado fue de 4.73 y 17.29 % en época seca y lluviosa respectivamente, estos resultados son concordantes al presente estudio. Otra investigación muestra una temperatura media de 22.7°C en región continental y 20.0°C en región semiárida (Mohammed et al., 2022), este resultado es semejante al presente estudio.



La labranza eleva las temperaturas del terreno, disminuye la humedad y, potencialmente, aumenta los flujos de gases en el mismo. Adicionalmente, un sistema sometido a técnicas de labranza intensivo genera flujos de CO₂ más altos debido al incremento de la aireación del suelo y la modificación de los componentes del suelo (Schley et al., 2018).

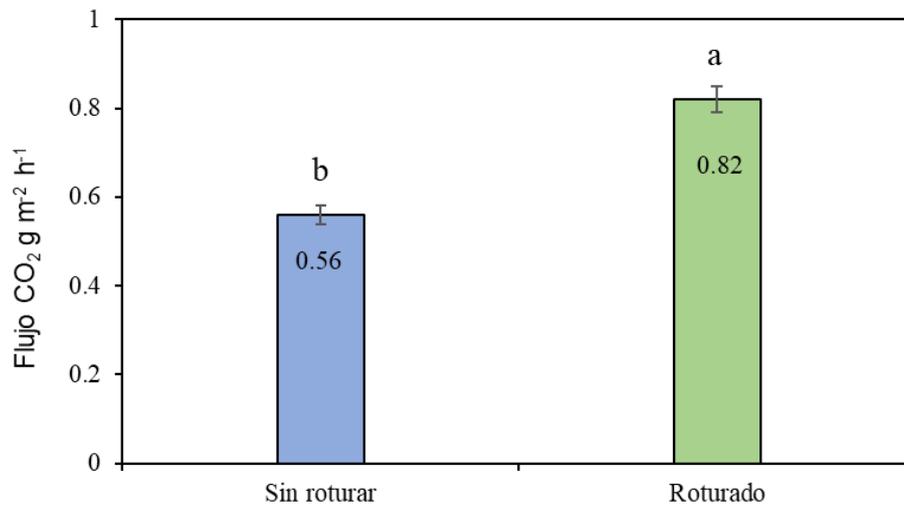
La alternativa a la labranza del suelo consiste en emplear sistemas de labranza reducida o de labranza cero. Los métodos de labranza reducida suelen implicar una modificación mínima del suelo y favorecen la acumulación de desechos en la superficie del suelo, lo que puede llevar a la retención de humedad en el suelo y a fluctuaciones menores en la temperatura del suelo, lo que potencialmente disminuye los flujos de CO₂ (Schley et al., 2018).

La gestión sostenible de la humedad y temperatura del suelo es esencial en diversas prácticas de labranza para contrarrestar la pérdida de nutrientes/pesticidas acumulados en el suelo, las emisiones de gases de efecto invernadero y garantizar la captura o agotamiento del carbono en el suelo (Bhattacharyya et al., 2022).

El flujo de CO₂, el suelo roturado presenta un promedio mayor 0.82 ± 0.28 g CO₂ m⁻² h⁻¹, en comparación con el suelo sin roturar 0.56 ± 0.23 g CO₂ m⁻² h⁻¹, lo cual es estadísticamente significativa entre ambos tratamientos ($p < 0.05$). Lo que sugiere que la roturación tiene un efecto significativo en la variable medida. Además, la roturación incrementa la emisión de CO₂ (Figura 10).

Figura 10

Comparación de flujo de CO₂ en terreno sin roturar y roturado



Nina (2023), en suelo roturado reportó 0.37 en época seca y 0.85 en época lluviosa y en suelo con restos de cultivo de avena 0.29 g CO₂ m⁻² h⁻¹ en época seca y 0.65 g CO₂ m⁻² h⁻¹ en época lluviosa, este valor puede compararse con suelo sin roturas, siendo consistente al presente estudio. En la Patagonia, reportaron que el flujo de CO₂ en terrenos cubiertos de tundra y bosques varió de 0.35 a 0.81 g CO₂ m⁻² h⁻¹, siendo el más alto en terrenos cubiertos de tundra de 2.62 y 2.39 g CO₂ m⁻² h⁻¹, mientras que el promedio de flujo de CO₂ fue de 0.65 y 0.54 g CO₂ m⁻² h⁻¹, en diciembre y febrero, respectivamente (Sá et al., 2019), valores similares a los de este estudio.

Los resultados obtenidos en este estudio son validados por otra investigación, indicando que labranza continua y labranza reducida emiten mayor cantidad de CO₂ del suelo en comparación a suelo sin labranza (Zhang et al., 2021). La transición hacia la labranza cero conserva elevadas reservas de COS en los pastizales a corto plazo (Reinsch et al., 2021). La agricultura mínima disminuye las emisiones de gases de efecto invernadero de los terrenos cultivados (Forte et al., 2017). A medida que la labranza sea



más profunda con arado de vertedero convencional incrementa la emisión de CO₂ del suelo (Forte et al., 2017).

Las emisiones de CO₂ son más elevadas en sistemas de cultivo con labranza convencional en contraste con las de sistemas de cultivo sin labranza (Kulmány et al., 2022) (Mohammed et al., 2022). (Franco-Luesma et al., 2020). La labranza promueve que el suelo pierda carbono orgánico a la atmósfera en forma de dióxido de carbono (Schley et al., 2018). La labranza de conservación disminuye el flujo neto de carbono y potencia la sostenibilidad en la agricultura (Zhang et al., 2021).

La labranza cero disminuye el flujo de CO₂ en 14.5% frente a la labranza con arado (Wang et al., 2020). Así mismo, los sistemas de labranza cero disminuyeron en un 30% las emisiones acumuladas de CO₂ del suelo (Franco-Luesma et al., 2020).

Existen bacterias de mayor diversidad y uniformidad en la comunidad que residen en el suelo bajo un sistema de labranza mínima en contraste con el suelo bajo un sistema de labranza completa (convencional) donde muestra una heterogeneidad de bacterias (con microorganismos de estilo de vida copiotróficos y oligotróficos como el filo Pseudomonadota y las clases Alphaproteobacteria y Gammaproteobacteria) (García-Serquén et al., 2024). Esta heterogeneidad de bacterias se puede atribuir a la mayor respiración de microorganismos, por ende, mayor emisión de CO₂ del suelo en suelo roturado.

4.1.1 Variables ambientales

Las variables ambientales como temperatura del aire, humedad relativa, velocidad del viento, presión, iluminación y pH medidas en dos tratamientos en terreno sin roturar y en roturado. El terreno roturado presenta una mayor temperatura promedio de 25.20°C en comparación con sin roturar de 22.07°C, la

humedad relativa del aire es mayor en el terreno sin roturar 39.72% frente a roturado de 31.73%, lo cual puede estar relacionado con la alteración del suelo que afecta la retención de agua, la presión y la iluminación son mayores en suelo roturado, con un valor considerablemente más alto en la iluminación en suelo sin roturar, la Tar, Hr, O e iluminación mostraron diferencia significativa ($p < 0.05$) entre suelo roturado y sin roturar. No se observan diferencias significativas en la velocidad del viento y el pH (Tabla 3).

Tabla 3

Variables ambientales del aire según diferentes usos del suelo en la época seca y lluviosa.

Fechas	Tar (°C)	Hr (%)	Vv (m/s)	P (hPa)	I (Lux)	pH
18/10/24	29.74 ± 0.85	30.04 ± 0.90	0.38 ± 0.25	646.39 ± 0.02	10264.63 ± 604.58	6.54 ± 0.03
19/10/24	19.13 ± 0.97	45.40 ± 1.70	4.19 ± 0.26	645.94 ± 0.06	11336.75 ± 1955.5	6.53 ± 0.07
20/10/24	18.16 ± 0.24	44.13 ± 0.42	0.84 ± 0.27	648.70 ± 0.02	17667.63 ± 1523.56	6.61 ± 0.09
21/10/24	19.33 ± 0.40	41.94 ± 0.89	0.83 ± 0.27	648.10 ± 0.08	19492.25 ± 1327.88	6.66 ± 0.08
22/10/24	23.99 ± 0.40	37.10 ± 0.36	0.65 ± 0.17	647.56 ± 0.02	13966.13 ± 695.51	6.58 ± 0.04
Sin roturar	22.07 ± 0.74^b	39.72 ± 0.99^a	1.38 ± 0.25^a	647.34 ± 0.17^a	14545.48 ± 798.97^b	6.58 ± 0.03^a
24/10/24	28.90 ± 0.72	32.24 ± 0.87	0.56 ± 0.28	647.56 ± 0.08	30180.25 ± 4110.26	6.60 ± 0.02
25/10/24	31.10 ± 0.65	28.53 ± 0.69	1.06 ± 0.27	647.44 ± 0.33	40223.25 ± 4741.24	6.68 ± 0.03
26/10/24	20.03 ± 0.36	32.51 ± 0.86	1.73 ± 0.31	643.50 ± 0.04	12229.38 ± 975.04	6.53 ± 0.03
27/10/24	21.49 ± 0.37	32.96 ± 0.63	3.04 ± 0.28	642.86 ± 0.07	10905.88 ± 666.24	6.54 ± 0.03
28/10/24	24.49 ± 0.35	32.39 ± 0.42	1.15 ± 0.20	645.55 ± 0.05	21204.81 ± 1947.48	6.56 ± 0.03
Roturado	25.20 ± 0.71^a	31.73 ± 0.40^b	1.51 ± 0.18^a	645.38 ± 0.32^b	22948.71 ± 2178.69^a	6.58 ± 0.01^a

Nota: Temperatura del aire (Tar; °C), humedad relativa (HR; %), velocidad del viento (Vv; m/s), Presión atmosférica (P; hPa) e iluminación (I; lux)

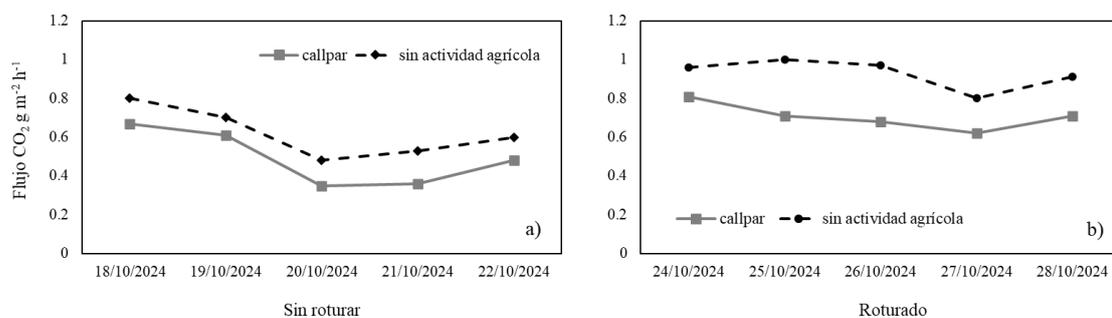
Según Nina (2023), la temperatura del aire fue 26.55 y 24.64 °C en época seca y lluviosa respectivamente, humedad relativa de 16.10 y 31.41 en época seca y lluviosa respectivamente y velocidad del viento de 1.38 y 1.51 en época seca y lluviosa respectivamente, estos valores son similares al presente estudio, puede atribuirse a que fue en el mismo CE de Illpa.

4.2 CUANTIFICAR EL EFECTO DE LA LABRANZA EN TERRENO SIN ACTIVIDAD AGRÍCOLA Y CALLPAR EN EL FLUJO DE DIÓXIDO DE CARBONO

En el terreno sin roturar (Figura 11a), se observa que los valores del terreno sin actividad agrícola son consistentemente superiores a los del callpar, aunque ambos muestran una tendencia descendente desde el 18/10/2024 hasta el 20/10/2024, seguida de una leve recuperación. En el terreno roturado (Figura 11b), el terreno sin actividad agrícola mantiene valores altos y estables, mientras que el callpar presenta una ligera disminución constante, con una leve recuperación hacia el final del periodo. Estos resultados sugieren que el terreno roturado emite mayor cantidad de CO₂ en terreno callpar y sin actividad agrícola en comparación a terreno sin roturar. Esto podría indicar que las prácticas de roturación impactan de manera diferente según el tipo de suelo.

Figura 11

Variación de flujo de CO₂ en terreno sin roturar y roturado



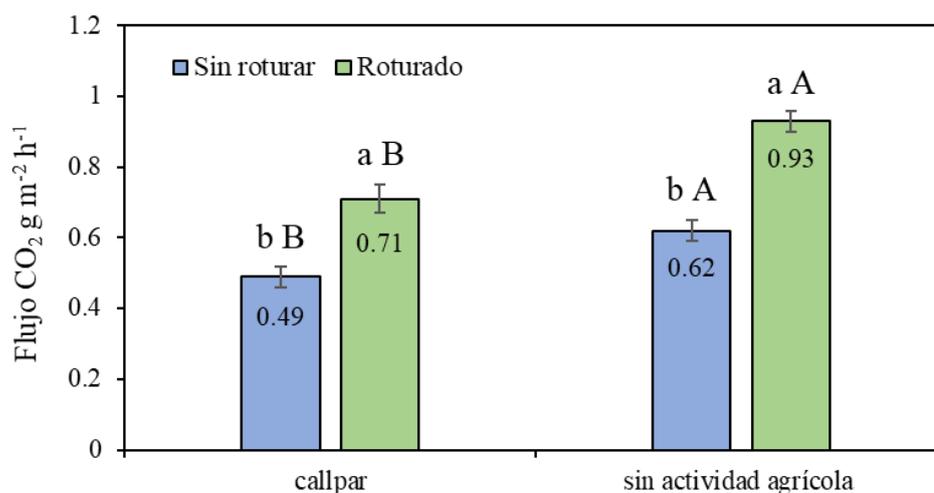
En otros estudios indican que existe variabilidad de flujo de CO₂ dependiendo de diferentes variables ambientales como en el presente estudio (Flores, 2023; Flores, 2022). La labranza cero y la labranza mínima disminuyen 56% y 40% en las emisiones equivalentes de CO₂ respectivamente, en comparación con el arado (Alskaf et al., 2021).

La labranza convencional libera más CO_2 que la labranza cero a causa de las tasas elevadas de mineralización, la actividad de los microorganismos y la temperatura y humedad del suelo (Bhattacharyya et al., 2022). Las emisiones de CO_2 son superiores en el método de labranza convencional (Rutkowska et al., 2018). Así, una vez más, se demuestra que las prácticas agrícolas son cruciales para la preservación de los suelos y, en consecuencia, para la dinámica de COS (Amores, 2020).

El terreno roturado presenta mayores emisiones que el tratamiento sin roturar, en terreno sin actividad agrícola muestra valores más altos que el callpar en ambos tratamientos. Estadísticamente muestra diferencia significativa ($p < 0.05$) comparando Terreno roturado y sin roturar y callpar con terreno sin actividad agrícola (Figura 8). Esto indica que tanto el tipo de terreno como la roturación de terreno afectan significativamente los resultados, siendo el terreno sin actividad agrícola roturado el que emite mayor cantidad de CO_2 de $0.93 \text{ g CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ h}^{-1}$, mientras que callpar sin roturar tiene la menor emisión de CO_2 de $0.49 \text{ g CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ (Figura 12).

Figura 12

Flujo de CO_2 en terreno callpar y terreno sin actividad agrícola



Nota: Las mayúsculas comparan terreno sin roturar y roturado y las minúsculas en callpar y terreno sin actividad agrícola. Las letras diferentes muestran una variación estadísticamente significativa mediante la prueba de Tukey ($p < 0.05$).



Nina (2023) en un estudio comparando usos de suelos, en suelo rotura reportan la mayor emisión de CO₂ de 0.61 g CO₂ m⁻² h⁻¹ en comparación a suelo con restos de cultivo de avena (sin roturar) de 0.47 g CO₂ m⁻² h⁻¹, estos resultados son similares al presente estudio, donde, el efecto de roturación del suelo aumenta la emisión de CO₂ del suelo. En un bosque tropical de México, la concentración de CO₂ en el suelo varió durante tres temporadas del año, alcanzando un nivel de 0.63 g CO₂ m⁻² h⁻¹ (Arellano-Martín et al., 2022).

Estudiando el efecto de diferentes métodos de labranza sobre las emisiones de CO₂ del suelo reportan en labranza utilizando arado y rotativo de 0.73 g CO₂ m⁻² h⁻¹, para labranza e subsuelo de 0.70 g CO₂ m⁻² h⁻¹ y labranza cero de 0.72 g CO₂ m⁻² h⁻¹ (Qi et al., 2021). Estos resultados son similares a suelo roturado en callpar del presente estudio. El arado convencional emite a la atmósfera el dióxido de carbono, que se almacena en la materia orgánica del suelo (Muñoz, 2023).

La emisión total de CO₂ del sistema de labranza convencional es mayor a la del no labranza, sin importar la región climática (Mohammed et al., 2022). Durante la labranza convencional hay ruptura de agregados por consiguiente pérdida de COS y MO (Bongiorno et al., 2019). La labranza mínima o nula genera emisiones equivalentes de CO₂ inferiores a las del arado, la labranza influye en la humedad del suelo y la cantidad de materia orgánica, especialmente a una profundidad de 0 a 5 cm (Alskaf et al., 2021).

4.3 ANALIZAR LA RELACIÓN ENTRE FACTORES DEL SUELO Y VARIABLES ATMOSFÉRICAS CON EL FLUJO DE DIÓXIDO DE CARBONO

En la correlación de Pearson, observamos que la variable CO₂ tiene correlaciones significativas con: Ts (r = 0.33, p < 0.05), Hs (r = 0.53, p < 0.01), Tar (r = 0.38, p < 0.01),

HR ($r = -0.41$, $p < 0.01$), PA ($r = -0.26$, $p < 0.05$) e Iluminación ($r = 0.18$, $p < 0.05$). Estas correlaciones indican que CO₂ se asocia de forma positiva o negativa con estas variables. El pH no tiene correlación con CO₂ ($r = -0.14$), no son significativas ($p < 0.05$), lo que indica que no hay una relación estadísticamente relevante entre estas variables. En general, este análisis sugiere que ciertas variables como Ts, Hs, Tar y HR tienen relaciones importantes con CO₂, mientras que otras, como el pH, no presentan una relación significativa (Tabla 4).

Tabla 4

Correlación de Pearson entre variables analizadas (Índice de significancia, ($p < 0.05$) en terreno roturado y sin roturar

Variab	Ts	Hs	Tar	HR	PA	Iluminación	pH
CO₂	0.33*	0.53**	0.38**	-0.41**	-0.26*	0.18*	-0.14 ^{ns}
Ts		0.47	0.5	-0.65	-0.31	0.43	0.12
Hs			0.41	-0.5	-0.24	0.31	0.02
Tar				-0.8	0.17	0.51	0.14
HR					0.31	-0.3	-0.06
PA						0.47	0.34
Iluminación							0.38

Nota: Nivel de significancia: * $p < 0.05$ y ** $p < 0.01$; ns = no significativo; Ts = temperatura del suelo, Hs = humedad del suelo, Tar = temperatura del aire, HR = humedad relativa, PA = presión atmosférica

En otro ecosistema reportaron correlación positiva de temperatura, humedad del suelo, temperatura del aire, humedad relativa e iluminación con flujo de CO₂ (Mamani, 2024) (Ccama, 2023). Según , Nina (2023) encontró misma correlación de CO₂ con iluminación, podría indicar que al aumento de la iluminación aumenta la emisión de CO₂ del suelo. En otro estudio reportaron correlación positiva de la temperatura del suelo y humedad del suelo con flujo de CO₂ (Flores, 2023; Flores, 2022). Todos estos resultados son similares al presente estudio.



En otro estudio obtuvieron los mismos resultados en temperatura del aire y humedad del suelo que tienen alta correlación con el flujo de CO₂ del suelo (Kulmány et al., 2022). Correlación positiva con humedad del suelo (Rutkowska et al., 2018). La temperatura y la humedad del suelo influyen de manera considerable ($p < .05$) en la emisión de carbono del suelo, con una variación explicada de 0.866 (Mohammed et al., 2022). La humedad del suelo afecta directamente en la emisión de GEI, las variaciones en la humedad del suelo provocadas por la lluvia y el riego modifican las emisiones de CO₂ del suelo (Mohammed et al., 2022). Así mismo, la relación lineal significativa entre los flujos diarios de CO₂ en el suelo y la humedad del suelo (Franco-Luesma et al., 2020)

Las temperaturas elevadas en el suelo causan la pérdida de carbono secuestrado (Bhattacharyya et al., 2022). En otra investigación mostraron que existe una correlación entre la temperatura y el flujo de CO₂ ($R^2 = 0,6547$, $p < 0,01$) (Wang et al., 2020). El incremento en las temperaturas del suelo provoca una mayor respiración del suelo, principalmente acelerando la degradación de los desechos vegetales y potenciando la respiración de las raíces y microorganismos (Franco-Luesma et al., 2020; Sá et al., 2019; Oertel et al., 2016). En contexto de cambio climático y calentamiento global, las emisiones de CO₂ del suelo podrías incrementar.

La transición de la agricultura tradicional a la agricultura cero está salvaguardando de manera efectiva los terrenos bajo cultivo, incrementando su calidad (o disminuyendo su ritmo de reducción de la materia orgánica del suelo), y potenciando la resistencia de los sistemas de cultivo (Mehra et al., 2018a). En los procedimientos de mitigación y adaptación al cambio climático, se ha evidenciado que la agricultura cero es la técnica de agricultura más respetuosa con el medio ambiente entre las distintas técnicas de cultivo (Hussain et al., 2021).



V. CONCLUSIONES

- La comparación del flujo de CO₂ en terrenos sin roturar y roturados muestra que la labranza incrementa de manera significativa las emisiones de dióxido de carbono. En particular, el terreno sin actividad agrícola roturado registró las emisiones más elevadas (0.97 g CO₂ m⁻² h⁻¹), en cambio, el suelo callpar sin roturar mostró cifras notablemente inferiores (0.42 g CO₂ m⁻² h⁻¹). Este descubrimiento indica que la roturación potencia las emisiones de CO₂, probablemente debido al incremento de la actividad de los microorganismos a causa de la aireación y la disponibilidad de nutrientes.
- La labranza aumenta considerablemente el flujo de CO₂ en suelos tanto en terreno sin actividad agrícola como callpar, siendo el terreno sin actividad agrícola roturado el que muestra las emisiones más altas. Este aumento en las emisiones se atribuye a una mayor actividad de los microorganismos y a la aceleración de la degradación de la materia orgánica, elementos impulsados por el incremento en la aireación y temperatura del terreno después de la roturación. Adicionalmente, las variaciones estadísticas halladas entre terreno sin actividad agrícola y callpar indican que la clase de suelo también regula el efecto de la labranza en la emisión de CO₂. Los descubrimientos corroboran que la labranza eleva las emisiones de gases de efecto invernadero, lo que subraya la importancia de implementar estrategias de gestión del suelo que minimicen las alteraciones, como la labranza mínima o nula, para mitigar los impactos ambientales.
- El flujo de CO₂ en el suelo se ve afectado por factores ambientales, en particular la temperatura y la humedad del suelo, que evidencian una correlación positiva y significativa con las emisiones de CO₂, lo que señala que condiciones ambientales más calurosas incrementan la emisión de dióxido de carbono. Las condiciones



atmosféricas, como la temperatura del aire y iluminación, también promueven el aumento de estas emisiones, mientras que la humedad relativa y la presión atmosférica tienen un impacto contrario. Esto evidencia que las condiciones ambientales juegan un papel fundamental en la dinámica del CO₂ en el suelo, subrayando la relevancia de una gestión correcta de estas variables para reducir el impacto en el medio ambiente.



VI. RECOMENDACIONES

- Se sugiere realizar más investigaciones y experimentos de larga duración en sistemas agrícolas para establecer el potencial total de diversas técnicas de gestión del suelo en las emisiones de gases de efecto invernadero bajo distintas condiciones climáticas.
- Fomentar prácticas de labranza mínima o cero como estrategia para disminuir las emisiones de CO₂, ya que la agricultura incrementa significativamente las emisiones de CO₂ al potenciar la actividad de los microorganismos y la ventilación del suelo.
- Monitorear las variables atmosféricas en la administración agrícola, como la temperatura del aire, la presión atmosférica y iluminación, también influyen en la circulación de CO₂ en el terreno. Por esta razón, se aconseja que los agricultores lleven a cabo un seguimiento continuo de estas variables y modifiquen sus métodos de gestión según las condiciones meteorológicas locales, con el fin de minimizar el impacto en el medio ambiente.
- Promover la preservación del carbono orgánico en suelos agrícolas ya que la labranza tradicional suele reducir el carbono orgánico del suelo, incrementando así las emisiones de CO₂. Es crucial fomentar la acumulación de carbono orgánico a través de acciones como la rotación de cultivos, la aplicación de coberturas vegetales y la implementación de métodos de agricultura conservacionista.



VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Albíter-Pineda, J. F., Vaca, R., Aguila, P. del, Yáñez-Ocampo, G., & Lugo, J. (2020). Flujo de CO₂ y su relación con propiedades bioquímicas en cultivos hortícolas en invernadero. *Ecosistemas y recursos agropecuarios*, 7(3).
<https://doi.org/10.19136/era.a7n3.2548>
- Alskaf, K., Mooney, S. J., Sparkes, D. L., Wilson, P., & Sjögersten, S. (2021). Short-term impacts of different tillage practices and plant residue retention on soil physical properties and greenhouse gas emissions. *Soil and Tillage Research*, 206, 104803.
<https://doi.org/10.1016/j.still.2020.104803>
- Alvis, T., Villasante-Benavides, J. F., Pauca-Tanco, G. A., Quispe-Turpo, J. del P., & Luque-Fernández, C. R. (2021). Cálculo y valoración del almacenamiento de carbono del humedal altoandino de Chalhuanca, Arequipa (Perú). *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 23(3), 139–148.
<https://doi.org/10.18271/ria.2021.314>
- Amores, M. M. (2020). *Efecto de prácticas de manejo del suelo y sus interacciones en la dinámica del carbono orgánico del suelo: Revisión de Literatura* [Escuela Agrícola Panamericana, 2020.].
<https://bdigital.zamorano.edu/handle/11036/6738>
- Arellano-Martín, F., Dupuy, J. M., Us-Santamaría, R., & Andrade, J. L. (2022). El flujo de CO₂ del suelo fluctúa en tres temporadas del año en un bosque tropical semideciduo de Yucatán, México. *Terra Latinoamericana*, 40.
<https://doi.org/10.28940/terra.v40i0.968>
- Báez, M. A., & Aguirre, J. F. (2011). Efecto de la labranza de conservación sobre las propiedades del suelo. *Terra Latinoamericana*, 29(2), 113–121.
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57321257001>



- Becerra, A. F. (2021). *Emisiones de dióxido de carbono (CO₂) y metano (CH₄) suelo-atmósfera en tres coberturas de un paisaje de turberas de la Amazonía Nororiental Colombiana* [Tesis Pregrado, Pontificia Universidad Javeriana]. <http://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/58982>
- Bhattacharyya, S. S., Leite, F. F. G. D., France, C. L., Adekoya, A. O., Ros, G. H., de Vries, W., Melchor-Martínez, E. M., Iqbal, H. M. N., & Parra-Saldívar, R. (2022). Soil carbon sequestration, greenhouse gas emissions, and water pollution under different tillage practices. *Science of The Total Environment*, 826, 154161. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.154161>
- Bongiorno, G., Bünemann, E. K., Oguejiofor, C. U., Meier, J., Gort, G., Comans, R., Mäder, P., Brussaard, L., & de Goede, R. (2019). Sensitivity of labile carbon fractions to tillage and organic matter management and their potential as comprehensive soil quality indicators across pedoclimatic conditions in Europe. *Ecological Indicators*, 99, 38–50. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.12.008>
- Buczko, U., Bens, O., & Hüttl, R. F. (2006). Tillage Effects on Hydraulic Properties and Macroporosity in Silty and Sandy Soils. *Soil Science Society of America Journal*, 70(6), 1998–2007. <https://doi.org/10.2136/sssaj2006.0046>
- Camacho-Tamayo, J. H., & Rodríguez, G. A. (2007). Evaluación de implementos de labranza a diferentes velocidades de operación y contenidos de agua del suelo. *Agricultura Técnica*, 67(1), 60–67. <https://doi.org/10.4067/S0365-28072007000100007>
- Cameira, M. R., Fernando, R. M., & Pereira, L. S. (2003). Soil macropore dynamics affected by tillage and irrigation for a silty loam alluvial soil in southern Portugal. *Soil and Tillage Research*, 70(2), 131–140. [https://doi.org/10.1016/S0167-1987\(02\)00154-X](https://doi.org/10.1016/S0167-1987(02)00154-X)



- Canaza, D., Calizaya, E., Chambi, W., Calizaya, F., Mindani, C., Cuentas, O., Caira, C., & Huacani, W. (2023). Spatial Distribution of Soil Organic Carbon in Relation to Land Use, Based on the Weighted Overlay Technique in the High Andean Ecosystem of Puno—Peru. *Sustainability*, 15(13), Artículo 13. <https://doi.org/10.3390/su151310316>
- Ccama, C. (2023). *Flujo de dióxido de carbono del suelo en el humedal de la bahía interior de Puno—2022* [Tesis Pregrado, Universidad Privada San Carlos]. <http://repositorio.upsc.edu.pe/handle/UPSC/626>
- Checalla, J. (2023). *Flujo de dióxido de carbono del suelo en el bofedal del sector Pampa Uta, en el Distrito de Capaso—El Collao, 2022* [Tesis de Pre grado, Universidad Privada San Carlos]. <http://repositorio.upsc.edu.pe/handle/UPSC/508>
- Conant, R. T., Easter, M., Paustian, K., Swan, A., & Williams, S. (2007). Impacts of periodic tillage on soil C stocks: A synthesis. *Soil and Tillage Research*, 95(1–2), 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.still.2006.12.006>
- Cotrufo, M. F., Soong, J. L., Horton, A. J., Campbell, E. E., Haddix, M. L., Wall, D. H., & Parton, W. J. (2015). Formation of soil organic matter via biochemical and physical pathways of litter mass loss. *Nature Geoscience*, 8(10), 776–779. <https://doi.org/10.1038/ngeo2520>
- Davidson, E. A., & Janssens, I. A. (2006). Temperature sensitivity of soil carbon decomposition and feedbacks to climate change. *Nature*, 440(7081), 165–173. <https://doi.org/10.1038/nature04514>
- Díaz-Zorita, M., Grove, J. H., Murdock, L., Herbeck, J., & Perfect, E. (2004). Soil Structural Disturbance Effects on Crop Yields and Soil Properties in a No-Till Production System. *Agronomy Journal*, 96(6), 1651–1659. <https://doi.org/10.2134/agronj2004.1651>



- Flores, M. (2022). *Dinâmica dos fluxos de dióxido de carbono e metano em área de várzea e terra firme do estuário Amazônico* [Tesis de Doctorado, Universidade Federal do Pará]. <https://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/3488955>
- Flores, M. (2023). *Dinámica del flujo de dióxido de carbono del suelo en el bofedal de la Moya, en el distrito de Ayaviri—Melgar, 2022* [Tesis Pregrado, Universidad Privada San Carlos]. <http://repositorio.upsc.edu.pe/handle/UPSC/660>
- Forte, A., Fiorentino, N., Fagnano, M., & Fierro, A. (2017). Impacto de la labranza mínima en la mitigación de las emisiones de CO₂ y N₂O en un suelo mediterráneo cultivado con maíz bajo manejo de bajo aporte de agua. *Soil and Tillage Research*, 166, 167–178. <https://doi.org/10.1016/j.still.2016.09.014>
- Franco-Luesma, S., Cavero, J., Plaza-Bonilla, D., Cantero-Martínez, C., Arrúe, J. L., & Álvaro-Fuentes, J. (2020). Tillage and irrigation system effects on soil carbon dioxide (CO₂) and methane (CH₄) emissions in a maize monoculture under Mediterranean conditions. *Soil and Tillage Research*, 196, 104488. <https://doi.org/10.1016/j.still.2019.104488>
- García, R. (2015). Efecto de sistemas de labranza en propiedades físicas del suelo y desarrollo radicular del cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa* W.). *Revista del Instituto de investigación de la Facultad de minas, metalurgia y ciencias geográficas*, 18(35), Artículo 35. <https://doi.org/10.15381/iigeo.v18i35.11847>
- García-Serquén, A. L., Chumbe-Nolasco, L. D., Navarrete, A. A., Girón-Aguilar, R. C., & Gutiérrez-Reynoso, D. L. (2024). Traditional potato tillage systems in the Peruvian Andes impact bacterial diversity, evenness, community composition, and functions in soil microbiomes. *Scientific Reports*, 14(1), 3963. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-54652-2>



- González-Cervantes, G., Sánchez-Cohen, I., & García-Arellano, D. (2004). Relaciones entre el manejo del huerto de nogal y la porosidad del suelo. *Terra Latinoamericana*, 22(3), 279–287. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57322304>
- Houghton, R. A., & Nassikas, A. A. (2017). Global and regional fluxes of carbon from land use and land cover change 1850–2015. *Global Biogeochemical Cycles*, 31(3), 456–472. <https://doi.org/10.1002/2016GB005546>
- Hussain, S., Hussain, S., Guo, R., Sarwar, M., Ren, X., Krstic, D., Aslam, Z., Zulifqar, U., Rauf, A., Hano, C., & El-Esawi, M. A. (2021). Carbon Sequestration to Avoid Soil Degradation: A Review on the Role of Conservation Tillage. *Plants*, 10(10), Artículo 10. <https://doi.org/10.3390/plants10102001>
- IPCC. (2014). *Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (p. 151). https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/05/SYR_AR5_FINAL_full_wcover.pdf
- Kulmány, I. M., Giczi, Z., Beslin, A., Bede, L., Kalocsai, R., & Vona, V. (2022). Impact of environmental and soil factors in the prediction of soil carbon dioxide emissions under different tillage systems. *Ecocycles*, 8(1), Artículo 1. <https://doi.org/10.19040/ecocycles.v8i1.216>
- Lal, R. (2020). Managing soils for resolving the conflict between agriculture and nature: The hard talk. *European Journal of Soil Science*, 71(1), 1–9. <https://doi.org/10.1111/ejss.12857>
- Lizcano, R. L., Rojas, D. G., Osorio, J. F., Olivera, D., & Lizcano, M. V. (2022). Sistemas de labranza del suelo y su efecto sobre cuatro variedades de algodón en Armero,



- Colombia. *Investigación Agraria*, 24(1), 23–30.
<https://doi.org/10.18004/investig.agrar.2022.junio.2401693>
- Loza, A., & Taype, I. (2021). Análisis multitemporal de asociaciones vegetales y cambios de uso del suelo en una localidad altoandina, Puno-Perú. *Uniciencia*, 35(2), 27–45. <https://doi.org/10.15359/ru.35-2.3>
- Luchsinger, A., Villa, R., Ocqueteau, G., & Suter, F. (2006). Siembra con labranza tradicional y cero labranza, mediante la adaptación de una sembradora de cereales y dos distancias entre hileras en cultivares de frejol para verde y seco. *Idesia (Arica)*, 24(2), 77–84. <https://doi.org/10.4067/S0718-34292006000200009>
- Malhi, Y., Saatchi, S., Girardin, C., & Aragão, L. E. O. C. (2009). The production, storage, and flow of carbon in Amazonian forests. Em M. Keller, M. Bustamante, J. Gash, & P. Silva Dias (Orgs.), *Geophysical Monograph Series* (Vol. 186, p. 355–372). American Geophysical Union.
<https://doi.org/10.1029/2008GM000779>
- Mamani, M. (2024). *Reserva de carbono y emisión de dióxido de carbono del bofedal en el sector Vizcachani, distrito de Capaso, El Collao—2022* [Tesis Pregrado, Universidad Privada San Carlos].
<http://repositorio.upsc.edu.pe/handle/UPSC/945>
- Marthews, T. R., Riutta, T., Oliveras Menor, Urrutia, R., Moore, S., Metcalfe, D., Malhi, Y., Phillips, O., Huaraca Huasco, W., Ruiz Jaén, M., Girardin, C., Butt, N., & Cain, R. (2014). *Measuring Tropical Forest Carbon Allocation and Cycling: A RAINFOR-GEM Field Manual for Intensive Census Plots (v3.0)*. Global Ecosystems Monitoring network. <https://ora.ox.ac.uk/objects/uuid:f33a0929-4675-43c6-91a3->



8cbcd962775/download_file?file_format=application%2Fpdf&safe_filename=r
ainfor-gemmanual.v3.0.pdf&type_of_work=Report

Mehra, P., Baker, J., Sojka, R. E., Bolan, N., Desbiolles, J., Kirkham, M. B., Ross, C., & Gupta, R. (2018a). A review of tillage practices and their potential to impact the soil carbon dynamics. *Advances in Agronomy*, 150, 185–230. <https://doi.org/10.1016/bs.agron.2018.03.002>

Mehra, P., Baker, J., Sojka, R. E., Bolan, N., Desbiolles, J., Kirkham, M. B., Ross, C., & Gupta, R. (2018b). Chapter Five—A Review of Tillage Practices and Their Potential to Impact the Soil Carbon Dynamics. Em D. L. Sparks (Org.), *Advances in Agronomy* (Vol. 150, p. 185–230). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/bs.agron.2018.03.002>

MINAM. (2014). *Guía para el muestreo de suelos*. MAVET IMPRESIONES E.I.R.L. <https://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wp-content/uploads/sites/22/2013/10/GUIA-PARA-EL-MUESTREO-DE-SUELOS-final.pdf>

Mohammed, S., Mirzaei, M., Pappné Törő, Á., Anari, M. G., Moghiseh, E., Asadi, H., Szabó, S., Kakuszi-Széles, A., & Harsányi, E. (2022). Soil carbon dioxide emissions from maize (L.) fields as influenced by tillage management and climate. *Irrigation and Drainage*, 71(1), 228–240. <https://doi.org/10.1002/ird.2633>

Muñoz, B. R. (2023). *Efecto de la agricultura regenerativa para disminuir las emisiones de carbono en el ambiente* [Tesis Pregrado, Universidad Técnica de Babahoyo]. <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/14766>

Navarro, A., Figueroa, B., Ordaz, V. M., & González, F. V. (2000). Efecto de la labranza sobre la estructura del suelo, la germinación y el desarrollo del maíz y frijol. *Terra*



Latinoamericana, 18(1), 61–69.

<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57318107>

Nina, L. (2023). *Efecto de los usos del suelo en el flujo de dióxido de carbono del suelo en el C.E. Illpa Puno* [Tesis Pregrado, Universidad Nacional del Altiplano].

<https://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/20853>

Oertel, C., Matschullat, J., Zurba, K., Zimmermann, F., & Erasmi, S. (2016). Greenhouse gas emissions from soils-A review. *Geochemistry*, 76(3), 327–352.

<https://doi.org/10.1016/j.chemer.2016.04.002>

Oviedo, L. M., & Kowalski, A. S. (2006). *Medición de la Respiración del Suelo en Ecosistemas Mediterráneos Con Sistemas de Cámaras y Analizadores Tipo IRGA* [Tesis de Maestría, Universidad de Granada].

<https://www.ugr.es/~andyk/Theses/TesisLMOB.pdf>

Paustian, K., Lehmann, J., Ogle, S., Reay, D., Robertson, G. P., & Smith, P. (2016). Climate-smart soils. *Nature*, 532(7597), 49–57.

<https://doi.org/10.1038/nature17174>

Peña, D. C. (2015). *Variabilidad del flujo de CO2 del suelo bajo diferentes coberturas vegetales en el páramo de Guerrero* [Trabajo de grado - Maestría, Universidad Nacional de Colombia]. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/54824>

Pumpanen, J., Kolari, P., Ilvesniemi, H., Minkkinen, K., Vesala, T., Niinistö, S., Lohila, A., Larmola, T., Morero, M., Pihlatie, M., Janssens, I., Yuste, J. C., Grünzweig, J. M., Reth, S., Subke, J.-A., Savage, K., Kutsch, W., Østreg, G., Ziegler, W., ...

Hari, P. (2004). Comparison of different chamber techniques for measuring soil CO2 efflux. *Agricultural and Forest Meteorology*, 123(3), 159–176.

<https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2003.12.001>



- Qi, P., Wang, X., Yao, Y., Chen, X., Wu, J., & Cai, L. (2021). Effects of different tillage practices and nitrogen application rate on carbon dioxide emissions and carbon balance in rain-fed maize crops. *Acta Prataculturae Sinica*, 30(1), 96. <https://doi.org/10.11686/cyxb2020136>
- Quéré, C., Andrew, R. M., Friedlingstein, P., Sitch, S., Pongratz, J., Manning, A. C., Korsbakken, J. I., Peters, G. P., Canadell, J. G., Jackson, R. B., Boden, T. A., Tans, P. P., Andrews, O. D., Arora, V. K., Bakker, D. C. E., Barbero, L., Becker, M., Betts, R. A., Bopp, L., ... Zhu, D. (2018). Global Carbon Budget 2017. *Earth System Science Data*, 10(1), 405–448. <https://doi.org/10.5194/essd-10-405-2018>
- Reinsch, T., Struck, I. J. A., Loges, R., Kluß, C., & Taube, F. (2021). Soil carbon dynamics of no-till silage maize in ley systems. *Soil and Tillage Research*, 209, 104957. <https://doi.org/10.1016/j.still.2021.104957>
- Rimski-Korsakov, H., & Álvarez, C. R. (2015). *Manejo de la fertilidad del suelo en planteos orgánicos* (Vol. 59). Universidad de Buenos Aires. https://www.ciaorganico.net/documypublic/126_libro_fertilidad_de_suelos-pvo_isbn.pdf#page=59
- Rodríguez, A., Martínez, J. A., Arcia, J., García, J., Hernández, A., & Cid, G. (2015). Propiedades del suelo bajo la acción de dos sistemas de labranza en el maíz. *Revista Ingeniería Agrícola*, 5(4), 52–57.
- Rugnitz, M. T., Chacón, M. L., & Porro, R. (2009). *Guía para la Determinación de Carbono en Pequeñas Propiedades Rurales* (1º ed). Centro Mundial Agroflorestal (ICRAF) / Consórcio Iniciativa Amazônica (IA).
- Rutkowska, B., Szulc, W., Sosulski, T., Skowrońska, M., & Szczepaniak, J. (2018). Impact of reduced tillage on CO2 emission from soil under maize cultivation. *Soil and Tillage Research*, 180, 21–28. <https://doi.org/10.1016/j.still.2018.02.012>



- Sá, M. M. F., Schaefer, C. E. G. R., Loureiro, D. C., Simas, F. N. B., Alves, B. J. R., de Sá Mendonça, E., de Figueiredo, E. B., La Scala, N., & Panosso, A. R. (2019). Fluxes of CO₂, CH₄, and N₂O in tundra-covered and Nothofagus forest soils in the Argentinian Patagonia. *Science of The Total Environment*, 659, 401–409. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.12.328>
- Sarmiento-Sarmiento, G., Peña-Dávila, J., & Medina-Dávila, H. (2022). Impacto de tres sistemas de labranza en la fertilidad de un suelo entisol en zonas áridas. *Chilean journal of agricultural & animal sciences*, 38(1), 104–113. <https://doi.org/10.29393/chjaas38-10itgh30010>
- Schley, I., Ruis, S., Blanco, H., & Jasa, P. (2018, fevereiro 13). *Long-term tillage and soil CO₂ fluxes* [University of Nebraska-Lincoln]. University of Nebraska-Lincoln. <https://cropwatch.unl.edu/2018/long-term-tillage-and-soil-co2-fluxes>
- Smith, K., Watts, D., Way, T., Torbert, H., & Prior, S. (2012). Impact of tillage and fertilizer application method on gas emissions in a corn cropping system. *Pedosphere*, 22(5), 604–615. [https://doi.org/10.1016/S1002-0160\(12\)60045-9](https://doi.org/10.1016/S1002-0160(12)60045-9)
- Smith, P., Davis, S. J., Creutzig, F., Fuss, S., Minx, J., Gabrielle, B., Kato, E., Jackson, R. B., Cowie, A., Kriegler, E., Van Vuuren, D. P., Rogelj, J., Ciais, P., Milne, J., Canadell, J. G., McCollum, D., Peters, G., Andrew, R., Krey, V., ... Yongsung, C. (2016). Biophysical and economic limits to negative CO₂ emissions. *Nature Climate Change*, 6(1), 42–50. <https://doi.org/10.1038/nclimate2870>
- Smith, P., Martino, D., Cai, Z., Gwary, D., Janzen, H., Kumar, P., McCarl, B., Ogle, S., O'Mara, F., Rice, C., Scholes, B., Sirotenko, O., Howden, M., McAllister, T., Pan, G., Romanenkov, V., Schneider, U., Towprayoon, S., Wattenbach, M., & Smith, J. (2008). Greenhouse gas mitigation in agriculture. *Philosophical Transactions*



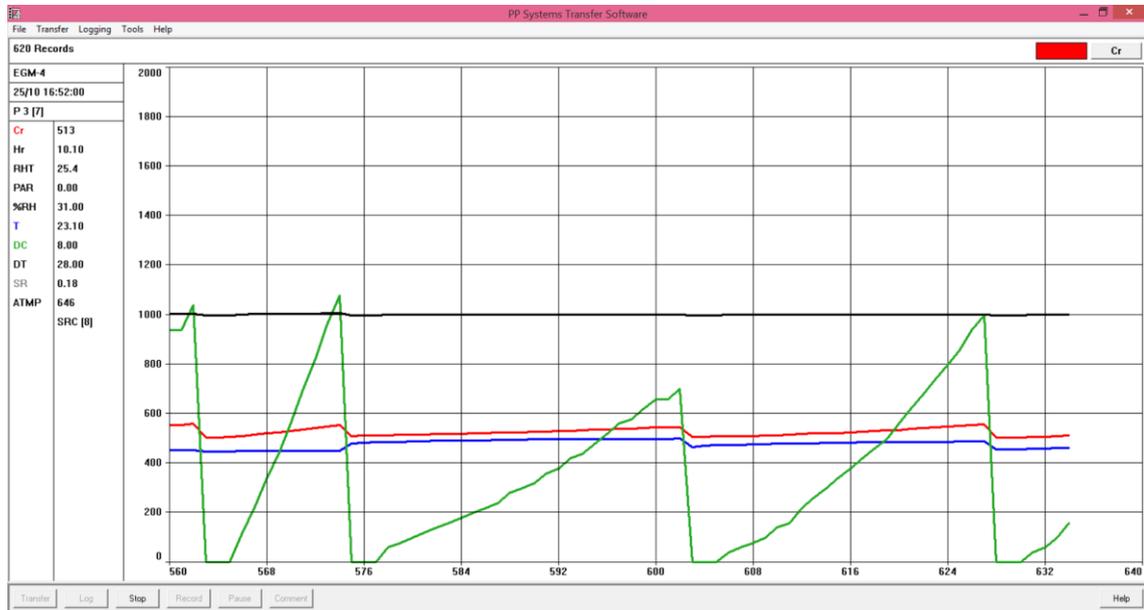
- of the Royal Society B: Biological Sciences*, 363(1492), 789–813.
<https://doi.org/10.1098/rstb.2007.2184>
- University of California. (2020). *Conservation tillage* [Uustainable Agriculture Research & Education Program]. *ustainable Agriculture Research & Education Program*.
<https://sarep.ucdavis.edu/>
- University of Minnesota Extension. (2017). *Reducing tillage intensity*.
<https://extension.umn.edu/>
- Verhulst, N., Francois, I., & Govaerts, B. (2015). *Agricultura de conservación y captura de carbono en el suelo: Entre el mito y la realidad del agricultor*. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT).
<https://repository.cimmyt.org/handle/10883/4409>
- Wang, H., Wang, S., Yu, Q., Zhang, Y., Wang, R., Li, J., & Wang, X. (2020). No tillage increases soil organic carbon storage and decreases carbon dioxide emission in the crop residue-returned farming system. *Journal of Environmental Management*, 261, 110261. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.110261>
- Yang, X., & Kay, B. (2001). Impacts of tillage practices on total, loose- and occluded-particulate, and humified organic carbon fractions in soils within a field in southern Ontario. *Canadian Journal of Soil Science*, 81(2), 149–156.
<https://doi.org/10.4141/S00-015>
- Yonemura S., Yokozawa M., Shirato Y., Nishimura S., & Nouchi I. (2009). Soil CO₂ concentrations and their implications in conventional and no-tillage agricultural fields. *Journal of Agricultural Meteorology*, 65(2), 141–149.
<https://doi.org/10.2480/agrmet.65.2.2>
- Zhang, X., Xin, X., Yang, W., Ding, S., Ren, G., Li, M., & Zhu, A. (2021). Soil respiration and net carbon flux response to long-term reduced/no-tillage with and without



residues in a wheat-maize cropping system. *Soil and Tillage Research*, 214,
105182. <https://doi.org/10.1016/j.still.2021.105182>

ANEXOS

Anexo 1. Descargando datos de campo almacenado en equipo EGM-4 con ayuda del programa Transfer (un solo punto)



Anexo 2. Datos de medición almacenado en EGM-4

Plot	RecNo	Day	Month	CO2 Ref	mbR Temp	Input E	Input F	ATMP
1	1	20	10	507	25	0	0	649
1	2	20	10	509	25	4	0	649
1	3	20	10	513	25	9	0	649
1	4	20	10	518	25.1	14	0.45	649
1	5	20	10	523	25.1	19	0.52	649
1	6	20	10	529	25.1	24	0.57	649
1	7	20	10	535	25.1	28	0.61	649
1	8	20	10	542	25.1	33	0.65	649
1	9	20	10	548	25.1	38	0.68	649
1	10	20	10	553	25.1	43	0.69	649
1	11	20	10	559	25.1	48	0.7	649
2	1	20	10	512	24.9	0	0	649
2	2	20	10	513	24.9	4	0	649
2	3	20	10	516	24.9	9	0	649
2	4	20	10	518	24.9	14	0.25	649
2	5	20	10	520	24.8	19	0.28	649
2	6	20	10	523	24.8	24	0.29	649
2	7	20	10	526	24.8	28	0.31	649
2	8	20	10	529	24.8	33	0.33	649
2	9	20	10	532	24.8	38	0.34	649
2	10	20	10	536	24.8	43	0.35	649



2	11	20	10	539	24.8	48	0.36	649
2	12	20	10	542	24.8	52	0.36	649
2	13	20	10	546	24.8	57	0.37	649
2	14	20	10	549	24.8	62	0.38	649
2	15	20	10	552	24.8	67	0.39	649
2	16	20	10	556	24.8	72	0.39	649
2	17	20	10	559	24.8	76	0.39	649
2	18	20	10	563	24.7	81	0.4	649
3	1	20	10	519	24.7	0	0	649
3	2	20	10	520	24.7	4	0	649
3	3	20	10	521	24.7	9	0	649
3	4	20	10	523	24.7	14	0.13	649
3	5	20	10	524	24.7	19	0.15	649
3	6	20	10	526	24.8	24	0.16	649
3	7	20	10	527	24.7	28	0.16	649
3	8	20	10	529	24.7	33	0.17	649
3	9	20	10	530	24.7	38	0.18	649
3	10	20	10	532	24.7	43	0.18	649
3	11	20	10	534	24.7	48	0.18	649
3	12	20	10	535	24.7	52	0.19	649
3	13	20	10	537	24.7	57	0.19	649
3	14	20	10	539	24.7	62	0.2	649
3	15	20	10	541	24.7	67	0.2	649
3	16	20	10	542	24.7	72	0.2	649
3	17	20	10	544	24.7	76	0.2	649
3	18	20	10	546	24.7	81	0.21	649
3	19	20	10	548	24.7	86	0.21	649
3	20	20	10	550	24.7	91	0.21	649
3	21	20	10	551	24.7	96	0.21	649
3	22	20	10	553	24.7	100	0.21	649
3	23	20	10	555	24.7	105	0.21	649
3	24	20	10	557	24.7	110	0.21	649
3	25	20	10	559	24.7	115	0.22	649
3	26	20	10	560	24.7	120	0.22	649
3	27	20	10	562	24.7	124	0.22	649
4	1	20	10	525	24.8	0	0	649
4	2	20	10	525	24.8	4	0	649
4	3	20	10	526	24.8	9	0	649
4	4	20	10	527	24.8	14	0.11	649
4	5	20	10	529	24.8	19	0.12	649
4	6	20	10	530	24.8	24	0.14	649
4	7	20	10	531	24.8	28	0.14	649
4	8	20	10	532	24.8	33	0.15	649
4	9	20	10	533	24.8	38	0.15	649
4	10	20	10	535	24.9	43	0.15	649
4	11	20	10	536	24.9	48	0.15	649
4	12	20	10	538	24.9	52	0.15	649
4	13	20	10	539	24.9	57	0.16	649



4	14	20	10	540	24.9	62	0.16	649
4	15	20	10	542	24.9	67	0.16	649
4	16	20	10	543	24.9	72	0.16	649
4	17	20	10	545	24.9	76	0.16	649
4	18	20	10	546	24.9	81	0.17	649
4	19	20	10	548	24.9	86	0.17	649
4	20	20	10	550	25	91	0.17	649
4	21	20	10	551	25	96	0.17	649
4	22	20	10	553	25	100	0.18	649
4	23	20	10	555	25	105	0.18	649
4	24	20	10	556	25	110	0.18	649
4	25	20	10	558	25	115	0.18	649
4	26	20	10	559	25	120	0.18	649
4	27	20	10	561	25	124	0.18	649
5	1	20	10	503	25.3	0	0	649
5	2	20	10	504	25.3	4	0	649
5	3	20	10	507	25.3	9	0	649
5	4	20	10	509	25.3	14	0.26	649
5	5	20	10	511	25.3	19	0.27	649
5	6	20	10	513	25.3	24	0.27	649
5	7	20	10	516	25.3	28	0.28	649
5	8	20	10	519	25.3	33	0.3	649
5	9	20	10	522	25.4	38	0.31	649
5	10	20	10	526	25.4	43	0.33	649
5	11	20	10	529	25.4	48	0.34	649
5	12	20	10	532	25.4	52	0.35	649
5	13	20	10	536	25.4	57	0.36	649
5	14	20	10	539	25.5	62	0.37	649
5	15	20	10	542	25.5	67	0.37	649
5	16	20	10	546	25.5	72	0.38	649
5	17	20	10	548	25.5	76	0.38	649
5	18	20	10	552	25.5	81	0.39	649
6	1	20	10	507	26	0	0	649
6	2	20	10	508	26	4	0	649
6	3	20	10	508	26	9	0	649
6	4	20	10	509	26	14	0.09	649
6	5	20	10	510	26.1	19	0.09	649
6	6	20	10	512	26.1	24	0.11	649
6	7	20	10	513	26.1	28	0.12	649
6	8	20	10	514	26.1	33	0.13	649
6	9	20	10	516	26.1	38	0.14	649
6	10	20	10	518	26.1	43	0.16	649
6	11	20	10	520	26.1	48	0.16	649
6	12	20	10	522	26.1	52	0.17	649
6	13	20	10	523	26.1	57	0.18	649
6	14	20	10	525	26.1	62	0.18	649
6	15	20	10	527	26.2	67	0.19	649
6	16	20	10	529	26.1	72	0.19	649



6	17	20	10	532	26.2	76	0.2	649
6	18	20	10	533	26.2	81	0.21	649
6	19	20	10	535	26.2	86	0.21	649
6	20	20	10	538	26.2	91	0.21	649
6	21	20	10	540	26.2	96	0.22	649
6	22	20	10	542	26.2	100	0.22	649
6	23	20	10	544	26.2	105	0.22	649
6	24	20	10	546	26.2	110	0.23	649
6	25	20	10	548	26.2	115	0.23	649
6	26	20	10	550	26.3	120	0.23	649
6	27	20	10	552	26.3	124	0.23	649
1	1	20	10	516	26.6	0	0	649
1	2	20	10	516	26.7	4	0	649
1	3	20	10	518	26.6	9	0	649
1	4	20	10	520	26.7	14	0.2	649
1	5	20	10	523	26.7	19	0.24	649
1	6	20	10	526	26.7	24	0.27	649
1	7	20	10	529	26.7	28	0.3	649
1	8	20	10	532	26.7	33	0.31	649
1	9	20	10	535	26.8	38	0.33	649
1	10	20	10	538	26.8	43	0.34	649
1	11	20	10	542	26.8	48	0.35	649
1	12	20	10	545	26.9	52	0.36	649
1	13	20	10	548	26.8	57	0.36	649
1	14	20	10	551	26.9	62	0.37	649
1	15	20	10	554	26.9	67	0.37	649
1	16	20	10	557	27	72	0.38	649
1	17	20	10	560	27	76	0.38	649
1	18	20	10	563	27	81	0.38	649
1	19	20	10	566	27	86	0.38	649
2	1	20	10	511	27.4	0	0	649
2	2	20	10	515	27.3	4	0	649
2	3	20	10	520	27.2	9	0	649
2	4	20	10	528	27.3	14	0.71	649
2	5	20	10	535	27.3	19	0.79	649
2	6	20	10	544	27.3	24	0.86	649
2	7	20	10	552	27.2	28	0.9	649
2	8	20	10	561	27.3	33	0.95	649
3	1	20	10	515	27	0	0	649
3	2	20	10	516	27	4	0	649
3	3	20	10	520	27	9	0	649
3	4	20	10	525	27	14	0.43	649
3	5	20	10	531	27	19	0.52	649
3	6	20	10	536	27	24	0.58	649
3	7	20	10	543	27	28	0.62	649
3	8	20	10	550	26.9	33	0.67	649
3	9	20	10	556	26.9	38	0.7	649
3	10	20	10	563	27	43	0.73	649



4	1	20	10	532	26.8	0	0	649
4	2	20	10	533	26.8	4	0	649
4	3	20	10	535	26.8	9	0	649
4	4	20	10	537	26.8	14	0.2	649
4	5	20	10	540	26.8	19	0.24	649
4	6	20	10	544	26.8	24	0.29	648
4	7	20	10	546	26.8	28	0.31	649
4	8	20	10	549	26.8	33	0.33	649
4	9	20	10	553	26.8	38	0.34	649
4	10	20	10	556	26.8	43	0.36	649
4	11	20	10	560	26.8	48	0.37	649
4	12	20	10	564	26.8	52	0.38	649
4	13	20	10	567	26.8	57	0.39	649
4	14	20	10	571	26.8	62	0.4	649
4	15	20	10	575	26.8	67	0.41	649
4	16	20	10	579	26.8	72	0.42	649
4	17	20	10	583	26.8	76	0.42	649
5	1	20	10	516	26.8	0	0	649
5	2	20	10	519	26.8	4	0	649
5	3	20	10	522	26.8	9	0	649
5	4	20	10	526	26.8	14	0.45	649
5	5	20	10	532	26.8	19	0.5	649
5	6	20	10	537	26.8	24	0.55	649
5	7	20	10	542	26.8	28	0.57	649
5	8	20	10	548	26.8	33	0.6	649
5	9	20	10	554	26.8	38	0.63	649
5	10	20	10	560	26.8	43	0.65	649
5	11	20	10	566	26.8	48	0.66	649
6	1	20	10	520	26.9	0	0	649
6	2	20	10	522	26.9	4	0	649
6	3	20	10	524	26.9	9	0	649
6	4	20	10	527	26.8	14	0.29	649
6	5	20	10	530	26.9	19	0.32	649
6	6	20	10	534	26.8	24	0.36	649
6	7	20	10	538	26.8	28	0.39	649
6	8	20	10	542	26.8	33	0.41	649
6	9	20	10	546	26.8	38	0.43	649
6	10	20	10	553	26.8	43	0.47	648
6	11	20	10	556	26.9	48	0.48	649
6	12	20	10	560	26.8	52	0.49	649
6	13	20	10	565	26.9	57	0.51	649
6	14	20	10	571	26.9	62	0.52	649
1	1	20	10	502	27.2	0	0	649
1	2	20	10	504	27.3	4	0	649
1	3	20	10	507	27.3	9	0	649
1	4	20	10	510	27.3	14	0.39	649
1	5	20	10	513	27.4	19	0.39	649
1	6	20	10	517	27.3	24	0.4	649



1	7	20	10	520	27.3	28	0.4	649
1	8	20	10	523	27.3	33	0.41	649
1	9	20	10	527	27.4	38	0.41	649
1	10	20	10	530	27.4	43	0.41	649
1	11	20	10	533	27.4	48	0.41	649
1	12	20	10	536	27.3	52	0.41	649
1	13	20	10	539	27.4	57	0.41	649
1	14	20	10	543	27.4	62	0.41	649
1	15	20	10	547	27.4	67	0.42	649
1	16	20	10	550	27.4	72	0.42	649
1	17	20	10	553	27.5	76	0.42	649
2	1	20	10	517	27.5	0	0	649
2	2	20	10	519	27.5	4	0	649
2	3	20	10	521	27.4	9	0	649
2	4	20	10	524	27.4	14	0.28	649
2	5	20	10	527	27.4	19	0.3	649
2	6	20	10	530	27.5	24	0.32	649
2	7	20	10	533	27.4	28	0.33	649
2	8	20	10	536	27.5	33	0.35	649
2	9	20	10	539	27.5	38	0.36	649
2	10	20	10	543	27.4	43	0.37	649
2	11	20	10	546	27.4	48	0.37	649
2	12	20	10	549	27.4	52	0.38	649
2	13	20	10	552	27.4	57	0.39	649
2	14	20	10	556	27.4	62	0.39	649
2	15	20	10	560	27.4	67	0.4	649
2	16	20	10	564	27.4	72	0.41	649
2	17	20	10	567	27.5	76	0.41	649
3	1	20	10	512	27.4	0	0	649
3	2	20	10	514	27.4	4	0	649
3	3	20	10	516	27.4	9	0	649
3	4	20	10	519	27.5	14	0.3	649
3	5	20	10	522	27.5	19	0.32	649
3	6	20	10	526	27.5	24	0.35	649
3	7	20	10	530	27.5	28	0.38	649
3	8	20	10	534	27.6	33	0.4	649
3	9	20	10	538	27.6	38	0.42	649
3	10	20	10	543	27.6	43	0.44	649
3	11	20	10	546	27.6	48	0.45	649
3	12	20	10	551	27.6	52	0.47	649
3	13	20	10	554	27.6	57	0.47	649
3	14	20	10	558	27.6	62	0.48	649
3	15	20	10	563	27.6	67	0.48	649
4	1	20	10	512	27.8	0	0	649
4	2	20	10	513	27.8	4	0	649
4	3	20	10	515	27.8	9	0	649
4	4	20	10	517	27.8	14	0.21	649
4	5	20	10	520	27.8	19	0.23	649



4	6	20	10	522	27.8	24	0.25	649
4	7	20	10	524	27.8	28	0.26	649
4	8	20	10	527	27.8	33	0.27	649
4	9	20	10	530	27.8	38	0.29	649
4	10	20	10	533	27.9	43	0.3	649
4	11	20	10	535	27.8	48	0.3	649
4	12	20	10	538	27.9	52	0.31	649
4	13	20	10	541	27.9	57	0.32	649
4	14	20	10	544	27.9	62	0.32	649
4	15	20	10	546	27.9	67	0.33	649
4	16	20	10	549	27.9	72	0.33	649
4	17	20	10	552	27.9	76	0.33	649
4	18	20	10	555	27.9	81	0.34	649
4	19	20	10	558	27.9	86	0.34	649
4	20	20	10	562	27.9	91	0.35	649
5	1	20	10	508	27.8	0	0	649
5	2	20	10	512	27.8	4	0	649
5	3	20	10	516	27.8	9	0	649
5	4	20	10	519	27.8	14	0.46	649
5	5	20	10	523	27.9	19	0.46	649
5	6	20	10	527	27.8	24	0.47	649
5	7	20	10	531	27.9	28	0.48	649
5	8	20	10	536	27.9	33	0.5	649
5	9	20	10	540	27.9	38	0.51	649
5	10	20	10	546	27.9	43	0.52	649
5	11	20	10	549	27.9	48	0.53	649
5	12	20	10	554	27.9	52	0.54	649
5	13	20	10	559	27.9	57	0.55	649
6	1	20	10	507	28.1	0	0	649
6	2	20	10	509	28.1	4	0	649
6	3	20	10	512	28.2	9	0	649
6	4	20	10	516	28.2	14	0.37	649
6	5	20	10	520	28.2	19	0.41	649
6	6	20	10	524	28.2	24	0.43	649
6	7	20	10	530	28.3	28	0.48	648
6	8	20	10	533	28.3	33	0.49	649
6	9	20	10	537	28.4	38	0.5	649
6	10	20	10	542	28.4	43	0.51	649
6	11	20	10	547	28.4	48	0.52	649
6	12	20	10	552	28.4	52	0.53	649
6	13	20	10	557	28.4	57	0.54	649
1	1	20	10	515	28.9	0	0	649
1	2	20	10	516	28.9	4	0	649
1	3	20	10	518	29	9	0	649
1	4	20	10	522	29	14	0.27	649
1	5	20	10	525	29	19	0.31	649
1	6	20	10	528	29.1	24	0.34	649
1	7	20	10	531	29.1	28	0.36	649



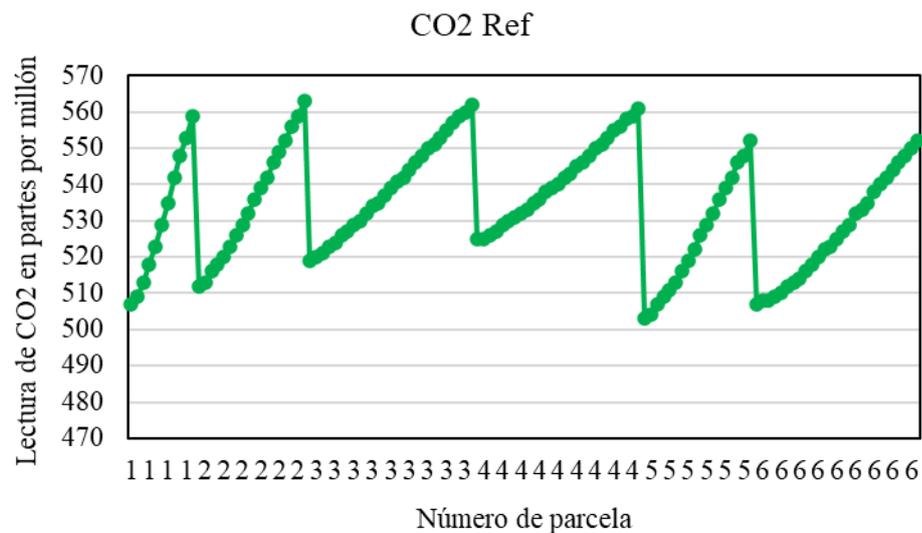
1	8	20	10	535	29.1	33	0.38	649
1	9	20	10	538	29.2	38	0.39	649
1	10	20	10	542	29.2	43	0.4	649
1	11	20	10	545	29.2	48	0.41	649
1	12	20	10	548	29.2	52	0.41	649
1	13	20	10	552	29.2	57	0.41	649
1	14	20	10	555	29.3	62	0.42	649
1	15	20	10	559	29.3	67	0.42	649
1	16	20	10	562	29.3	72	0.42	649
1	17	20	10	566	29.3	76	0.43	649
2	1	20	10	522	29.5	0	0	649
2	2	20	10	526	29.5	4	0	648
2	3	20	10	529	29.5	9	0	648
2	4	20	10	531	29.5	14	0.38	649
2	5	20	10	536	29.5	19	0.43	648
2	6	20	10	539	29.5	24	0.43	649
2	7	20	10	543	29.6	28	0.44	649
2	8	20	10	547	29.6	33	0.45	649
2	9	20	10	552	29.6	38	0.47	648
2	10	20	10	557	29.6	43	0.49	648
2	11	20	10	561	29.6	48	0.5	648
2	12	20	10	566	29.6	52	0.51	648
2	13	20	10	569	29.6	57	0.52	649
2	14	20	10	573	29.6	62	0.52	649
3	1	20	10	503	29.7	0	0	649
3	2	20	10	505	29.7	4	0	649
3	3	20	10	508	29.7	9	0	648
3	4	20	10	510	29.8	14	0.31	649
3	5	20	10	514	29.8	19	0.35	649
3	6	20	10	520	29.8	24	0.42	648
3	7	20	10	525	29.8	28	0.46	648
3	8	20	10	529	29.8	33	0.49	648
3	9	20	10	533	29.8	38	0.51	649
3	10	20	10	537	29.8	43	0.52	649
3	11	20	10	542	29.8	48	0.52	649
3	12	20	10	546	29.8	52	0.53	649
3	13	20	10	551	29.8	57	0.54	649
3	14	20	10	556	29.9	62	0.55	648
4	1	20	10	495	30	0	0	649
4	2	20	10	499	30	4	0	648
4	3	20	10	503	30	9	0	648
4	4	20	10	508	30	14	0.52	648
4	5	20	10	513	30	19	0.54	648
4	6	20	10	517	30	24	0.55	649
4	7	20	10	524	30	28	0.59	648
4	8	20	10	530	30	33	0.62	648
4	9	20	10	534	30	38	0.63	649
4	10	20	10	540	30	43	0.64	648



4	11	20	10	545	30	48	0.65	648
5	1	20	10	508	29.9	0	0	648
5	2	20	10	511	29.9	4	0	648
5	3	20	10	514	29.9	9	0	648
5	4	20	10	517	29.8	14	0.36	648
5	5	20	10	520	29.8	19	0.38	648
5	6	20	10	524	29.9	24	0.4	648
5	7	20	10	528	29.9	28	0.43	648
5	8	20	10	533	29.9	33	0.45	648
5	9	20	10	535	29.9	38	0.45	649
5	10	20	10	541	29.9	43	0.47	648
5	11	20	10	544	29.9	48	0.48	649
5	12	20	10	550	29.9	52	0.49	648
5	13	20	10	553	29.9	57	0.5	649
5	14	20	10	559	29.9	62	0.51	648
6	1	20	10	521	29.9	0	0	649
6	2	20	10	527	30	4	0	648
6	3	20	10	533	30	9	0	648
6	4	20	10	540	30	14	0.82	648
6	5	20	10	549	30	19	0.88	648
6	6	20	10	556	30	24	0.91	648
6	7	20	10	564	30	28	0.94	648
6	8	20	10	572	30	33	0.96	648

Nota: Plot: Número de parcela; RecNo: Número de registro; Day: día; Month: mes; CO₂ Ref: Lectura de CO₂ en partes por millón (ppm = $\mu\text{mol mol}^{-1}$); mbR Temp: Temperatura; ATMP: Presión atmosférica

Anexo 3. Concentración de CO₂ medido por equipo EGM-4 en seis anillos de medición en suelo sin roturar



Anexo 4. Cálculo de flujo de CO₂ en suelo sin roturar en callpar

Camara	Altura da camara (cm)					Vc (m3)	Vd	Cn - C1 tn - t1	Presion (P) (mb)	Temperatura °C	Temperatura K
	1	2	3	4	Média						
C1	7.2	7.1	7.8	7.0	7.28	0.00057	0.00123	1.08333	649.00	25.07	298.22
C2	7.1	7.0	7.1	6.8	7.00	0.00055	0.00123	0.70833	649.00	24.79	297.94
C3	7.9	6.9	7.1	7.9	7.45	0.00059	0.00123	0.37500	649.00	24.70	297.85
C4	8.0	7.8	7.7	8.2	7.93	0.00062	0.00123	0.33333	649.00	24.97	298.12
C5	7.0	6.8	7.1	7.2	7.03	0.00055	0.00123	0.68750	649.00	25.44	298.59
C6	7.8	7.0	6.8	7.1	7.18	0.00056	0.00123	0.41667	649.00	26.22	299.37

P t + 273.15	Area suelo can m ² (A)	Vd A	Peso molecular CO2 44 g/mol		R	44.01*0.36 R	Fs CO2 g m ⁻² h ⁻¹	Vd + Vc Vd	Fsc CO2 g m ⁻² h ⁻¹
2.1762	0.00785	0.15644298	44.01	0.36	8.314	1.905653	0.7029	1.4650	1.0297012
2.1783	0.00785	0.15644298	44.01	0.36	8.314	1.905653	0.4600	1.4474	0.66581709
2.1789	0.00785	0.15644298	44.01	0.36	8.314	1.905653	0.2436	1.4762	0.35960603
2.1770	0.00785	0.15644298	44.01	0.36	8.314	1.905653	0.2163	1.5066	0.32592588
2.1736	0.00785	0.15644298	44.01	0.36	8.314	1.905653	0.4455	1.4490	0.64554919
2.1679	0.00785	0.15644298	44.01	0.36	8.314	1.905653	0.2693	1.4586	0.39280222

Anexo 5. Panel fotográfico em terreno sin roturar



Terreno donde se realizó las mediciones antes de la labranza



Medición de concentración de dióxido de carbono



Medición de variables ambientales en suelo antes de labranza



Medición de variables ambientales



Medición de concentración de CO₂ en suelo sin roturar



Equipos utilizados para la investigación



Muestra de suelos en laboratorio para análisis

Anexo 6. Panel fotográfico em terreno roturado



Área para medición de concentración de CO₂ en terreno roturado



Liberando concentración de CO₂ medido en anterior medición



Programando el equipo EGM-4 para medición de CO₂



Registro de variables ambientales



Medición de variable atmosférica con apoyo de anemómetro digital

Anexo 7. Procedimiento para análisis em laboratorio



Muestras de suelo para ser procesado en laboratorio de la UNA Puno



Muestras colocadas em estufa para porcentaje de humedad y materia seca

Anexo 8. Análisis de varianza (ANOVA) comparando suelo roturado y sin roturar

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Fluxo g CO ₂	240	0.21	0.21	36.86

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	4.05	1	4.05	63.00	<0.0001
Labranza	4.05	1	4.05	63.00	<0.0001
Error	15.31	238	0.06		
Total	19.36	239			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.06424

Error: 0.0643 gl: 238

Labranza	Medias	n	E.E.
2	0.82	120	0.02 A
1	0.56	120	0.02 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
T° suelo	240	0.58	0.57	10.02

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1697.08	1	1697.08	323.31	<0.0001
Labranza	1697.08	1	1697.08	323.31	<0.0001
Error	1249.29	238	5.25		
Total	2946.37	239			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.58042

Error: 5.2491 gl: 238



Labranza	Medias	n	E.E.
2	25.53	120	0.21 A
1	20.21	120	0.21 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Hs	80	0.31	0.30	19.12

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	129.87	1	129.87	34.38	<0.0001
Labranza	129.87	1	129.87	34.38	<0.0001
Error	294.68	78	3.78		
Total	424.55	79			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.86527

Error: 3.7780 gl: 78

Labranza	Medias	n	E.E.
2	11.44	40	0.31 A
1	8.89	40	0.31 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Análisis de la varianza

Sistema	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
1	Fluxo g CO2	120	0.14	0.14	43.69

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1.35	1	1.35	19.60	<0.0001
Labranza	1.35	1	1.35	19.60	<0.0001
Error	8.10	118	0.07		
Total	9.45	119			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.09473

Error: 0.0687 gl: 118

Labranza	Medias	n	E.E.
2	0.71	60	0.03 A
1	0.49	60	0.03 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Sistema	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
2	Fluxo g CO2	120	0.35	0.35	27.02

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2.84	1	2.84	64.61	<0.0001
Labranza	2.84	1	2.84	64.61	<0.0001
Error	5.19	118	0.04		
Total	8.04	119			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.07585

Error: 0.0440 gl: 118

Labranza	Medias	n	E.E.
2	0.93	60	0.03 A
1	0.62	60	0.03 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)



Anexo 9. Declaración jurada de autenticidad de tesis



Universidad Nacional
del Altiplano Puno



Vicerrectorado
de Investigación



Repositorio
Institucional

DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo JOSE LUIS MARAZA MERCADO
identificado con DNI 74701751 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación denominada:

"EFECTO DE LA LABRANZA SOBRE EL FLUJO DE
DIÓXIDO DE CARBONO DEL SUELO EN EL
ALTIPLANO C.E. ILLPA PUNO"

Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

En caso de incumplimiento de esta declaración, me someto a las disposiciones legales vigentes y a las sanciones correspondientes de igual forma me someto a las sanciones establecidas en las Directivas y otras normas internas, así como las que me alcancen del Código Civil y Normas Legales conexas por el incumplimiento del presente compromiso

Puno 09 de DICIEMBRE del 2024


FIRMA (obligatoria)



Huella



Anexo 10. Autorización para el depósito de tesis en el repositorio institucional



Universidad Nacional
del Altiplano Puno



Vicerrectorado
de Investigación



Repositorio
Institucional

AUTORIZACIÓN PARA EL DEPÓSITO DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Por el presente documento, Yo JOSE LUIS MARAZA MERCADO
identificado con DNI 74701751 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRONÓMICA
informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación denominada:

"EFECTO DE LA LABRANZA SOBRE EL FLUJO DE
DIOXIDO DE CARBONO DEL SUELO EN EL
ALTIPLANO GE. JILPA PUNO"

para la obtención de Grado, Título Profesional o Segunda Especialidad.

Por medio del presente documento, afirmo y garantizo ser el legítimo, único y exclusivo titular de todos los derechos de propiedad intelectual sobre los documentos arriba mencionados, las obras, los contenidos, los productos y/o las creaciones en general (en adelante, los "Contenidos") que serán incluidos en el repositorio institucional de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno.

También, doy seguridad de que los contenidos entregados se encuentran libres de toda contraseña, restricción o medida tecnológica de protección, con la finalidad de permitir que se puedan leer, descargar, reproducir, distribuir, imprimir, buscar y enlazar los textos completos, sin limitación alguna.

Autorizo a la Universidad Nacional del Altiplano de Puno a publicar los Contenidos en el Repositorio Institucional y, en consecuencia, en el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, sobre la base de lo establecido en la Ley N° 30035, sus normas reglamentarias, modificatorias, sustitutorias y conexas, y de acuerdo con las políticas de acceso abierto que la Universidad aplique en relación con sus Repositorios Institucionales. Autorizo expresamente toda consulta y uso de los Contenidos, por parte de cualquier persona, por el tiempo de duración de los derechos patrimoniales de autor y derechos conexos, a título gratuito y a nivel mundial.

En consecuencia, la Universidad tendrá la posibilidad de divulgar y difundir los Contenidos, de manera total o parcial, sin limitación alguna y sin derecho a pago de contraprestación, remuneración ni regalía alguna a favor mío; en los medios, canales y plataformas que la Universidad y/o el Estado de la República del Perú determinen, a nivel mundial, sin restricción geográfica alguna y de manera indefinida, pudiendo crear y/o extraer los metadatos sobre los Contenidos, e incluir los Contenidos en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

Autorizo que los Contenidos sean puestos a disposición del público a través de la siguiente licencia:

Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. Para ver una copia de esta licencia, visita: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

En señal de conformidad, suscribo el presente documento.

Puno 09 de DICIEMBRE del 2024



FIRMA (obligatoria)



Huella