



## Análisis de cuatro sistemas silvopastoriles en Perú: Caracterización física y nutricional de pasturas, composición florística, reserva de carbono y CO<sub>2</sub>

### Analysis of four silvopastoral systems in Peru: Physical and nutritional characterization of pastures, floristic composition, carbon and CO<sub>2</sub> reserves

Héctor V. Vásquez<sup>1,\*</sup> ; Leandro Valqui<sup>1</sup> ; Julio C. Alegre<sup>2</sup> ; Carlos Gómez<sup>2</sup> ;  
Jorge L. Maicelo<sup>1</sup> 

<sup>1</sup> Dirección de Desarrollo Tecnológico Agrario, Instituto Nacional de Innovación Agraria, Av. La Molina N° 1981, Lima, Peru.

<sup>2</sup> Universidad Nacional Agraria La Molina, Av. La Molina N° 1524, Lima, Peru.

Received February 8, 2020. Accepted May 14, 2020.

#### Resumen

Se identificaron cuatro sistemas silvopastoriles (SSP) y un sistema sin árboles para medir variables como: materia fresca, materia seca y composición florística (época seca y lluviosa); composición nutricional; biomasa: arbórea, herbácea, hojarasca y carbono orgánico del suelo (dos profundidades), para determinar carbono total y CO<sub>2</sub>. El mayor crecimiento lo registraron las pasturas del SSP Aliso en ambas épocas y obtuvo el mayor rendimiento de materia seca (0,27 kg/m<sup>2</sup>). En época lluviosa, la mayor cantidad de gramíneas fue para el SSP con Ciprés (49%) y en malezas el SSP Pona (49%) y en época seca la mayor cantidad de gramíneas fue para el SSP Pino (52%) y en malezas el SPP Pona (53%); predominando *Dactylis glomerata*, *Lolium multiflorum* y *Trifolium repens* en ambas épocas. En composición nutricional y digestibilidad destacó el SSP Aliso (proteína cruda (16,06%), fibra detergente neutro (48,23%) y digestibilidad (66,14%)). La mayor retención de carbono y CO<sub>2</sub> se registró en el SSP con Pona (179,49 t/ha y 658 t/ha) y el más bajo fue el Aliso (108,15 t/ha y 396,46 t/ha); en cuanto al SSA obtuvo una cantidad de C de 131,33 t/ha y de 481,44 t/ha de CO<sub>2</sub>. Los SSP acumularon mayor carbono en la parte arbórea y suelo.

**Palabras clave:** cambio climático; efecto invernadero; carbono; digestibilidad; materia seca.

#### Abstract

Four silvopastoral systems (SPS) and a system without trees were identified to measure variables such as: fresh matter, dry matter and floristic composition (dry and rainy season); nutritional composition; biomass: arboreal, herbaceous, litter and organic soil carbon (two depths), to determine total carbon and CO<sub>2</sub>. The greatest growth was recorded by the SPS Aliso pastures in both seasons and obtained the highest dry matter yield (0.27 kg/m<sup>2</sup>). In the rainy season, the greatest amount of grasses was for the SPS with Cypress (49%) and in weeds the SPS Pona (49%) and in the dry season the greatest amount of grasses was for the SPS Pino (52%) and in weeds SPS Pona (53%); predominantly *Dactylis glomerata*, *Lolium multiflorum* and *Trifolium repens* in both periods. In nutritional composition and digestibility, the SPS Aliso (crude protein (16.06%), neutral detergent fiber (48.23%) and digestibility (66.14%)) stood out. The highest carbon and CO<sub>2</sub> retention was recorded in the SPS with Pona (179.49 t/ha and 658 t/ha) and the lowest was Alder (108.15 t/ha and 396.46 t/ha); As for the SWT, it obtained an amount of C of 131.33 t/ha and 481.44 t/ha of CO<sub>2</sub>. The SPS accumulated more carbon in the tree part and soil.

**Keywords:** climate change; greenhouse effect; carbon; digestibility; dry matter.

#### 1. Introducción

La ganadería es la actividad que ocupa la mayor superficie de la tierra, representa un

70% del área agrícola del planeta y el 30% de toda la superficie terrestre (Martins *et al.*, 2019). Esta actividad, provee aproximada-

#### Cite this article:

Vásquez, H.V.; Valqui, L.; Alegre, J.C.; Gómez, C.; Maicelo, J.L. 2020. Análisis de cuatro sistemas silvopastoriles en Perú: Caracterización física y nutricional de pasturas, composición florística, reserva de carbono y CO<sub>2</sub>. Scientia Agropecuaria 11(2): 167-176.

\* Corresponding author

E-mail: [hvasquez@inia.gob.pe](mailto:hvasquez@inia.gob.pe) (H.V. Vásquez).

mente el 30% de la proteína para consumo humano en el mundo y contribuye al bienestar de 1300 millones de personas, pero al mismo tiempo, impacta negativamente en todas las esferas ambientales: aire, suelo, agua y biodiversidad; influyendo en el cambio climático por sus emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) como el CO<sub>2</sub> (Buitrago-Guillen et al., 2018).

En los últimos 200 años los incrementos del CO<sub>2</sub> en la atmósfera han sido de 280 a 375 ppm, y continúa aumentando a una tasa promedio superior a 1,5 ppm por año (IPCC, 2018). Se ha estimado que la producción ganadera ha generado 7,1 gigatoneladas de dióxido de carbono equivalente (CO<sub>2</sub>e) en el 2005, lo que representa el 14,5% de las emisiones antropogénicas de GEI (Wilkes et al., 2017). En el Perú, más del 60% de las emisiones de GEI son producto de actividades como el cambio de uso de suelo, silvicultura y agricultura (FAO, 2013).

Arciniegas y Flórez (2018) indican que los SSP son una herramienta para obtener una ganadería sostenible y eficiente en términos productivos, de rentabilidad, competitividad y de conservación de los recursos naturales. Además, cumplen un papel importante en la mitigación del Cambio Climático, al disminuir la presión sobre los bosques por la ampliación de la frontera agrícola ganadera, la conservación y recuperación del suelo y agua y los servicios ambientales que ofrecen como la captura y almacenamiento del carbono atmosférico y la reducción en emisiones de gases de efecto invernadero (Buitrago-Guillen et al., 2018).

El departamento de Amazonas cuenta con distritos en los cuales las actividades principales son la agricultura y ganadería, esta última hace uso de silvopasturas que se manejan empíricamente, ya que fueron instaladas como cercos vivos y división de potreros para el manejo del ganado y con el pasar de los años se convirtieron en Sistemas Silvopastoriles (Kássio et al., 2018).

Los sistemas silvopastoriles que se vienen manejando, se caracterizan por utilizar forrajes provenientes de especies nativas, ya que muestran ventajas comparativas frente a las pasturas mejoradas, por lo que es importante su identificación y caracterización fisicoquímica, dado que en un futuro se podrían utilizar en programas de mejoramiento genético (Oliva et al., 2019).

Sobre la base de lo expuesto se tuvo como objetivo analizar cuatro sistemas silvopastoriles en Perú mediante la caracterización física y nutricional de pasturas, la evaluación de la composición florística y la determinación de las reservas de carbono y CO<sub>2</sub>.

## 2. Materiales y métodos

### Lugar de estudio y temporalidad

Se desarrolló en el distrito de Molinopampa a una altitud de 2400 m.s.n.m. entre las coordenadas 204704,6 m E y 9313329,1 m N. Para la caracterización física y nutricional de pasturas y composición florística se consideraron dos épocas del año: lluviosa (octubre 2016 a mayo del 2017) y seca (mayo a diciembre de 2017). Para la determinación de Carbono y CO<sub>2</sub> se consideró una sola época.

### Selección de los Sistemas Silvopastoriles (SSP)

Se definieron los Sistemas en función a características similares de suelo, pasturas y edad de los árboles, estableciéndose de la siguiente manera: El SSP con Aliso (*Alnus acuminata*) en franjas, SSP con Pino (*Pinus patula*) en franjas, SSP con Ciprés (*Cupressus macrocarpa*) en cerco vivo, SSP con Pona (*Ceroxylon quindiuense*) árboles dispersos en potrero y Sistema sin árboles - SSA con pastos y se seleccionaron 15 parcelas demostrativas (tres por cada SSP).

### Crecimiento, materia verde, materia seca y composición florística

La evaluación del crecimiento fue en dos épocas del año (seca y lluviosa), evaluada a los 30, 45, 60 y 75 días. Para el cálculo de Materia Verde (MV), se realizó el corte y pesado del material vegetativo de la parcela, en un área de 1 m<sup>2</sup> y la Materia Seca (MS) se determinó en el Laboratorio de Nutrición Animal y Bromatología de Alimentos de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza - UNTRM, empleando una submuestra de 500 g o menos dependiendo del peso total de la muestra y se colocó en una estufa a 60 °C, hasta obtener un peso constante (Posada et al., 2007). Se utilizó la ecuación  $(MS/m^2) = (PMS/PMH) \times 100$ , los resultados obtenidos para MV y MS fueron en kg\*ms\*m<sup>2</sup>. Para realizar el muestreo de composición florística se consideró toda el área del SSP y SSA, utilizando el método del transecto lineal, el punto de inicio fue elegido al azar, seguidamente se registraron las especies encontradas en cada punto, tomando en cuenta una repetición por cada sistema. Luego se clasificaron los datos de acuerdo a su aptitud forrajera (gramíneas y leguminosas), malezas y suelo desnudo y se registró la información del nombre común y su clasificación según grupos fisonómicos.

### Análisis de composición nutricional y digestibilidad

Se realizó en el Laboratorio de Evaluación Nutricional de Alimentos (LENA) de la Universidad Nacional Agraria La Molina, para lo

cual se tomaron las muestras de MS que fueron analizadas a una edad de corte de 75 días, que fueron secadas, molidas e identificadas en una cantidad de 250 g; considerando los siguientes parámetros de evaluación: Proteína Cruda (PC), Fibra Cruda (FC), Fibra Detergente Neutro (FDN), Extracto Etéreo (EE), Cenizas (Cz) y Digestibilidad *in vitro* (DIV).

### Muestreo de los componentes del Sistema Silvopastoril

Para la selección de árboles se realizó un muestreo estratificado con afijación proporcional al tamaño del estrato y los árboles dentro de cada estrato fueron escogidos al azar (Puente et al., 2017). La muestra fue de 56 árboles para el SSP con Aliso, 55 para el SSP con Pino, 34 para el SSP con Ciprés y 40 para el SSP con Pona. Se midieron: diámetro a la altura del pecho (DAP), distancia (D), ángulo de fuste (AF), ángulo total (ANT), altura del fuste (AF) y altura total (AT).

En el muestreo de hojarasca y pastos se utilizó un cuadrante de 1 m<sup>2</sup>, con cinco repeticiones, recolectándose todo el material por sistema evaluado, se consideró las hojas de la capa superficial y materiales muertos procedentes del SSP, que se encontraron bajo el árbol como hojarasca. Para el muestreo de pastos, se cortó todo el material herbáceo que se encontró dentro del cuadrante y se procedió al pesado, luego se tomó una submuestra de 200 g, se embolsó y etiquetó, para ser trasladado al Laboratorio de Nutrición Animal y Bromatología de Alimentos de la UNTRM, para su secado correspondiente en una estufa a 105 °C hasta alcanzar un peso seco constante (Posada et al., 2007).

Para el muestreo de suelo se realizó una calicata de 50x50x50 cm, debajo de los árboles a dos profundidades: de 0 – 15 cm y de 15 - 30 cm y con la ayuda de un cilindro de acero de 15 cm se extrajeron tres muestras por sistema, las mismas que fueron etiquetadas y enviadas al laboratorio de análisis de suelos de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM) para la determinación de carbono orgánico (CO) y materia orgánica (MO) en porcentaje (%).

### Determinación de las reservas de carbono total y CO<sub>2</sub> en los sistemas

**Primero:** se cuantificó la biomasa seca que contiene el componente arbóreo, mediante las ecuaciones alométricas que se describen en la [Tabla 1](#).

**Segundo:** para la biomasa herbácea y hojarasca se usó la ecuación propuesta por [Timoteo et al. \(2016\)](#):  $BH$  (t/ha) = ((PSM/PFM)\*PFT)\*0,01

Donde: BH = Biomasa herbácea (t/ha); PSM = Peso seco de la muestra colectada (g); PFM = Peso fresco de la muestra colectada (g); PFT = Peso fresco total por metro cuadrado (g/m<sup>2</sup>); 0,01 = Factor de conversión para biomasa herbácea y de 0,004 = factor de conversión para hojarasca.

**Tercero:** Biomasa vegetal total: Se usó la ecuación de [Timoteo et al. \(2016\)](#), que viene a ser la suma de la biomasa arbórea, herbácea y hojarasca.

**Cuarto:** Carbono en la biomasa vegetal: Se consideró la ecuación de [Timoteo et al. \(2016\)](#):  $CBV$  (t/ha) =  $BVT$  \* Fracción de carbono  
Donde: CBV = Carbono en la biomasa vegetal; BVT = Biomasa vegetal total; 0,4270 = Fracción de carbono Aliso ([Fluker y Sánchez, 2016](#)); 0,4270 = Fracción de carbono Pino ([Oliva et al., 2017 a](#)); 0,5000 = Fracción de carbono Ciprés ([Bolaños et al., 2017](#)) y 0,5674 = Fracción de carbono Pona ([Maicelo, 2012](#)).

**Quinto:** Carbono orgánico en el suelo, se calculó por hectárea, mediante la ecuación propuesta por [Yescas-Coronado et al. \(2018\)](#):  $Ws = a * p * da$

Donde: Ws = peso del suelo (t/ha); a = área (ha); p = profundidad (m) y da = densidad aparente del suelo (kg/m<sup>3</sup>).

Posterior a ello, se multiplicó el peso del suelo por el porcentaje de carbono orgánico calculado en laboratorio para obtener el CO en t/ha.

**Sexto:** Conversión del carbono orgánico (CO) a dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>): para ello se multiplicó el Carbono orgánico (CO) por el factor de corrección 3,666, resultado de la división entre el peso molecular del CO<sub>2</sub> por el peso molecular del carbono tomado de [Valenzuela \(2001\)](#).

### Análisis de datos

Se analizó bajo un Diseño Completamente al Azar (DCA), los diferentes sistemas se constituyeron como tratamientos, luego de comprobar la existencia de diferencias significativas mediante un análisis de varianzas (ANOVA), se aplicó la prueba de comparaciones múltiples de Tukey ( $\alpha = 0,05$ ), con el software estadístico Statistix versión de prueba.

**Tabla 1**  
Modelos alométricos de diferentes especies forestales

Especie	Modelo alométrico	Autores
Aliso	$C = -22,695 + 1,5085 * DAP$	( <a href="#">Fluker y Sánchez, 2016</a> )
Pino	$BS = 0,6575 * DAP^{1,1794}$	( <a href="#">Oliva et al., 2017a</a> )
Ciprés	$C = 0,2639 * DAP^{1,7698}$	( <a href="#">Bolaños et al., 2017</a> )
Pona	$BS = 0,0080 * DAP^{2,8449} * AF^{0,4620}$	( <a href="#">Maicelo, 2012</a> )

\*BS= Biomasa seca, C= Carbono, DAP= diámetro a la altura del pecho y AF= altura del fuste.

### 3. Resultados y discusión

#### Evaluación del crecimiento de las pasturas

En lo que respecta a la variable crecimiento de pasturas se observó diferencias altamente significativas a los 30, 45, 60 y 75 días de crecimiento ( $p \leq 0,05$ ). El sistema que registró un mejor crecimiento de pasturas a los 75 días fue el SSP con Aliso (72,50 cm) y un menor crecimiento el SSP con Pona (30,08 cm) (Figura 1); resultados que indican que el efecto de árboles como el Aliso influye en el rendimiento de la pastura, ya que esta especie captura nitrógeno atmosférico en el suelo aportando nutrientes y permitiendo un adecuado crecimiento de la pastura (Aulestia-Guerrero et al., 2018); estos resultados fueron superiores a los obtenidos por Vásquez et al. (2017), quienes evaluaron quince variedades de pasturas, teniendo como resultado una altura de crecimiento del Rye grass ecotipo cajamarquino de 52,43 cm. En época lluviosa todos los sistemas presentaron un orden de crecimiento ascendente; debido a que existe mayor precipitación y disponibilidad de nutrientes, además de la influencia del árbol en la mayoría de los sistemas (Manríquez, 2010).

#### Rendimiento de materia verde y seca en las pasturas

El mejor rendimiento de MV a los 75 días fue el SSP con Aliso (1,41 kg/m<sup>2</sup>) y de MS (0,27 kg/m<sup>2</sup>) y el más bajo fue para el SSP con Pino con 0,60 kg/m<sup>2</sup> de MV y 0,08 kg/m<sup>2</sup> de MS, mostrando diferencias significativas entre sistemas ( $p \leq 0,05$ ). Huaman et al. (2018) realizaron evaluaciones en leguminosas obteniendo resultados superiores a los de esta investigación, con una producción de

4,39 kg/m<sup>2</sup> de MV y 0,87 kg/m<sup>2</sup> de MS. Los rendimientos superiores obtenidos en esta investigación, posiblemente se deben a las condiciones climáticas y diferencias de pasturas (Ramírez et al., 2017).

#### Evaluación de la composición florística

En época lluviosa el SSP con Aliso y el SSP con Ciprés registraron el mayor porcentaje de gramíneas con 48 y 49% respectivamente y el porcentaje más bajo fue para el SSA (40%); estas gramíneas estuvieron constituidas principalmente por Rye grass, pasto Ovillo, Kikuyo, Nudillo y Nicarión. En lo que respecta a las leguminosas los mayores contenidos se registraron en el SSP con Aliso y el SSP con Ciprés (16 y 15% respectivamente), siendo la principal especie el Trébol Blanco. El mayor contenido de malezas lo presentó el SSP con Pona (49%) y el menor contenido lo tiene el SSP con Ciprés (20%); en cuanto al área de suelo desnudo, se tiene una mayor cantidad en el SSP con pino (19%) esto se debe posiblemente al efecto que causa la caída de las hojas del árbol, impidiendo el crecimiento de las pasturas y el sistema con área desnuda más baja fue SSP con Aliso con 4%; debido a que en época lluviosa las leguminosas disminuyen su producción por el exceso de humedad (Ramírez et al., 2017).

En cuanto a cobertura de todos los sistemas evaluados, se puede mencionar que la composición florística en época lluviosa estuvo conformada por un 53% de pasturas, 35% de malezas y 12% de suelo desnudo, resultados similares a lo reportado por Saucedo (2018), quien evaluó un SSP con Aliso, obteniendo un 56,3% de pasturas, 39,5% malezas y 4,2% de suelo desnudo.

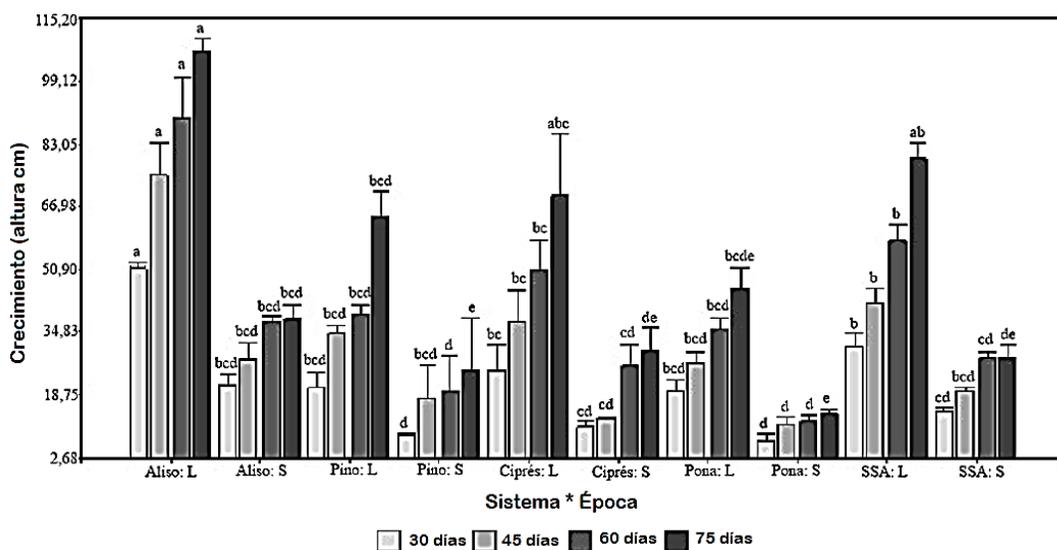


Figura 1. Crecimiento de pasturas en los sistemas en dos épocas de evaluación, L: lluviosa y S: seca.

**Tabla 2**  
Principales especies de pasturas y malezas época Lluviosa y Seca

Especie	Familia	Nombre común	Nombre científico	A (%) -L	A (%) -S
Gramíneas y leguminosas	Poaceae	Rye grass italiano	<i>Lolium multiflorum</i>	12	10
	Poaceae	Rye grass inglés	<i>Lolium perenne</i>	1	1
	Poaceae	Kikuyo	<i>Pennisetum clandestinum</i>	4	6
	Poaceae	Pasto ovillo	<i>Dactylis glomerata</i>	19	20
	Poaceae	Gramma colorada	<i>Paspalidium</i> sp. Stapf	5	1
	Poaceae	Nicarión	<i>Setaria sphacelata</i>	2	1
	Poaceae	Nudillo	<i>Paspalum racemosum</i>	1	1
	Fabaceae	Trébol blanco	<i>Trifolium repens</i>	9	17
	Fabaceae	Lino	<i>Paspalum bonplandianum</i>	-	1
	Malezas	Polygonaceae	Lengua de vaca	<i>Rumex obtusifolius</i>	4
Plantaginaceae		Sacha llantén	<i>Plantago lanceolata</i>	1	3
Cyperaceae		Piri piri	<i>Cyperus</i> sp.	5	5
Asteraceae		Mata pasto	<i>Pseudelephantopus spiralis</i>	3	1
Lythraceae		Duraznillo	<i>Cuphea strigulosa</i>	1	1
Araliaceae		Sombrilla	<i>Hydrocotyle humboldtii</i>	1	1
Cyperaceae		Totorilla	<i>Eleocharis geniculata</i>	2	1
Verbenaceae		Confite	<i>Lantana scabiosaeflora</i> Kunth	1	1
Poaceae		Pata de gallina	<i>Paspalidium geminatum</i>	5	5
Poaceae		Burrillo	<i>Sporobolus indicus</i>	5	3
Thelypteridaceae		Helecho	<i>Thelypterys</i> sp.	1	1
Polygonaceae		Lecherita	<i>Polygonum hydropiperooides</i>	1	1
Linaceae		Lino	<i>Linum prostratum</i>	2	1
Asteraceae		Diente de león	<i>Taraxacum officinale</i>	1	1
Asteraceae		Botoncillo	<i>Acmella oppositifolia</i>	4	3
Ranunculaceae		Centella	<i>Ranunculus praemorsus</i>	1	1
Primulaceae		Albahaca silvestre	<i>Anagallis arvensis</i>	1	1
Iridaceae		Lirio	<i>Sisyrinchium convolutum</i>	1	1
Asteraceae		Cadillo	<i>Bidens pilosa</i>	1	1
Talinaceae		Angusacha	<i>Talinum paniculatum</i>	1	1
Asteraceae		Peludilla	<i>Gamochoaeta coarctata</i>	1	-
Verbenaceae		Verbena	<i>Verbena littoralis</i>	1	-
Gentianaceae		Centarium	<i>Centaurium quitense</i>	1	-
Equisetaceae		Cola de caballo	<i>Equisetum giganteum</i>	1	-
Asteraceae		Aromática	<i>Ageratina azangaroensis</i>	1	-

\*A: abundancia; S: seca; L: Lluviosa.

En época seca, el mayor porcentaje de gramíneas se registró en el SSP con Pino (52%) y el menor en el SSP con Pona (20%). En cuanto a las leguminosas se observó una mayor producción en el SSP con Aliso (24%) y una menor producción en el SSP con Pona (7%). Para el caso de las malezas, el sistema con una mayor cantidad fue el SSP con Pona (53%). Por último, el SSP con Ciprés tuvo mayor suelo desnudo (20%) y el menor suelo desnudo fue para el SSP con Aliso (9%). En todos los SSP se observó una diversa composición florística de pasturas y malezas, corroborando de esta manera lo planteado por Vásquez et al. (2016) quienes reportan que los SSP permiten mantener la diversidad florística herbácea frente a sistemas de campo abierto.

Por otro lado, en cuanto a cobertura de todos los sistemas evaluados, se puede mencionar que la composición florística estuvo conformada en época seca por un 53% de pasturas, 32% de malezas y 15% de suelo desnudo, disminuyendo la cantidad de malezas y aumentando el suelo desnudo, esto se debe a la baja precipitación y radiación solar que afecta el crecimiento de las herbáceas (Ramírez et al., 2017); resultados que son inferiores a lo reportado por Escobar (2018) quien realizó la evaluación de dife-

rentes SSP, obteniendo un 79,57% de gramíneas, 10,43% de leguminosas y 10% de malezas.

#### Distribución de especies

En la Tabla 2 se observa el registro de ocho especies de pastos en época lluviosa, donde sobresalen *Dactylis glomerata* (19%), *Lolium multiflorum* (12%) y *Trifolium repens* (9%) y para época seca se registraron nueve especies sobresaliendo *Dactylis glomerata* (20%), seguido del *Lolium multiflorum* (10%) y *Trifolium repens* (17%); resultados similares a lo reportado por Oliva et al. (2017a) quienes obtuvieron en un SSP con Pino ocho especies de pastos, sobresaliendo *Pennisetum clandestinum* (38%), *Philoglossa mimuloides* (25,40%) y *Dactylis glomerata* (18,90%). Estos resultados indican que, en época lluviosa crecen en mayor proporción las gramíneas y en época seca las leguminosas, debido a la precipitación, efecto del árbol y la radiación solar que influye en el crecimiento de las pasturas (Ramírez et al., 2017).

La cantidad de malezas en época lluviosa fue de 26 especies y en época seca de 20 especies, siendo predominante en las dos épocas las malezas de la familia Cyperaceae y Poaceae; resultados que coinciden con lo

reportado por [Oliva et al. \(2019\)](#) quienes identificaron malezas en las principales cuencas ganaderas de la región Amazonas, teniendo un registro de 113 especies de malezas, representadas por las familias Poaceae y Asteraceae.

#### **Evaluación de la composición nutricional y digestibilidad de pasturas**

El contenido de PC fue superior para la pastura asociada con Aliso (16,06%), debido a que la especie arbórea (leguminosa) fija el nitrógeno para incorporarlo al suelo transfiriendo nutrientes a la pastura y el contenido más bajo fue la pastura asociada con Pona (11,83%) esto se debe al enraizamiento superficial que tiene el árbol, lo cual impide el crecimiento de la pastura y su contenido de PC; estos resultados son similares a los reportados por [Oliva et al. \(2018\)](#) en Perú, quienes para *Lolium multiflorum* obtuvieron una PC de 16,88% en un SSP con Aliso.

Con respecto a la FDN y FC el sistema donde se reportaron mayores contenidos para las pasturas fue el SSP con Pona (59,33% y 26,71% respectivamente) y el más bajo contenido de FDN correspondió a las pasturas asociadas con Aliso (48,23%), con respecto a FC el valor más bajo fue para las pasturas del SSA con 26,02%; valores similares a los obtenidos por [Bezada et al. \(2017\)](#) quienes reportaron un contenido de FDN de 60,98% y 16,50% de FC para *Lolium multiflorum*; estos resultados son favorables, dado que mientras mayor contenido de FDN y FC muestren las pasturas, presentarán menor degradación efectiva ([Choque et al., 2018](#)). Respecto al Extracto Etéreo (EE) las pasturas con mejores valores fueron las asociadas con Pino (2,57%) y los más bajos las asociadas con Aliso (2,40%) y para Cenizas (Cz) el valor más alto lo obtuvieron las pasturas asociadas con Ciprés (9,64%) y los más bajos las asociadas con Aliso (7,77%); estos valores son inferiores a lo reportado por [Bezada et al. \(2017\)](#) quienes obtuvieron para *Lolium multiflorum* un contenido de EE de 4,53% y Cz de 12,79%, esta mayor cantidad posiblemente se debe al manejo agronómico que tiene la pastura sin la interferencia del árbol ([Oliva et al., 2018](#)).

Con referencia a la digestibilidad in vitro (DIV), las pasturas del SSP con Aliso tienen una digestibilidad de 66,14% y el menor valor lo registran las pasturas del SSP con Pona (52,87%), presentando diferencias significativas entre sistemas ( $p \leq 0,05$ ). Estos resultados tienen relación inversa con la FC y FDN debido a que los pastos más fibrosos y con mayor pared celular tienen menor digestibilidad ([Choque et al., 2018](#)); resultados similares a lo reportado por

[Rossi \(2013\)](#) que obtuvo una DIV de 62,43% para *Lolium multiflorum*. Por otro lado, se observa valores superiores como los reportados por [Oliva et al. \(2015\)](#) quienes realizaron la evaluación de *Trifolium repens* con una DIV de 91,80%.

En general, la presencia de árboles en los sistemas mejora la calidad nutricional de los pastos, en especial las leguminosas. Esto se corrobora con lo obtenido por [Delgado et al. \(2020\)](#) quienes evaluaron el efecto de la leguminosa faique (*Acacia macracantha*) sobre el valor nutricional del pasto guinea (*Panicum maximum*), revelando una mejora significativa de la calidad nutricional de la pastura.

#### **Caracterización del componente arbóreo, herbácea, hojarasca en los diferentes sistemas**

En el SSP con Aliso (*Alnus acuminata*) el promedio de DAP obtenido para los 56 árboles evaluados fue de 20,09 cm. En cuanto a la altura del árbol, el valor promedio fue de 11,15 metros, lo que indica que los árboles muestreados son ejemplares de 6 a 7 años. En cuanto a la biomasa seca, la biomasa arbórea fue superior con un valor de 7,62 t/ha, seguido de la biomasa herbácea (5,34 t/ha) y la hojarasca (3,34 t/ha); haciendo una biomasa seca total de 16,30 t/ha. Estos resultados son superiores a los reportados por [Fluker y Sánchez \(2016\)](#) quienes obtuvieron como resultado de biomasa seca 9,47 t/ha, esto posiblemente se debe a que el sistema evaluado tenía una menor densidad de árboles.

Para el SSP con Pino (*Pinus patula*) se tuvo un valor promedio del DAP para un total de 55 árboles de 22,35 cm. La altura promedio de los árboles del SSP con pino, se encuentra entre los 8 a 13 metros, lo que indica que son árboles de 10 a 12 años. La biomasa seca total promedio fue de 27,40 t/ha, resultados superiores a lo reportado por [Oliva et al. \(2017a\)](#) quienes evaluaron un SSP con Pino, reportando 25,52 t/ha de biomasa seca. La biomasa seca estuvo distribuida en su mayor parte en el componente arbóreo (16,81 t/ha), seguido de la hojarasca (7,55 t/ha) y la herbácea (3,03 t/ha).

El SSP con Ciprés (*Cupressus macrocarpa*) obtuvo un DAP promedio para un total de 40 árboles evaluados de 29,87 cm. La altura total promedio fue de 12,80 metros, lo que indica que la edad de los árboles es de 10 a 12 años de edad. La biomasa seca estuvo distribuida en su mayor parte en el componente arbóreo (54,91 t/ha), seguido de la hojarasca (7,03 t/ha) y el componente herbáceo (3,69 t/ha). La biomasa seca total fue de 65,62 T/ha. Estos resultados fueron un tanto

inferiores a los reportados por Bolaños et al. (2017) en México quienes obtuvieron valores de 73 t/ha de biomasa seca para un bosque de Ciprés.

En cuanto al Sistema Silvopastoril con Pona (*Ceroxylon quindiuense*) el DAP promedio obtenido para los 40 árboles evaluados fue de 36,37 cm. La altura promedio fue de 13,24 m, lo que indica que la edad de los árboles oscila entre 50 a 100 años de edad. En lo que respecta a la biomasa seca total se obtuvo un valor de 101,98 t/ha, distribuyéndose en una mayor cantidad en el componente arbóreo (96,61 t/ha), seguido de la herbácea (3,68 t/ha) y la hojarasca (1,69 t/ha). Estos valores son inferiores a los reportados por Maicelo (2012) quien evaluó el *Ceroxylon peruvianum*, obteniendo una biomasa seca total de 172,85 t/ha, estas diferencias estuvieron asociadas a la especie, edad y condición climática de cada zona de estudio.

Por último, en lo que respecta al SSA, la biomasa herbácea promedio fue de 4,03 t/ha. Según la producción de biomasa en el SSA se puede indicar que existe un rendimiento adecuado de las pasturas establecidas que permite tener una buena capacidad de retención de carbono. Sin embargo, estos se pueden ver afectados en época de sequía por exceso de carga animal, reduciendo su productividad (Álvarez y Cruz, 2017).

#### Evaluación de reservas de carbono en suelo

La reserva de carbono en el suelo a una profundidad de 0 a 15 cm fue significativamente mayor a la profundidad de 15 a 30 cm ( $p \leq 0,05$ ). Esto coincide con lo planteado por Ibrahim et al. (2007) quienes aseguran que el carbono del suelo varía con la profundidad y está en correspondencia con el tipo de suelo, contenido y descomposición de la materia orgánica.

En la primera profundidad (0-15 cm) el sistema que destaca en su contenido de carbono es el SSP con Pino (108,85 t/ha) y el menor valor lo obtuvo el SSP con Aliso (76,73 t/ha). En la segunda profundidad (15-30 cm) también fue superior el SSP con Pino (40,2 t/ha) y fue menor el SSP con Aliso (24,57 t/ha). Sin embargo, entre sistemas no se encontraron diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ).

#### Evaluación de las reservas de carbono en la biomasa

La Tabla 3 presenta los valores de carbono en la biomasa, siendo mayor el SSP con Pona (57,86 t/ha) y presenta diferencias significativas respecto a los otros sistemas ( $p \leq 0,05$ ). Además, podemos indicar que los resultados de carbono en la biomasa son superiores en la Pona debido a que el componente arbóreo es de mayor tamaño y edad, generando una mayor biomasa y carbono retenido sobresaliendo respecto a los otros sistemas evaluados (Maicelo, 2012). En lo que respecta a la retención de carbono en el SSP con Ciprés (32,81 t/ha), este valor es inferior a lo obtenido por Bolaños et al. (2017) quienes reportaron 103 t/ha de carbono para biomasa arbórea de *Cupressus lusitanica*; estas diferencias posiblemente se deban a que los trabajos fueron realizados en sistemas agroforestales de diferentes edades, tamaño y densidad de árboles (Zavala et al., 2018).

Por otro lado, en cuanto a la distribución de carbono en el SSP con Pino fue de 11,70 t/ha, este valor es superior a lo reportado por Oliva et al. (2017a) quienes obtuvieron 10,89 t/ha de C.

En carbono en la biomasa del SSP con Aliso (6,85 t/ha) fue inferior a los obtenidos por Aulestia-Guerrero et al. (2018) quienes reportaron un valor de 23,34 t/ha de carbono para 120 Alisos de 11 años de edad con una altura promedio de 15,93 metros y un DAP promedio de 31 cm; estos resultados indican que, cuanto mayor edad, densidad y crecimiento tiene el árbol en el SSP se obtendrá una mayor retención de carbono.

En cuanto al SSA, se observó que presentó una retención de carbono de 1,72 t/ha de carbono, estos valores son inferiores a los obtenidos por Oliva et al. (2017b) quienes realizaron la cuantificación de carbono en un área de pajonal reportando un contenido de carbono en biomasa seca de 10,1 t/ha de C. Por otro lado, Segura-Madrigal et al. (2020) en la Cordillera Central colombiana, obtuvieron valores similares a los obtenidos en esta investigación para un sistema sin árboles compuesto únicamente por pasturas (1,8 t/ha de carbono).

**Tabla 3**

Análisis del carbono total en los diferentes sistemas

Sistema (S)	Carbono Total en los Sistemas Silvopastoriles y Sin Árboles		
	Carbono Biomasa (t/ha)	Carbono Suelo (t/ha)	Carbono Total (t/ha)
SSP Aliso	6,85 ± 1,13 b	101,30 ± 5,96 c	108,15 ± 6,72 c
SSP Pino	11,70 ± 6,37 b	149,05 ± 15,27 a	160,75 ± 12,73 ab
SSP Ciprés	32,81 ± 8,65 ab	117,28 ± 8,19 bc	150,09 ± 15,46 abc
SSP Pona	57,86 ± 40,29 a	121,63 ± 5,22 bc	179,49 ± 39,45 a
SSA	1,72 ± 0,40 b	129,61 ± 8,77 ab	131,33 ± 8,45 bc

\*Letras diferentes en sentido vertical, indican diferencias estadísticamente significativas según la prueba Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

### Evaluación de las reservas de carbono total en suelo

En la [Tabla 3](#), se puede observar el carbono total del suelo, teniendo como resultado que, el sistema compuesto por Pino es superior (149 t/ha) y el más bajo fue el sistema con Aliso con 101 t/ha, mostrando diferencias significativas entre sistemas ( $p \leq 0,05$ ). [Zavala \*et al.\* \(2018\)](#) reportaron valores de Carbono orgánico de suelos inferiores para Sistemas Agroforestales con cacao con valores que estuvieron en un rango de 59,08 y 66,16 t/ha. [Contreras \*et al.\* \(2020\)](#) también obtuvieron valores inferiores a los de esta investigación, con promedios entre 60,6 y 65,1 t/ha para diferentes sistemas silvopastoriles que combinaban pastos en asociación con árboles forrajeros y/o árboles maderables; sin embargo, estos valores fueron superiores a los obtenidos en el sistema tradicional ganadero de pasturas sin árboles (38,3 t/ha). Esto refuerza lo planteado por [Maicelo \(2012\)](#) quien menciona la importancia de la especie arbórea en la retención de carbono orgánico del suelo. Además, [Feliciano \*et al.\* \(2018\)](#) indican que los suelos de los SSP son potenciales sumideros de carbono que pueden contribuir a mitigar el efecto de las emisiones globales de carbono.

### Evaluación de las reservas de carbono total

La [Tabla 3](#), nos presenta los valores de carbono total para todos los sistemas evaluados, siendo mayor el SSP con Pona (179,49 t/ha) y el Aliso el de menor contenido de carbono con un valor de 108,15 t/ha. Se observaron diferencias significativas entre sistemas ( $p \leq 0,05$ ). Estos valores indican que el árbol tiene un efecto significativo en la cantidad de carbono retenido, mientras mayor material seco se incorpore producto de la caída de las hojas, así mismo, mientras mayor edad y altura tenga el componente arbóreo aumentará la retención de carbono ([Putri \*et al.\*, 2016](#)). Los resultados obtenidos en esta investigación son superiores a lo reportado en Colombia por [Alonso \(2011\)](#) quien evaluó tres especies arbóreas bajo SSP obteniendo para el sistema con *Acacia mangium* un valor de 96 t/ha, para *Eucalyptus deglupta* 95 t/ha y para *Alnus acuminata* 194 t/ha; sin embargo, reportó en el SSA con *Pennisetum clandestinum* 185 t/ha, valores superiores a lo reportado en la presente investigación, estas diferencias se deben a que, han sido evaluados en zonas tropicales donde existe una mayor producción de pasturas.

En el departamento de Amazonas, [Oliva \*et al.\* \(2017a\)](#) reportaron en SSP con Pino una cantidad de 92,13 t/ha, valores inferiores

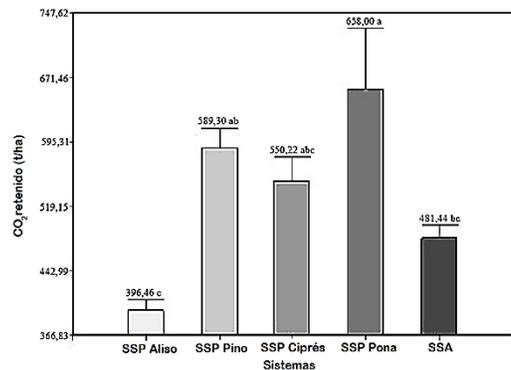
debido a que el SSP evaluado tenía un componente arbóreo joven (7 años).

También [Giraldo \*et al.\* \(2008\)](#) reportaron en Colombia valores de carbono en SSP con alta densidad de árboles de 260,09 t/ha, en SSP con baja densidad de árboles 251,11 t/ha y en pastura sola 154,22 t/ha.

[Bolaños \*et al.\* \(2017\)](#) en México estimaron carbono en especies arbóreas como Oyamel con 376 t/ha y Ciprés 205 t/ha, valores superiores debido a que se cuantificó un sistema forestal con mayor edad y densidad. Los resultados obtenidos guardan relación con lo mencionado por [Ibrahim \*et al.\* \(2007\)](#) quienes indican que el total de carbono en los SSP varía entre 20 a 204 t/ha.

### Evaluación de reservas de CO<sub>2</sub> en los sistemas

En la [Figura 2](#), se puede observar el contenido de CO<sub>2</sub> retenido en los sistemas, el SSP con Pona fue superior (658 t/ha) y fue menor el SSP con Aliso (396,46 t/ha), entre sistemas se observaron diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ). Los valores superiores del SSP con Pona pueden deberse a que al tener mayor crecimiento del tejido vegetal la planta tiene mayor reciclaje de nutrientes, mejorando el contenido de materia orgánica en el suelo y transformándose en una mayor acumulación de dióxido de carbono y el sistema con menor cantidad fue el SSP con Aliso, esto se debe al menor tamaño del árbol y el enraizamiento superficial que presentó ([Aulestia-Guerrero \*et al.\*, 2018](#)).



**Figura 2.** CO<sub>2</sub> retenido por los sistemas analizados.

Los resultados obtenidos para el CO<sub>2</sub> en el SSP con Pino (589,30 t/ha) fueron superiores a lo reportado por [Oliva \*et al.\* \(2017a\)](#) quienes evaluaron un SSP con Pino obteniendo 337,20 t/ha de CO<sub>2</sub>.

## 4. Conclusiones

Las pasturas presentes en el SSP con Aliso reportaron mayores crecimientos en época lluviosa y seca y el mejor rendimiento de materia seca (0,27 kg/m<sup>2</sup>). La composición

florística en época lluviosa estuvo representada por gramíneas para el SSP con Ciprés (49%) y la mayor cantidad de malezas en el sistema Pona (49%) y para la época seca se observó la mayor cantidad de gramíneas en el SSP Pino (52%) y la mayor cantidad de malezas en el SSP Pona (53%). En época lluviosa se registraron 26 especies y en época seca 20 especies, predominando en ambas épocas *Dactylis glomerata*, *Lolium multiflorum* y *Trifolium repens*. La composición nutricional y digestibilidad de las pasturas presentes en el SSP con Aliso presentaron mejores contenidos de PC (16,06%), FDN (48,23%) y DIV (66,14%). El sistema que mostró una mayor retención de carbono fue el SSP con Pona (179,49 t/ha) y el más bajo fue el SSP con Aliso (108 t/ha); en el SSA se tuvo una retención de carbono media de 131,33 t/ha, existiendo una diferencia significativa entre sistemas. El sistema que tuvo una mayor cantidad de CO<sub>2</sub> retenido fue el SSP con pona (658 t/ha) y el más bajo fue el aliso (396 t/ha). Los resultados obtenidos permitirán realizar posteriores trabajos de mejoramiento genético y estudios de adaptación de especies de pastos en las diferentes cuencas ganaderas del Perú. Además, permitirán dar un valor agregado a los SSP a través del pago por servicios ecosistémicos como los bonos de carbono como estrategia para mitigar los efectos del cambio climático.

### Agradecimientos

Al Instituto Nacional de Innovación Agraria a través del proyecto “Innovación en la evaluación de SSP de Selva Alta Peruana como estrategia de adaptación y mitigación al cambio climático”, mediante contrato N° 010-2015 INIA-PNIA/ UPMSI/IE, que brindó el financiamiento al presente trabajo de investigación.

### ORCID

H.V. Vásquez  <https://orcid.org/0000-0003-4657-1397>  
 L. Valqui  <https://orcid.org/0000-0001-5013-8559>  
 J.C. Alegre  <https://orcid.org/0000-0002-7282-045X>  
 C. Gómez  <https://orcid.org/0000-0001-9021-5838>  
 J.L. Maicelo  <https://orcid.org/0000-0001-9109-0504>

### Referencias bibliográficas

Alonso, J. 2011. Los sistemas silvopastoriles y su contribución al medio ambiente. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 45(2): 107-115.  
 Álvarez, C.; Cruz, W. A. 2017. Manejo de pastizales en sistemas de producción ganaderos de Nueva Guinea, Costa Caribe Sur de Nicaragua. *Revista Ciencia e Interculturalidad* 20(1): 122-139.  
 Arciniegas, S.P.; Flórez, D.F. 2018. Estudio de los sistemas silvopastoriles como alternativa para el manejo sostenible de la ganadería. *Ciencia y Agricultura* 15(2): 107-116.  
 Aulestia-Guerrero, E.; Jiménez, L.; Quizhpe-Palacios, J.; et al. 2018. *Alnus acuminata* Kunth: una alternativa de reforestación y fijación de dióxido de carbono. *Bosques Latitud Cero* 8 (2): 64-74.

Bezada, S.; Arbaiza, T.; Carcelén, F.; et al. 2017. Predicción de la composición química y fibra detergente neutro de rye grass italiano (*Lolium multiflorum* Lam) mediante espectroscopia de reflectancia en infrarrojo cercano (NIRS). *Revista de Investigaciones Veterinarias Del Perú* 28(3): 538-548.  
 Bolaños, Y.; Bolaños, M.A.; Paz, F.; et al. 2017. Estimación de carbono almacenado en bosques de oyamel y ciprés en Texcoco, Estado de México. *Revista Terra Latinoamericana* 35(1): 73-86.  
 Buitrago-Guillen, M.E.; Ospina-Daza, L.A.; Narváez-Solarte, W. 2018. Sistemas silvopastoriles: alternativa en la mitigación y adaptación de la producción bovina al cambio climático. *Boletín Científico Museo de Historia Natural* 22(1): 31-42.  
 Choque, H.; Huaita, A.; Cárdenas, L.A.; et al. 2018. Efecto de la edad de rebrote en la degradación ruminal del pisonay (*Erythrina* sp) en el valle interandino de Abancay. *Revista de Investigaciones Altoandinas* 20(2): 189-202.  
 Contreras, J.L.; Martínez-Atencia, J.; Cadena-Torres, J.; et al. 2020. Evaluación del carbono acumulado en suelo en sistemas silvopastoriles del Caribe colombiano. *Agronomía Costarricense* 44(1): 29-41.  
 Delgado, G.R.; Echevarría, M.; Trillo, F.; et al. 2020. Efecto del faique (*Acacia macracantha*) sobre el valor nutricional del pasto guinea (*Panicum maximum* Jacq.) en un sistema silvopastoril. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú* 31(1): 1-9.  
 Escobar, L.O. 2018. Productividad y calidad nutritiva de pastos en sistemas silvopastoriles con diferentes arbóreas en la microcuenca de Molinopampa. Tesis de Maestría, Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza, Amazonas, Perú. 54 pp.  
 FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2013. Mitigación de las emisiones de gases de efecto invernadero en la producción ganadera. Una revisión de las opciones técnicas para la reducción de las emisiones de gases diferentes al CO<sub>2</sub>. Disponible en: <http://www.fao.org/3/i3288s/i3288s00.htm>  
 Feliciano, D.; Ledo, A.; Hillier, J.; et al. 2018. Which agroforestry options give the greatest soil and above ground carbon benefits in different world regions? *Agriculture, Ecosystems and Environment* 254: 117-129.  
 Fluker, S.; Sánchez, V. 2016. Captura de carbono en un sistema silvopastoril con Aliso (*Alnus acuminata*), en el distrito de Molinopampa, Chachapoyas, Amazonas. Tesis para optar el título de ingeniera ambiental, Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, Amazonas, Perú. 90 pp.  
 Giraldo, A.; Zapata, M.; Montoya, E. 2008. Captura y flujo de carbono en un sistema silvopastoril de la zona Andina Colombia. *Asociación Latinoamericana de Producción Animal* 16(4): 215-220.  
 Huaman, L.; Vásquez, H.; Oliva, M. 2018. Fertilizantes orgánicos en la producción de pastos nativos en Molinopampa, Amazonas-Perú. *Agroproducción Sustentable* 2(3): 17-22.  
 Ibrahim, M.; Chacón, M.; Cuartas, C.; et al. 2007. Almacenamiento de carbono en el suelo y la biomasa arbórea en sistemas de usos de la tierra en paisajes ganaderos de Colombia, Costa Rica y Nicaragua. *Agroforestería de Las Américas* 45: 27-36.  
 IPCC (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático). 2018. Informe especial del IPCC sobre los impactos de un calentamiento global de 1, 5° C y las sendas de emisión relacionadas. Disponible en: [https://josechuferreras.files.wordpress.com/2019/02/ipcc\\_informe\\_especial\\_15pdf\\_tcm30-485656.pdf](https://josechuferreras.files.wordpress.com/2019/02/ipcc_informe_especial_15pdf_tcm30-485656.pdf)  
 Kássio, J.; Benítez, V.; Santa, R.; et al. 2018. Oportunidades y desafíos para los sistemas silvopastoriles en Uruguay. *Veterinaria (Montevideo)* 54(1): 20-30.  
 Maicelo, J.L. 2012. Indicadores de sustentabilidad en función del suelo y retención de carbono en la biomasa de *Ceroxylon peruvianum* Galeano, Sanín &

- Mejía en la cuenca media del río Utcubamba, Amazonas, Perú. *Ecología Aplicada* 11(1): 33-38.
- Manríquez, L.Y. 2010. Establecimiento, calidad del forraje y productividad de un sistema silvopastoril intensivo bajo pastoreo de bovinos y ovinos en el trópico sub-húmedo. Tesis de doctorado, Colegio de postgraduados, Veracruz, México. 105 pp.
- Martins, R.; Ribeiro, R.S.; Campos, D.S.; *et al.* 2019. Silvopastoral Systems in Latin America for Biodiversity, Environmental, and Socioeconomic Improvements. In: Lemaire, G.; Faccio, P.C.; Kronberg, S.; Recous, S. (Comp.). *Agroecosystem Diversity*. Academic Press. Reino Unido. Pp. 287-297.
- Oliva, M.; Collazos, R.; Vásquez, H.; *et al.* 2019. Composición florística de especies herbáceas forrajeras en praderas naturales de las principales microcuencas ganaderas de la región Amazonas. *Scientia Agropecuaria* 10(1): 109-117.
- Oliva, M.; Valqui, L.; Meléndez, J.; *et al.* 2018. Influencia de especies arbóreas nativas en sistemas silvopastoriles sobre el rendimiento y valor nutricional de *Lolium multiflorum* y *Trifolium repens*. *Scientia Agropecuaria* 9(4): 579-583.
- Oliva, M.; Culqui, L.; Leiva, S.; *et al.* 2017a. Reserva de carbono en un sistema silvopastoril compuesto de *Pinus patula* y herbáceas nativas. *Scientia Agropecuaria* 8(2): 149-157.
- Oliva, M.; Pérez, R.; Salas, R.; *et al.* 2017b. Cuantificación del área de pajonal de las microcuencas de Gocta y Chinata y su potencial como reserva de carbono. *Scientia Agropecuaria* 8(3): 233-241.
- Posada, S.; Angulo, J.; Restrepo, L. 2007. Validación de métodos de secado para la determinación de materia seca en especies forrajeras. *Livestock Research for Rural Development* 19(3): 1-7.
- Puente, F.; Hurtado, D.; Morillo, J.; *et al.* 2017. Cálculo muestral estratificado con afijación proporcional al tamaño para el análisis de consumo, desplazamientos e identidad local en el distrito metropolitano de Quito. *FIGEMPA: Investigación y Desarrollo* 2(8): 83-95.
- Putri, A.P.; Siregar, I.Z.; Prasetyo, L.B.; *et al.* 2016. Biodiversity, carbon stocks and community monitoring in traditional agroforestry practices: preliminary results from two investigated villages in Berau, East Kalimantan. *Procedia Environmental Sciences* 33: 376-385.
- Ramírez, J.L.; Zambrano, D.A.; Campuzano, J.; *et al.* 2017. El clima y su influencia en la producción de pastos. *Revista Electrónica de Veterinaria* 18(6): 1-12.
- Rossi, C.A. 2013. Composición florística y caracterización nutricional de las especies forrajeras en el sistema silvopastoril del Delta del Paraná. Tesis de doctorado, Universidad Nacional de Córdoba, Córdoba, Argentina. 157 pp.
- Saucedo, J.A. 2018. Arreglos silvopastoriles con Aliso y su efecto sobre factores ambientales y económicos, en el distrito de Molinopampa. Tesis de Maestría, Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza, Amazonas, Perú. 103 pp.
- Segura-Madrigal, M.A.; Andrade, H.J.; Sierra, E. 2020. Diversidad florística y captura de carbono en robledales y pasturas con árboles en Santa Isabel, Tolima, Colombia. *Revista de Biología Tropical* 68(2): 383-393.
- Timoteo, K.; Remuzgo, J.; Valdivia, L.; *et al.* 2016. Estimación del carbono almacenado en tres sistemas agroforestales durante el primer año de instalación en el departamento de Huánuco. *Folia Amazónica* 25(1): 45-54.
- Valenzuela, H. 2001. Estimación de secuestro de carbono en bosques naturales de oyamel (*Abies religiosa*) en el sur del Distrito Federal. Tesis de Licenciatura, Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, México. 127 pp.
- Vásquez, H.; Maicelo, J.L.; Collazos, R.; *et al.* 2016. Selección, identificación y distribución de malezas (adventicias), en praderas naturales de las principales microcuencas ganaderas de la región Amazonas. *Revista de Investigación Para El Desarrollo Sustentable Biodiversidad y Medio Ambiente* 2: 71-79.
- Vásquez, H.V.; Quilcate, C.; Oliva, M. 2017. Evaluación de quince variedades de gramíneas forrajeras para el mejoramiento alimenticio del ganado bovino en la cuenca ganadera Florida. *Revista de Investigación en Ciencia y Biotecnología Animal* 1(1): 69-75.
- Wilkes, A.; Reisinger, A.; Wollenberg, E.; *et al.* 2017. Medición, reporte y verificación de las emisiones de GEI de la ganadería de países en desarrollo de la UNFCCC: prácticas actuales y oportunidades de mejora. Primera edición. © 2017 Programa de investigación de CGIAR en cambio climático, agricultura y seguridad alimentaria (CCAFS). Wageningen, Holanda. 124 pp.
- Yescas-Coronado, P.; Álvarez-Reyna, V.P.; Segura-Gastruita, M.A.; *et al.* 2018. Variabilidad Espacial del Carbono Orgánico e Inorgánico del Suelo en la Comarca Lagunera, México. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana* 70(3): 591-610.
- Zavala, W.; Merino, E.; Peláez, P. 2018. Influencia de tres sistemas agroforestales del cultivo de cacao en la captura y almacenamiento de carbono. *Scientia Agropecuaria* 9(4): 493-501.