

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Ambiental

“DETERMINACIÓN DE LA CAPTURA DE CARBONO EN
PASTOS NATURALES ALTOANDINOS *Stipa ichu* Y
Alchemilla vulgaris TANTACHUAL BAJO, CAJAMARCA”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Ambiental

Autores:

Annie Jeaneth Miranda Terán

Ingrid Fiorella Cruzado Ruiz

Asesor:

M. Sc. Marieta Eliana Cervantes Peralta

Cajamarca - Perú

2020



DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación va dedicado a mis padres Guido Cruzado y Sara Ruiz porque fueron el principal cimiento para la construcción de mi vida profesional, sentaron en mi la base de responsabilidad, respeto y deseos de superarme cada día; por sus infinitos consejos, por su comprensión y sobre todo por el gran apoyo incondicional que me ofrecieron en cada momento de mi vida, en el cual formaron parte.

A mi hermano y familia en general por el apoyo que siempre me brindaron día a día en el transcurso de cada año de mi vida universitaria.

A mis compañeros y amigos, quienes sin esperar nada a cambio compartieron sus conocimientos, sus alegrías y tristezas.

Ingrid Fiorella, Cruzado Ruiz.

A mis padres Willy Miranda y Delicia Terán por su apoyo y amor incondicional por ser mi fortaleza, guía y la razón que me motiva para seguir adelante, a mis abuelitos Ramón Terán y Juana Barrantes por su amor sus palabras de aliento y sus consejos que han sabido brindarme y a todas las personas amigos y familiares que han creído en mí y han disfrutado y celebrado cada uno de mis logros.

Annie Jeaneth, Miranda Terán

AGRADECIMIENTO

El presente trabajo de investigación va dirigido con una expresión de gratitud primeramente a Dios por protegernos durante todo este camino y darnos fuerza para superar obstáculos y dificultades a lo largo de todo este tiempo.

Agradecer a nuestra asesora, Ing. Marieta Eliana Cervantes Peralta y al Ing. William Carrasco Chilón por darnos su apoyo y tiempo, por su esfuerzo y dedicación, y por brindarnos sus conocimientos, experiencia, paciencia y su motivación que han logrado que nosotras podamos terminar nuestro trabajo de investigación con éxito.

Por último, agradecer a nuestros padres por ser los principales motores de este sueño, gracias a ellos por confiar, creer en nosotras; y sobre todo por que estuvieron dispuestos a acompañarnos en este camino, alentándonos a seguir y llegar a cumplir cada una de las metas trazadas. También, por habernos brindado todo su apoyo moral y económico que hemos requerido durante este largo proceso académico.

Tabla de contenidos

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTO	3
ÍNDICE DE TABLAS	5
ÍNDICE DE FIGURAS	6
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	9
1.1. Realidad problemática.....	9
2.2. Antecedentes.....	11
2.3. Definiciones Conceptuales	17
2.4. Formulación del problema.....	25
2.5. Objetivos.....	25
2.6. Hipótesis	26
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA	27
2.1. Población y muestra (Materiales, instrumentos y métodos).....	27
2.2. Procedimiento	32
2.7. Consideraciones éticas	34
CAPÍTULO III. RESULTADOS	35
3.1. Captura de carbono en <i>Stipa ichu</i> y <i>Alchemilla vulgaris</i>	35
3.2. Cuantificación de carbono en <i>Stipa ichu</i> y <i>Alchemilla vulgaris</i>	35
3.3. Captura de carbono en <i>Stipa ichu</i>	36
3.4. Captura de carbono en <i>Alchemilla vulgaris</i>	37
3.5. Análisis estadístico.....	38
3.6. Comparación de captura de carbono en <i>Stipa ichu</i> y <i>Alchemilla vulgaris</i>	41
3.7. Producción de biomasa.....	42
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	57
4.1. Discusión	57
4.2. Conclusiones.....	64
BIBLIOGRAFÍA	66
ANEXOS	70

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Determinación de captura de carbono mediante la prueba de LSD para los factores A, B y C.....	35
Tabla 2 Cuantificación de carbono para <i>Stipa ichu</i> y <i>Alchemilla vulgaris</i> expresado en kg/ha.....	35
Tabla 3 Contenido porcentual de carbono en biomasa aérea de <i>Stipa ichu</i>	36
Tabla 4 Contenido porcentual de carbono en biomasa radicular de <i>Stipa ichu</i>	36
Tabla 5 Contenido porcentual de carbono en biomasa aérea de <i>Alchemilla vulgaris</i>	37
Tabla 6 Contenido porcentual de carbono en biomasa radicular de <i>Alchemilla vulgaris</i>	37
Tabla 7 Resultados del experimento factorial 2A x 2B x 3C expresados en porcentaje	38
Tabla 8 Estadístico de Shapiro-Wilks.....	39
Tabla 9 Análisis de varianza para el factorial 2Ax2Bx3C en un Diseño bloque completo aleatorizado	40
Tabla 10 Comparación de contenido porcentual de carbono en biomasa aérea de <i>Stipa ichu</i> y <i>Alchemilla vulgaris</i>	41
Tabla 11 Comparación de contenido porcentual de carbono en biomasa radicular de <i>Stipa ichu</i> y <i>Alchemilla vulgaris</i>	42
Tabla 12 Peso de biomasa verde y seca de <i>Alchemilla vulgaris</i>	42
Tabla 13 Peso de biomasa verde y seca de <i>Stipa ichu</i>	43
Tabla 14 Contenido de materia seca en <i>Stipa ichu</i> y <i>Alchemilla vulgaris</i>	43
Tabla 15 Contenido de agua en <i>Stipa ichu</i> y <i>Alchemilla vulgaris</i>	44

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Captura de carbono en <i>Stipa ichu</i> en biomasa aérea	45
Figura 2. Captura de carbono en <i>Stipa ichu</i> en biomasa radicular.	46
Figura 3. Captura de carbono en <i>Alchemilla vulgaris</i> en biomasa aérea.....	47
Figura 4. Captura de carbono en <i>Alchemilla vulgaris</i> en biomasa radicular	48
Figura 5. Porcentaje de carbono en las especies <i>Stipa ichu</i> y <i>Alchemilla vulgaris</i> en Pre floración en biomasa aérea	49
Figura 6. Porcentaje de carbono en las especies <i>Stipa ichu</i> y <i>Alchemilla vulgaris</i> en floración en biomasa aérea.....	50
Figura 7. Porcentaje de carbono en las especies <i>Stipa ichu</i> y <i>Alchemilla vulgaris</i> en fructificación en biomasa aérea	51
Figura 8. Porcentaje de carbono en las especies <i>Stipa ichu</i> y <i>Alchemilla vulgaris</i> en pre floración en biomasa radicular	52
Figura 9. Porcentaje de carbono en las especies <i>Stipa ichu</i> y <i>Alchemilla vulgaris</i> en floración en biomasa radicular.	53
Figura 10. Porcentaje de carbono en las especies <i>Stipa ichu</i> y <i>Alchemilla vulgaris</i> en fructificación en biomasa radicular.....	54
Figura 11. Contenido de materia seca en <i>Stipa ichu</i> y <i>Alchemilla vulgaris</i>	55
Figura 12. Contenido de agua en <i>Stipa ichu</i> y <i>Alchemilla vulgaris</i>	56

RESUMEN

El estudio tuvo como objetivo determinar la capacidad de captura de carbono en dos especies de pastos naturales altoandinos *Stipa ichu* y *Alchemilla vulgaris*. La investigación se llevó a cabo durante los meses de mayo a diciembre del 2019. Asimismo, la recolección de las muestras fue realizada considerando las etapas fenológicas. Las muestras fueron lavadas y secadas al ambiente por tres días, luego se procedió a separar la parte aérea y la parte radicular mediante un corte a cada una de las plantas. La determinación de la concentración de carbono se realizó mediante el método de Walkley – Black (Arrieche & Pacheco, 1998). Los resultados del análisis de varianza manifiestan que hay significación estadística al 1% de probabilidad para los factores B (partes de la planta) y C (etapas fenológicas). Finalmente, la prueba de LSD (Diferencia mínima significativa) dio como resultado que el *S. ichu* es más eficiente, ya que en promedio tiene una capacidad de captura de carbono de 30,21% a diferencia de *A. vulgaris* 29,25%. Por otro lado, el *S. ichu* posee mayor capacidad de captura de carbono en la etapa de pre floración con 37,35%, mientras que la *A. vulgaris* posee un 32,01% en la etapa de floración.

PALABRAS CLAVE: Captura de carbono, pastos naturales altoandinos, parte aérea, parte radicular, etapas fenológicas.

ABSTRACT

The study aimed to determine the carbon capture capacity in two species of high Andean natural pastures *Stipa ichu* and *Alchemilla vulgaris*. The research was carried out during the months of May to December 2019. Likewise, the collection of the samples was carried out the phenological stages. The samples were washed and dried to the environment for three days and then the aerial part and the root part were separated by a cut at the neck level of each of the plants. The carbon concentration was determined using the Walkley-Black. (Arrieche & Pacheco, 1998) The results of the analysis of variance show that there is statistical significance at a 1% probability for factors B (parts of the plant) y C (phenological stages). Finally, the LSD (Minimum Significant Difference) test resulted in *S. ichu* being more efficient, since on average it has a carbon capture capacity of 30.21% unlike *A. vulgaris* 29.25%. On the other hand, the ichu has a greater capacity to capture carbon in the pre-flowering stage with 37.35%, while *A. vulgaris* possesses in the flowering stage with a 32.01%.

Keywords: Carbon capture, high Andean natural pastures, aerial part, root part, phenological stage

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

I.1. Realidad problemática

El calentamiento global como consecuencia de la acumulación de Gases de Efecto Invernadero (GEI) en la atmósfera, está generando gran preocupación en el mundo, puesto que sus consecuencias son altamente perjudiciales en la sostenibilidad de los ecosistemas.

El carbono es uno de los seis gases principales que interviene en el efecto invernadero contribuyendo de esta manera al cambio climático.

En los últimos 200 años los incrementos de CO₂ en la atmósfera han ido de 280 a 375 partes por millón (ppm) y continúa aumentando a una tasa promedio superior a 1.5 ppm por año. Este efecto ha sido enteramente atribuido a actividades antrópicas, como el cambio de uso de tierra, la deforestación, entre otras (Shine et al., 2005).

Según la Organización Meteorológica Mundial (OMM) la concentración de dióxido de carbono en la atmósfera aumentó a una velocidad récord en 2016, alcanzando el nivel más alto en 800 000 años. La concentración media mundial de CO₂ pasó de las 400,00 partes por millón (ppm) de 2015 a 403,3 ppm en 2016, como resultado de las actividades humanas combinadas con un intenso episodio de El Niño. Actualmente la concentración de CO₂ representa el 145% de los niveles preindustriales (antes de 1750), se señala en el Boletín sobre los Gases de Efecto Invernadero. Del mismo modo la última publicación del Boletín de la OMM sobre los Gases de efecto invernadero ha mostrado que la concentración media mundial de dióxido de carbono (CO₂) alcanzó las 407,8 partes por millón (ppm) en 2018, tras haber sido de 405,5 ppm en 2017. El incremento de CO₂ que

se produjo de 2017 a 2018 fue muy similar al observado de 2016 a 2017 y se situó justo por encima de la media del último decenio.

En vista de dicha problemática en la Cumbre de Paris 2015 busca dar continuidad a los acuerdos tomados en el protocolo de Kioto en el cual se estableció la necesidad de determinar la cantidad de carbono almacenado en los "Sumideros de Gases de Efecto Invernadero", a fin de comprender lo que pasará en el futuro si seguimos agotando los sistemas vegetales. Considerando que estos sistemas tienen la capacidad de capturar carbono atmosférico y convertirlo en moléculas orgánicas mediante la fotosíntesis (Figuerola et al., 2005), así como participar activamente en el ciclo global del carbono, es posible implementar a través de ellos Mecanismos de Desarrollo Limpio (MDL) que servirán para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, a través de los cuales se podrían incentivar las plantaciones agroforestales y forestales con fines de captura de carbono (Consejo Nacional del Medio Ambiente, 2001).

La captura de carbono se efectúa en los ecosistemas forestales mediante el intercambio de carbono con la atmósfera a través de la fotosíntesis y la respiración llevando al almacenamiento en la biomasa y en el suelo, así mismo la captura de carbono a través de la vegetación es el mecanismo más prometedor para la mitigación del efecto invernadero con respecto al excedente de dióxido de carbono (CO₂) en la atmósfera (Taiz & Zeiger, 1998).

Los ecosistemas vegetales constituyen un proceso natural para sustraer dióxido de carbono atmosférico, ya que por medio de la fotosíntesis el carbono queda fijado en la estructura vegetal donde se mantiene almacenado por largos periodos de tiempo (Zermeño & Zapata, 2011).

La fijación de carbono, es un servicio ecosistémico que cumple funciones importantes para el bienestar humano, se basa en el proceso de transformación del carbono atmosférico a carbono orgánico almacenado en el suelo y en los sistemas vegetales (hojas, tallos y raíces). Particularmente, los pastos naturales altoandinos cubren grandes extensiones de terreno y no han merecido tanta atención investigativa como los elementos de bosque. Sin embargo, las pasturas son un gran potencial no explotado para atenuar el cambio climático, mediante la acumulación de CO₂.

En el Perú son escasos los estudios realizados en secuestro o captura de carbono a diferencia de otros países latinoamericanos como Brasil y México, más aún se desconoce el valor de los pastos naturales altoandinos como fijadores de carbono.

Según los datos del VI Censo Nacional Agropecuario (CENAGRO) 2012 informa que la región Cajamarca cuenta con 529 465.9 hectáreas de pastos naturales altoandinos que se localizan en las partes altas y cabeceras de cuenca en altitudes superiores a 3000 m.s.n.m. esto representa el 15.8% del total de la superficie de toda la región por lo tanto es importante que estos ecosistemas sean estudiados. En tal sentido, con la intención de aportar con información para futuras investigaciones y considerando la captura de carbono en pastos naturales altoandinos como alternativa para mitigar las altas emisiones de gases de efecto invernadero y valorarlo en un futuro como un servicio ambiental en la región de Cajamarca se llevó a cabo el presente trabajo de investigación.

2.2. Antecedentes

En el estudio “Carbono secuestrado en ecosistemas agropecuarios cubanos y su valoración económica” concluyeron que los resultados comparativos de una finca con un pastizal natural y otra convertida en un sistema agroforestal, con 11 años de explotación. El carbono que ha sido almacenado por el sistema silvopastoril fue mayor

que el secuestrado en el sistema de pasto natural. El carbono forestal y el retenido en pastos y en suelos alcanzó valores de 64, 38 y 24 t/ha, respectivamente. El sistema silvopastoril secuestró 126 t de carbono, a diferencia del sistema de pasto natural que solo alcanzó 32 t/ha en el año de evaluación. El sistema agroforestal superó sustancialmente al sistema de pasto natural, por su alta contribución ambiental y económica, cuyo valor se aproximó a los 1 300 dólares (USD) por año. Esta valoración económica es un elemento fundamental para lograr una utilización sostenible del ecosistema y, aunque no constituye el instrumento a tener presente para todas las decisiones, representa uno de los aspectos que intervienen en el proceso decisorio, junto con otras importantes consideraciones políticas, sociales y culturales. Los resultados confirmados de los sistemas agroforestales son una alternativa para el desarrollo sostenible de los sistemas en el sector agropecuario (Taymer et al., 2007).

En el artículo “Carbono almacenado en la biomasa aérea de plantaciones de hule (*Hevea brasilienses*) de diferentes edades, en Tabasco, México” concluyeron que el carbono almacenado en la biomasa aérea de plantaciones de hule en edades de 5, 9, 15, 25, 32 y 51 años, mediante el uso de inventario dasométrico y ecuaciones alométricas. El carbono almacenado fue determinado a través de la regresión lineal y se analizó mediante comparación de medias de Tukey ($p < 0.05$) con el programa Statistical Analysis System (SAS). El contenido de carbono vario en cada una de las edades; en la plantación de 51 años el carbono almacenado en el fuste fue 192.32 mg ha⁻¹, en las ramas fue 64.75 mg ha⁻¹ y el total aéreo del árbol fue 257.07 mg ha⁻¹, mientras que en la plantación de 5 años los valores fueron 16.65 Mg ha⁻¹, 9.63 Mg ha⁻¹ y 26.28 Mg ha⁻¹, respectivamente. Los resultados indicaron que *H. brasilienses* en la fase adulta tuvo

mayor capacidad de estimación de carbono y puede considerarse como una fuente potencial de mitigación ante el cambio climático (Lopez & Martínez, 2016).

En el estudio “Potencial de almacenamiento de carbono de caucho (*Hevea brasiliensis*) plantaciones en monocultura y sistemas agroforestales en la amazonia colombiana”, concluyeron que la estimación del potencial de captura de carbono en plantación de caucho (*Hevea brasiliensis*) en dos sistemas de producción: monocultivo y sistema agroforestal con copoazú (*Theobroma grandiflorum*), en fincas de Florencia, fueron clasificados en tres clases de edades, de acuerdo con su etapa productiva: 1-7, 8-20 y > 20 años. Los cuales fueron encontrados que, la mayor proporción de carbono almacenado fue en la biomasa, con un 95 y 92% en plantaciones de monocultivo en fase adulta y en sistemas agroforestales, respectivamente. En ambos tipos de sistemas de producción, el almacenamiento de carbono fue en función de la edad y la densidad arbórea (Orjuela et al., 2014).

En el trabajo “Almacenamiento de carbono en pastos naturales altoandinos” determinaron la capacidad de almacenamiento de carbono en cuatro especies de pastos naturales altoandinos; *Stipa ichu*, *Alchemilla pinnata*, *Festuca dolichophylla* y *Muhlenbergia ligularis*, que fueron recolectados al azar, un número de 10 plantas completas entre abril y mayo, considerando el momento de máximo crecimiento de las plantas. La determinación de 1% de carbono se realizó a través del método de Walkley-Black. Asimismo, los resultados de la correlación de peso entre biomasa aérea y biomasa radicular fueron altamente significativos $r = 0,9856^{**}$ y $b = 3,4507$. El porcentaje del peso de la raíz respecto al de la biomasa aérea osciló entre 27,93% y 30,20%, respectivamente. Por otro lado, la especie *Stipa ichu* tiene una capacidad de

almacenamiento de carbono de 32.23% y 32.55% en biomasa aérea y radicular.

Finalmente, el contenido de carbono fue expresado como porcentaje que varió según la parte de la planta y el lugar de procedencia (Yaranga & Villanueva, 2013).

De la tesis “Evaluación del potencial servicio ambiental de almacenamiento de carbono en la especie *Stipa ichu*”. Determino la densidad de las matas de *S. ichu*, que fue estratificado en la microcuenca en tres etapas, parte baja (estrato 1), media (estrato 2) y alta (estrato 3), en cada estrato que se contabilizó, se midió la altura, área basal y área cubierta de cada mata en parcelas de $4m^2$ y en parcelas de $1m^2$, se aplicó el método “destrutivo”, se separó en sus componentes (raíz, hojas, tallos y flores) para su pesaje con la finalidad de estimar la producción de biomasa verde, las muestras fueron llevadas al laboratorio para estimar la biomasa seca por el método “gravimétrico” y parte de las muestras para determinar el contenido de carbono en cada componente mediante el método de “Walkley y Black” y para la generación del modelo alométrico, se aplicó el método de regresión estadística: que obtuvieron como resultados de que de la densidad del *S. ichu* en el estrato 1 es de 53750 matas/ha, el estrato 2 es de 82 500 matas/ha y en el estrato 3 es de 52 857 matas/ha. Que tuvieron la producción promedio de biomasa verde es 26.560 tn/ha y 15.433 tn/ha de biomasa seca, y la producción de biomasa total a nivel del área de estudio es de 3 635.82 tn de biomasa verde y 2 106.51 tn biomasa seca. El modelo matemático de mejor ajuste para estimar de manera indirecta el contenido de carbono es de tipo exponencial de la forma; $Carbono (kg)=0.0023e^{4.802*altura \text{ de } Stipa \text{ ichu } (m)}$. El almacenamiento de carbono promedio es de 8.670 tn C/ha y en toda el área de estudio es de 3 549.07 tn C, asimismo, los componentes del *S. ichu* de mayor almacenamiento de carbono está en las hojas con

un 56.56 %, seguida por el tallo con un 55.72%, la raíz con un 54.03% y por último la flor con un 53.06% (Rivera, 2018).

De la tesis titulada “Almacenamiento de carbono en pastizales naturales con y sin práctica de restauración del paraje Lomo Largo – Jauja” fue realizado en un área total de 356.6 ha entre 4014 y 4162 msnm, segmentada en 10 áreas caracterizadas por tipo de formación vegetal: (Césped de puna, Pajonal de *Festuca* y Pajonal de *Stipa*) en época de lluvia y estiaje. La producción primaria media; en Césped de puna fue de 5414 + 1998 kg/ha/año de materia seca, en Pajonal de *Festuca* 23175 + 2472 kg/ha/año y en Pajonal de *Stipa* 20822 + 7007 kg/ha/año. La condición de los pastizales fue: En Césped de puna y en Pajonal de *Festuca* la condición fue buena y para Pajonal de *Stipa* la condición fue regular. En la biomasa aérea el carbono orgánico secuestrado fue 5.88 + 2.69 toneladas de carbono por hectárea (tC/ha), la biomasa radicular secuestró 6.35 + 1.11 tC/ha y el carbono orgánico almacenado en el suelo 3.95 + 2.21 tC/ha. Se concluyo que, no existe correlación entre épocas en la producción primaria, en secuestro de carbono en la biomasa aérea y radicular la correlación fue baja entre épocas. Sin embargo, la correlación entre épocas en almacenamiento de carbono orgánico en el suelo fue alta (sig. = 0.003), existiendo correlación entre épocas (Quispe, 2017).

ANTECEDENTES LOCALES

De la tesis “Determinación de la captura del carbono en dos sistemas de pastos mejorados en el distrito de San Silvestre de Cochán Provincia de San Miguel – Cajamarca”. El trabajo se desarrolló con un diseño no experimental mediante el análisis descriptivo, el cual fue realizado en dos parcelas de pastos mejorados en áreas de 2 ha, 1 ha de *Avena sativa* y 1 ha de *Lolium multiflorum*. Se usó el método directo no

extractivo para calcular la biomasa aérea, biomasa radicular en dos estados en fresco y seco, obteniendo en cálculo del % de materia seca y para la muestra de suelo, se realizó a partir la del perfil del suelo, encontrándose el peso seco y densidad aparente. Para conocer el contenido de carbono en los pastos se utilizó el método de determinación del factor de conversión de carbono (0,5) y para saber si existe variación entre las medias de las variables de carbono de los dos sistemas de pastos se utilizó la prueba de “t” de Student. Concluyo, que el sistema de pasto de *Rye grass*, fue más eficiente en la captura de carbono estimado con 169,55 t CO₂-e/ha/año (Romero, 2015).

De la tesis titulada “Cuantificación de la captura de carbono en la biomasa aérea de la guayaba (*Psidium guajava*) en Cajabamba- Cajamarca”. el desarrollo fue basado en la guía para la determinación de carbono en pequeñas propiedades rurales en el fundo Conde Vargas, metodología del Centro Mundial Agroforestal (ICRAF) y el Ministerio del Ambiente (MINAM) para la determinación de almacenamiento de carbono. La investigación se realizó con un muestreo estratificado, que tiene 10 hectáreas de terreno, con agroforestería compuesta por huertos de paltas, entre otros; se hizo un inventario dentro de las 10 hectáreas de estudio, que se encontró 93 árboles de guayaba. Se dividieron en Estrato I. comprende desde el nacimiento de las semillas, la apertura de cotiledones hasta la apertura de la primera flor. Estrato II. Comprende desde la formación de flores a partir de yemas hasta fructificación. Se concluyo que la cuantificación de la captura de carbono en la biomasa aérea de la guayaba (*Psidium guajava*) fue de 0.108 ton/árbol durante 1 año y contenido de carbono total por ecuación alométrica, que fue de 9,201 t/ha (Casas, 2017).

2.3.1. La captura de carbono

Se conoce como sumidero de todo sistema o proceso por el que se extrae de la atmósfera un gas o gases y se almacena. Las plantas, a través de la fotosíntesis, extraen el carbono de la atmósfera (en forma de CO_2) y lo convierten en biomasa, esta biomasa al descomponerse se convierte en parte del suelo en forma de humus. El CO_2 secuestrado por las plantas es el resultado de las diferencias entre el CO_2 atmosférico absorbido durante el proceso de la fotosíntesis y este mismo gas emitido por la atmósfera durante la respiración (Carvajal et al., 2010).

2.3.2. Cambio Climático

Los cambios en el clima incluyen el aumento de las temperaturas, cambios en las precipitaciones, la elevación del nivel del mar, y la creciente frecuencia e intensidad de fenómenos climáticos extremos que producen mayor variabilidad climática. Las pruebas observadas muestran que la composición de la atmósfera está cambiando por ejemplo, las crecientes concentraciones de gases de efecto invernadero, como el dióxido de carbono (CO_2) y el metano (CH_4), así como el clima de la Tierra (la temperatura, las precipitaciones, el nivel del mar, las capas de hielo marino, y en algunas regiones los fenómenos climáticos extremos tales como olas de calor, fuertes precipitaciones y sequías) (Watson et al., 2002).

2.3.3. Presión Atmosférica

El aire que nos rodea, aunque no lo notemos, pesa y, por tanto, ejerce una fuerza sobre todos los cuerpos debida a la acción de la gravedad. La presión atmosférica

depende de muchas variables, sobre todo de la altitud. Cuanto más arriba en la atmósfera nos encontremos, la cantidad de aire por encima nuestro será menor, lo que hará que también sea menor la presión que éste ejerza sobre un cuerpo ubicado allí (Rodriguez et al., 2004).

2.3.4. Efecto Invernadero

Se denomina "efecto invernadero" al fenómeno por el que parte de la energía calorífica emitida por la corteza terrestre, es retenida y reflejada por determinados gases que forman parte de la atmósfera, impidiendo que se produzca un enfriamiento progresivo de la Tierra. Sin la actuación de estos gases, la vida tal como la conocemos no sería posible, ya que el calor emitido por el planeta se disiparía en el espacio produciendo unas temperaturas extremadamente bajas en la Tierra (Carvajal et al., 2010).

2.3.5. Gases de Efecto Invernadero

Los gases de efecto invernadero (GEI) o gases de invernadero son los componentes gaseosos de la atmósfera, tanto naturales como antropógenos, que absorben y emiten radiación en determinadas longitudes de onda del espectro de radiación infrarroja emitido por la superficie de la Tierra, la atmósfera y las nubes. Esta propiedad produce el efecto invernadero. En la atmósfera de la Tierra, los principales GEI son el vapor de agua (H₂O), el dióxido de carbono (CO₂), el óxido nitroso (N₂O), el metano (CH₄) y el ozono O₃ (Benavides & Leon, 2007).

2.3.6. Biomasa

La biomasa forestal se define como el peso (o estimación equivalente) de materia orgánica que existe en un determinado ecosistema forestal por encima o por debajo del suelo. La biomasa de un árbol está distribuida en los siguientes componentes: el fuste, ramas, hojas que corresponden a la biomasa aérea y la biomasa subterránea con los componentes de corteza, raíces, hojarasca y madera muerta. La biomasa tiene una especial importancia debido a que permite conocer las cantidades de carbono almacenado por los árboles y este se cuantifica en toneladas por hectáreas (Vilca, 2017).

2.3.7. Biomasa aérea

Constituye toda la biomasa viva vegetal encontrada sobre el ras del suelo la cual principalmente está compuesta por la estructura de todas las especies vegetales vivas presentes como en: tallos, hojas, ramas, flores, etc. No se incluyen la hojarasca y demás materia en descomposición (Vilca, 2017).

2.3.8. Biomasa radicular

La biomasa y la distribución de los sistemas radicales de las plantas cambia de manera predecible en los diferentes biomas del mundo. La parte subterránea del bosque es una de las más importantes del ecosistema, ya que es donde se almacenan, absorben y reciclan los nutrientes minerales y el agua (Garate & Blanco, 2013).

2.3.9. Protocolo de Kioto

El Protocolo de Kioto es un instrumento de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, y un acuerdo internacional que tiene por objetivo reducir las emisiones de seis gases de efecto invernadero que causan el calentamiento global: dióxido de carbono (CO₂), gas metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O), además de

tres gases industriales fluorados: Hidrofluorocarbonos (HFC), Perfluorocarbonos (PFC) y Hexafluoruro de azufre (SF_6). El referido Protocolo compromete a los países industrializados a estabilizar las emisiones de gases de efecto invernadero; establece metas vinculantes de reducción de las emisiones para 37 países industrializados y la Unión Europea, reconociendo que son los principales responsables de los elevados niveles de emisiones de GEI (Gases de Efecto Invernadero) que hay actualmente en la atmósfera, y que son el resultado de quemar combustibles fósiles durante más de 150 años (Schwartz, 2012).

2.3.10. Fotosíntesis

La fotosíntesis es un proceso metabólico fundamental para todos los organismos vivos ya que consiste en el empleo de la energía luminosa para biosintetizar los componentes celulares. La energía solar constituye no solamente la fuente energética para las plantas verdes y otros autótrofos fotosintéticos, sino también, en último término, la fuente energética para casi todos los organismos heterótrofos, mediante la actuación de las cadenas alimenticias de la biosfera (Carvajal et al., 2010).

2.3.11. Sistemas Pastoriles

“Son una combinación de arbustos forrajeros y pastos que representan un sumidero de carbono que podría superar al que ofrecen los bosques, si se utiliza adecuadamente” (Navas, 2010).

2.3.12. Servicios Ambientales

Según la Ley N° 30215, Ley de Mecanismos de Retribución por Servicios Ecosistémicos; Son los beneficios económicos, sociales y ambientales, directos e

indirectos, que las personas obtienen del buen funcionamiento de los ecosistemas. Los ecosistemas cumplen funciones importantes, entre ellos se cuenta la regulación hídrica en cuencas, el mantenimiento de la biodiversidad, el secuestro de carbono, la belleza paisajística y la formación de suelos, entre otros (Ley N°30215, 2014).

2.3.13. Dioxido de Carbono (CO₂)

En la naturaleza, billones de toneladas de C en forma de (CO₂)son emitidas a la atmosfera anualmente por medio de los procesos naturales (fuentes) y son absorbidos por los océanos y la biomasa viviente (sumideros), Los flujos continuos más grandes ocurren entre la atmosfera y la biota terrestre y entre la atmosfera y el agua de la superficie de los océanos. En la atmosfera, el carbono existe predominantemente en forma oxidada: (CO₂). Este gas forma parte del ciclo global del C, por lo que su destino es una función compleja de diversos procesos geoquímicos y biológicos. El tiempo de vida del (CO₂) en la atmosfera es de 5 a 200 años (Homero & Gasca, 2007).

2.3.14. Calentamiento Global

El calentamiento global se puede entender en forma simplificada como el incremento gradual de la temperatura del planeta como consecuencia del aumento de la emisión de ciertos gases de Efecto Invernadero - GEI) que impiden que los rayos del sol salgan de la tierra, bajo condiciones normales. (Una capa "más gruesa" de gases de efecto invernadero retiene más los rayos infrarrojos y hace elevar la temperatura). Por otro lado, es un término utilizado habitualmente en dos sentidos: Es el fenómeno observado que muestra en promedio un aumento en la temperatura de la atmósfera terrestre y de los océanos en las últimas décadas (Benavides & Leon, 2007).

2.3.15. Praderas Altoandinas

Se encuentran entre los 3.800 a 4.400 msnm. Están compuestas por una vegetación baja, cuya época de crecimiento coincide con la estación de lluvias. La mayoría son gramíneas perennes. Su tamaño, sin considerar los tallos floríferos, alcanza un metro en las especies más altas como la chilligua (*Festuca dolichophylla*). A las gramíneas, se asocian otras hierbas, tanto anuales como perennes. Los arbustos están muy diseminados. Al finalizar la estación de lluvias (de crecimiento para todos los pastos), sigue la estación seca, en la que las hierbas más delicadas desaparecen y queda una vegetación compuesta principalmente por gramíneas. Las gramíneas constituyen el mayor grupo de especies vegetales en estas praderas. Entre las especies principales se menciona: la chilligua (*Festuca dolichophylla*), el crespillo (*Calamagrosti vicunarium*), el ichu (*Stipa ichu*), el llachu o chili (*Muhlenbergia fastigiata*) y el ccachu (*Poa candamoana*). Éstas constituyen especies indicadoras o claves en el manejo de las canchas o potreros (Florez, 2005).

2.3.16. Fenología

La Fenología es la rama de la Agrometeorología que trata del estudio de la influencia del medio ambiente físico sobre los seres vivos. Dicho estudio se realiza a través de las observaciones de los fenómenos o manifestaciones de las fases biológicas resultantes de la interacción entre los requerimientos climáticos de la planta y las condiciones de tiempo y clima reinantes en su hábitat (Yzarra & Lopez, 2011).

2.3.17. Fases Fenológicas

Una fase fenológica viene a ser el período durante el cual aparecen, se transforman o desaparecen los órganos de las plantas. También puede entenderse como el tiempo de

una manifestación biológica. La mayoría de estas fases son visibles en casi todas las plantas, sin embargo, existen algunas plantas que poseen ciertas fases invisibles (Yzarra & Lopez, 2011).

2.3.18. Etapas Fenológicas

Una etapa fenológica está delimitada por dos fases fenológicas sucesivas. Dentro de ciertas etapas se presentan períodos críticos, que son el intervalo breve durante el cual la planta presenta la máxima sensibilidad a determinado evento meteorológico, de manera que las oscilaciones en los valores de este evento se reflejan en el rendimiento del cultivo; estos periodos críticos se presentan generalmente poco antes o después de las fases, durante dos o tres semanas. El comienzo y fin de las fases y etapas sirven como medio para juzgar la rapidez del desarrollo de las plantas (Yzarra & Lopez, 2011).

2.3.19. *Alchemilla vulgaris*

La *Alchemilla vulgaris*, es una especie fanerógama perteneciente al reino *Plantae* y de familia Rosáceas, también llamado *pie de león* o *manto de dama* y chilifruta. Es una planta perenne que tiene de 10 – 40 cm de altura y se las llaman vivaces, ya que muere en otoño y revive en primavera. Las hojas se amontonan en la base de la planta, quedando pocas en el tallo. Las flores son pequeñas, nacen en las ramas terminales y se caracterizan por no tener corola y se agrupan en corimbos. La *A. vulgaris* se vale de apomixia para polinizar sus flores de color amarillo dotadas de unidades reproductivas hermafroditas. En cuanto a sus necesidades lumínicas, podemos aseverar que es medianamente exigente, puede situarse en un lugar con semisombra o con exposición directa al sol indistintamente. Con respecto a su dureza contra condiciones adversas podemos decir que el rango mínimo de temperaturas con las que

puede lidiar son las de la Zona 5 soportando inclusive heladas. Esta variedad está considerada como muy resistente a plagas. En cuanto a enfermedades puede verse afectada por hongos. De esta especie se distinguen numerosas variedades que se diferencian en la forma y vellosoidad de las hojas (Perez, 2012).

2.3.20. *Stipa ichu*

Tovar, (1993) menciona que el *Stipa ichu* es una gramínea perenne perteneciente al reino *Plantae* y de familia *Poaceae*. Esta especie recibe diversos nombres, entre los que se encuentran aguja de hierba peruana, paja brava, *Siguya ichchu*, *pecoy*, paja de puna y plumero peruano. Es una planta anual, cespitosa, que crecen erguida y de forma agrupada, formando macollas, tornándose dorado a finales del otoño. Su tallo mide aproximadamente entre 20 y 130 cm de altura, teniendo cada uno más de 3 nudos. Estos nudos pueden tener o carecer de pelos, mientras que los entrenudos tienen pelos y son de textura áspera. Sus espiguillas en su mayor parte son cortamente pediceladas. El *S. ichu* es originario de Costa Rica, México, Guatemala y el Salvador. En Suramérica es endémico en Venezuela, Ecuador, Colombia, Perú, Argentina y Bolivia. En cuanto a la distribución al nivel de Perú abarca Cajamarca, Ancash, entre otros. Se encuentra de manera abundante en serranías, laderas, planicies y en las orillas de los ríos. Ubicada a una altura entre 3700 y 4800 msnm. Allí, a campo abierto, forma extensos pajonales. En dichas regiones, el suelo es húmedo y fértil. Además, debe tener un buen drenaje, ya que no se desarrolla en tierras inundadas (Citado en Rivera, 2018).

2.4. Formulación del problema

¿Cuál de los dos pastos naturales altoandinos *Stipa ichu* y *Alchemilla vulgaris* presentan mayor capacidad de captura de carbono en el Centro Poblado Tantachual Bajo en el distrito de San Silvestre de Cochán - San Miguel - Cajamarca?

2.5. Objetivos

2.5.1. Objetivo general

- Determinar la capacidad de captura de carbono en pastos naturales altoandinos *Stipa ichu* y *Alchemilla vulgaris* en una parcela de 1 400 m² en el Centro Poblado Tantachual Bajo en el distrito de San Silvestre de Cochán - San Miguel – Cajamarca.

2.5.2. Objetivos específicos

- Cuantificar el carbono capturado en pastos naturales altoandinos *Stipa ichu* y *Alchemilla vulgaris* en el Centro Poblado Tantachual Bajo - San Miguel – Cajamarca.
- Determinar la mayor capacidad de captura de carbono en *Stipa ichu* (ichu) teniendo en cuenta las etapas fenológicas y la parte de la planta.
- Determinar la mayor capacidad de captura de carbono en *Alchemilla vulgaris* (chilifruta) teniendo en cuenta las etapas fenológicas y la parte de la planta.
- Identificar mediante el análisis de varianza si en los factores A (especies), B (partes de la planta) y C (etapas fenológicas) existe significación estadística y si hay interacción entre ellos.

2.6. Hipótesis

2.6.1. Hipótesis general

- Los pastos naturales altoandinos *Stipa ichu* presentan mayor capacidad para capturar carbono en comparación con *Alchemilla vulgaris* en el Centro Poblado Tantachual Bajo en el distrito de San Silvestre de Cochán - San Miguel – Cajamarca.

2.6.2. Hipótesis específicas

- El porcentaje de captura de carbono en las especies de pastos *Stipa ichu* y *Alchemilla vulgaris* evaluados oscila entre 20% a 30%.
- El porcentaje de captura de carbono de la especie *Stipa ichu* tenido en cuenta sus etapas fenológicas de prefloración, floración y fructificación oscila entre 15% y 30%.
- El porcentaje de captura de carbono de la especie *Alchemilla vulgaris* tenido en cuenta sus etapas fenológicas de prefloración, floración y fructificación oscila entre 25% y 30%.
- Existe varianza y significativa significación estadística entre los factores B (partes de la planta) y C (etapas fenológicas).

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1. Población y muestra (Materiales, instrumentos y métodos)

2.1.1. Población

Dos especies de pastos nativos altoandinos *Stipa ichu* y *Alchemilla vulgaris* presentes en 1 400 m², de los cuales 500 m² corresponde a *Stipa ichu* y 200 m² corresponde a *Alchemilla vulgaris* en el Centro Poblado Tantachual Bajo en el distrito de San Silvestre de Cochán con coordenadas Este:751 428 y Norte: 923 2319.

2.1.2. Muestra

Biomasa Aérea y Biomasa Radicular de dos especies de pastos naturales altoandinos *Stipa ichu* y *Alchemilla vulgaris* presentes en 1 400 m² de terreno en centro poblado de Tantachual Bajo.

2.1.3. Materiales

- Lampa.
- Lapiceros.
- Libretas de apuntes.
- Tijeras.
- Bolsas plásticas.
- Wincha.
- Cordel.

2.1.4. Instrumentos

- GPS.

- Laptop.
- Celular.
- Software Microsoft Office.
- Software Microsoft Excel.
- Software ArcGIS.
- Programa informático Google Earth

2.1.5. Instrumentos de Laboratorio (análisis)

- Matraz de Erlenmeyer.
- Bolsas de papel (plantas).
- Pipeta.
- Balanza Analítica.
- Bureta.
- Soporte universal.
- Compuesto químico Ácido Sulfúrico.
- Compuesto químico Dicromato de Potasio.
- Campana extractora de gases.
- Molino para pastos.
- Titulación Sulfato ferroso amoniacal.
- Estereoscopio.

2.1.6. Métodos

Se realizaron dos visitas previas con la finalidad de hacer el reconocimiento del lugar y la identificación de las especies de pastos naturales con las que se iba a realizar el trabajo de investigación.

- **Recolección de muestras**

La recolección de ellas fue realizadas al azar entre mayo y octubre de 2019 considerando las etapas fenológicas de prefloración, floración y fructificación de las especies *Stipa ichu* y *Alchemilla vulgaris*. Las muestras consistieron en 4 plantas completas y repeticiones por especie diferenciadas por la etapa fenológica en la que se encontraban.

- **Análisis de las muestras**

Las muestras fueron lavadas y secadas al ambiente por un periodo de tres días luego se trasladaron hasta el laboratorio de suelos, aguas, abonos y pastos de la estación Experimental Baños del Inca - INIA para realizar su análisis.

Se procedió a separar la parte aérea y la parte radicular mediante un corte a nivel del cuello de cada una de las plantas, las partes separadas fueron introducidas en bolsas de papel y codificadas considerando la especie y parte de la planta (aérea o radicular).

El completo secado de los pastos se consiguió haciendo uso de un horno a 60 °C durante 24 horas.

La determinación del porcentaje de materia seca se realizó por la diferencia entre los pesos iniciales y finales de las muestras.

Ecuación 1: Materia seca

$$Ms = (Pf/Pi)$$

Donde:

Ms = Materia seca

Pi = Peso inicial (g)

Pf = Peso final (g)

- **Determinación de porcentaje de carbono**

Se realizó mediante el método de Walkley y Black descrito por Arrieché y Pacheco (1998) consiste en la oxidación del carbono orgánico por una mezcla oxidante de dicromato de potasio $K_2Cr_2O_7$ y ácido sulfúrico concentrado H_2SO_4 . Las muestras después de ser secadas fueron molidas en un molino para pastos. A 0.10 gr de cada una de las muestras se agregó 10 mL de $K_2Cr_2O_7$ 1N y 20 mL de H_2SO_4 de ácido concentrado previa rotación suave y se dejaron reposar en la campana extractora de gases por 30 min, seguidamente a cada uno de los matraces se le agrega agua desionizada hasta 200 mL posteriormente se agrega 10 ml de ácido fosfórico y 2 mL del indicador difenilamina diluida en ácido sulfúrico, finalmente se realiza la titulación con sulfato ferroso amoniacal 0.5 N.

Ecuación 2: Porcentaje de carbono orgánico

$$\% C.O = \left(\frac{\frac{B - L}{B}}{Pm} \right) \times 4$$

Donde:

$\% C.O$ = Porcentaje de carbono orgánico

B = Muestra blanco

L = Lectura del reactivo de colorimetría

Pm = Peso de la muestra

- **Producción de biomasa**

Para la estimación de la cantidad de biomasa verde tanto aérea y radicular (biomasa total), se aplicó el método destructivo en parcelas de 0.4 m^2 , en total se trabajó en 3 parcelas para cada especie, para este proceso se cortó, se separó y peso en campo los componentes aéreos, y lo mismo se hizo con la raíz.

Para la estimación de la biomasa seca se aplicó el método “gravimétrico”, donde las muestras de los componentes del *Stipa ichu* y *Alchemilla vulgaris*, fueron puestos a secar en un horno a una temperatura de $60 \text{ }^\circ\text{C}$ por un tiempo de 48 horas hasta alcanzar un peso constante, como resultado de este procedimiento se obtiene la Figura 11, el cual representa el porcentaje materia seca. Asimismo, en la figura 12 se presenta el porcentaje de agua que es el resultado de la diferencia de la materia seca con la biomasa total. Con estos resultados de materia seca se puede estimar la cantidad de biomasa seca y estas se proyectan a tn/ha.

Ecuación 3: Porcentaje de materia seca

$$\%Ms = \left(\frac{Ps}{Pi} \right) \times 100$$

Donde:

$\%Ms$ = Porcentaje de materia seca

Ps = Peso seco (g)

Pi = Peso inicial (g)

Ecuación 4: Porcentaje de humedad

$$\%A = \%Bt - \%Ms$$

Donde:

$\%A$ = Porcentaje de humedad

$%Bt$ = Porcentaje de biomasa total (100 %)

$%Ms$ = Porcentaje de materia seca

- **Cálculo de Carbono en kg/ ha**

Para poder cuantificar el carbono en las dos especies trabajadas se emplearon los datos obtenidos de materia seca en $0.4 m^2$. De los cuales se ha sacado el porcentaje de carbono obtenido para *Stipa ichu* y *Alchemilla vulgaris* cuyos valores son 30,2175% y 29,2592% respectivamente.

Se sabe que:

$$1 \text{ kg} = 1\,000 \text{ gr}$$

$$1 \text{ ha} = 10\,000 m^2$$

2.1.7. Procedimiento para el análisis de datos

Los datos se procesaron mediante el análisis descriptivo y el Software Microsoft Excel que fue utilizado para realizar cálculos de medias para las diferentes muestras obtenidas. Por otro lado, se realizó el análisis de varianza (ANOVA) con SAS a través de la prueba de LSD o Diferencia mínima significativa el cual permite comparar las medias de dos muestras; para realizar las comparaciones de la determinación de captura de carbono de los dos sistemas de pastos.

2.2. Procedimiento

- Se realizaron dos visitas previas al lugar para hacer el reconocimiento del mismo y de las especies de plantas con las que se iba a trabajar.

- En una tercera visita se delimitó el lugar en el cual se iba a realizar el presente trabajo de investigación haciendo uso de GPS.
- Se sacaron las muestras de distintos puntos del área de trabajo haciendo uso de una palana, teniendo cuidado de no maltratar la planta y extraerla por completo.
- Las muestras fueron puestas a secar por un tiempo de 3 días y luego llevadas al laboratorio de laboratorio de suelos, aguas, abonos y pastos de la estación Experimental Baños del Inca - INIA para realizar su análisis e identificación correspondiente a la etapa fenológica en la que se encuentran las plantas.
- Para analizar el contenido de carbono de las muestras se utilizó el método de Walkley y Black que consiste en la oxidación del carbono orgánico por una mezcla oxidante de dicromato de potasio $K_2Cr_2O_7$ y ácido sulfúrico concentrado H_2SO_4 .
- Dicho método fue empleado para cada muestra que se iba recolectando conforme al cambio de las plantas respecto a sus etapas fenológicas.
- Para la determinación de biomasa se realizaron tres parcelas para cada especie (*Stipa ichu* y *Alchemilla vulgaris*) de $0.4 m^2$ extrayendo toda la biomasa aérea y radicular existente.
- Luego dichas muestras fueron lavadas, pesadas y puestas a secar en un horno a $60\text{ }^\circ\text{C}$ por un tiempo de dos días.
- Seguidamente cada una de las muestras ya secas fueron pesadas en una balanza cuyos pesos servirán para obtener el porcentaje de materia seca y porcentaje de humedad.

- Los datos se procesaron mediante el análisis descriptivo y el Software Microsoft Excel que fue utilizado para realizar cálculos de medias para las diferentes muestras, así como la construcción de tablas y gráficos.
- Finalmente se realizó el análisis de varianza (ANOVA) con SAS a través de la prueba de LSD o diferencia mínima significativa el cual permite comparar las medias de dos muestras; para realizar las comparaciones de la determinación de captura de carbono de los dos sistemas de pastos.

2.7. Consideraciones éticas

En el presente trabajo de investigación se presentan datos veraces en tal sentido, para evidenciar la transparencia al momento de realizar el proyecto, se hará una breve descripción de los pasos que se han tenido en cuenta para su elaboración.

La información recogida en el trabajo de campo consistió en la selección del lugar de estudio, delimitación del área de trabajo con GPS, construcción de parcelas y recolección de las muestras considerando las diferentes etapas fenológicas. Asimismo, el trabajo de análisis para determinar el porcentaje de carbono se realizó en el laboratorio de la estación experimental Baños del Inca- INIA teniendo en cuenta la metodología de Walkley y Black (Arrieche & Pacheco, 1998).

Finalmente, para el procesamiento de los resultados se utilizó el programa SAS; toda la información presentada ha sido trabajada con total honestidad tomando en cuenta diversos estudios que han sido presentados en los antecedentes y que han servido de guía para desarrollar de manera correcta el presente trabajo.

CAPÍTULO III. RESULTADOS

3.1. Captura de carbono en *Stipa ichu* y *Alchemilla vulgaris*.

Tabla 1

Determinación de captura de carbono mediante la prueba de LSD para los factores A, B y C

Factor	Nivel	Promedio (%)	Factor	Nivel	Promedio (%)	Factor	Nivel	Promedio (%)
	a ₁	30,21		b ₁	30,76 a		c ₀	31,51 a
A	a ₀	29,25	B	b ₀	28,71 b	C	c ₁	29,53 b
							c ₂	28,16 c

La tabla 14 muestra los promedios de los tres factores en estudio A, B y C. En la tercera columna se aprecia que el nivel a₁ (*Stipa ichu*) obtuvo el 30,21% y el nivel a₀ (*Alchemilla vulgaris*) 29,25% no hubo significación estadística; pero el nivel a₁ ocupa el primer lugar en captura de carbono. Con respecto al factor parte de la planta (B), observamos que con el nivel b₁ (parte aérea) se obtuvo el más alto porcentaje de captura de carbono teniendo un valor de 30,76% superando estadísticamente al nivel b₀ (parte radicular) con el que se obtuvo 28,71%. Por último, respecto al factor fase fenológica (C) con el nivel c₀ (pre floración) se obtuvo el 31,51% de captura de carbono superando estadísticamente al nivel c₁ (floración) y c₂ (fructificación) cuyos valores son 29,53% y 28,16% respectivamente.

3.2. Cuantificación de carbono en *Stipa ichu* y *Alchemilla vulgaris*.

Tabla 2

*Cuantificación de carbono para *Stipa ichu* y *Alchemilla vulgaris* expresado en kg/ha*

CARBONO EN kg/h	
<i>Stipa ichu</i>	<i>Alchemilla vulgaris</i>
6,37 kg C/ ha	3,82 kg C/ha

En la tabla 2 se muestra la cuantificación de captura de carbono expresado en kg/ha, se puede observar que la especie *Stipa ichu* presenta mejor resultado cuyo valor es de 6,37 kg C/ ha en comparación a *Alchemilla vulgaris* con 3,82 kg C/ha.

3.3. Captura de carbono en *Stipa ichu*.

Tabla 3

Contenido porcentual de carbono en biomasa aérea de Stipa ichu

ETAPAS FENOLÓGICAS	PORCENTAJE DE CARBONO (%)			
	R1	R2	R3	R4
Pre floración	37.33%	38.11%	37.43%	36.45%
Floración	29.91%	30.22%	30.31%	29.21%
Fructificación	34.86%	34.42%	34.74%	35.43%

En la tabla 3 se muestra el porcentaje de captura de carbono de *Stipa ichu* en biomasa aérea teniendo en cuenta las tres etapas fenológicas obteniendo como resultado que en la segunda repetición y en la etapa de pre floración existe mayor captura de carbono con 38.11%.

Tabla 4

Contenido porcentual de carbono en biomasa radicular de Stipa ichu

ETAPAS FENOLÓGICAS	PORCENTAJE DE CARBONO (%)			
	R1	R2	R3	R4
Pre floración	32.57%	33.40%	31.86%	32.48%
Floración	24.95%	23.82%	25.62%	25.41%
Fructificación	26.67%	26.87%	26.86%	26.29%

En la tabla 4 se muestra el porcentaje de captura de carbono de *Stipa ichu* en biomasa aérea teniendo en cuenta las tres etapas fenológicas obteniendo como resultado que en la primera repetición y en la etapa de pre floración existe mayor captura de carbono con 32.57%.

3.4. Captura de carbono en *Alchemilla vulgaris*.

Tabla 5

Contenido porcentual de carbono en biomasa aérea de Alchemilla vulgaris

PORCENTAJE DE CARBONO (%)				
ETAPAS FENOLÓGICAS	R1	R2	R3	R4
Pre floración	31.82%	31.83%	32.81%	30.83%
Floración	32.0%	30.94%	31.42%	33.70%
Fructificación	23.62%	24.33%	22.88%	23.64%

En la tabla 1 se muestra el porcentaje de captura de carbono de *Alchemilla vulgaris* en biomasa aérea teniendo en cuenta las tres etapas fenológicas obteniendo como resultado que en la repetición 4 y en la etapa de floración existe mayor captura de carbono con 33.70%.

Tabla 6

Contenido porcentual de carbono en biomasa radicular de Alchemilla vulgaris

PORCENTAJE DE CARBONO (%)				
ETAPAS FENOLÓGICAS	R1	R2	R3	R4
Pre floración	29.33%	28.88%	30.18%	28.94%
Floración	31.24%	31.50%	32.12%	30.12%
Fructificación	27.50%	28.86%	26.76%	26.87%

En la tabla 2 se muestra el porcentaje de captura de carbono de *Alchemilla vulgaris* en biomasa radicular teniendo en cuenta las tres etapas fenológicas obteniendo como resultado que en la tercera repetición y en la etapa de floración existe mayor captura de carbono con 32.12%.

3.5. Análisis estadístico.

Tabla 7

Resultados del experimento factorial 2A x 2B x 3C expresados en porcentaje

Tratamientos	Combinaciones			Repeticiones				Total	Promedio
	A	B	C	I	II	III	IV		
1	a ₀	b ₀	c ₀	29,33	28,88	30,18	28,90	117,29	29,3225
2	a ₀	b ₀	c ₁	31,24	31,50	32,12	30,20	125,06	31,2650
3	a ₀	b ₀	c ₂	27,50	28,86	26,76	26,87	109,99	27,4975
4	a ₀	b ₁	c ₀	31,82	31,83	32,81	30,83	127,29	31,8225
5	a ₀	b ₁	c ₁	32,00	30,94	31,42	33,70	128,06	32,0150
6	a ₀	b ₁	c ₂	23,72	24,33	22,88	23,64	94,57	23,6425
7	a ₁	b ₀	c ₀	32,57	33,40	31,86	32,48	130,31	32,5775
8	a ₁	b ₀	c ₁	24,95	23,82	25,62	25,41	99,80	24,9500
9	a ₁	b ₀	c ₂	26,67	26,87	26,86	26,29	106,69	26,6725
10	a ₁	b ₁	c ₀	37,33	38,11	37,53	36,45	149,42	37,3550
11	a ₁	b ₁	c ₁	29,91	30,22	30,31	29,21	119,65	29,9125
12	a ₁	b ₁	c ₂	34,86	34,42	34,75	35,43	139,46	34,8650
Total bloques				361,90	363,18	363,1	259,41	1447,59	

A: Especies, total 2 (*Stipa ichu* y *Alchemilla vulgaris*).

B: Parte de la planta (aérea o radicular).

C: Fase fenológica, total 3 (pre floración, floración y fructificación)

Los resultados del experimento factorial fueron realizados considerando los 12 tratamientos y teniendo en cuenta las dos especies de plantas (A), la parte de la planta (B) y las tres etapas fenológicas (C).

Tabla 8
Estadístico de Shapiro-Wilks

Tests for Normality				
Test		Statistic		p Value
Shapiro-Wilk	W	0.977175	Pr < W	0.4671
Kolmogorov-Smirnov	D	0.090456	Pr > D	>0.1500

En la tabla 8 se observa que $p\text{-valor} = 0,4671 > \alpha = 0,05$, por lo que concluimos que los datos provienen de una población normal.

Tabla 9

Análisis de varianza para el factorial 2Ax2Bx3C en un Diseño bloque completo aleatorizado

Fuente de variación	Grados de Libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F _{calculado}	F _{tabular} 0,05 0,01	
Repeticiones	3	5,0184	1,6728	0,57	2,88	4,42
A	1	11,0208	11,0208	3,76	4,13	7,44
B	1	50,3480	50,3480	17,20**	4,13	7,44
C	2	90,5987	45,2993	15,47**	3,28	5,29
AxB	1	60,9301	60,9301	20,81**	4,13	7,44
AxC	2	182,2539	91,1269	31,13**	3,28	5,29
BxC	2	6,0640	3,0320	1,04	3,28	5,29
AxBxC	2	109,6868	54,8434	18,73**	3,28	5,29
Error	33	96,6077	2,9275			
Total	47	612,5286				
R ² = 0,8422		CV = 5,75%		Promedio= 29,73		

En la tabla 9 se muestra el análisis de varianza nos indica que hay significación estadística al 1% de probabilidad para los factores B (partes de la planta) y C (etapas fenológicas), indicando que hay diferencias reales entre los promedios de cada uno de estos dos factores en estudio. Del mismo modo, se ha obtenido significación estadística al 1% de probabilidad para la interacción entre las especies y las partes de la planta (AxB), asimismo existe una fuerte interacción entre las especies y las etapas fenológicas (AxC), lo cual indica que para la respuesta obtenida de porcentaje de captura de carbono hay una dependencia de ambos factores, esto es de A con B y de A con C. Por otro lado, se encontró significación estadística para la interacción de segundo orden esto es especie, parte de la planta y etapas fenológicas (AxBxC), lo cual indica que la respuesta hallada para porcentaje de captura de carbono depende de la presencia de los factores especie, partes de la planta y etapas fenológicas (A, B y C.) respectivamente.

El coeficiente de variación obtenido es del 5,75% un valor bajo y aceptable para las condiciones donde se realizó el experimento. Finalmente, el coeficiente de determinación (R²) es de 0,8422 indicando que el 84,22% de la respuesta de captura de carbono se debe a los factores en estudio (especie, partes de la planta y etapas fenológicas) y el 15,78% se debe a factores desconocidos.

3.6. Comparación de captura de carbono en *Stipa ichu* y *Alchemilla vulgaris*.

Tabla 10

Comparación de contenido porcentual de carbono en biomasa aérea de Stipa ichu y Alchemilla vulgaris.

E. Fenológicas	PORCENTAJE DE CARBONO (%)							
	R1		R2		R3		R4	
	<i>Stipa</i>	<i>Alchemilla</i>	<i>Stipa</i>	<i>Alchemilla</i>	<i>Stipa</i>	<i>Alchemilla</i>	<i>Stipa</i>	<i>Alchemilla</i>
Pre floración	37.33%	31.82%	38.11%	31.83%	37.43%	32.81%	36.45%	30.83%
Floración	29.91%	32%	30.22%	30.94%	30.31%	31.42%	29.21%	33.70%
Fructificación	34.86%	23.62%	34.42%	24.33%	34.74%	22.88%	35.43%	23.64%

En la tabla 5 se tiene la comparación de captura de carbono entre las dos especies de pastos con los que se ha trabajado en biomasa aérea observándose que en la etapa de pre floración el *Stipa ichu* posee mayor capacidad de captura de carbono con 38.11%, por otro lado, el mínimo valor corresponde a *Alchemilla vulgaris* con 30.83%. Asimismo, en la etapa de floración el máximo valor es de *A. vulgaris* con un 33.70% y el mínimo valor 29.21% correspondiente a *S. ichu*. Finalmente, en la etapa de fructificación la especie *S. ichu* posee un 35.43% siendo el valor más representativo y 22.88% corresponde a *A. vulgaris*.

Tabla 11

Comparación de contenido porcentual de carbono en biomasa radicular de *Stipa ichu* y *Alchemilla vulgaris*

PORCENTAJE DE CARBONO (%)								
E. Fenológicas	R1		R2		R3		R4	
	<i>Stipa</i>	<i>Alchemilla</i>	<i>Stipa</i>	<i>Alchemilla</i>	<i>Stipa</i>	<i>Alchemilla</i>	<i>Stipa</i>	<i>Alchemilla</i>
Pre floración	32.57%	29.33%	33.40%	28.88%	31.86%	30.18%	32.48%	28.94%
Floración	24.95%	31.24%	23.82%	31.50%	25.62%	32.12%	25.41%	30.12%
Fructificación	26.67%	27.50%	26.87%	28.86%	26.86%	26.76%	26.29%	26.87%

En la tabla 5 se tiene la comparación de captura de carbono entre las dos especies de pastos con los que se ha trabajado en biomasa radicular observándose que en la etapa de pre floración el *Stipa ichu* posee mayor capacidad de captura de carbono con 33.40%, por otro lado, el mínimo valor corresponde a *Alchemilla vulgaris* con 28.88%. Asimismo, en la etapa de floración el máximo valor es de *Alchemilla vulgaris* con un 32.12% y el mínimo valor 23.83% correspondiente a *Stipa ichu*. Finalmente, en la etapa de fructificación la especie *A. vulgaris* posee un 28.86% siendo el valor más representativo y 26.29% corresponde a *S. ichu*.

3.7. Producción de biomasa

Tabla 12

Peso de biomasa verde y seca de *Alchemilla vulgaris*

	ALCHEMILLA <i>vulgaris</i>			
	Biomasa verde		Biomasa seca	
	Raíz	Tallo	Raíz	Tallo
P1	161.8 gr	86.2 gr	99.1 gr	47 gr
P2	187.5 gr	121.3 gr	94.5 gr	42 gr
P3	225.3 gr	120 gr	125.7 gr	50.8 gr
Promedio	191.5 gr	109.2 gr	106.4 gr	46.6 gr

En la tabla 7 se muestra la cantidad de biomasa verde extraída de tres puntos distintos distribuidos en el área de estudio obtenido como resultado que el promedio de biomasa verde en raíz y tallo de *Alchemilla vulgaris* es 191.5 gr y 109.2 gr respectivamente. Por otro lado, el peso de biomasa seca en promedio fue de 106.4 gr en raíz y 46.6 gr en tallo.

Tabla 13
Peso de biomasa verde y seca de Stipa ichu

	<i>STIPA ichu</i>			
	Biomasa verde		Biomasa seca	
	Raíz	Tallo	Raíz	Tallo
P1	713.4 gr	940 gr	375.4 gr	551.6 gr
P2	689.5 gr	876.2 gr	249.5 gr	422.5 gr
P3	735.3 gr	933.6 gr	398.8 gr	530.2 gr
Promedio	712.7 gr	916.6 gr	341.2 gr	501.4 gr

En la tabla 13 se muestra la cantidad de biomasa verde extraída de tres puntos distintos distribuidos en el área de estudio obtenido como resultado que el promedio de biomasa verde en raíz y tallo de *Stipa ichu* es 712.7 gr y 916.6 gr respectivamente. Por otro lado, el peso de biomasa seca en promedio fue de 3421.2 gr en raíz y 501.4 gr en tallo.

Tabla 14
Contenido de materia seca en Stipa ichu y Alchemilla vulgaris

	<i>Stipa ichu</i>		<i>Alchemilla vulgaris</i>	
	raíz	tallo	Raíz	Tallo
Materia seca	47.10%	54.70%	55.60%	42.70%

En la tabla 14 se observa que la mayor cantidad de materia seca existe en la raíz de *Alchemilla vulgaris* con un valor de 55.60%, seguida de 54.70% en tallo de *Stipa ichu*, finalmente la menor cantidad de materia seca se encuentra en el tallo de *A. vulgaris* con 42.70%.

Tabla 15
Contenido de agua en Stipa ichu y Alchemilla vulgaris

	<i>Stipa ichu</i>		<i>Alchemilla vulgaris</i>	
	raíz	tallo	Raíz	Tallo
Contenido de agua	52.90%	45.30%	44.40%	57.30%

En la tabla 15 se observa que el contenido de agua en *Stipa ichu* en la raíz es de 52.90% a diferencia de *Alchemilla vulgaris* cuyo valor es de 44.40%. Por otro lado, el tallo de *A. vulgaris* posee mayor cantidad de agua con un valor de 57.30% en relación con el tallo de *S. ichu* con 45.30%.

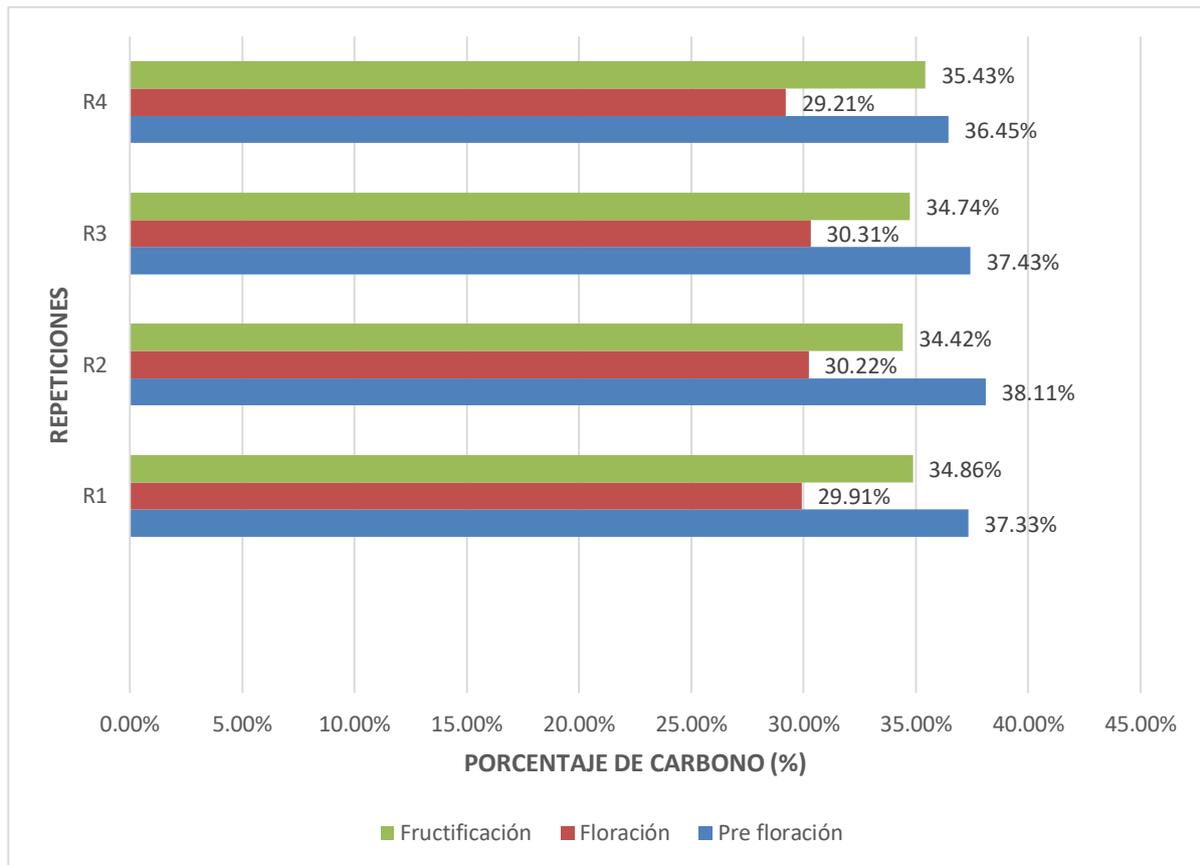


Figura 1. Captura de carbono en *Stipa ichu* en biomasa aérea

En la figura 1 observamos que la mayor y menor captura de carbono se da en la etapa de pre floración y floración con valores de 38.11% y 29.21% respectivamente.

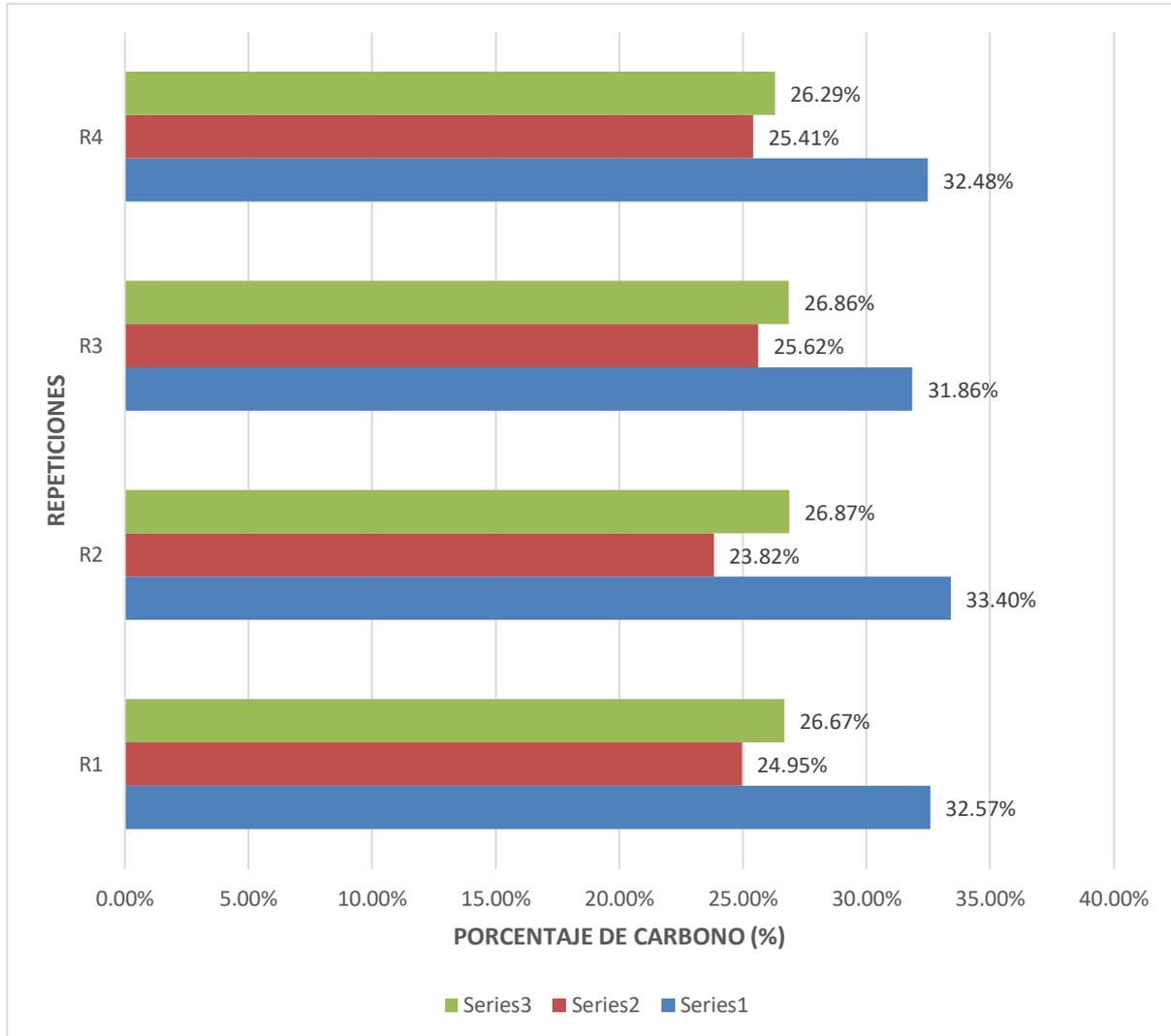


Figura 2. Captura de carbono en *Stipa ichu* en biomasa radicular.

En la figura 2 observamos que la mayor y menor captura de carbono se da en la etapa de pre floración y floración con valores de 33.40% y 23.82% respectivamente.

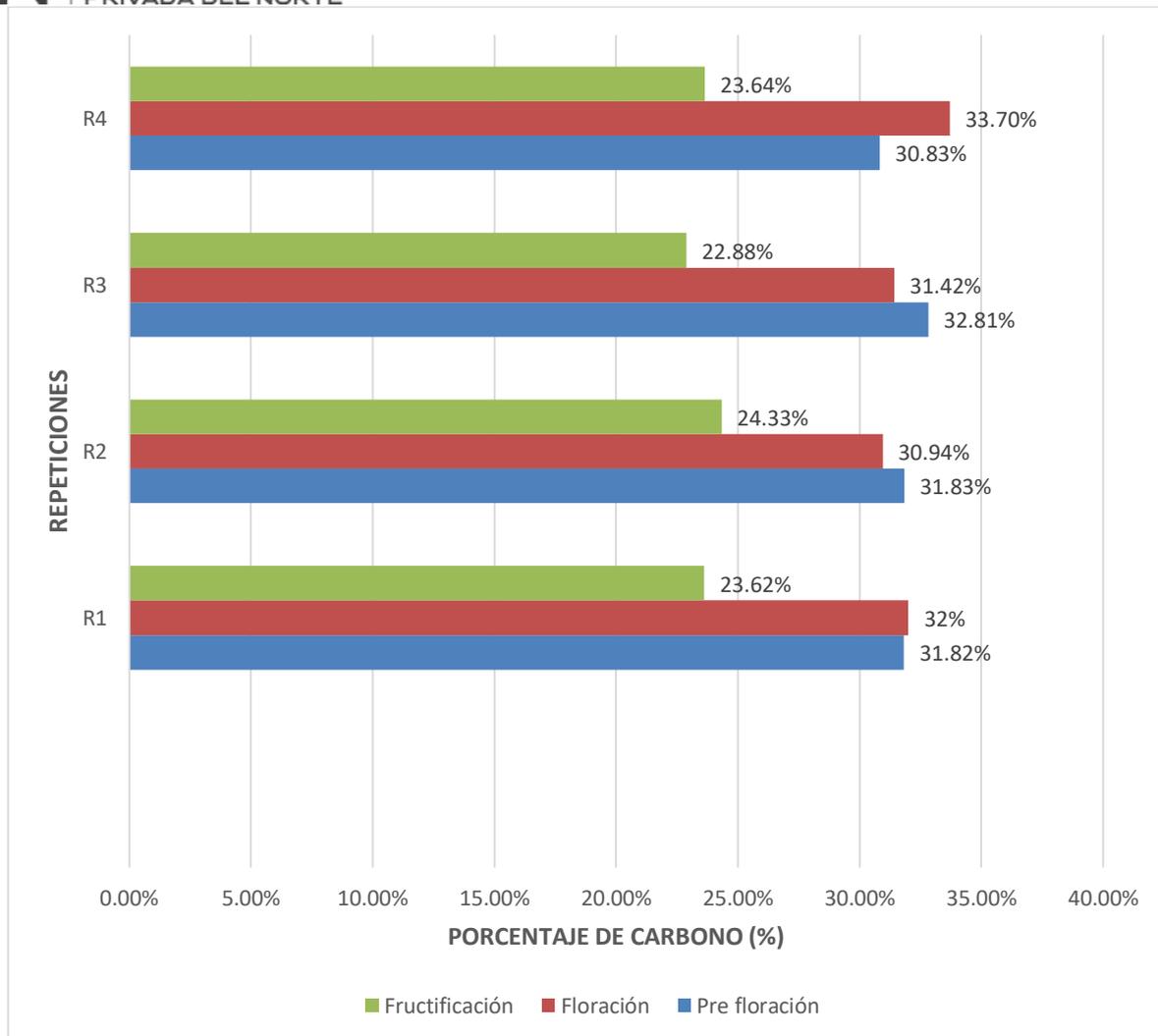


Figura 3. Captura de carbono en *Alchemilla vulgaris* en biomasa aérea

En la figura 3 observamos que la mayor y menor captura de carbono se da en la etapa de floración y fructificación con valores de 33.70% y 22.88% respectivamente.

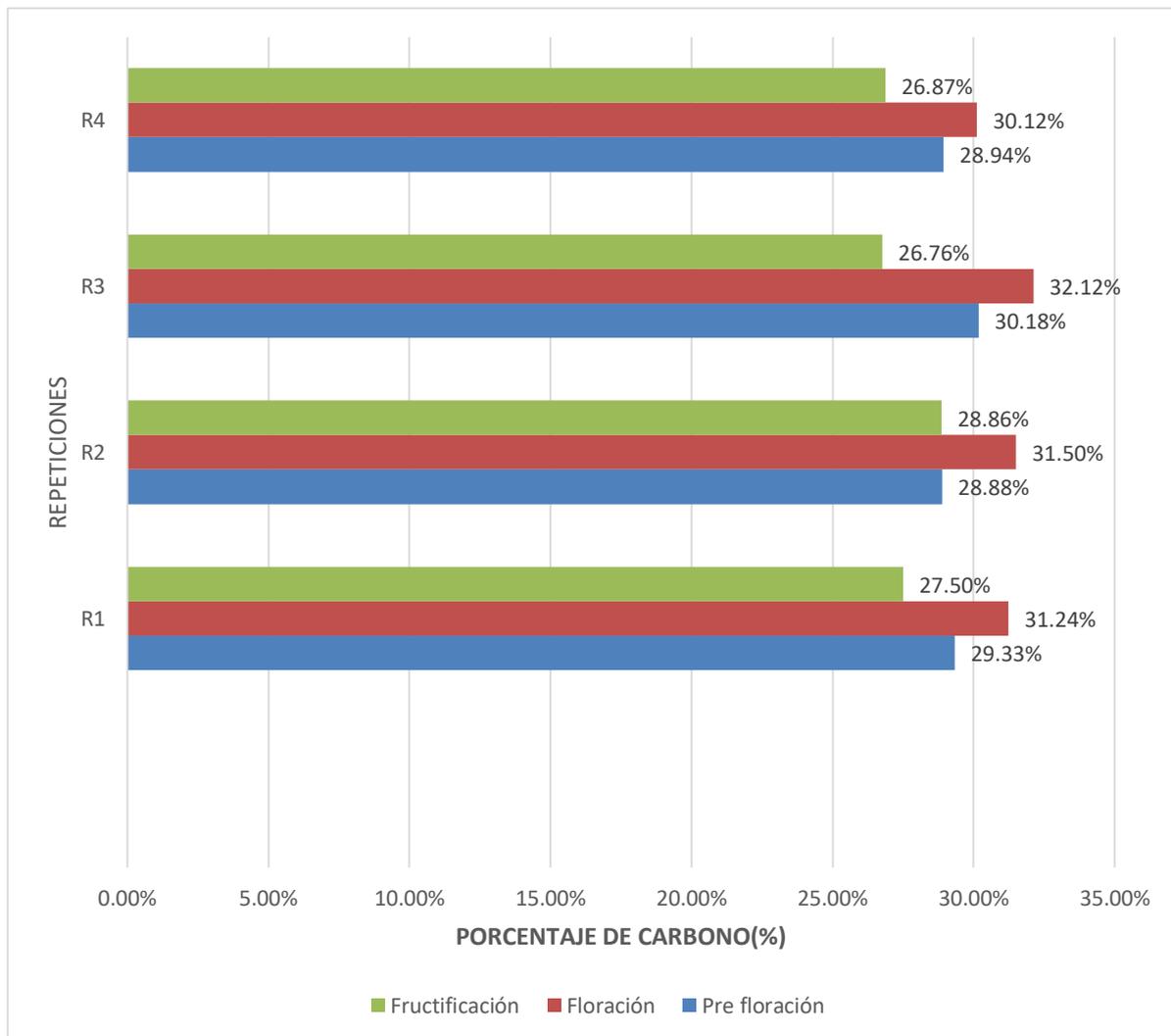


Figura 4. Captura de carbono en *Alchemilla vulgaris* en biomasa radicular

En la figura 4 observamos que la mayor y menor captura de carbono se da en la etapa de floración y fructificación con valores de 32.12% y 26.76% respectivamente.

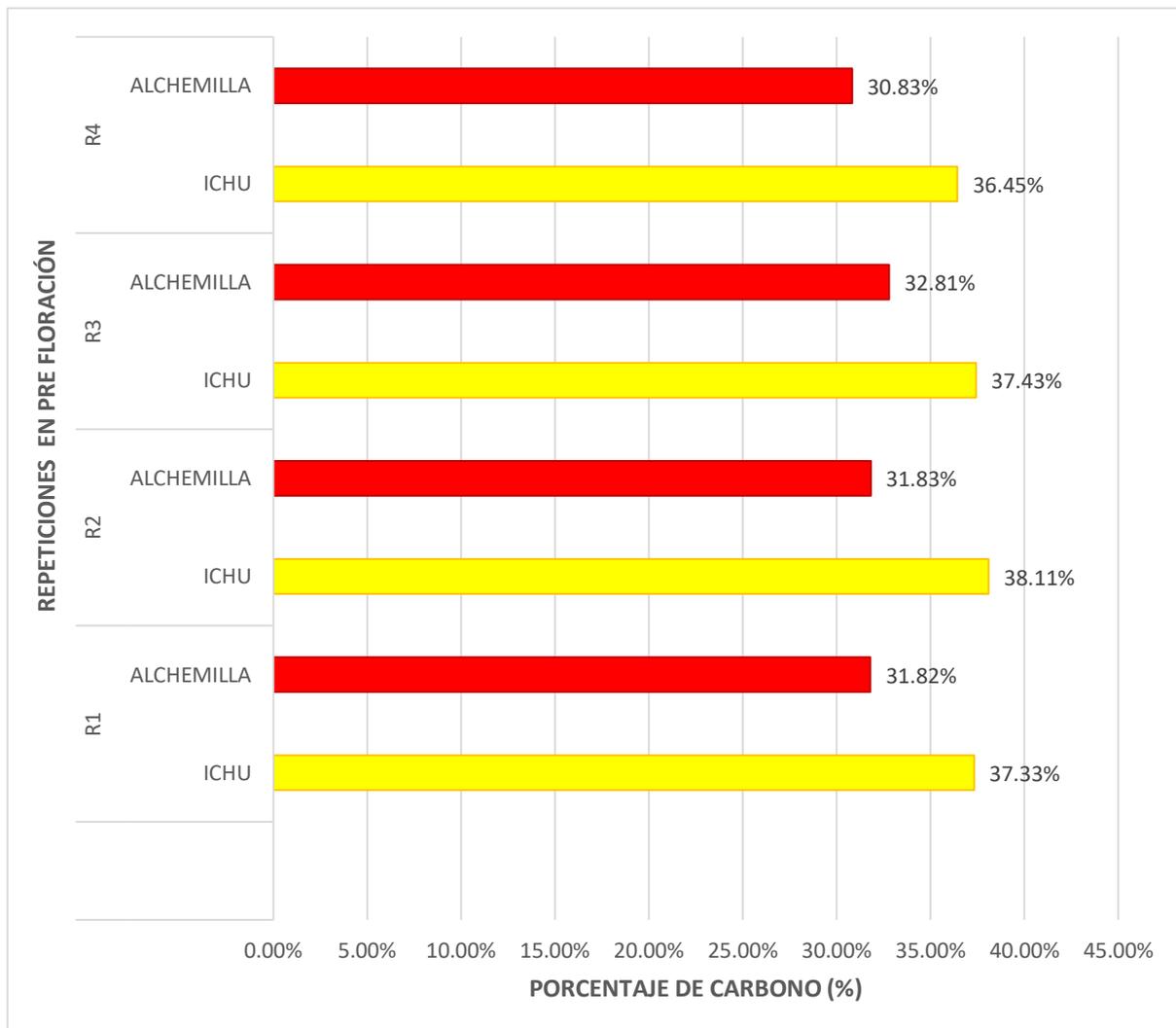


Figura 5. Porcentaje de carbono en las especies *Stipa ichu* y *Alchemilla vulgaris* en Pre floración en biomasa aérea

En la figura 5 observamos que la mayor captura de carbono en la etapa de pre floración se encuentra en la especie *Stipa ichu* con un 38.11% a diferencia del *Alchemilla vulgaris* que posee la captura de carbono más baja con un 30.83%.

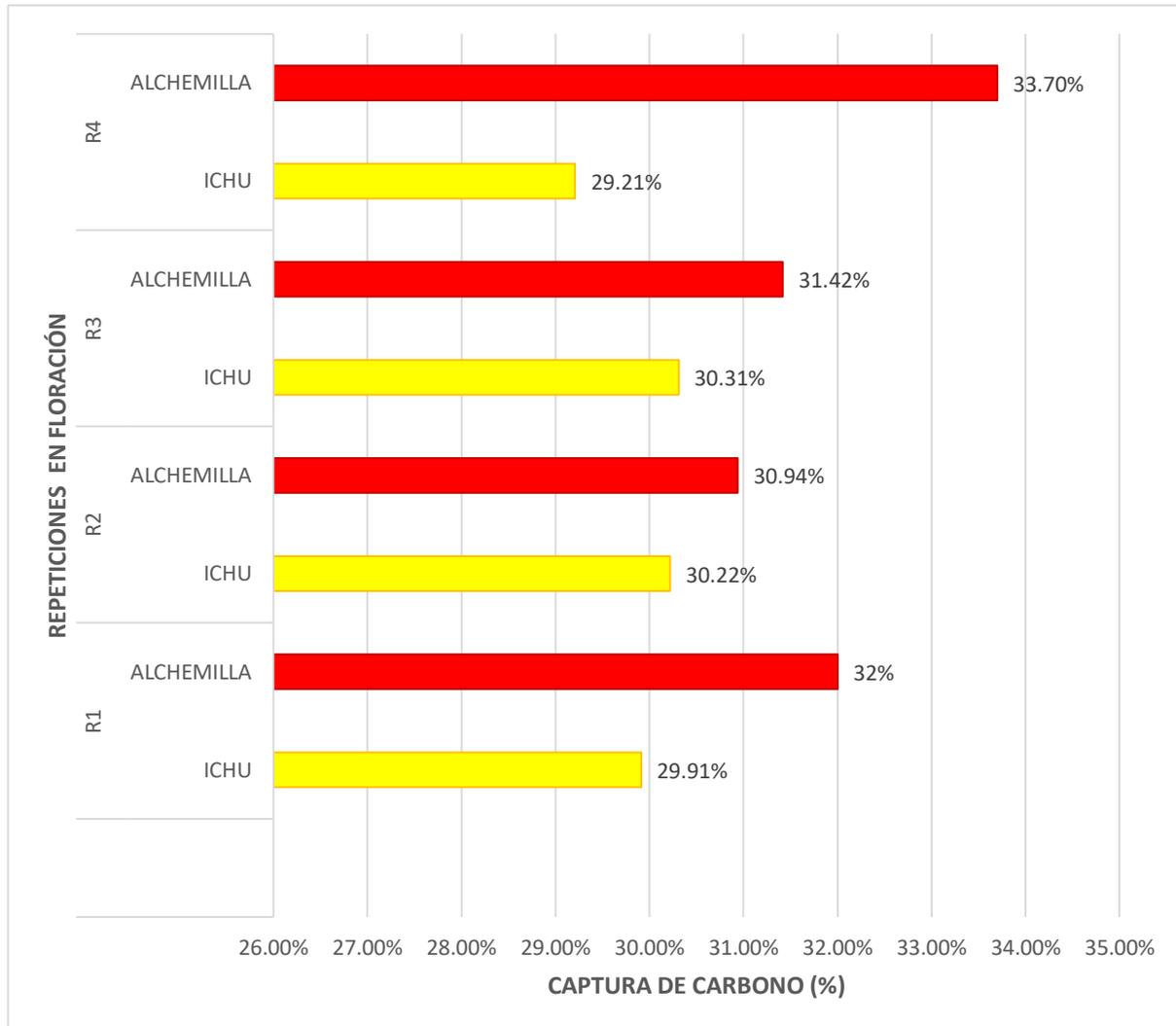


Figura 6. Porcentaje de carbono en las especies *Stipa ichu* y *Alchemilla vulgaris* en floración en biomasa aérea

En la figura 6 observamos que la mayor captura de carbono en la etapa de floración se encuentra en la especie *Alchemilla vulgaris* con un 33.70% a diferencia del *Stipa ichu* que posee la captura de carbono más baja con un 29.21%.

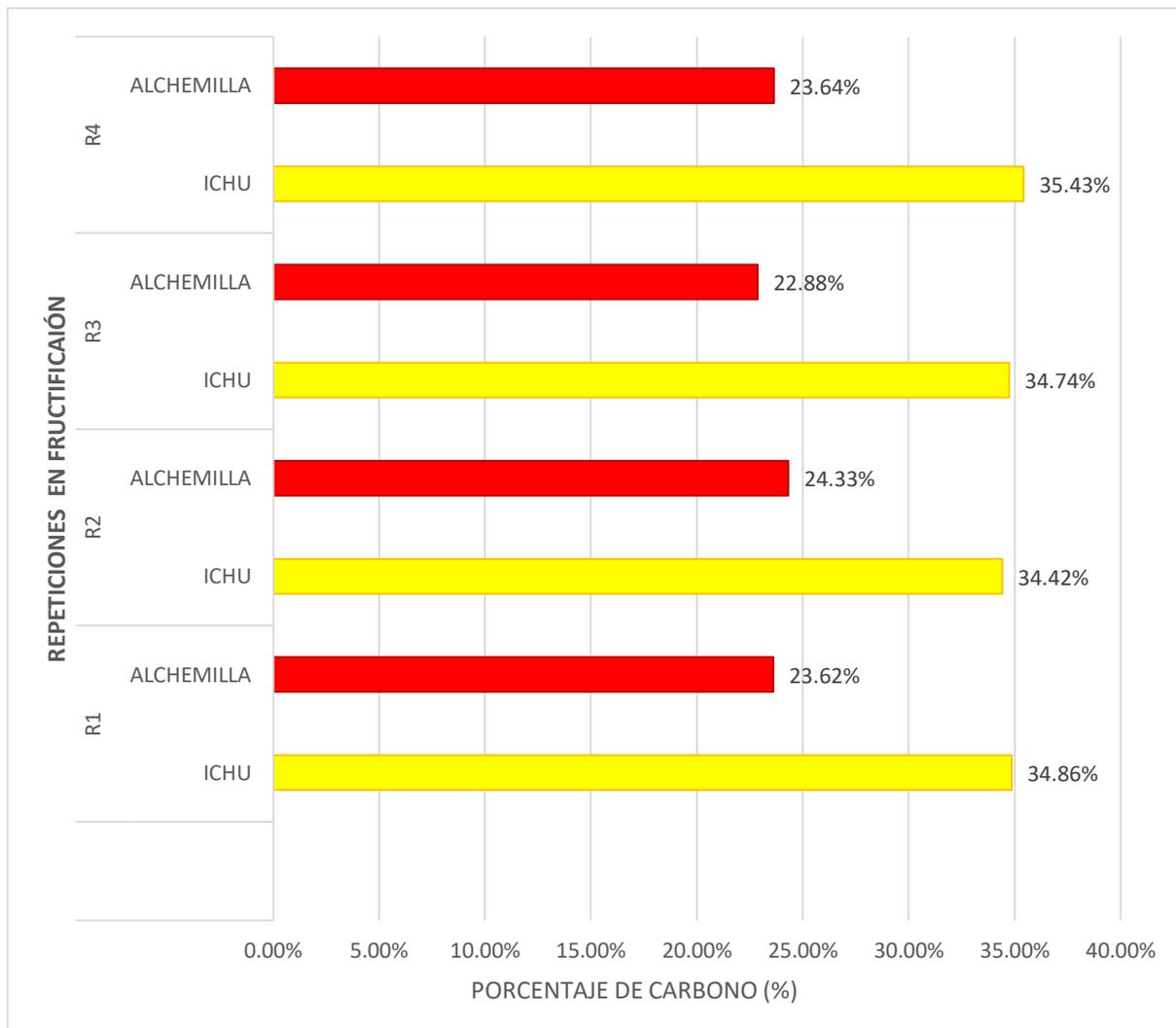


Figura 7. Porcentaje de carbono en las especies *Stipa ichu* y *Alchemilla vulgaris* en fructificación en biomasa aérea

En la figura 7 observamos que la mayor captura de carbono en la etapa de fructificación se encuentra en la especie *Stipa ichu* con un 35.43% a diferencia del *Alchemilla vulgaris* que posee la captura de carbono más baja con un 22.88%.

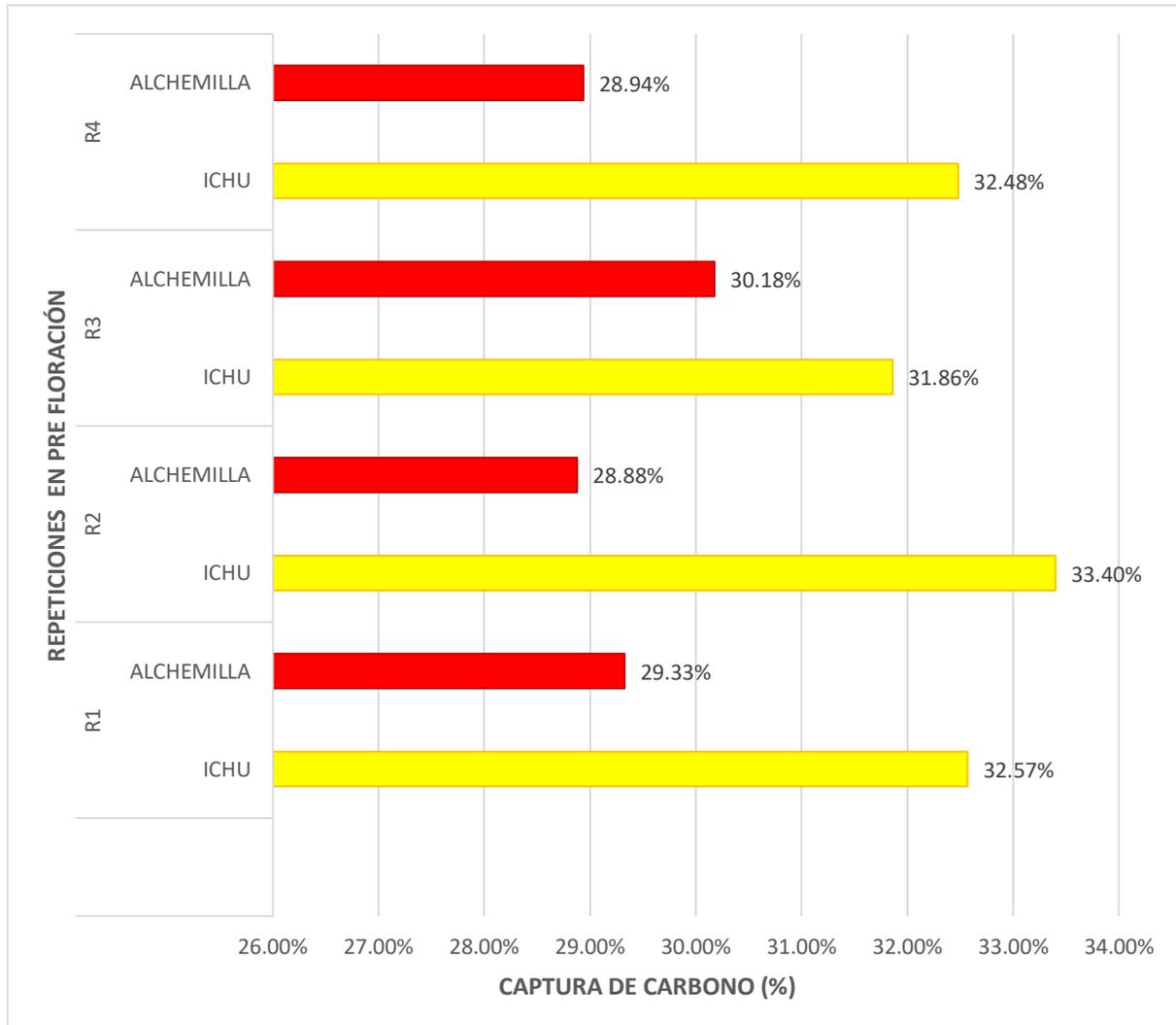


Figura 8. Porcentaje de carbono en las especies *Stipa ichu* y *Alchemilla vulgaris* en pre floración en biomasa radicular

En la figura 8 observamos que la mayor captura de carbono en la etapa de pre floración se encuentra en la especie *Stipa ichu* con un 33.40% a diferencia del *Alchemilla vulgaris* que posee la captura de carbono más baja con un 28.88%.

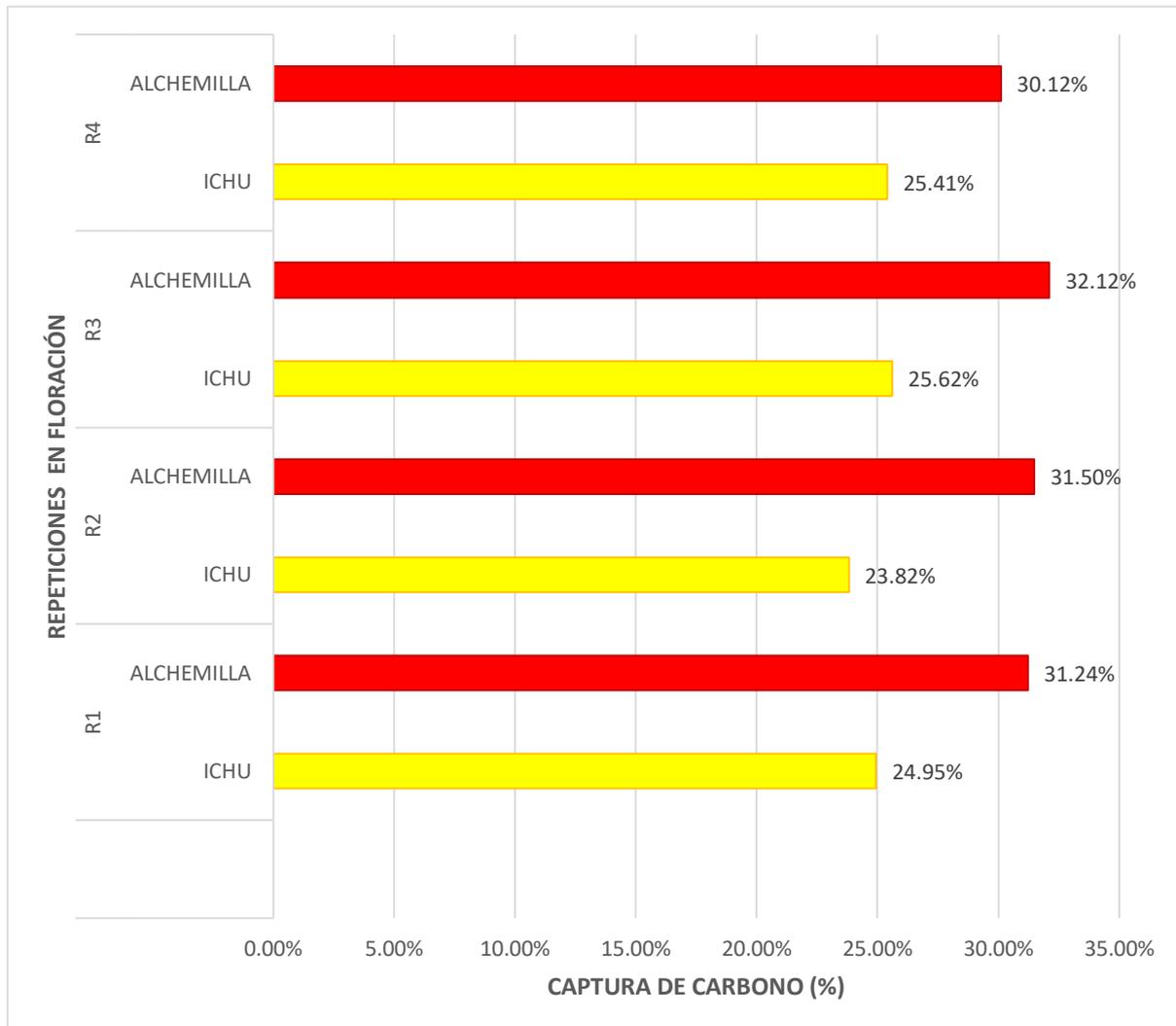


Figura 9. Porcentaje de carbono en las especies *Stipa ichu* y *Alchemilla vulgaris* en floración en biomasa radicular.

En la figura 9 observamos que la mayor captura de carbono en la etapa de fructificación se encuentra en la especie *Alchemilla vulgaris* con un 32.12% a diferencia del *Stipa ichu* que posee la captura de carbono más baja con un 23.82%.

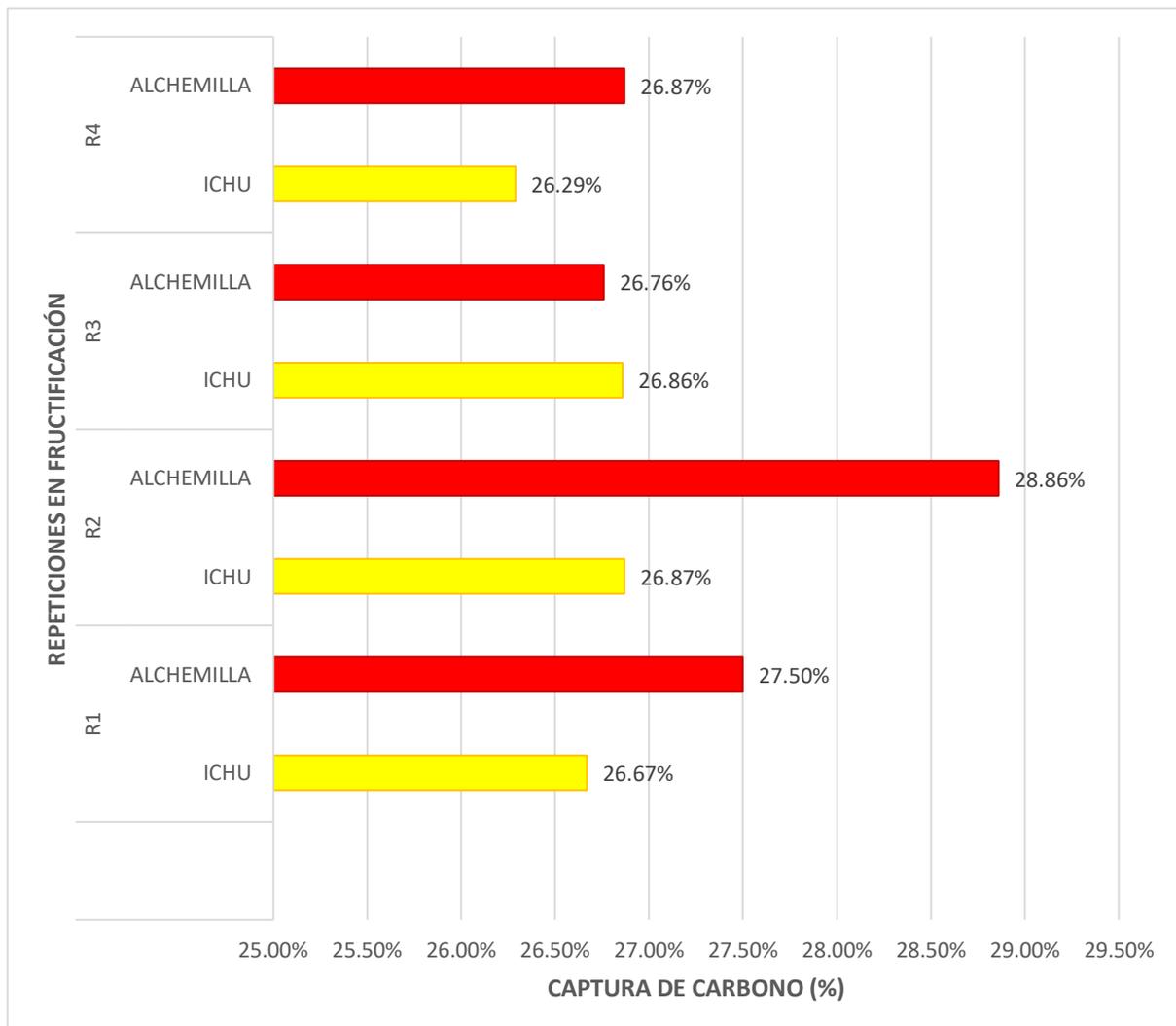


Figura 10. Porcentaje de carbono en las especies *Stipa ichu* y *Alchemilla vulgaris* en fructificación en biomasa radicular.

En la figura 10 observamos que la mayor captura de carbono en la etapa de fructificación se encuentra en la especie *Alchemilla vulgaris* con un 28.86% a diferencia del *Stipa ichu* que posee la captura de carbono más baja con un 26.29%.

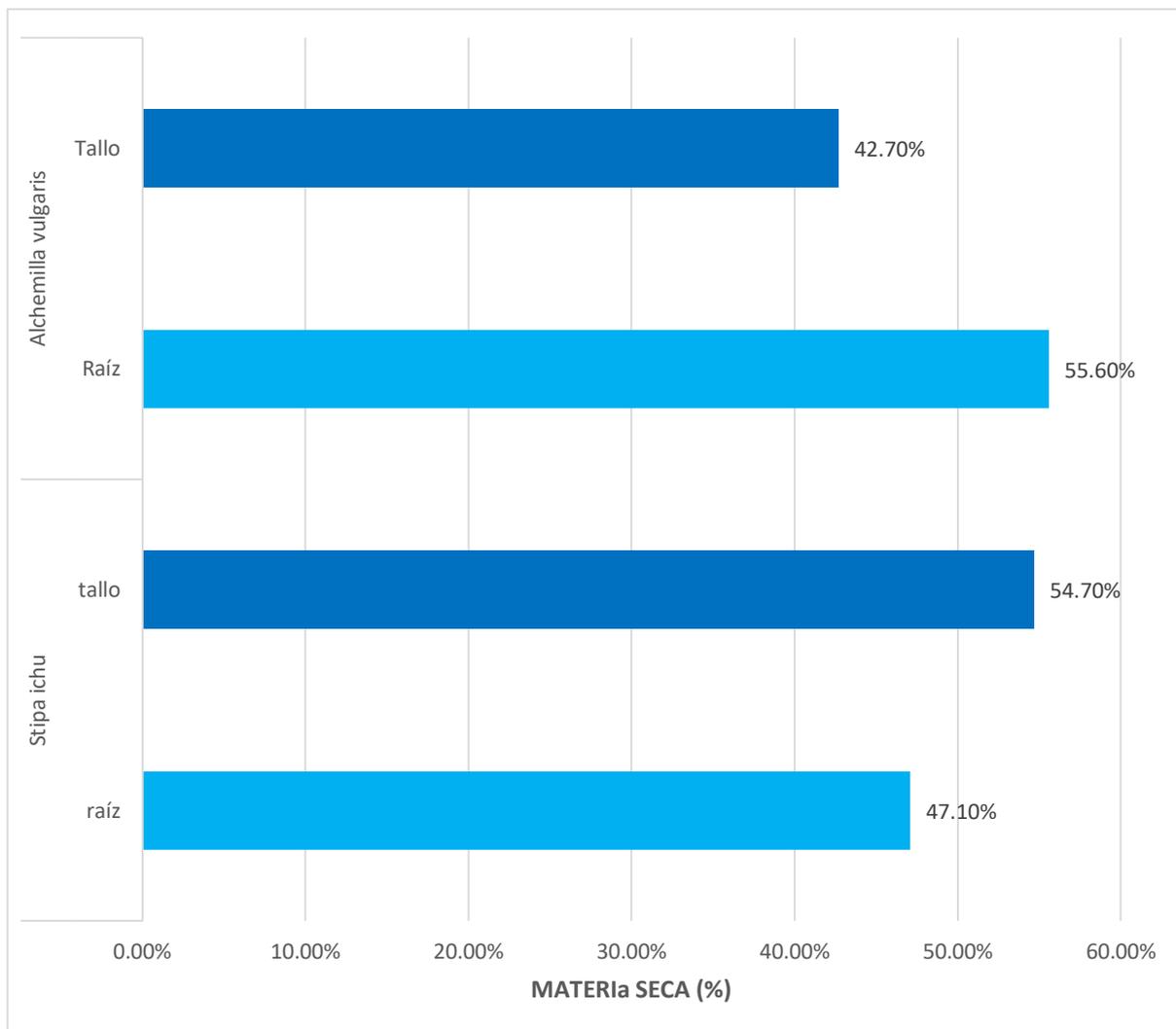


Figura 11. Contenido de materia seca en *Stipa ichu* y *Alchemilla vulgaris*

En la figura 11 se observa que el porcentaje de materia seca en raíz de *Stipa ichu* y *Alchemilla vulgaris* es de 55.6% y 47.10% respectivamente. Asimismo, el mayor porcentaje de materia seca en tallo se encuentra en *S. ichu* con 54.70% a diferencia de la *A. vulgaris* que posee un 42.7%.

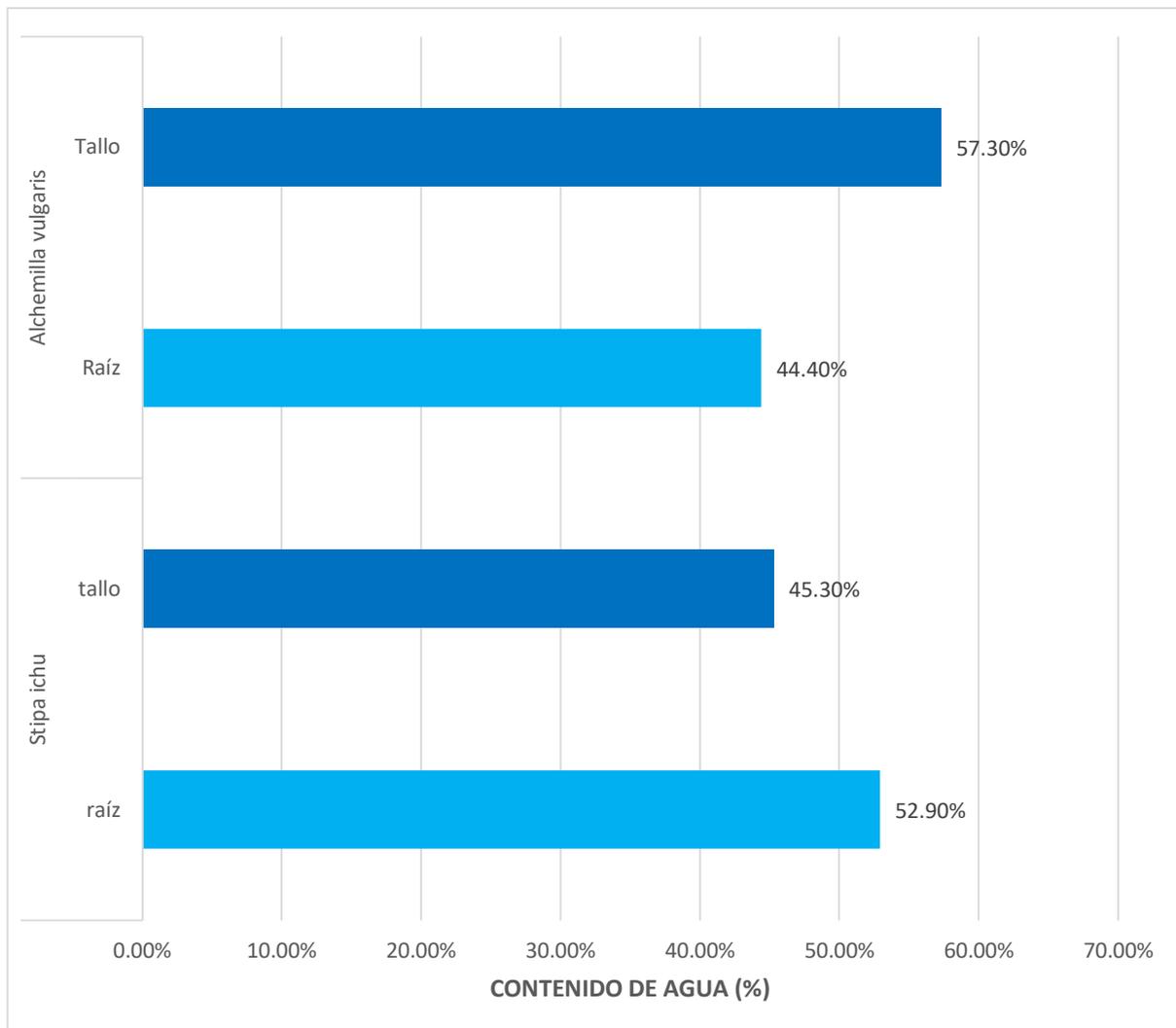


Figura 12. Contenido de agua en *Stipa ichu* y *Alchemilla vulgaris*

En la figura 12 se observa el contenido de agua en *Stipa ichu* y *Alchemilla vulgaris* obteniendo como resultado que la mayor cantidad de agua existe en el tallo de la *A. vulgaris* con 57.03% a diferencia del tallo de *S. ichu* que tiene un 45.03% de agua. Por el contrario, existe mayor cantidad de agua en la raíz de *S. ichu* con 52.90%.

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1. Discusión

Capacidad de almacenamiento de carbono por especie

La diferencia mínima significativa de almacenamiento de carbono se encuentra en la tabla 6 en la cual se muestra los promedios de los tres factores en estudio que son especie, parte de la planta y etapa fenológica. Se aprecia también que el nivel a₁ (*Stipa ichu*) obtuvo el 30,21% y el nivel a₀ (*Alchemilla vulgaris*) 29,25% lo cual indica que no hay significación estadística; pero el nivel a₁ ocupa el primer lugar en captura de carbono.

Dichos resultados se pueden comparar con los obtenidos por Yaranga, Marino & Villanueva (2013) en su trabajo “Almacenamiento de carbono en pastos naturales altoandinos” en el cual se encontró como resultado que la especie *Stipa ichu* tiene una capacidad de almacenamiento de carbono de 32.23% y 32.55% en biomasa aérea y radicular respectivamente.

La especie *Stipa ichu* usada en el presente trabajo de investigación presenta mejores resultados en cuanto a la capacidad para el almacenamiento de carbono, estos se explican porque el *Stipa ichu* es un pasto perenne, de cobertura vegetal densa y de periodo vegetativo corto teniendo varios cortes por año y la producción final de biomasa del cultivo tienen un gran potencial para fijar carbono al utilizar la ruta fotosintética con mayor capacidad de integrar el gas en la materia orgánica de las plantas, lo cual contribuye positivamente a mitigar las altas emisiones de gases de efecto invernadero y el calentamiento global.

Fisher *et al.* (1994) reporta que las gramíneas como *Stipa ichu* tiene gran potencial para fijar el carbono; tal es el caso del pasto Cuba CT-115, ya que al utilizar la ruta fotosintética C4, tiene mayor capacidad de integrar el gas en la materia orgánica de las plantas. Del mismo modo, Botero (2003) afirma que las pasturas con base en gramíneas secuestran más carbono, generalmente debajo de la capa arable (10-15 cm.). Esta característica hace que este Carbono este menos expuesto a los procesos de oxidación y por tanto su pérdida como gas invernadero.

Martin y Agüero (2014) comentan que, los pastizales nativos andinos perennes como *Stipa ichu* tienen ventaja sobre los anuales debido a que exploran más profundamente el perfil del suelo, produciendo aumento en su porosidad y con ello, una reducción en la densidad aparente del mismo. Estos efectos benéficos, sumados a una mayor cantidad de material muerto que depositan en relación a los pastizales anuales, contribuyen a maximizar la producción de materia orgánica en el perfil edáfico. Además, Africano *et al.* (2016) afirma que el carbono está más concentrado debido a la baja temperatura y descomposición lenta de los residuos vegetales en este ecosistema, por tal razón hay más carbono fijado y con ello mayor captura de carbono.

Rivera (2018) asume que el contenido de carbono en la especie *Stipa ichu* está directamente relacionada a la densidad, al tamaño del área, y al crecimiento continuo de la especie, vale decir que a mayor tamaño mayor producción de biomasa, en efecto un mayor contenido de carbono en los diferentes componentes del “*S. ichu*”. Por otro

lado, se indica que el rápido crecimiento de la especie y la rápida germinación y/o brotación contribuyen en la rápida producción de biomasa.

Lo dicho anteriormente refuerza los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación, ya que la mayor predominancia en el área de estudio ha sido de *Stipa ichu* con relación a *Alchemilla vulgaris* y por ello se ha obtenido mejores resultados en captura de carbono.

En la evaluación realizada por Romero (2015) encontró, que el sistema de pasto de *Lolium multiflorum* (*Rye grass*), fue más eficiente en la captura de carbono estimado con 169,55 t CO₂-e/ha/año, superando al sistema de *Avena sativa* (*Avena*) con 167.72 t CO₂-e/ha/año; también se determinó el valor de biomasa de carbono total acumulado en los sistemas de pastos, el *Rye grass* presentó mayores niveles de carbono total 46,2 t C/ha/año, seguido el de *Avena sativa* con 45,7 t C/ha/año. Del mismo modo en nuestro estudio se ha encontrado que la *Stipa ichu* almacena mayor cantidad de carbono podemos hacer una comparación con el trabajo mencionado anteriormente ya que el *Rye grass* y *Avena* pertenece a la familia de las gramíneas al igual que la especie utilizada en el presente trabajo por lo cual se puede aseverar que dicha familia de plantas es excelente para la captura de carbono.

Capacidad de almacenamiento de carbono por parte de la planta

Quispe (2017) en su trabajo sobre el almacenamiento de carbono en pastizales naturales con y sin práctica de restauración del paraje Lomo Largo – Jauja obtuvo como resultado que el carbono secuestrado en la biomasa aérea en promedio fue de 5.88 + 2.69 tC/ha en época de lluvia y estiaje, en la biomasa radicular fue de 6.35 + 1.11 tC/ha

Según Concha, Alegre & Pocomucha (2007) en un estudio realizado en sistemas agroforestales de *Theobroma cacao*, realizado en el departamento de San Martín, Perú en el cual evaluó la biomasa aérea de dicha especie presentando como resultados que la mayor captura de carbono fue en la biomasa arbórea de los árboles vivos, osciló desde $12.09 \text{ t C ha}^{-1}$ hasta 35.5 t C ha^{-1} , seguido por la biomasa de hojarasca que presentaron valores desde 4 t C ha^{-1} hasta 9.97 t C ha^{-1} ; mientras la biomasa de árboles muertos en pie y caídos muertos presentaron valores muy variables y bajos.

Romero (2015) en su trabajo, sobre la determinación de captura de carbono en biomasa total en dos sistemas de pastos encontró como resultado que existe mayor capacidad de captura de carbono en biomasa aérea de ambas especies de pastos obtenido como resultado 0.031 t/ha y 0.208 t/ha para *Avena sativa* y *Rye gras* respectivamente a diferencia del carbono capturado en biomasa radicular con un valor de 0.002 t/ha para cada especie

Del mismo modo en la determinación de captura de carbono realizada en el Centro Poblado Tantachual Bajo se obtuvo como resultados que la parte aérea de las dos especies estudiadas fueron más efectivas en captura de carbono obtenido un 30.76% de carbono a diferencia de la parte radicular cuyo porcentaje de captura de carbono es de 28,71%.

De la misma manera los resultados de Taymer *et al.*, (2007) donde compararon el carbono secuestrado en un sistema silvopastoril con un sistema de pasto natural, en áreas de 0.8 ha en cada sistema, fueron superiores cuyos resultados en la biomasa aérea de los pastos silvopastoriles fue de 38.25 tC/ha y en los pastos naturales una fijación de

carbono de 13 tC/ha. La explicación de esta diferencia sería el tipo de investigación, metodología usada y lugar de investigación.

Además, fueron diferentes a los resultados de Medrano *et al.*, (2012) quienes realizaron un estudio en las especies predominantes de flora del lago Chinchaycocha en tres ecosistemas dentro del humedal: donde en el totoral se obtuvo que *Schoenoplectus californicus tatora* almacena 30.65 tC/ha y *Juncos arcticus andicola* 8.70 tC/ha. En el pajonal: *Deyeuxia recta kunth* almacena 7.02 tC/ha en su biomasa aérea. En la bofedal: *Plantago tubulosa* almacena 0.81 tC/ha en su biomasa aérea, *Eleocharis albibracteata* almacena 0.22 tC/ha en su biomasa aérea y *Limosella australis* almacena 0.22 tC/ha en su biomasa aérea, donde el ecosistema totoral y pajonal fue mayor. En cambio, el ecosistema bofedal fue menor a este estudio.

Rivera (2018) en su trabajo sobre la evaluación del potencial almacenamiento de carbono en la especie *Stipa ichu* en la microcuenca Chaclatacana - Huancavelica obtuvo como resultado que el contenido de carbono almacenado está dado por las hojas, con un 56.56 %, seguida del tallo con un 55.72%, la raíz con un 54.03% y el que menos carbono almacena es la flor con un 53.06%. Se puede inferir que el almacenamiento de carbono en los componentes del *Stipa ichu* es mayor en la parte aérea de la planta ya presenta un promedio de almacenamiento de 55.11% a diferencia de la parte radicular cuyo valor es de 54.03%. Dichos resultados se pueden contrastar con los obtenidos en el presente trabajo de investigación.

Capacidad de captura de carbono por etapa fenológica

Yépez & Silveira (2011) afirman, que el desarrollo celular de la epidermis durante la fase temprana del crecimiento foliar involucra cambios tanto en la densidad de las células como en la proporción de células que se destinan a ser estomas. Las estomas participan en el intercambio gaseoso, dando entrada al dióxido de carbono (CO_2) y liberando el oxígeno (O_2) correspondiente al proceso de fotosíntesis en el cual el CO_2 en la atmósfera es absorbido por las plantas y convertido en carbohidratos y tejidos, como parte del ciclo del carbono (Lapeyre et al. 2004). Lo mencionado anteriormente explica el motivo por el cual en la etapa de pre floración existe 31,51% de captura de carbono superando estadísticamente al nivel c_1 (floración) y c_2 (fructificación).

Asimismo, Catpo (2004) en su investigación de cuantificación de biomasa y carbono en los principales sistemas de uso del suelo en Campo Verde, determina que las plantaciones jóvenes son mejores sumideros de carbono.

Taiz & Zeiger (2006) afirma que las fases de desarrollo de las plantas guardan una relación directa con las variaciones estacionales o las condiciones climáticas, por esta razón se debe conocer el inicio, la duración y la finalización de los eventos de desarrollo. Por otro lado, se estableció que tales eventos no están controlados específicamente por un solo factor ambiental, se puede decir que el agua y las variaciones estacionales del agua disponible en el suelo, pueden determinar algunos de ellos como la floración y fructificación. Lo mencionado anteriormente sustenta lo sucedido en el presente trabajo de investigación ya que se ha podido comprobar que la disponibilidad de agua en el suelo contribuye de manera directa en el desarrollo de la

planta, asimismo otro factor climático que influye de manera significativa es la temperatura.

Casas, (2017) en su tesis “Cuantificación de la captura de carbono en la biomasa aérea de la Guayaba (*Psidium guajava*)” determinó que la concentración de carbono total en Guayaba fue de 9,201 t C/ha, aduciendo que los árboles jóvenes o que están en una etapa de crecimiento temprana son magníficos sumideros de carbono, porque su respiración es mayor. Los resultados mencionados pueden compararse con los obtenidos en esta de investigación, ya que en la etapa de pre floración que es la etapa inicial del desarrollo de la planta se obtuvo mejores resultados de captura de carbono.

4.2 Conclusiones

- Se determinó la capacidad de captura de carbono en pastos naturales altoandinos *Stipa ichu* 30,22% y *Alchemilla vulgaris* 29,26% en el centro poblado Tantachual bajo en el distrito de san silvestre de Cochán - San miguel – Cajamarca.
- Se cuantificó el carbono capturado en las dos especies de pastos naturales altoandinos en el caserío de Tantachual Bajo haciendo uso del porcentaje de captura de carbono adquiridos en la Prueba de LSD (Diferencia mínima significativa) con los datos de materia seca obtenidos en $0.40 m^2$, encontrándose que las especies *Stipa* y *Alchemilla vulgaris* presentan valores de captura de carbono de 6,37 kg C/ha y 3,82kg C/ha respectivamente.
- Se determinó que la especie *Stipa ichu* (ichu) posee mayor capacidad de captura de carbono en la etapa de pre floración obteniendo como resultado promedio que la especie mencionada captura 37,35% de carbono.
- Se determinó que la especie *Alchemilla vulgaris* (chilifruta) posee mayor capacidad de captura de carbono en la etapa de floración obteniendo como resultado promedio la especie mencionada captura 32,01% de carbono.
- Se identificó mediante el análisis de varianza que hay significación estadística al 1% de probabilidad para los factores B (partes de la planta) y C (etapas fenológicas), indicando que hay diferencias reales entre los promedios de cada uno de estos dos factores en estudio. Del mismo modo, se ha obtenido significación estadística al 1% de probabilidad para la interacción entre las especies y las partes de la planta (AxB),

asimismo existe una fuerte interacción entre las especies y las etapas fenológicas

(AxC).

REFERENCIAS

- Acosta, M., Quednow, K., & Monreal, C. (2001). *Un metodo para la medicion del carbono almacenado en la parte aerea con sistemas con vegetacion natural e inducida en terrenos de Ladera de Mexico*. Obtenido de Colegio de Postgraduados: [file:///C:/Users/ingri/Downloads/ws13papeles1%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/ingri/Downloads/ws13papeles1%20(1).pdf)
- Africano, K., Cely, G., & Serrano, P. (2016). *Potencial de captura de CO2 asociado al componente edáfico en páramos Guantiva-La Rusia, departamento de Boyacá, Colombia*. Obtenido de Perspectiva Geografica: <https://revistas.uptc.edu.co/index.php/perspectiva/article/view/4572/3851>
- Benavides, O., & Leon, E. (2007). *Información tecnica sobre gases de efecto invernadero y el cambio climatico*. Obtenido de <http://www.ideam.gov.co/documents/21021/21138/Gases+de+Efecto+Invernadero+y+el+Cambio+Climatico.pdf>
- Botero, A. (2003). *Contribución de los sistemas ganaderos tropicales al secuestro de Carbono*. Obtenido de Zootecnista: <http://www.fao.org/3/y4435s/y4435s07.htm>
- Cajamarca Gobierno Regional. (2011). *Cobertura vegetal y uso actual departamento de Cajamarca*. Obtenido de <https://zeeot.regioncajamarca.gob.pe/sites/default/files/COBERTURA%20VEGETAL%20Y%20USO%20ACTUAL.pdf>
- Carvajal, M., Mota, C., Alcaraz, C., & Iglesias, M. (2010). *Investigacion sobre la absorcion del CO2 por los cultivos mas representativos de la region de Murcia*. Obtenido de http://www.lescco2.es/pdfs/noticias/ponencia_cisc_espanol.pdf
- Casas, S. (2017). *Cuantificación De La Captura De Carbono En La Biomasa Aérea De La Guayaba (Psidium Guajava L.)*. Obtenido de Universidad Nacional de Cajamarca: <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/1918>
- Concha, J., Alegre, J., & Pocomucha, V. (2007). *Determinacion de las reservas de carbono en la biomasa aerea de sistemas agroforestales de Theobroma cacao L. en el departamento de San Martin, Perú*. Obtenido de Universidad Nacional Agraria La Molina: <http://www.scielo.org.pe/pdf/ecol/v6n1-2/a09v6n1-2.pdf>
- Fabiani, D. (2011). *Diversidad floristica de especies nativas e introducidas en cuatro comunidades de Umala, Provincia Aroma, La Paz - Bolivia*. Obtenido de <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/10080/T-1521.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Figueroa, N., Etchevers, B., & Velasquez, M. (2005). *Concentración de carbono en diferentes tipos de vegetación de la Sierra Norte de Oaxaca*. Obtenido de [file:///C:/Users/ingri/Downloads/art%C3%ADculo_redalyc_57323108%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/ingri/Downloads/art%C3%ADculo_redalyc_57323108%20(2).pdf)

- Fisher, M., Rao, M., Lascano, C., & Vera, R. (1994). *Carbon storage by introduced deep-rooted grasses in the South American savannas*. Obtenido de Nature 371: <https://www.nature.com/articles/371236a0>
- Florez, A. (2005). *Manual de pastos y forrajes altoandinos*. Lima - Perú: ISBN N° 9972-47-115-2.
- Fonseca, W. (2017). *Revisión de métodos para el monitoreo de biomasa y carbono vegetal en ecosistemas forestales tropicales*. Obtenido de Ciencias Ambientales: www.revistas.una.ac.cr/ambientales
- Garate, M., & Blanco, J. (2013). *Importancia de la caracterización de la biomasa de raíces en la simulación de ecosistemas forestales*. Obtenido de www.revistaecosistemas.net
- Homero, D., & Gasca, J. (2007). *Instituto Nacional de ecología y cambio climático*. Obtenido de Los gases regulados por la convención marco de las naciones unidas sobre el cambio climático: <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones2/libros/437/dick.html>
- Jewsbury, G. (2016). *Plantas Forrajeras*. Obtenido de Catedra Botanica Taxonomica: <http://www.agro.unc.edu.ar/~wpweb/botaxo/wp-content/uploads/sites/14/2016/08/Forrajeras.-2016.pdf>
- Lapeyre, T., Alegre, J., & Arevalo, L. (2004). *Determinación de las reservas de carbono de la biomasa aérea en diferentes sistemas de uso de la tierra en San Martín, Perú*. Obtenido de *Ecología Aplicada*: https://www.researchgate.net/publication/26446760_Determinacion_de_las_reservas_de_carbono_de_la_biomasa_aerea_en_diferentes_sistemas_de_uso_de_la_tierra_en_San_Martin_Peru
- Lopez, L., Dominguez, M., & Martinez, P. (2016). *Carbono almacenado en la biomasa aérea de plantaciones de hule (*Hevea brasiliensis* Müell. Arg.) de diferentes edades*. Obtenido de Madera y Bosques: <https://www.redalyc.org/pdf/617/61749747005.pdf>
- Martin, G., & Agüero, S. (2014). *Los pastizales y el deterioro ambiental*. Obtenido de San Miguel de Tucumán, Argentina: http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas%20naturales/241-Deterioro_ambiental.pdf
- Medrano, R., Chupan, L., & Villa, M. (2012). *Almacenamiento de carbono en especies predominantes de flora en el lago Chinchaycocha*. Obtenido de Universidad Continental: <http://journals.continental.edu.pe/index.php/apuntes/article/view/52/51>
- Ministerio del Ambiente. (2014). *Normas Legales*. Obtenido de Ley de Mecanismos de retribución por servicios ecosistémicos: http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2014/06/ley_302105_MRSE.pdf

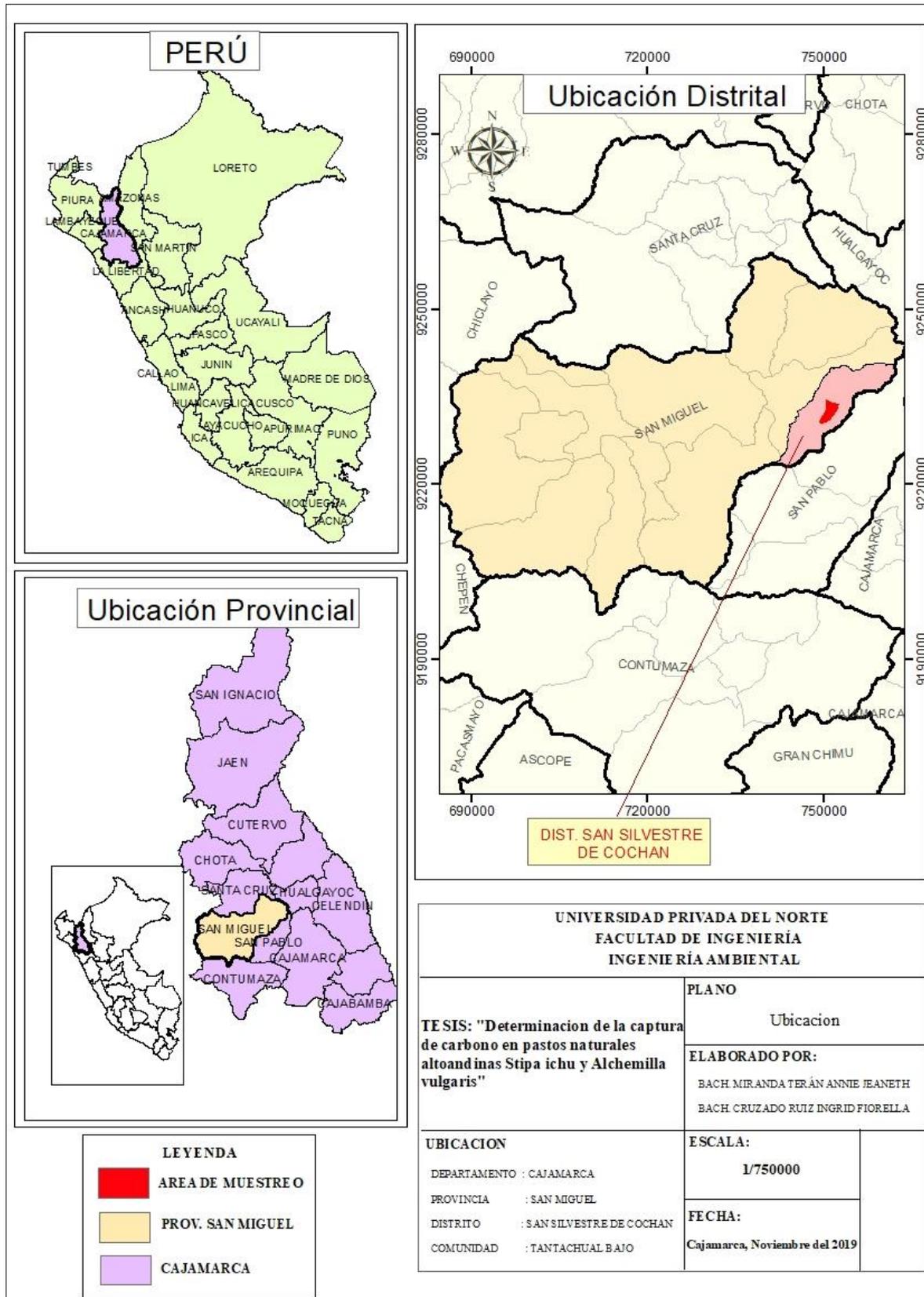
- Navas, A. (2010). *Importancia de los sistemas silvopastoriles en la reducción del estrés calorico en sistemas de producción ganadera tropical*. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/rmv/n19/n19a10.pdf>
- Organizacion Metereologica Mundial. (2017). Obtenido de Boletin de la OMM de los Gases de Efecto Invernadero: http://ane4bf-datap1.s3-eu-west-1.amazonaws.com/wmocms/s3fs-public/ckeditor/files/GHG_Bulletin_13_ES_0.pdf?YBIfazyk.Xi_7L2Oc02Xh46Nt1g4TfOo
- Orgnaizacion Metereologica Mundial. (2019). Obtenido de Boletin de la OMM sobre los efectos de invernadero: https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=10127
- Orjuela, A., Andrade, H., & Vargas, Y. (2014). *Potencial de almacenamiento de carbono de Caucho (Hevea brasiliensis. Mull. Arg) Plantaciones en monocultura y sistemas agroforestales en la amazonia colombiana*. Obtenido de *Agrosistemas tropicales y subtropicales*: <http://www.revista.ccba.uady.mx/ojs/index.php/TSA/article/download/1924/872>
- Perez, M. (2012). *Alchemilla vulgaris*. Obtenido de <http://www.botanicayjardines.com/alchemilla-vulgaris/>
- Quispe, R. (2017). *Almacenamiento de carbono en pastizales naturales con y sin práctica de restauración del paraje Lomo Largo – Jauja*. Obtenido de Facultad de Zootecnia: <http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/4398/Quispe%20M%20%282%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Rivera, E. (2018). *Evaluación del potencial almacenamiento de carbono en la especie stipa ichu (ichu) en la microcuenca Chaclatacana – Huancavelica*. Obtenido de Universidad Nacional Federico Villarreal: <http://repositorio.unfv.edu.pe/handle/UNFV/2505>
- Rodriguez, M., Águeda, J., & Lozano, A. (2004). *Metereología y Climatología*. Obtenido de Fundación Española para la ciencia y la tecnología: <https://cab.inta-csic.es/uploads/culturacientifica/adjuntos/20130121115236.pdf>
- Salazar, F. R. (2015). *Determinación de la captura de carbono en dos sistemas de pastos mejorados en San silvestre de Cochán Provincia de San miguel- Cajamarca*. Cajamarca.
- Schwartz, W. (2012). *Análisis del Protocolo de Kyoto*. Obtenido de <http://legislacion.asamblea.gob.ni/Internacionales.nsf/xsp/.ibmmadres/domino/OpenAttachment/Internacionales.nsf/ACC9ACA0357C25DD06257AD3007A5365/Adjuntos/protocolo%20Kyoto%20Análisis.pdf>
- Shine, P., Fuglestvedt, J., & Hailemariam, K. (2005). *Alternativas al potencial de calentamiento global para comparar los impactos climáticos de las emisiones de gases*

de efecto invernadero. Obtenido de Cambio Climático:
<https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs10584-005-1146-9>

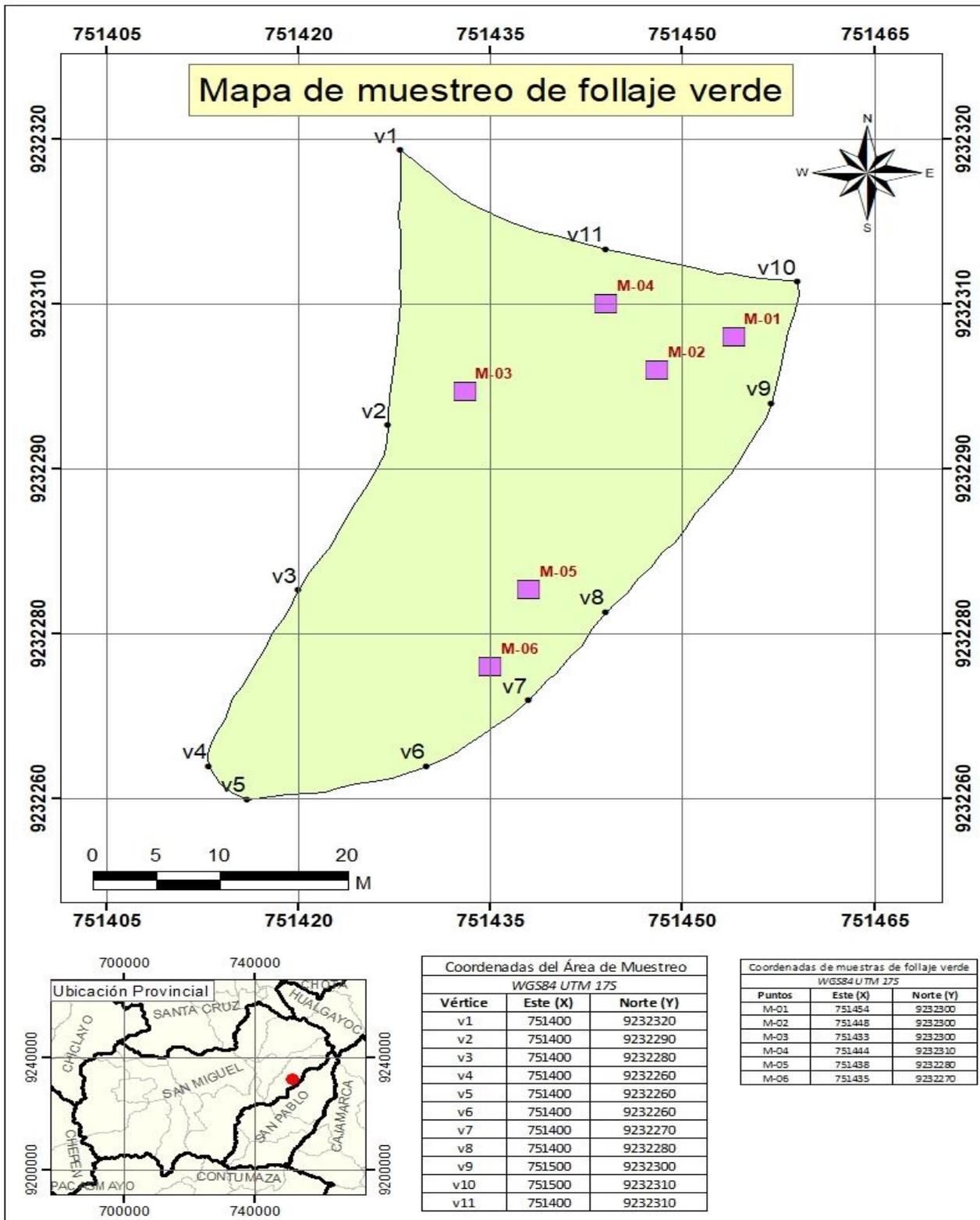
- Taiz, L., & Zeiger, E. (1998). En *Annals of Botany* 3^o ed. (págs. 750-751). Sunderland: Sinauer Associates.
- Taiz, L., & Zeiger, E. (2006). Fisiología Vegetal Volumen III. En *Plant Physiology* (págs. 200-656). Universitat Jaume I.
- Taymer, M., Machado, R., & Duquesne, P. (2007). *Carbono secuestrado en ecosistemas agropecuarios cubanos y su valoración económica. Estudio de caso*. Obtenido de Estacion Experimental de Pastos y Forrajes: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942007000400007
- Tovar, O. (1993). Las gramíneas (Poaceae) del Perú. En Vol.13. Madrid - España: CSIC - CSIC Press.
- Vilca, C. (2017). *Almacenamiento de CO2 en biomasa aerea de las familias Arecaceae y Bombaceae de un ecosistema de Aguajal en Posic, San Martin-2017*. Lima.
- Watson, R., Gitay, H., Suarez, A., & Dokken, D. (2002). *Grupo Intergubernamental de expertos sobre el cambio climático*. Obtenido de Cambio Climático y Biodiversidad: <https://archive.ipcc.ch/pdf/technical-papers/climate-changes-biodiversity-sp.pdf>
- Yaranga, C., & Villanueva, M. (2013). *Almacenamiento de carbono en pastos altoandinos*. Obtenido de Scientia Agropecuaria: <http://revistas.unitru.edu.pe/index.php/scientiaagrop/article/view/445>
- Yepez, A., & Silveira, M. (2011). *Respuestas de las plantas ante los factores ambientales del cambio climático global*. Obtenido de Colombia Forestal: <https://www.redalyc.org/pdf/4239/423939616005.pdf>
- Yzarra, W., & Lopez, F. (2011). *Servicio nacional de meteorología y hidrológico*. Obtenido de Manual de observaciones fenológicas: <https://www.senamhi.gob.pe/load/file/01401SENA-11.pdf>
- Zermeño, A., Rios, J., & Marin, J. (2011). *Dinámica del flujo de bióxido de carbono y de energía sobre un pastizal natural del norte de México*. Obtenido de http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-33612011000100005
- Zuñiga, L. (2016). *"Duración de las etapas fenológicas y profundidad radicular del cultivo de maíz (Zea mays) var. blanco harinoso criollo, bajo las condiciones climáticas del cantón cevallas"*. Obtenido de Universidad Técnica de Ambato: <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/18305/1/Tesis-116%20Ingenier%C3%ADa%20Agron%C3%B3mica%20-CD%20371.pdf>

ANEXOS

ANEXO N°1: Mapa de ubicación del área de muestreo en Tantachual Bajo



ANEXO 2: Mapa de muestreo de follaje verde



ANEXO N° 3: Ubicación del lugar de estudio



ANEXO N° 4. Extracción de muestras en el centro poblado Tantachual Bajo.





Recojo de muestra de *Stipa ichu* (ichu)



Recojo de muestra *Alchemilla vulgaris* (chilifruta)

ANEXO N° 5. Separación de parte aérea y radicular



Parte aérea de *Alchemilla vulgaris* en etapa de Pre floración (chilifruta)





Parte aérea de *Stipa ichu* (ichu) en etapa de Pre floración



Parte Radicular de *Stipa (ichu)* en etapa de Pre floración

ANEXO N° 6. Pesado de las muestras





ANEXO N° 8. Análisis de carbono en las muestras mediante el método de Walkley y Black



Agregando 10 y 20 gr de muestra molida en cada uno de los matraces



Agregando 10 mL de Dicromato de potasio $K_2Cr_2O_7$ 1N



Muestras con $K_2Cr_2O_7$ 1N y H_2SO_4 concentrado en la campana extractora de gases



Realizando la titulación con sulfato ferroso amoniacal

ANEXO N° 9. Muestras de plantas en etapa de Floración



Muestra de *Alchemilla vulgaris* (chilifruta)



Muestra de *Stipa ichu* (ichu)

ANEXO N° 10. Muestras de plantas en etapa de Fructificación



Muestra de *Stipa ichu* (ichu)



Muestra de *Achemilla vulgaris* (chilifruta)

ANEXO N° 11. Determinación de follaje verde



Tomando medidas para delimitar un área 0.4 m^2



Pesando las muestras



Muestras que serán ingresadas al horno

ANEXO N° 12. Resultados de las muestras analizadas en INIA





"Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres"
"Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad"

LABORATORIO DE SERVICIO DE SUELOS

NOMBRE : INGRID CRUZADO RUIZ

PROCEDENCIA: San Miguel – Cochán – Tantachual Bajo Fecha: 16-09-2019

RESULTADOS DE ANALISIS

Nombre Parcela	Código Laboratorio	P ppm	K ppm	pH	C.O %	Al meq/100g	
Chilifruta (Raiz) Prefloración	SU0778-EEBI-19	--	--	--	29.33	--	

INTERPRETACIÓN

Fósforo (P) : --
 Potasio (K) : --
 pH (reacción) : --
 Materia orgánica (M.O) : --
 Clase textural : --

RECOMENDACIONES DE NUTRIENTES
Cultivo a sembrar:

NUTRIENTES	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CAL	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CAL	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CAL
	Kg/ha	Kg/ha	Kg/ha	Ton /ha	Kg/ha	Kg/ha	Kg/ha	Ton /ha	Kg/ha	Kg/ha	Kg/ha	Ton /ha
Cantidad												

RECOMENDACIONES Y OBSERVACIONES ESPECIALES:





INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACIÓN AGRARIA
Estación Experimental Páramo del Inca
Julio A. Velásquez Camacho
JEFE LABORATORIO DE SUELOS



"Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres"
"Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad"

LABORATORIO DE SERVICIO DE SUELOS

NOMBRE : INGRID CRUZADO RUIZ

PROCEDENCIA: San Miguel – Cochán – Tantachual Bajo

Fecha: 16-09-2019

RESULTADOS DE ANALISIS

Nombre Parcela	Código Laboratorio	P ppm	K ppm	pH	C.O %	Al mg/100g
Chilifruta (Tallo) Prefloración	SU0777-EEBI-19	--	--	--	31.82	--

INTERPRETACIÓN

Fósforo (P) : --
Potasio (K) : --
pH (reacción) : --
Materia orgánica (M.O) : --
Clase textural : --

RECOMENDACIONES DE NUTRIENTES

Cultivo a sembrar

NUTRIENTES	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CAL	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CAL	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CAL
	Kg/ha	Kg/ha	Kg/ha	Ton/ha	Kg/ha	Kg/ha	Kg/ha	Ton/ha	Kg/ha	Kg/ha	Kg/ha	Ton/ha
Cantidad												

RECOMENDACIONES Y OBSERVACIONES ESPECIALES



INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACION AGRARIA
Escuela Experimental de Hús del Inca
Ing. Trujillo Velásquez Camacho
LABORATORIO DE SUELOS



"Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres"
"Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad"

LABORATORIO DE SERVICIO DE SUELOS

NOMBRE : INGRID CRUZADO RUIZ

PROCEDENCIA: San Miguel – Cochán – Tantachual Bajo

Fecha: 16-09-2019

RESULTADOS DE ANALISIS

Nombre Parcela	Código Laboratorio	P ppm	K ppm	pH	C.O %	Al meq/100g
Chilifruta (Tallo) Floración	SU0783-EEBI-19	--	--	--	32.00	--

INTERPRETACIÓN

Fósforo (P) : MUY BAJO
Potasio (K) : MUY BAJO
pH (reacción) : EXTREMADAMENTE ACIDO
Materia orgánica (M.O) : MEDIO
Clase textural : --

RECOMENDACIONES DE NUTRIENTES

Cultivo a sembrar:

NUTRIENTES	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CAL	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CAL	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CAL
	Kg/ha	Kg/ha	Kg/ha	Ton/ha	Kg/ha	Kg/ha	Kg/ha	Ton/ha	Kg/ha	Kg/ha	Kg/ha	Ton/ha
Cantidad												

RECOMENDACIONES Y OBSERVACIONES ESPECIALES:



INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACION AGRARIA
Estación Experimental Baños del Inca
Ingrid A. Velásquez Camacho
JEFE LABORATORIO DE SUELOS

Av. La Molina 1981, La Molina
T: (051) 240 2100 anexo (indicar)
www.inia.gob.pe
www.minagri.gob.pe

EL PERU PRIMERO



"Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres"
"Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad"

LABORATORIO DE SERVICIO DE SUELOS

NOMBRE : INGRID CRUZADO RUIZ

PROCEDENCIA: San Miguel – Cochán – Tantachual Bajo

Fecha: 16-09-2019

RESULTADOS DE ANALISIS

Nombre Parcela	Código Laboratorio	P ppm	K ppm	pH	C.O %	Al meq/100g
Ichu (Raiz) Prefloración	SU0780-EEBI-19	--	--	--	32.57	--

INTERPRETACIÓN

Fósforo (P) : --
Potasio (K) : --
pH (reacción) : --
Materia orgánica (M.O) : --
Clase textural : --

RECOMENDACIONES DE NUTRIENTES

Cultivo a sembrar:

NUTRIENTES	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CAL	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CAL	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CAL
	Kg/ha	Kg/ha	Kg/ha	Ton /ha	Kg/ha	Kg/ha	Kg/ha	Ton /ha	Kg/ha	Kg/ha	Kg/ha	Ton /ha
Cantidad												

RECOMENDACIONES Y OBSERVACIONES ESPECIALES:



INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACION AGRARIA
Escuela Experimental Barros del Inca
Dña. A. Velásquez Camacho
JEFE LABORATORIO DE SUELOS

Av. La Molina 1981, La Molina
T: (051) 240 2100 anexo (indicar)
www.inia.gob.pe
www.minagri.gob.pe

EL PERÚ PRIMERO



"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres"
"Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad"

LABORATORIO DE SERVICIO DE SUELOS

NOMBRE : INGRID CRUZADO RUIZ

PROCEDENCIA: San Miguel – Cochán – Tantachual Bajo

Fecha: 16-09-2019

RESULTADOS DE ANALISIS

Nombre Parcela	Código Laboratorio	P ppm	K ppm	pH	C.O %	Al meq/100g
Ichu (Tallo) Prefloración	SU0779-EEBI-19	--	--	--	37.33	--

INTERPRETACIÓN

Fósforo (P) : --
Potasio (K) : --
pH (reacción) : --
Materia orgánica (M.O) : --
Clase textural : --

RECOMENDACIONES DE NUTRIENTES

Cultivo a sembrar:

NUTRIENTES	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CAL	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CAL	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CAL
	Kg/ha	Kg/ha	Kg/ha	Ton /ha	Kg/ha	Kg/ha	Kg/ha	Ton /ha	Kg/ha	Kg/ha	Kg/ha	Ton /ha
Cantidad												

RECOMENDACIONES Y OBSERVACIONES ESPECIALES:



INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACIÓN AGRARIA
Estación Experimental Banos del Inca
Tulio A. Velasquez Camacho
Ing° Tulio A. Velasquez Camacho
JEFE LABORATORIO DE SUELOS

Av. La Molina 1981, La Molina
T: (051) 240 2100 anexo (indicar)
www.inia.gob.pe
www.minagri.gob.pe

EL PERU PRIMERO



"Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres"
"Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad"

LABORATORIO DE SERVICIO DE SUELOS

NOMBRE : **INGRID CRUZADO RUIZ**

PROCEDENCIA: **San Miguel – Cochán – Tantachual Bajo**

Fecha: **16-09-2019**

RESULTADOS DE ANALISIS

Nombre Parcela	Código Laboratorio	P ppm	K ppm	pH	C.O %	Al meq/100g
Chilifruta (Raiz) Floración	SU0784-EEBI-19	--	--	--	31.24	--

INTERPRETACIÓN

Fósforo (P) : MUY BAJO
 Potasio (K) : MUY BAJO
 pH (reacción) : EXTREMADAMENTE ACIDO
 Materia orgánica (M.O) : MEDIO
 Clase textural : --

RECOMENDACIONES DE NUTRIENTES

Cultivo a sembrar:

NUTRIENTES	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CAL	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CAL	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CAL
	Kg/ha	Kg/ha	Kg/ha	Ton /ha	Kg/ha	Kg/ha	Kg/ha	Ton /ha	Kg/ha	Kg/ha	Kg/ha	Ton /ha
Cantidad												

RECOMENDACIONES Y OBSERVACIONES ESPECIALES:

INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACION AGRARIA
 Estación Experimental Banos del Inca
Ing. Tito A. Velásquez Camacho
 JEFE LABORATORIO DE SUELOS

Av. La Molina 1981, La Molina
 T: (051) 240 2100 anexo (indicar)
 www.inia.gob.pe
 www.minagri.gob.pe

EL PERU PRIMERO



"Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres"
"Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad"

LABORATORIO DE SERVICIO DE SUELOS

NOMBRE : INGRID CRUZADO RUIZ

PROCEDENCIA: San Miguel – Cochán – Tantachual Bajo

Fecha: 16-09-2019

RESULTADOS DE ANALISIS

Nombre Parcela	Código Laboratorio	P ppm	K ppm	pH	C.O %	Al meq/100g	
Ichu (Raiz) Floración	SU0786-EEBI-19	--	--	--	24.95	--	

INTERPRETACIÓN

Fósforo (P) : --
Potasio (K) : --
pH (reacción) : --
Materia orgánica (M.O) : --
Clase textural : --

RECOMENDACIONES DE NUTRIENTES

Cultivo a sembrar:

NUTRIENTES	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CAL	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CAL	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CAL
	Kg/ha	Kg/ha	Kg/ha	Ton /ha	Kg/ha	Kg/ha	Kg/ha	Ton /ha	Kg/ha	Kg/ha	Kg/ha	Ton /ha
Cantidad												

RECOMENDACIONES Y OBSERVACIONES ESPECIALES:



INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACIÓN AGRARIA
Estación Experimental Baños del Inca
Ingrido Velásquez Camacho
JEFE LABORATORIO DE SUELOS

Av. La Molina 1981, La Molina
T: (051) 240 2100 anexo (indicar)
www.inia.gob.pe
www.minagri.gob.pe

EL PERU PRIMERO



"Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres"
"Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad"

LABORATORIO DE SERVICIO DE SUELOS

NOMBRE : INGRID CRUZADO RUIZ

PROCEDENCIA: San Miguel – Cochán – Tantachual Bajo

Fecha: 16-09-2019

RESULTADOS DE ANALISIS

Nombre Parcela	Código Laboratorio	P ppm	K ppm	pH	C.O %	Al meq/100g
Ichu (Tallo) Floración	SU0785-EEBI-19	--	--	--	29.91	--

INTERPRETACIÓN

Fósforo (P) : --
Potasio (K) : --
pH (reacción) : --
Materia orgánica (M.O) : --
Clase textural : --

RECOMENDACIONES DE NUTRIENTES

Cultivo a sembrar:

NUTRIENTES	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CAL	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CAL	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CAL
	Kg/ha	Kg/ha	Kg/ha	Ton/ha	Kg/ha	Kg/ha	Kg/ha	Ton/ha	Kg/ha	Kg/ha	Kg/ha	Ton/ha
Cantidad												

RECOMENDACIONES Y OBSERVACIONES ESPECIALES:



INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACIÓN AGRARIA
Estación Experimental Huanuco del Inia
Ingr. Dora A. Velásquez Camacho
JEFE LABORATORIO DE SUELOS

Av. La Molina 1981, La Molina
T (051) 240 2100 anexo (indicar)
www.inia.gob.pe
www.minagri.gob.pe

EL PERU PRIMERO



"Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres"
"Año de la Lucha contra la Corrupción y la Impunidad"

LABORATORIO DE SERVICIO DE SUELOS, AGUAS, ABONOS Y PLANTAS

NOMBRE : INGRID CRUZADO RUIZ

PROCEDENCIA: San Miguel – Cochán – Tantachual Bajo

Fecha: 15-10-2019

RESULTADOS DE ANALISIS

Nombre Muestra	Código Laboratorio	C.O %	
Chilifruta (Tallo) Fase Fructificación	SU0937-EEBI-19	23.62	
Chilifruta (Raiz) Fase Fructificación	SU0938-EEBI-19	27.05	

INTERPRETACIÓN

Fósforo (P) : --
Potasio (K) : --
pH (reacción) : --
Materia orgánica (M.O) : --
Clase textural : --

RECOMENDACIONES DE NUTRIENTES

Cultivo a sembrar:

NUTRIENTES	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CAL	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CAL	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CAL
	Kg/ha	Kg/ha	Kg/ha	Ton /ha	Kg/ha	Kg/ha	Kg/ha	Ton /ha	Kg/ha	Kg/ha	Kg/ha	Ton /ha
Cantidad												

RECOMENDACIONES Y OBSERVACIONES ESPECIALES:



INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACIÓN AGRARIA
Estación Experimental Baños del Inca
Ingrid Cruzado Ruiz
Ing. Julio A. Velásquez Camacho
JEFE LABORATORIO DE SUELOS

Av. La Molina 1981, La Molina
T: (051) 240 2100 anexo (indicar)
www.inia.gob.pe
www.minagri.gob.pe

EL PERU PRIMERO