



# Cuantificación del área de pajonal de las microcuencas de Gocta y Chinata y su potencial como reserva de carbono

Quantification of the tall grass area of the Gocta and Chinata microbasins and their potential as a carbon stock

**Manuel Oliva\***; **Robert Pérez Torres**; **Rolando Salas**; **Oscar Gamarra**; **Santos Leiva**; **Roicer Collazos**; **Jorge Luis Maicelo Quintana**

Instituto de Investigación para el Desarrollo Sustentable de Ceja de Selva - INDES CES, Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas-UNTRM, Amazonas, Peru.

Received September 03, 2016. Accepted September 10, 2017.

### Resumen

Se realizó la cuantificación de las áreas con presencia de pajonales y la cantidad de carbono retenida por las mismas. La cuantificación de áreas se realizó mediante la manipulación e interpretación de imágenes satelitales. Para el cálculo de biomasa de los pajonales, se establecieron parcelas de corte (Harvest method), teniendo en cuenta dos cuadrantes de 1 m por 1 m por cada hectárea. Posteriormente, se cortó toda la vegetación cuyas raíces partían del interior del cuadrante, se registró el peso fresco total por metro cuadrado y se colectó una submuestra para su posterior obtención de biomasa seca y su respectiva identificación botánica. Además de ello, se realizó la identificación de las especies vegetales asociadas. Como resultado se generaron mapas de distribución de los pajonales en la zona alta de las microcuencas de las cataratas de Gocta y Chinata. El área de pajonales tiene 46,30 km<sup>2</sup>, distribuidos entre las microcuencas de Gocta y Chinata, donde predominan las especies vegetales de la familia de las *Poaceae*, con un porcentaje del 79% de área con cobertura vegetal. Se obtuvieron 10,1 t/ha de carbono.

**Palabras clave:** catarata; biomasa seca; pajonal, microcuencas; calentamiento global.

### Abstract

The quantification of the areas with presence of pajonales and the amount of carbon retained by them were carried out. The quantification of areas was done by the manipulation and interpretation of satellite images. For the biomass calculation of the pajonales, Harvest method were established, taking into account two quadrants of 1 m per 1 m for each hectare. Subsequently, all vegetation whose roots were removed from the interior of the quadrant was recorded, the total fresh weight per square meter was recorded and a sub-sample was collected for the subsequent production of dry biomass and its respective botanical identification. In addition, the identification of the associated plant species. As a result, distribution maps of the tall grass were generated in the high side of the microbasin of the Gocta and Chinata waterfalls. The area of tall grass is 46.30 km<sup>2</sup>, distributed between the Gocta and Chinata micro-basins, where the plant species of the *Poaceae* family predominate, with a percentage of 79% of area covered with vegetation. 10.1 t/ha of carbon were obtained.

**Keywords:** waterfall; dry biomass; tall grass; microbasin; global warming.

## 1. Introducción

Las praderas naturales alto andinas, comúnmente denominadas páramos, han sido consideradas el segundo ecosistema en importancia ecológica después de los bosques tropicales no solo por su extensión

de más de 10,5 millones de hectáreas sino también por su capacidad para brindar servicios ambientales claves a la sociedad, como la regulación del ciclo hídrico, protección de cuencas y secuestro de carbono (FAO, 2009; Barrantes y Flores,

\* Corresponding author  
E-mail: [soliva@indes-ces.edu.pe](mailto:soliva@indes-ces.edu.pe) (M. Oliva).

2013). El secuestro de carbono en estos ecosistemas suele ser muy alto, en especial el que se encuentra en el suelo (Rojas, 2011). Los páramos llegan a fijar valores de hasta 774,76 toneladas de carbono por hectárea (Medrano *et al.*, 2012).

No obstante, estos ecosistemas son frágiles a los cambios de uso del suelo, por actividades como el pastoreo de animales, la apertura de vías de comunicación y la gran cantidad de incendios, que ejercen una fuerte presión sobre este ecosistema (Torres y López, 2009). La causa principal en los cambios del uso del suelo es el aumento poblacional. La población en el Perú, tiene una tasa de crecimiento anual del 1,1% y en el departamento de Amazonas es de 2,26%, incrementándose de 65 137 a 419 904 entre los años 1940 y 2013 (Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2013), lo que plantea la necesidad de buscar más áreas para el desarrollo de la agricultura y ganadería, abarcando áreas de bosques tropicales, páramos o cualquier ecosistema que se encuentre en el camino a lograrlo.

A nivel internacional, existe un gran número de estudios relacionados a la medición de los servicios ecosistémicos como el carbono o la provisión de agua, no obstante la mayoría se realizaron en ecosistemas tropicales y con especial atención en las especies maderables o frutales, ya que según Kanninen (2003) la mayor reserva de carbono en vegetación se encuentra localizada en los bosques tropicales de baja latitud, por lo que se deja de lado la estimación de carbono en biomasa para los ecosistemas de alta latitud, en los cuales se considera de mayor importancia conocer la reserva de carbono en el suelo. Por su parte, Cuervo *et al.*, (2016) determinaron las fracciones de carbono orgánico en el suelo del páramo la Cortadera en Boyacá, Colombia; llegando a la conclusión de que la vegetación nativa almacena más carbono que las pasturas sembradas. Otros autores se preocuparon por mostrar el estado situacional de estos ecosistemas. Lara y Gandini (2014), por ejemplo, hicieron un análisis de la

fragmentación de pastizales en la pampa de Primida (Argentina), como resultado obtuvieron el estado de conservación del pajonal, que serviría como base para el emprendimiento de acciones en beneficio de su conservación. Sin embargo, son escasos los trabajos relacionados a la cuantificación de las áreas de pajonales y su reserva de carbono en la biomasa.

En el Perú, se realizaron trabajos relacionados a determinar la capacidad de almacenamiento de carbono en pastos naturales altoandinos (Yaranga y Custodio 2013) y sobre valoración económica del almacenamiento de agua y carbono en la comunidad campesina Villa de Junín (Vila y Chupán, 2015).

En el ámbito del presente estudio, encontramos dos importantes microcuencas: Chinata y Gocta, cuyas nacientes se encuentran dominados por ecosistemas de pajonal. Sin embargo, este tipo de ecosistemas presentan una fuerte intervención humana por actividades como la agricultura extensiva y la ganadería (Torres y Lopez, 2009), esto podría desencadenar en una época de sequía que ocasionaría importantes pérdidas al sector agrícola y ganadero, tal como sucedió con algunas ciudades de Estados Unidos (Zhou, 2017). Estos problemas tienen su origen en el desconocimiento de la población acerca de los beneficios ambientales que estos ecosistemas nos proporcionan, es por ello que es de gran importancia realizar una investigación extensiva en estos temas, muy en especial en el tema de la captura de carbono, ya que es una herramienta fundamental en la lucha contra el cambio climático, que es un problema de orden mundial; mejorando además la gestión de estas áreas y garantizando su continuidad.

En el contexto de esta problemática el objetivo principal de la investigación fue la cuantificación de las áreas con presencia de pajonales, mediante la manipulación e interpretación de imágenes satelitales y la cuantificación del carbono retenida por las mismas.

## 2. Materiales y métodos

### 2.1 Ubicación

El área de estudio se ubicó en las nacientes de las microcuencas de Chinata y Gocta, Región Amazonas (Figura 1). Geográficamente los extremos de la microcuenca Chinata se hallan comprendidos entre las coordenadas: 9337348,87N, 184468,77 E y 9342055,08 N, 169916,56 E, con una superficie de 65,80 km<sup>2</sup>; y la microcuenca Gocta está comprendida entre coordenadas; 9 333 141,70 N, 189 640,88 E y 9 327 442,80 N, 176 313,36 E con una superficie de 82,014 km<sup>2</sup> (Yalta *et al.*, 2013).

### 2.2 Características biofísicas

Según el IIAP y GRA (2010), la fisiografía se caracteriza por presentar montañas altas de laderas moderadamente empinadas, empinadas y muy empinadas en tierras cálidas templadas con relieve montañoso en la Cordillera Subandina; y montañas altas de laderas empinadas en tierras frías con relieve montañoso en la Cordillera Oriental, la geología está representada por el grupo Pucará, Goyllarisquizga y formación Chonta, con geomorfología de montañas altas calcáreas mesozoicas, monta-

ñas bajas estructurales de la cordillera Ventilla, Quinquiza, montañas altas estructurales de la Cordillera Interandina. El área de estudio estuvo comprendida en las zonas de vida de bosque seco montano bajo tropical (bs MBT), bosque húmedo montano bajo tropical (bh MBT) y bosque seco pre montano tropical (bs PT), donde la vegetación está compuesta por bosques con árboles medianos de montañas sub andinas orientales y comunidades altoandinas mixtas de matorrales, herbazales y pajonales; el clima es semi húmedo, semi cálido, ligeramente húmedo y templado cálido con temperaturas entre 11 y 19,9 °C en la microcuenca de Chinata y entre 11 y 12 °C para la microcuenca de Gocta; ambas con precipitaciones de 1000 mm al año. El uso actual del suelo son frentes de conservación de tierras de protección y frente productivo, con predominio de cultivos alto andinos, presentando zonas de conflicto por uso agropecuario de tierras forestales y de protección con tierras agropecuarias. En otras áreas presenta conflicto por uso agropecuario de tierras de protección (IIAP/GRA, 2010).

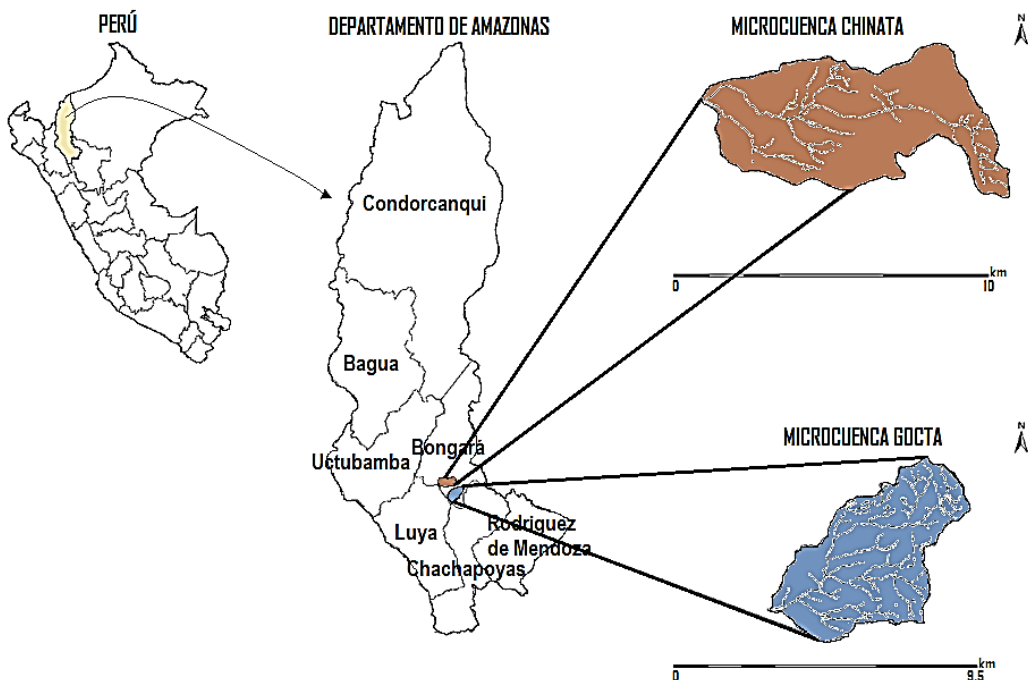


Figura 1. Ubicación del área de estudio.



**Figura 2.** Pajonal en las planicies de la zona de Upa Yurumarca, naciente de la catarata de Gocta.

**2.3 Material biológico.** Lo constituyen las especies vegetales presentes en los páramos de pajonal de las microcuencas de Gocta y Chinata.



**Figura 3.** Relieve del sector de la microcuenca Chinata.

### ETAPA DE PRE CAMPO

En esta etapa se aplicó la metodología propuesta por Chuvieco (2010) que fue el método supervisado que parte de un cierto conocimiento de la zona de estudio, adquirido por experiencia previa o por trabajos de campo, esta mayor familiaridad con el área de interés permitió delimitar sobre la imagen unas áreas suficientemente representativas de cada una de las categorías que componen la leyenda. Posterior a esto se realizó la clasificación supervisada de cobertura vegetal, para lo cual se emplearon imágenes satelitales ETM+ con una resolución de 30 metros, obtenidas del satélite LANDSAT, su posterior georeferenciación, ortorectificación y realce con el software Global Mapper y ArcGis v. 10.1. La cartografía base utilizada fue 2 cartas nacionales la 12H y 13H del IGN (Instituto

Geográfico Nacional) en coordenadas UTM, con Datum WGS 84, en la zona 18, se obtuvieron datos de ríos, quebradas, curvas a nivel, información que fue superpuesta sobre las imágenes satelitales. Otra actividad que se llevó a cabo fue la digitalización de la información que se realizó a partir de la delimitación de las zonas de pajonales en las microcuencas, en base a la información cartográfica del IGN y las imágenes satelitales, la demarcación de las zonas se realizó con el software ArcGis v. 10.1. Luego de realizar la clasificación supervisada, se hizo la verificación en campo de los tipos de vegetación en base a la información obtenida de la digitalización y se procedió a la validación de esta en campo, para la selección de sitios de validación se tomaron criterios como la identificación de vegetación difícil de clasificar y verificación de zonas homogéneas. Luego de la verificación de campo, cada polígono generado en ArcGis v. 10.1 fue rediseñado en base a la información recabada y datos de coordenadas geográficas tomadas con GPS GARMIN Modelo OREGON 550. Dichos datos se utilizaron para ajustar las imágenes procesadas y obtener una superficie y polígonos más reales a cada tipo de vegetación (Reclasificación de la vegetación y elaboración de rodales). Por último, se generaron cuadrículas sobre los mapas para ubicar puntos de muestreo al azar, con referencia a las coordenadas geográficas, para la obtención del mapa de cobertura vegetal.

### ETAPA DE CAMPO

Se hizo la recolección de las submuestras de pajonal de ambas microcuencas en la época de verano, específicamente en el mes de agosto; teniendo en cuenta las siguientes metodologías:

#### **Parcelas de corte (Harvest method)** (Molina y Rodríguez, 2009)

Las parcelas de corte tuvieron la forma cuadrada de 1 m por 1 m, la sub muestra se utilizó para obtener un factor de corrección para la muestra. La submuestra fue representativa a las condiciones de humedad de toda la muestra.

Se cortó todo el material vegetal de los individuos cuyas raíces parten del interior de la parcela, se realizó con ayuda de tijeras de mano, en una parcela de corte de 1m<sup>2</sup>; luego, se pesó el total de la biomasa cortada, y se sacó una sub muestra para su posterior determinación de materia seca. La biomasa se calculó por muestreo directo en dos cuadrantes de 1 m x 1 m, distribuidas al azar dentro de las parcelas de 1 hectárea. Para ello se cortó toda la vegetación a nivel del suelo y se registró el peso fresco total por metro cuadrado, se colectó una submuestra, se registró el peso fresco y se colocó en una bolsa debidamente identificada (Céspedes *et al.*, 2009). Como promedio general de la cobertura vegetal sobre cada uno de los puntos de muestreo de 1 m<sup>2</sup> se obtuvo de forma visual un 79% de cobertura del terreno frente a un 21% de área libre. El peso promedio usado como muestra representativa por cada punto de muestreo fue de 0,42 kg de biomasa húmeda, que reporto un promedio seco de 0,16 kg por m<sup>2</sup>.

### ETAPA DE LABORATORIO

Lo primero que se hizo fue registrar cada muestra, luego se colocó las muestras de pajonal en una estufa MMM group modelo ECOCELL a 60 °C, la vegetación herbácea se secó durante 48 horas y por último se pesó cada una de las muestras para conocer su peso seco y su posterior proyección a cantidad de biomasa seca por punto de muestreo. Además, se obtuvo un promedio general de biomasa seca y húmeda de cada punto de muestreo de 2,02 kg y 5,70 kg respectivamente por m<sup>2</sup>. Se asumió el factor de 0,5 para transformar la biomasa seca en Carbono (Valenzuela, 2001).

### 3. Resultados y discusión

La zona de pajonales de las dos microcuencas en estudio presentó un área total de 46,30 km<sup>2</sup> (Figura 4), sin embargo, el mayor aporte de agua se da para la microcuenca de Gocta, teniendo grandes extensiones de pajonal que cumplen la función de colecta y liberación de agua a la

red de drenaje de la microcuenca, siendo parte de ella la fuente principal de la tercera catarata más alta del mundo, Gocta. El hecho de conocer la distribución espacial y la extensión de los pajonales proporciona una herramienta de gran ayuda para la planificación del uso de la tierra de estas zonas en particular (Herrera *et al.*, 2015). Además, la superposición del área de pajonal sobre cada una de las microcuencas presentes en la cuenca media del río Utcubamba, nos indica que gran parte de los pajonales recolecta agua para la microcuenca de Gocta. La microcuenca de Chinata posee una cantidad mínima de área de pajonales en la naciente, sin embargo, son de gran importancia para iniciar el ciclo de colecta de agua y drenaje a la red hídrica de la microcuenca.

En otras áreas de pajonal, estos captan el agua y drenan su contenido de forma directa o indirecta al río Utcubamba, por la parte Sur del área de pajonal y a través del río Sonche por el lado Este respectivamente.

En los páramos de pajonal de las microcuencas de Gocta y Chinata se lograron identificar especies de la familia *Poaceae*, *Asteraceae*, *Orchidaceae*, entre otras (Figura 6), sin embargo es un número reducido de especies y familias, teniendo en cuenta que según estudios como el de Schmidt y Vargas (2011) estos ecosistemas tienden a ser muy diversos, en su estudio de comunidades vegetales de las transiciones terrestres acuáticas del páramo de Chingaza, Colombia, registraron un total de 89 especies en treinta transectos, pertenecientes a las familias de las *Poaceae*, *Cyperaceae*, *Scrophulariaceae* y *Asteraceae*. Otro grupo de autores que nos muestran la diversidad de los ecosistemas de páramo son Duarte *et al.* (2011) en su estudio ecológico de la vegetación en el páramo el Verjón ya que obtuvieron 510 individuos y 13 familias: *Cyperaceae*, *Asteraceae*, *Cluminaceae*, *Clusiaceae* y *Poaceae*. El número reducido de especies que reporta este estudio nos demuestra que el páramo está siendo severamente intervenido con una tendencia a la homogeni-



zación. Además, en el área de interés se encontraron otras coberturas vegetales como bosques primarios, secundarios, cuerpos de agua y pastizales (Figura 4).

**Contenido de carbono por toda el área del pajonal**

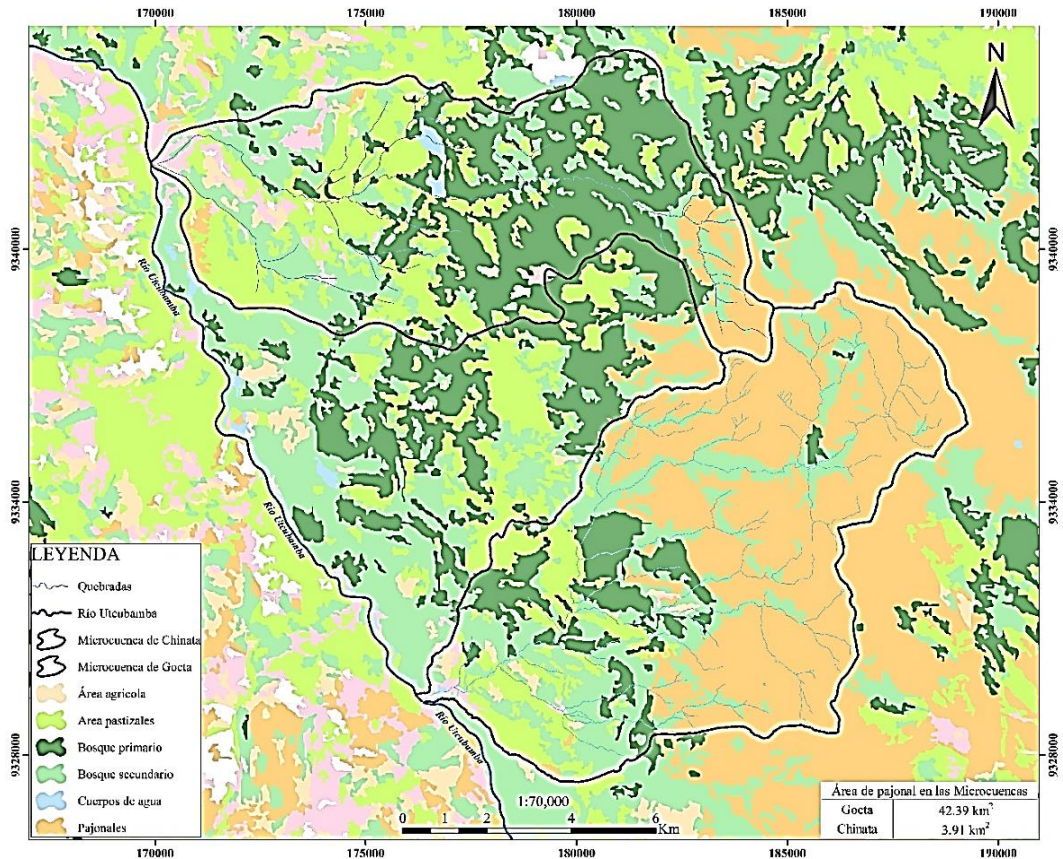
Se inició por transformar la biomasa húmeda en biomasa seca de forma directa, para ello se utilizó un factor de corrección de 0,44, resultado que fue obtenido de la corrección que se realizó al obtener la biomasa seca de la sub muestra en laboratorio y el peso de la sub muestra húmeda pesada en campo (Tabla 1).

Se encontró humedad en el campo variable debido a diferentes factores como precipitación, humedad relativa, gotas de agua (punto de rocío), que varía mucho con el tiempo y con las condiciones de trabajo (Serrano y Galárraga, 2015). Se afirma que se tiene 3,68 kg de agua como parte de las especies vegetales por m<sup>2</sup>.

El porcentaje de biomasa seca por metro cuadrado fue de 43,75% promedio del total de biomasa húmeda del metro cuadrado estudiado, obtenido con el factor de corrección.

Luego de conocer la cantidad de biomasa seca por m<sup>2</sup> que fue de 2,02 kg, y conocido el área total de la cobertura vegetal de pajonal de 46,30 km<sup>2</sup>, se obtuvo 93526 t de biomasa seca, lo que se traduce en 46763 t de carbono en todo el pajonal de las microcuencas de Gocta y Chinata; lo que equivale a decir 10,1 toneladas de carbono por hectárea.

El contenido de carbono en el páramo de pajonal fue de 10,1 t/ha, superior a lo encontrado en un pastizal de *Sorghastrum setosum*, 5,65 t/ha (Céspedes *et al.*, 2009) y en un pasto natural de *Calamagrostis vicunarum*, *Festuca dolichophylla* y *Muhlenbergia ligularis* con 5,65 t/ha (Quispe *et al.*, 2015).



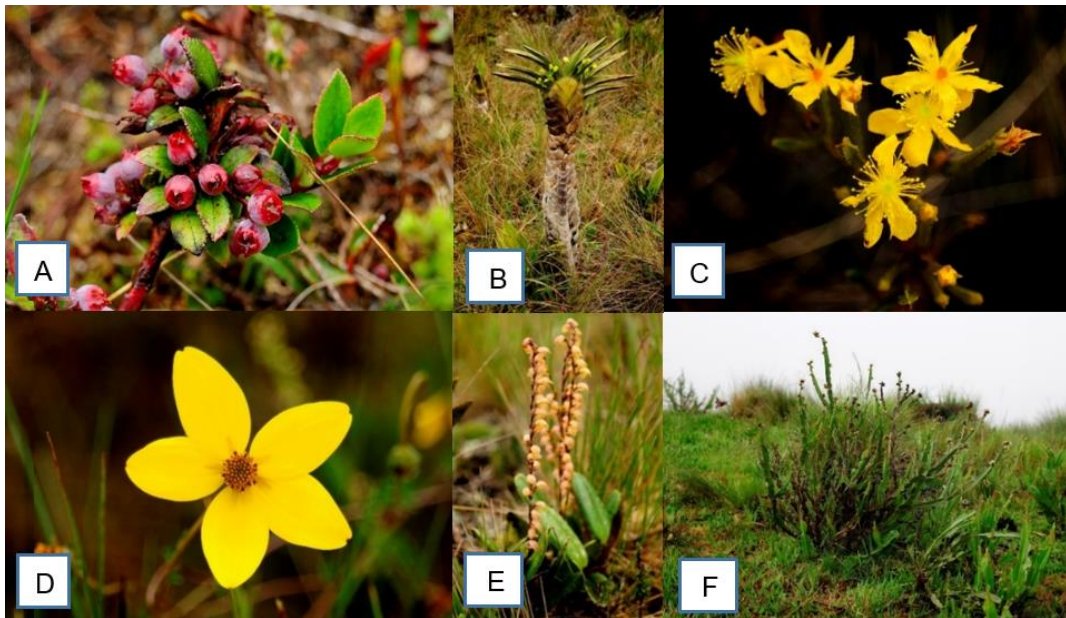
**Figura 4.** Área del páramo de pajonal de las Microcuencas de las cataratas de Gocta y Chinata, además de formaciones vegetales que la componen.



**Figura 5.** Especie vegetal de la familia de las Poaceae predominante en el área de estudio.

Sin embargo, de los valores encontrados por Torres *et al.* (2012) para ecosistemas de montaña del PNN Chingaza y PNN Los Nevados, se observa que son valores superiores a los reportados en este trabajo, con valores de 22,4 y 21,5 t/ha.

Las diferencias encontradas en los valores de carbono se deben posiblemente a que las especies dominantes son diferentes y por ende su captura y almacenamiento también lo son. Los estudios antes mencionados nos demuestran que los páramos de pajonal son capaces de almacenar grandes cantidades de carbono, incluso sin tener asociaciones de especies forestales, lo que hace necesario poner énfasis en la necesidad e importancia de su conservación como ecosistema peculiar, dado que en este tipo de ecosistema los efectos de una forestación, no son siempre como los que se espera en otro tipo de ecosistemas, pudiendo ocasionar más perjuicios que beneficios en lo referente a los servicios ambientales que se obtienen de estos ecosistemas (Serrano y Galárraga, 2015).



**Figura 6.** (A) *Pernetia ssp.* (Asterácea), (B), *Maxillaria gigantea*, (C), *Hypericum silenoides*, (D), *Bidens andicola*, (E), *Orchidaceae* y (F) *Baccharis genistelloides*.

**Tabla 1**

Determinación de biomasa seca

Peso húmedo de muestra (kg) (1)	Peso húmedo de sub muestra (kg) (2)	Peso seco de sub muestra (kg) (3)	Factor de corrección para biomasa seca (4) = (3/2)	Biomasa seca por unidad de muestreo (kg) (por m <sup>2</sup> )	Humedad por unidad de muestreo (kg) (por m <sup>2</sup> )	Porcentaje de biomasa seca por muestreo (%) (por m <sup>2</sup> )
5,70	0,42	0,16	0,44	2,02	3,68	43,75



**Tabla 2**

Comparación de la retención de carbono en diferentes ecosistemas

Ecosistema	Especie o familia predominante	Contenido de carbono en biomasa aérea	Fuente bibliográfica
Pastizal	<i>Sorghastrum setosum</i>	5,65 t/ha	Céspedes <i>et al.</i> , 2009
Pasto natural	<i>Calamagrostis vicunarium</i> , <i>Festuca dolichophylla</i> y <i>Muhlenbergia ligularis</i> .	3,14 t/ha	Quispe <i>et al.</i> , 2015
Parque Nacional Natural Chingaza	<i>Hypericum goyanesii</i> Cuatrec., <i>Espeletia argentea</i> Bonpl., <i>Espeletia grandiflora</i> Bonpl., <i>Bejaria resinosa</i> Mutis, <i>Berberis glauca</i> DC., y <i>Aragoa sp.</i>	22,4 t/ha	Torres <i>et al.</i> , 2012.
Parque Nacional Natural Los Nevados	<i>Baccharis latifolia</i> (Ruiz & Pav.) Pers., <i>Escallonia myrtoidea</i> Bertero, <i>Diplostephium sp.</i> , <i>Gynoxys sp.</i> , y <i>Espeletia spp.</i>	21,5 t/ha	Torres <i>et al.</i> , 2012.
Páramo de pajonal	Poaceae	10,1 t/ha	En este trabajo

#### 4. Conclusiones

El páramo de pajonal comprendido en las microcuencas de Gocta y Chinata tuvo un área de 46,30 km<sup>2</sup>, presentó una topografía irregular con fuertes pendientes a las orillas de las quebradas, el 79% de su superficie cuenta con cubierta vegetal, predominando las *Poaceae*. La reserva de biomasa seca por el total del área de pajonal es de 93526 toneladas. El carbono total en los páramos de pajonal fue de 46763 toneladas por los 46,30 km<sup>2</sup>, que se encuentra en el ámbito geográfico de las microcuencas de Gocta y Chinata. Estos resultados servirán como base para futuros estudios enfocados a medir el grado de intervención de este ecosistema y la búsqueda de estrategias para promover su conservación, mediante la valoración económica de estos servicios ecosistémicos.

#### Referencias bibliográficas

Barrantes, C.A.; Flores, E.R. 2013. Estimando la disposición a pagar por la conservación de los pastizales alto andinos. *Ecología aplicada* 12(2): 91-97.

Casanova, F.; Camaa, J.; Petit, J.; Solorio, F.; Castillo, J. 2010. Acumulación de carbono en la biomasa de *Leucaena leucocephala* y *Guazuma ulmifolia* asociadas y en monocultivo. *Revista forestal venezolana* 54 (1): 45-50.

Céspedes, F.; Bernardis, A.; Fernández, J.; Gobbi, J.; Roig, C. 2009. Stock de carbono en un pastizal de *Sorghastrum setosum* (Griseb.) Hitchc en la provincia de Chaco, Argentina. *Agrotecnia* 19:3-7.

Chuvieco, E. 2010. Teledetección Ambiental. La observación de la Tierra desde el Espacio. Editorial Ariel. Barcelona, España.

Cuervo, E.L.; Cely, G.E.; Moreno, D.F. 2016. Determinación de las fracciones de carbono orgánico en el suelo del páramo la Cortadera, Boyacá. *Ingenio Magno* 7(2): 139-149.

Duarte, C. H.; Galeano, J.O.; Cotrina, F.O.; Ramírez, F.R. 2011. Estudio ecológico de la vegetación en el Páramo el Verjón ubicado en el municipio de Choachí Cundinamarca. *Home* 6 (11): 73-82.

Herrera, L.P.; Gómez, V.; Martínez, G.A.; Larterra, P.; Maceira, N. 2015. Remote Sensing Assessment of *Paspalum quadrifarium* Grasslands in the Flooding Pampa, Argentina. *Rangeland Ecology & Management* 58 (4): 406-412.

IIAP (Instituto de la Amazonia Peruana); GRA (Gobierno Regional Amazonas). 2010. Zonificación Ecológica y Económica del Departamento de Amazonas. Lima, PE. 196 pp.

Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI). 2013. 11 de Julio Día Mundial de la Población. Disponible en: [https://www.inei.gov.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitales/Est/Lib1095/libro.pdf](https://www.inei.gov.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1095/libro.pdf)

Lara, B.; Gandini, M. 2014. Análisis de la fragmentación de pastizales en la pampa de Primida (Argentina). *Revista de la Facultad de Agronomía UNL Pam* 24 (1): 21-30.

Medrano, R.M.; Chupan, L.; Vila, M. 2012. Almacenamiento de carbono en especies predominantes de flora en el lago Chinchaycocha. *Apuntes de ciencias sociales* 02(2): 110-117.

Molina, J.R.; Rodríguez, F. 2009. Modelo de combustibles forestales UCO40. Herramientas de nueva generación en defensa contra incendios forestales. Artículo presentado para el 5° Congreso Forestal Español Montes y Sociedad: Saber qué hacer. España.

Quispe, C.M.; Quispe, F.; Yaranga, R.M. 2015. Almacenamiento de carbono en pastos naturales de la subcuenca Capinaco, Huancayo. *Apunt. Cienc. Soc.* 5 (2): 218-227.

Rojas, J. 2011. El pago por servicios ambientales como alternativa para el uso sostenible de los servicios ecosistémicos de los páramos. *Ambiente y Sostenibilidad* 1: 57-65.



- Schmidt, U.; Vargas, O. 2011. Comunidades vegetales de las transiciones terrestres- acuáticas del páramo de Chingaza, Colombia. *Biología Tropical* 60(1): 35-64.
- Serrano, D.; Galárraga, R. 2015. El páramo andino: características territoriales y estado ambiental. *Aportes interdisciplinarios para su conocimiento. Estudios geográficos* 75(1): 369-393.
- Torres, A.; Peña, E.; Zuñiga, O.; Peña, J. 2012. Evaluación del impacto de actividades antrópicas en el almacenamiento de carbono en biomasa vegetal en ecosistemas de alta montaña en Colombia. *Boletín Científico. Museo de historia natural* 16(1): 132-142.
- Torres, F.; López, G. 2009. Caracterización del ecosistema Páramo en el norte del Perú: ¿Páramo o Jalca? Lima: AGRORED Norte, The Mountain Institute. Impreso en el Perú Primera edición Lima, octubre del 2009. 40 pp.
- 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.
- Vila, M.A.; Chupan, L.A. 2015. Valoración económica del almacenamiento de agua y carbono en la comunidad campesina Villa de Junín. *Apunt. Cienc. Soc.* 5(2): 228-233.
- Yalta, J.R.; Salas, R.; Alvarado, L. 2013. Evaluación de la calidad ecológica del agua en las microcuencas de Chinata y Gocta, cuenca media del río Utcubamba, región Amazonas. *Revista Indes* 1(1): 14-28.
- Yaranga, R.M.; Custodio, M. 2013. Almacenamiento de carbono en pastos naturales altoandinos. *Scientia Agropecuaria* 4(1): 313-319.
- Zhou, Y.; Xiao, X.; Zhang, G.; Wagle, P.; Bajgain, R.; Dong, J.; Jin, C.; Basara, J.B.; Anderson, M.C.; Hain, C.; Otkin, J.A. 2017. Quantifying agricultural drought in tallgrass prairie región in the U. S. Southern Great Plains trough analysis of a wáter-related vegetation index from MODIS images. *Agricultural and Forest Meteorology* 246: 111-122.