

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**

**FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA**



**CAPTURA DE CARBONO (CO<sub>2</sub>) EN DOS ESPECIES DE “TOLA”  
(*Parastrephia lepidophylla* Wedd) Y (*Baccharis incarum* Wedd) EN EL  
SECTOR LLUSTA DISTRITO DE MAZOCRUZ – PUNO**

**TESIS**

**PRESENTADA POR:**

**Bach. MÓNICA HUALPA LIMA**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**LICENCIADO EN BIOLOGÍA**

**PUNO – PERÚ**

**2018**

## UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO DE PUNO

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS  
ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA**CAPTURA DE CARBONO (CO<sub>2</sub>) EN DOS ESPECIES DE “TOLA”  
(*Parastrephia lepidophylla* Wedd) Y (*Baccharis incarum* Wedd) EN EL SECTOR  
LLUSTA DISTRITO DE MAZOCRUZ – PUNO**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. MÓNICA HUALPA LIMA



PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

LICENCIADO EN BIOLOGÍA

APROBADA POR:


PRESIDENTE

:

  
.....  
Mg. MARTHA ELIZABETH APARICIO SAAVEDRA

PRIMER MIEMBRO

:

  
.....  
Blgo. HERMINIO RENE ALFARO TAPIA

SEGUNDO MIEMBRO

:

  
.....  
M.Sc. VICKY CRISTINA GONZALES ALCOS

DIRECTOR / ASESOR

:

  
.....  
M.Sc. GILMAR GAMALIEL GOYZUETA CAMACHO

Área : Ciencias Biomédicas

Tema : Mitigación y adaptación al cambio climático

Fecha de sustentación: 27 de diciembre 2018

**DEDICATORIA**

*A mis padres Augusto Hualpa Quispe y Teresa Lima Cáceres por ser mi pilar fundamental y haberme apoyado incondicionalmente, pese a las adversidades e inconvenientes que se presentaron. Por brindarme mucho amor y cariño en todos estos años, por inculcarme valores para ser mejor cada día. A mi persona favorita, mi querido hermano Ángel Gabriel Hualpa Lima por ser uno de mis motivos para seguir logrando mis objetivos. Los Amo.*

## AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional del Altiplano y en especial a la Facultad de ciencias Biológicas.

A la plana docente de la Escuela Profesional de Ciencias Biológicas, por brindarnos los conocimientos y motivarnos frente a los nuevos retos.

En especial al M.Sc. Gilmar Gamaliel Goyzueta Camacho, mi director de tesis, por su enseñanza, apoyo, colaboración, disponibilidad y paciencia en revisar y ejecutar mi tesis.

A mis jurados; Mg. Martha Elisabeth Aparicio Saavendra, Blgo. Herminio Rene Alfaro Tapia y M.Sc. Vicky Cristina Gonzales Alcos por sus consejos y recomendaciones sobre mi proyecto de investigación.

A todos ustedes agradezco por este logro alcanzado.

## ÍNDICE GENERAL

### ÍNDICE GENERAL

### ÍNDICE DE FIGURAS

### ÍNDICE DE TABLAS

### ÍNDICE DE ACRONIMOS

<b>RESUMEN</b> .....	12
<b>ABSTRACT</b> .....	13
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	14
1.1    Objetivo general.....	16
1.2    Objetivos específicos .....	16
<b>II. REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	17
2.1    Antecedentes .....	17
2.2    Marco teórico .....	19
2.2.1    Cambio climático.....	19
2.2.1.1    La Convención del Clima .....	23
2.2.1.2    Gases de efecto invernadero .....	25
2.2.1.3    Cambio y uso de la tierra .....	25
2.2.2    Ciclo del carbono .....	26
2.2.3    Modos de captura de CO <sub>2</sub> .....	27
2.2.3.1    Captura de carbono .....	27
2.2.3.2    Métodos para capturar el carbono atmosférico (CO <sub>2</sub> ).....	28
2.2.3.3    Estimación del contenido de carbono (C).....	29
2.2.3.4    Estimación del dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> ) .....	31
2.2.4    Mercado de los bonos de carbono .....	31
2.2.4.1    El "MDL" - Mecanismo de Desarrollo Limpio.....	33
2.2.5    Sistemas de Información Geográfica (SIG) .....	34
2.2.6    Densidad .....	35
2.2.6.1    Métodos para determinar densidad de arbustos .....	35
2.2.6.2    Estudios realizados en densidad y biomasa.....	36
2.2.6.3    Densidad.....	36
2.2.6.4    Biomasa aérea.....	37

2.2.7	Pastizal de tola .....	40
2.2.7.1	Influencia de la tola en las praderas.....	41
2.2.7.2	Áreas de tolares en el ámbito peruano del sistema T.D.P.S.....	42
2.2.8	Conceptos y definiciones de tolas y tolares .....	43
2.2.8.1	Características de la comunidad vegetal tolar .....	46
2.2.8.2	Distribución y características.....	47
2.2.8.3	Importancia de lo Tolares.....	47
2.2.8.4	Demanda mercantil de Tola .....	48
2.2.9	<i>Parastrephia lepidophylla</i> (Wedd) Cabrera, Supu Thola .....	49
2.2.9.1	Ubicación taxonómica .....	49
2.2.9.2	Fenología .....	50
2.2.9.3	Descripción morfológica .....	52
2.2.9.4	Hábitat.....	52
2.2.9.5	Distribución.....	53
2.2.9.6	Importancia y Uso .....	53
2.2.9.7	En la alimentación animal.....	53
2.2.9.8	Potencial medicinal .....	54
2.2.9.9	Propagación.....	54
2.2.10	<i>Baccharis incarum</i> Wedd S.I., Ñaka thola .....	54
2.2.10.1	Ubicación taxonómica .....	54
2.2.10.2	Descripción morfológica .....	56
2.2.10.3	Hábitat.....	57
2.2.10.4	Importancia y Uso .....	57
2.2.10.5	Propagación: Por semilla.....	57
<b>III.</b>	<b>MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>59</b>
3.1	Descripción del área de estudios .....	59
3.1.1	Ubicación.....	59
3.1.2	Clima.....	60
3.1.2.1	Precipitación .....	64
3.1.2.2	Régimen de Temperaturas Medias.....	64
3.1.3	Suelo.....	64
3.1.4	Clasificación Ecológica .....	65
3.2	Colecta de datos.....	65

3.3	Evaluación de variables de investigación .....	66
3.3.1	Determinación del contenido de carbono en los componentes de la tola 66	
3.3.1.1	Densidad de arbustos de tola. ....	66
3.3.1.2	Medición de la producción de biomasa arbustiva .....	68
3.3.1.3	Método para determinación del contenido de carbono .....	69
3.3.1.4	Contenido de carbono en la biomasa.....	72
3.3.2	Estimación de captura de dióxido de carbono en estructuras de la tola. ...	72
3.4	Diseño experimental .....	73
<b>IV.</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>75</b>
4.1	Contenido de carbono en los componentes de la tola.....	75
4.1.1	Densidad de arbustos de tola .....	75
4.1.2	Medición de la producción de biomasa arbustiva .....	77
4.1.3	Fracción y contenido de carbono en la biomasa.....	83
4.2	Estimación de captura de dióxido de carbono en las estructuras de la tola.	87
<b>V.</b>	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>92</b>
<b>VI.</b>	<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>93</b>
<b>VII.</b>	<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>94</b>
<b>ANEXOS.....</b>		<b>105</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Aumento de las concentraciones atmosféricas de gases de efecto invernadero a lo largo del tiempo.....	20
Figura 2. Cambios de temperatura global de la tierra, estimados en modelos utilizando parámetros naturales y antropogénicos. ....	21
Figura 3. Concentración del Dióxido de Carbono (CO <sub>2</sub> ), Metano (CH <sub>4</sub> ) y Óxido Nitroso (N <sub>2</sub> O) en los últimos 150 años. ....	22
Figura 4. Cambios en los componentes del sistema climático .....	23
Figura 5. Ciclo global del carbono en la actualidad (Almacenaje GtC y flujo GtC/año).....	27
Figura 6. Componentes básicos de un SIG .....	34
Figura 7. Características morfológicas de “tola” ( <i>Parastrephia lepidophylla</i> ).....	50
Figura 8. Crecimiento y desarrollo de la t'ola reproducción sexual.....	51
Figura 9. Características morfológicas de “tola” ( <i>Baccharis incarum</i> ). ....	55
Figura 10. Ubicación del área de estudio en el Distrito de Mazocruz sector Llusta - 2018.....	60
Figura 11. Estación meteorológica Mazocruz 2018. ....	61
Figura 12. Climadiagrama temperaturas medias y precipitación año 2017 y 2018.....	63
Figura 13. Temperatura máxima, media y mínima año 2017 y 2018. ....	63
Figura 14. Cuento de cantidad de arbustos en cuadrante de 100 m <sup>2</sup> en el Distrito de Mazocruz sector Llusta – 2018 .....	67
Figura 15. Tamaño con respecto a las especies en el Distrito de Mazocruz sector Llusta - 2018.....	75
Figura 16. Porcentaje de biomasa seca según tamaño en el Distrito de Mazocruz sector Llusta - 2018 .....	78
Figura 17. Porcentaje de producción de biomasa seca por componente en el Distrito de Mazocruz sector Llusta – 2018.....	80
Figura 18. Comparación de biomasa seca por tamaño .....	83
Figura 19. Comparación de biomasa seca por componente.....	83
Figura 20. Fracción de carbono por componente en el Distrito de Mazocruz sector Llusta - 2018.....	84
Figura 21. Contenido de carbono por componente y tamaño en el Distrito de Mazocruz sector Llusta - 2018 .....	85
Figura 22. Captura de dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> ) en la biomasa de la tola en el Distrito de Mazocruz sector Llusta - 2018 .....	88
Figura 23. Captura de dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> ) en distintas especies.....	91



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Valor de mercado y precios de bonos de carbono .....	33
Tabla 2. Promedio general de densidad (plantas/ha) de especies de tolas, sistema TDPS-Bolivia. ....	37
Tabla 3. Cuantificación promedio de biomasa seca aérea de t'olares densos y dispersos en el ámbito peruano del sistema T.D.P.S. Peruano. ....	37
Tabla 4. Ecuaciones de regresión y estimación de fitomasa de tipos de tolares.....	38
Tabla 5. Rendimiento de herbaje función del área de copa de Parastrephia lepidophylla .....	38
Tabla 6. Rendimiento de fitomasa en kgMS/ha en TDPS-Bolivia. ....	39
Tabla 7. Cobertura de tolares por cartas, en el ámbito peruano del sistema T.D.P.S. ....	43
Tabla 8. Datos meteorológicos registrados. Temperaturas (mínimas, máximas y media), precipitación Pluvial, año 2017 y 2018. Estación MAZOCRUZ, Latitud 16° 44' 20.4" y Longitud 69° 42' 55.7". ....	62
Tabla 9. Análisis de varianza.....	74
Tabla 10. Densidad de arbusto tolar por especies.....	76
Tabla 11. Promedio general de densidad (plantas/ha) de especies de tolas, sistema TDPS-Bolivia. ....	77
Tabla 12. Biomasa verde y seca de especies de tolar por tamaño .....	78
Tabla 13. Producción de biomasa seca por componente en tMS/ha.....	81
Tabla 14. ANOVA de la producción de biomasa seca .....	82
Tabla 15. Cantidad de carbono en la biomasa seca por componente. ....	85
Tabla 16. Contenido de carbono por tamaño .....	86
Tabla 17. Carbono almacenado en distintas especies estudiadas en la Región Puno. ....	87
Tabla 18. Captura de CO <sub>2</sub> por componente de la tola .....	88
Tabla 19. Captura de dióxido de carbono por tamaños .....	89
Tabla 20. Comparativo de captura de Co <sub>2</sub> por distintas especies en región Puno.....	90

## INDICE DE ACRÓNIMOS

CH <sub>4</sub>	Metano
CIDIAG	Centro de Información y Desarrollo Integral de Autogestión
CIP	Centro de Investigación y Producción
COP	Conferencia de las partes
CMCC	Convención Marco de Cambio Climático
CMNUCC	Convención marco de las naciones unidas sobre el cambio climático
CO <sub>2</sub>	Dióxido de carbono
CODESOL	Comunidad de desarrolladores de Software con Orientación Libre
CONAM	Consejo Nacional del Ambiente.
EPA	Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos
ENCC	Estrategia Nacional ante el Cambio Climático
FAO	Food and Agriculture Organization (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación)
GPS	Sistema de posicionamiento global
GEI	Gases de Efecto Invernadero.
ICRAF	Centro Internacional para la investigación en Agroforestería
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
LENA	Laboratório de Evaluación Nutricional de Alimentos
MDL	Mecanismo de Desarrollo Limpio
MINAGRI	Ministério de Agricultura y Riego.
MINAM	Ministerio del Ambiente del Perú
MS	Materia seca
MV	Materia Verde
OMM	Organización meteorológica mundial
ONERN	Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales
PNUMA	Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente
SENAMHI	Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología
SIG	Sistema de Información Geográfico

tC	Toneladas de carbono
tCO <sub>2</sub>	Toneladas de dióxido de carbono
T.D.P.S.	Titicaca, Desaguadero, Poopo, Salar de Coipasa
tMV	Toneladas de materia verde
tMS	Toneladas de materia seca
UNALM	Universidad Nacional Agraria la Molina

## RESUMEN

La investigación se realizó en el Sector LLusta Distrito de Mazocruz ubicadas en la zona agroecológica de Puna Seca del departamento de Puno en dos especies de tola (*Parastrephia lepidophylla* Wedd) y (*Baccharis incarum* Wedd). El cambio climático es un fenómeno que afecta los ciclos ecológicos del planeta y Puno es altamente vulnerable a este cambio. Actualmente, nuestro país cuenta con escasa información del potencial de captura de CO<sub>2</sub> de especies altoandinas. La finalidad de la investigación, ha sido estimar la cantidad de carbono almacenado y CO<sub>2</sub> por la unidad de superficie. Los tratamientos evaluados son tres tamaños (grande, mediano y pequeño) y tres componentes (hojas, tallos, y raíces). Se estimó la densidad utilizando el método Conteo de plantas en parcela cuadrada”, mientras la producción de biomasa se determinó por el “Método destructivo y separación manual por peso, el contenido de carbono en la estructura vegetal se determinó por método de “Poder Calórico” método de Eduarte y Segura (1998), la captura de CO<sub>2</sub> se estimó mediante el “factor de conversión de carbono a dióxido de carbono”. Los resultados de fracción de carbono por componente en (*Parastrephia lepidophylla* Wedd) y (*Baccharis incarum* Wedd) indica que la mayor fracción es en la hoja 0.50 y 0.52 respectivamente. La mayor captura de carbono en la biomasa aerea (tallos/ramas), con promedio de captura de 1.27tC/ha en (*Parastrephia lepidophylla* Wedd) y 1.19 tC/ha en (*Baccharis incarum* Wedd). Se obtuvieron los siguientes valores de contenido de dióxido de carbono capturado en *Parastrephia* de 4.66 tCO<sub>2</sub>/ha y *Baccharis* con 4.35 tCO<sub>2</sub>/ha. Se comprueba que, entre otros importantes servicios al medio ambiente y al Ser Humano, estos tolares actúan de modo crucial en la captación de CO<sub>2</sub> atmosférico ante el presente escenario de cambio climático planetario.

**Palabras Clave:** Carbono, captura de CO<sub>2</sub>, cambio climático, tolar.

## ABSTRACT

The research was conducted in the District Sector of Mazocruz located in the agro-ecological zone of Puna Seca in the department of Puno in two species of tola (*Parastrephia lepidophylla* Wedd) and (*Baccharis incarum* Wedd). Climate change is a phenomenon that affects the ecological cycles of the planet, and Puno is highly vulnerable to this change. Currently, our country has little information on the potential for CO<sub>2</sub> capture of high Andean species. The purpose of the research has been to estimate the amount of carbon stored and CO<sub>2</sub> per unit area. The treatments evaluated are three sizes (large, medium and small) and three components (leaves, stems, and roots). The density was estimated using the method "Counting of plants in square plot", while the production of biomass was determined by the "Destructive method and manual separation by weight, the carbon content in the plant structure was determined by" Caloric Power "method method of Eduarte and Segura (1998), the capture of CO<sub>2</sub> was estimated by the "carbon to carbon dioxide conversion factor". The results of the carbon fraction per component in *Parastrephia* and *Baccharis* indicate that the largest fraction is 0.50 and 0.52, respectively. The highest carbon capture in the aerial biomass (stems / branches), with average capture of 1.27tC / ha in *Parastrephia* and 1.19 tC / ha in *Baccharis*. The following values of carbon dioxide content captured in *Parastrephia* of 4.66 tCO<sub>2</sub> / ha and *Baccharis* with 4.35 tCO<sub>2</sub> / ha were obtained. It is verified that, among other important services to the environment and to the Human Being, these tolares act in a crucial way in the capture of atmospheric CO<sub>2</sub> before the present scenario of planetary climate change.

**Key Words:** Carbon, CO<sub>2</sub> capture, climate change, tolar.

## I. INTRODUCCIÓN

La investigación se realizó en el Sector LLusta Distrito de Mazocruz ubicadas en la zona agroecológica de Puna Seca del departamento de Puno en dos especies de tola (*Parastrephia lepidophylla* Wedd) y (*Baccharis incarum* Wedd). El cambio climático es un fenómeno que afecta los ciclos ecológicos del planeta y Puno es altamente vulnerable a este cambio. Actualmente, nuestro país cuenta con escasa información del potencial de captura de CO<sub>2</sub> de especies altoandinas. El efecto de esas elevadas concentraciones en la temperatura del planeta es evidente. La Organización Meteorológica Mundial (OMM) clasificó 2015, como el año más caluroso de la historia, como parte de una tendencia continua (WMO, 2016).

La temperatura media de la Tierra es de aproximadamente 15° C, y se mantiene con la existencia natural de gases, como dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>), óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), vapor de agua (H<sub>2</sub>O) y de sustancias como partículas de aerosoles que quedan suspendidos en la atmósfera, formando una capa que aprisiona parte del calor solar (D'amelio, 2006). La inexistencia de estos gases y partículas resultaría en un ambiente terrestre extremadamente frío, con una temperatura media de -17° C (Barker, 2007). El fenómeno de calentamiento de la atmósfera, llamado efecto invernadero, posibilita la existencia de vida, así como la gran diversidad de organismos en la Tierra.

Los tolares son arbustos que se encuentra distribuida en la zona central y más en el sur del altiplano de Puno, se desarrolla en laderas, pie de laderas y terrazas altas en suelos secos, aunque también se le encuentra en planicie (ONERN, 1984; citado por Choque, 2015). (Paca *et al.* 2003) reportaron un total de 175 667.32 ha en la Región Puno. La preocupante pérdida de la cubierta vegetal contribuye al deterioro de los ecosistemas. Estos arbustos en gran parte se encuentran en proceso de degradación, debido a los

cambios climáticos, contaminación ambiental y por el inadecuado manejo. La thola como especie arbustiva de nuestra región andina forma parte estructural de nuestra cultura, particularmente aymara y quechua. La thola es una especie muy resistente a la sequía y sirve como forraje, refugio de la vida silvestre de diversas especies; es una especie protectora del suelo contra la erosión hídrica. Su uso irracional va en deterioro del ecosistema de la región que conlleva a la degradación y erosión del suelo (INRENA 2001)

En el altiplano peruano, las asociaciones vegetales con predominancia de tola *Parastrephia lepidophylla* y *Baccharis incarum* son de mucha importancia, por formar microclimas que favorecen el desarrollo de la vegetación herbácea útil para la alimentación de semovientes, igual manera son hábitat y refugio de fauna silvestre. Su presencia permite la protección y conservación de los suelos mitigando la acción erosiva (pluvial y eólica). Sin embargo, está sufriendo una fuerte extracción para fines energéticos y comerciales que conlleva al deterioro del suelo, trayendo como consecuencia la erosión hídrica y eólica de la misma. La tola son arbustos que juegan un papel en la regulación de emisiones de CO<sub>2</sub> a través de la fotosíntesis, fijando el carbono en el follaje, tallo y raíz mitigando así los efectos de cambio climático.

La investigación brinda un aporte científico de gran valor ya que proporciona información sobre los métodos, procedimientos científico y tecnológico para calcular la cantidad de carbono almacenado en el follaje, tallo y raíz a partir del cual se podrá estimar y cuantificar la cantidad de CO<sub>2</sub> capturado por la especie “Tola” los resultados se va expresar en tCO<sub>2</sub>/ha así mismo servirá para la Planificación racional del uso del tolar en el altiplano, que involucren al manejo sostenido de los recursos naturales como una medida de mitigación a los efectos del cambio climático regional, nacional y mundial.

Bajo estas consideraciones, los objetivos planteados fueron:

### 1.1 Objetivo general

Estimar la captura de carbono ( $\text{CO}_2$ ) en dos especies de “Tola” (*Parastrephia lepidophylla*) y (*Baccharis incarum*) en sector LLusta Distrito de Mazocruz.

### 1.2 Objetivos específicos

- Determinar el contenido de carbono almacenado en hojas, tallos y raíces en (*Parastrephia lepidophylla*) y (*Baccharis incarum*) en el sector LLusta Distrito de Mazocruz
- Estimar la captura de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) en “Tola” en el sector LLusta Distrito de Mazocruz.



## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 Antecedentes

MINAM (2015b). Muestra que la Estrategia Nacional ante el Cambio Climático (ENCC) refleja el compromiso del Estado peruano de hacerle frente de modo integrado, transversal y multisectorial, cumpliendo con los compromisos internacionales asumidos por el Perú ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC), en el altiplano puneño se viene buscando tal como indica Flores (2017), estudió la chillihua (*Festuca dolichophylla* presl) donde cuantificó la cantidad promedio de biomasa verde 6.27 t/ha y seca 5.51 t/ha, encontrando una fracción de carbono 0.43 para hojas, 0.45 para el tallo y 0.39 para la raíz, utilizando el método del “Poder Calórico” por otra parte el contenido de carbono promedio fue 2.52 tC/ha, Además, la captura de dióxido de carbono promedio en ambos sitios es 9.24 tCO<sub>2</sub>/ha, Siendo el tallo el componente que más CO<sub>2</sub> captura, continuo de la hoja y la raíz, además se ha estimado que en las 105.60 ha que ocupan ambos sitios de chillihua del CIP Illpa, se captura en total 275.64 tCO<sub>2</sub>/ha. Así mismo Zapana (2016), cuantificó el contenido promedio de biomasa en los queñuales (*Polylepis spp.*) obteniendo 27.72 t/ha y el contenido de carbono almacenado promedio de 16.38 tC/ha, también obtuvo una fracción de carbono promedio de 59.5% de su biomasa aérea.

Yamallel *et al.* (2014) evaluaron el contenido de carbono en el matorral espinoso y en tres pastizales abandonados con un tiempo de abandono de 10, 20 y 30 años, para la estimación del contenido de carbono utilizó un diseño de muestreo sistemático, en cada área se realizó cuatro sitios de muestreo cuadrangulares de 1.600 m<sup>2</sup>, el sistema que resulto con el valor mayor de contenido de carbono fue el matorral primario con 14.25 tC/ha, seguidos por los pastizales de 30, 20 y 10 años con 8.03, 7.33 y 4.13 tC/ha respectivamente, concluyendo que recuperar el estado inicial del matorral primario

tomará muchos años, tal como se puede apreciar con el sistema pastizal de 30 años que consigue sólo un 56% de lo que se tenía en reservas del matorral primario. Por otro lado, Lapeyre *et al.* (2004) determinó las reservas de carbono en parte aérea de la biomasa en diferentes sistemas de uso de la tierra en la región de San Martín (Perú), con la finalidad de conocer el potencial de captura de carbono, donde los sistemas de uso de las tierras evaluadas fueron: Bosque primario, Bosque secundario de diferentes edades, sistemas agrícolas locales maíz, arroz, pastos y sistemas agroforestales con café bajo sombra y cacao. Este potencial se comparó con otros sistemas de uso de la tierra de otras regiones del Perú y se monitoreo el desgaste de almacenamientos de carbono después del corte de la foresta y su reemplazo por cultivos. Concluyendo que el carbono total acumulado en el bosque primario es de 485 tC/ha, supero ampliamente las reservas del bosque secundario de 50 años y de bosque descremado de 20 años. Con relación al bosque primario se prestar atención a una reducción de reservas en más de 50% del bosque secundario de 50 años (234 tC/ha). El bosque descremado de 20 años perdió más del 80% de almacenamientos (62 tC/ha).

Huanacuni y Maquera (2013), determinaron que la mayor captura de carbono en la biomasa aérea del bosque la tuvo el Eucalypto con 1 399.86 t de carbono seguido por el Pino con 510.42 t de carbono y la menor captura el Ciprés con 203.79 t de carbono haciendo un total de 2 377.66 t de carbono capturado en todo el boque. Logrando una captura de 2.12, 4.21 y 4.58 t de C/ha/año para Eucalypto, Pino y Ciprés respectivamente. Obtuvieron una captura de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) total para el Eucalypto de 5 132.82 t de CO<sub>2</sub> seguido por el Pino con 1 871.53 t de CO<sub>2</sub> y por último el Ciprés con una captura de 1 713.75 t de CO<sub>2</sub>. Mientras Ticona (2012), acordó la fracción de carbono en vegetación arbustiva añahuaya (*Adesmia miraflorensis* Remy) para el sitio disperso fue: hojas 0.49, tallo 0.52 y en la raíz 0.44, mientras en el sitio denso en hojas 0.50, tallo 0.51

y raíz 0.43. El contenido de carbono en el sitio disperso fue 4.04 tC/ha y en sitio denso 4.65 tC/ha. Además, la captura de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) para el sitio disperso fue 14.82 tCO<sub>2</sub>/ha, y en el sitio denso fue 17.06 tCO<sub>2</sub>/ha, encontrando que el tallo captura más CO<sub>2</sub>, seguido por la raíz y hoja, finalmente estimó en 22.41 ha que ocupan los arbustos de Añahuaya del CIP Illpa se captura en promedio 357.22 tCO<sub>2</sub>/ha.

Medrano, Chupan y Vila (2012), indica que el ecosistema que brinda mayor almacenamiento de carbono es el totoral *Schoenoplectus californicus* Var. *Totora* almacena 30.65 tC/ha y *Juncos articus* Var. *Andicola* 8.70 tC/ha, seguido por el Pajonal *Deyeuxia recta* Kunth almacena 7.02 tC/ha en su biomasa aérea y 8.41 tC/ha en su biomasa radicular y en menor proporción el bofedal: *Plantago tubulosa* almacena 0.81 tC/ha en su biomasa aérea y 1.88 tC/ha en su biomasa radicular, *Eleocharis albibracteata* almacena 0.22 tC/ha en su biomasa aérea y 2.95 tC/ha en su biomasa radicular, y *Limosella australis* almacena 0.22 tC/ha en su biomasa aérea y 0.38 tC/ha en su biomasa radicular. Palomino (2007), indica que las especies herbáceas contribuyen significativamente con la retención de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), siendo la totora (*Schoenoplectus californicus* (C.A.Mey) Soyak), la especie que más capta CO<sub>2</sub>, con 73,7 Tn de CO<sub>2</sub>/ha, seguida por el junco (*Scirpus americanus* Pers) con 40.6 Tn de CO<sub>2</sub>/ha.

## 2.2 Marco teórico

### 2.2.1 Cambio climático

La tierra pasa por un período de cambios en el clima como: cambios en el régimen de lluvias y sequías, desertificación, derretimiento de glaciares, aumento en el nivel de los océanos, etc. Uno de los fenómenos más notables en este cuadro es la elevación de la temperatura media en el planeta, que hace que este conjunto de eventos sea también conocido como calentamiento global (EPA, 2015).

El planeta ya ha pasado por otros períodos de cambio climático, en las eras glaciales y en períodos más recientes entre los siglos XV - XVIII, que pueden haber ocurrido por diversos factores, tales como: concentración de gases y aerosoles en la atmósfera, variación en la radiación solar, alteración en las propiedades de la superficie terrestre, erupciones volcánicas, cambios en la órbita terrestre y en los regímenes de los océanos, etc. (IPCC, 2007). En el caso de los cambios actuales, la hipótesis más aceptada es que se asocian a la acción humana, por el aumento de la concentración de gases de efecto invernadero en la atmósfera (Figura 1), cambios en la cobertura vegetal y otros factores que alteran el balance de energía, absorción, dispersión y dispersión la emisión de radiación en el planeta. Esta hipótesis es reforzada por estudios cuyos resultados de modelos, considerando factores antropogénicos, presentan buena correlación con los aumentos medidos, al contrario de lo que ocurre con resultados de modelos, considerando sólo factores naturales.

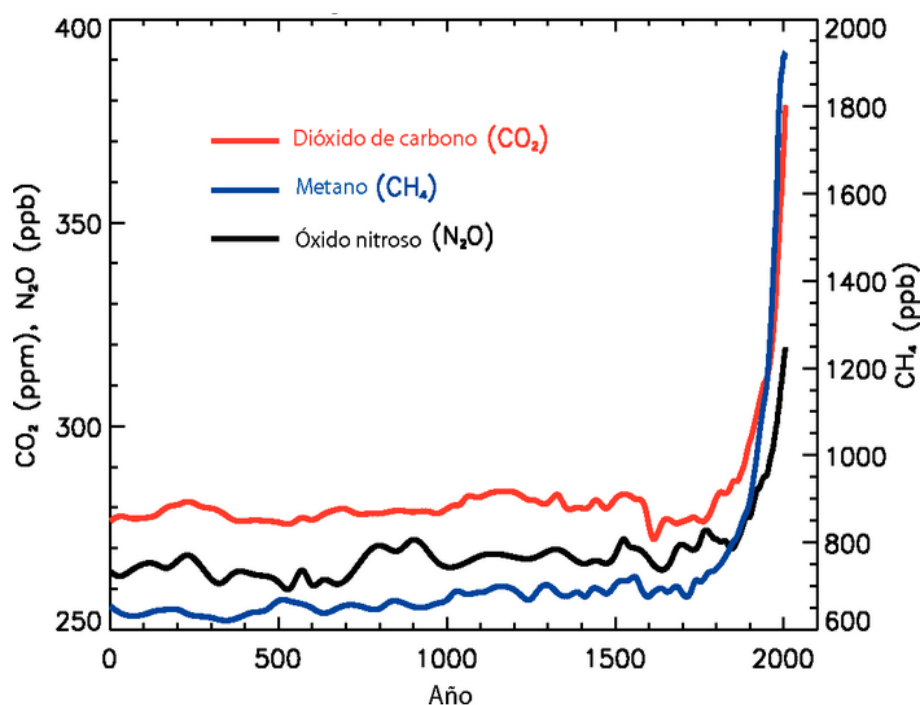


Figura 1. Aumento de las concentraciones atmosféricas de gases de efecto invernadero a lo largo del tiempo.

Fuente: IPCC (2007)

Concentraciones importantes de gases de efecto invernadero de larga vida en los últimos 2000 años. Los incrementos experimentados desde aproximadamente el año 1750 se atribuyen a las actividades humanas de la era industrial. Las unidades de concentración se miden en partes por millones (ppm) o partes por miles de millones (ppb), indicando la cantidad de moléculas de gases de efecto invernadero por millones o miles de millones de moléculas de aire, respectivamente, en una muestra de la atmosférica (IPCC, 2007a) (Figura 1).

Las informaciones paleo climáticas usadas para determinar indicadores climáticos pasados, a partir del estudio de anillos de árboles, capas de hielo, sedimentos, rocas, etc., indican que el calentamiento global no tiene precedentes en los últimos 1300 años (IPCC, 2007a) (Figura 2).

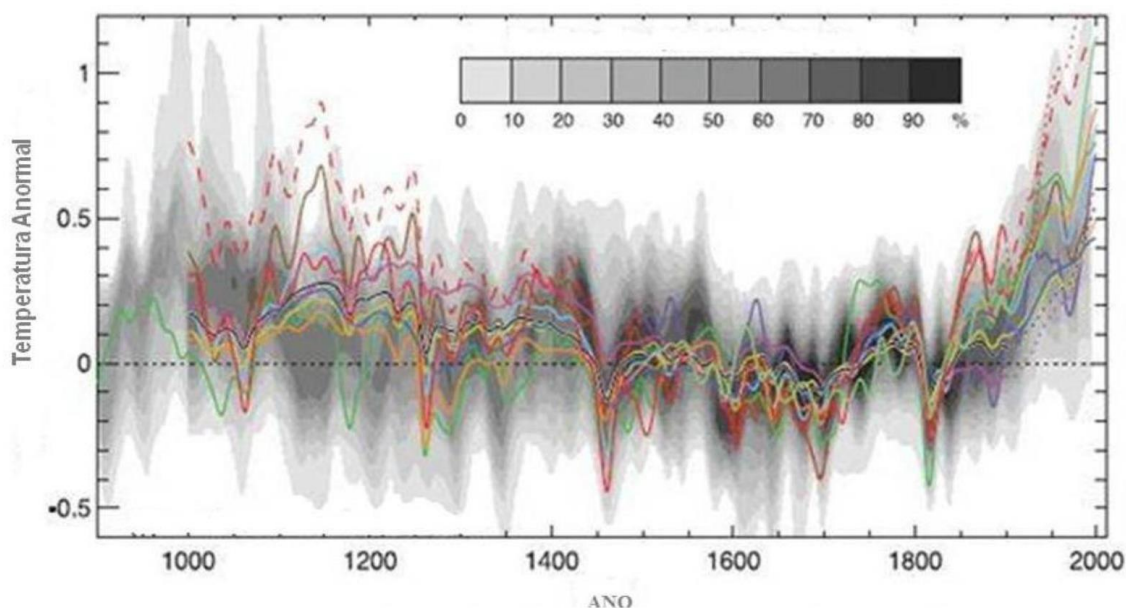


Figura 2. Cambios de temperatura global de la tierra, estimados en modelos utilizando parámetros naturales y antropogénicos.

Fonte: IPCC (2007a)

Uno de los factores determinantes en los cambios climáticos es la concentración de gases de efecto invernadero en la atmósfera (GEI), aquellos con la capacidad de retener la radiación solar incidente en la superficie terrestre, vapor de agua, gas carbónico ( $\text{CO}_2$ ), metano ( $\text{CH}_4$ ), óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ), entre otros gases. El  $\text{CO}_2$  es el principal de ellos y sus emisiones antrópicas se asocian principalmente a la quema de combustibles fósiles, y de residuos de biomasa ya cambios en el uso de la tierra (IPCC, 2007a). El metano es emitido en la producción y transporte de carbón y en la quema de combustibles como gas natural, carbón, petróleo, etc. en actividades agrícolas y en depósitos de residuos municipales (IPCC, 2007a). El óxido nitroso es, emitido en la agricultura, industrias ya partir de las quemaduras de combustibles y residuos sólidos.

La concentración de los GEI en la atmósfera viene aumentando desde el período preindustrial (Figura 3); por ejemplo, la concentración de  $\text{CO}_2$  aumentó de 280 ppm (partes por millón) en el período 1850 a 406.13 ppm en la reciente publicación del Observatorio Mauna Loa (2017).

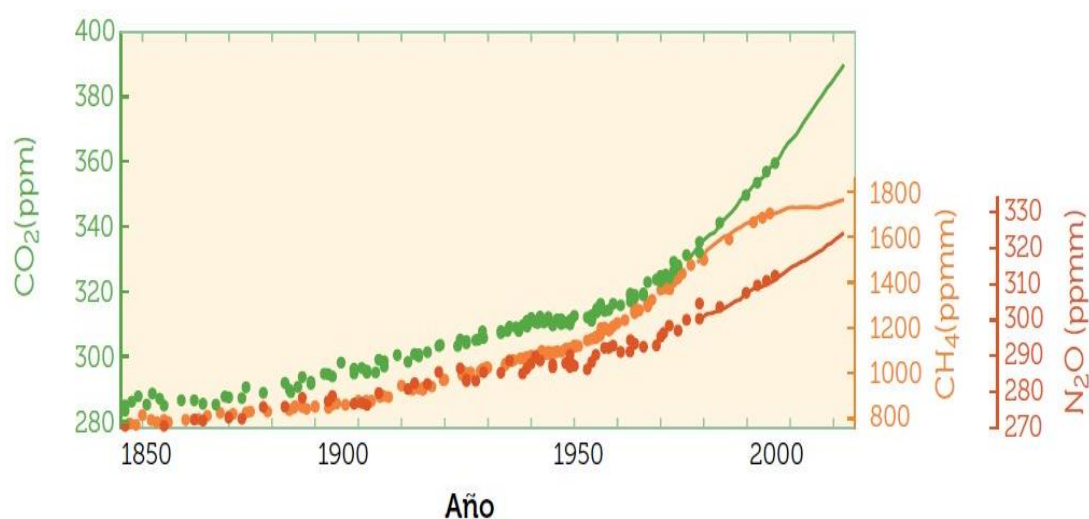


Figura 3. Concentración del Dióxido de Carbono ( $\text{CO}_2$ ), Metano ( $\text{CH}_4$ ) y Óxido Nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ) en los últimos 150 años.

Fonte: IPCC (2014)

El (IPCC, 2008), define al clima como el estado promedio del tiempo. El cambio climático y el estado del tiempo se entrelazan; sin embargo, al introducir las variables “espacio y tiempo” en la evaluación, notaremos cambios en la intensidad y frecuencia de los fenómenos; siendo la naturaleza dinámica de la atmósfera, una de las principales características del sistema climático (Figura 4). Son muchos los factores que influyen en el clima, resultando la actividad humana, responsable de gran parte del calentamiento experimentado en los últimos 50 años (emisiones, gases de efecto invernadero GEI, partículas como aerosoles y prácticas referidas al suelo).

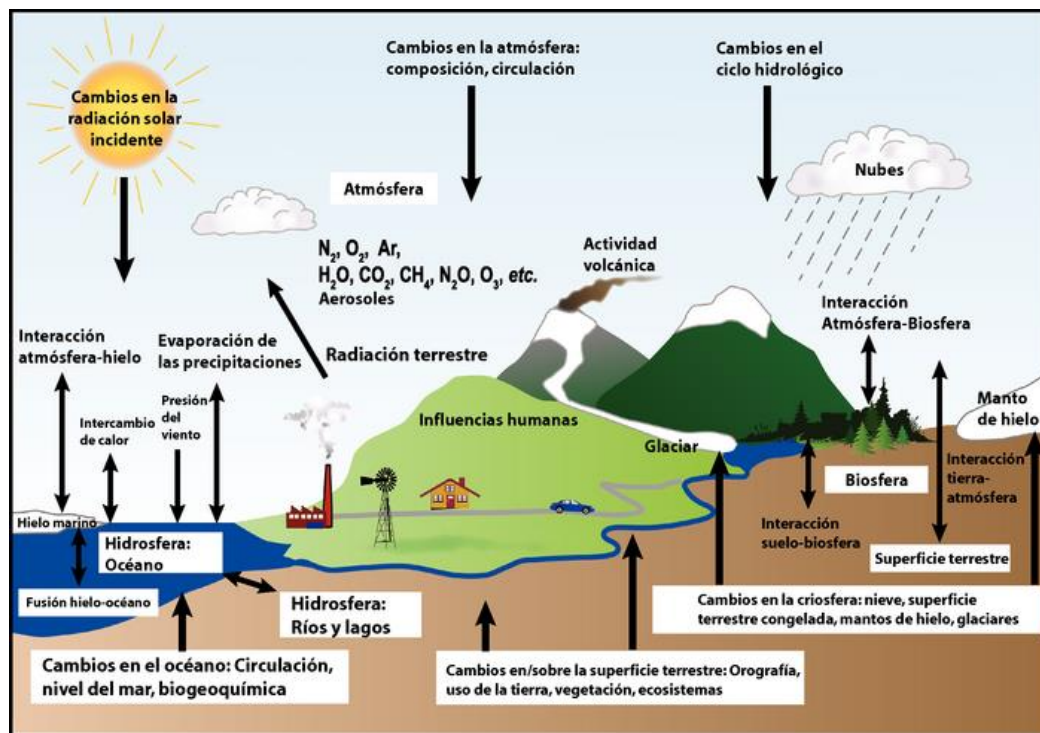


Figura 4. Cambios en los componentes del sistema climático  
FUENTE: IPCC, 2007.

### 2.2.1.1 La Convención del Clima

Para tratar el problema del efecto invernadero y sus posibles consecuencias sobre la humanidad, se estableció en 1992, durante el Río 92, la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (en inglés, Convención de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (UNFCCC, 2001). Para que éstos establezcan las

concentraciones atmosféricas de los gases de efecto invernadero (GEI) para impedir que las actividades antrópicas lleven a una "interferencia peligrosa" en el clima del planeta. La Convención del Clima entró en vigor en 1994 y cuenta actualmente con 186 "partes" (países). Desde entonces, las partes se han reunido para discutir el asunto y tratar de encontrar soluciones al problema planteado.

La conferencia de las partes celebrada en Kioto en 1997 se destacó como una de las más importantes, ya que durante su realización se estableció un acuerdo que define las metas de reducción de las emisiones de GEI para los países miembros con compromisos de reducción de las emisiones de GEI), además de criterios y directrices para la utilización de los mecanismos de mercado. Este acuerdo se conoce como Protocolo de Kioto (UNFCCC, 2001b) y establece que los países industrializados deben reducir sus emisiones en un 5,2% por debajo de los niveles observados en 1990 entre 2008 y el primer período de compromiso.

La 21ª Conferencia de las Partes (COP21) se celebró en diciembre del 2015 en París-Francia, cuando, por primera vez, hubo un consenso global en el que los 195 países signatarios reconocieron que las emisiones de gases de efecto invernadero deben ser desaceleradas y que los países deben trabajar para que el calentamiento sea muy inferior a 2 ° C, buscando limitarlo a 1,5 ° C.

Pero a partir del Protocolo de Quito, quedó claro que el mercado podría auxiliar en el proceso de reducción de las emisiones de GEI, a través de la propuesta de crear un valor transaccional para esas reducciones. Dentro de ese principio, se establecieron mecanismos de flexibilización, entre ellos el Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL- Artículo 12 del Protocolo de Kioto). La propuesta del MDL consiste en que cada tonelada de CO<sub>2</sub> dejada de ser emitida o retirada de la atmósfera por un país en desarrollo podrá



ser negociada en el mercado mundial creando un nuevo atractivo para la reducción de las emisiones globales. Los países en desarrollo pueden utilizar el MDL para promover su desarrollo sostenible (UNFCCC, 2001b).

### **2.2.1.2 Gases de efecto invernadero**

La energía solar se irradia a la Tierra (superficie terrestre y atmosfera) en longitudes de ondas cortas. Solo una tercera parte de la energía solar que alcanza la zona superior de la atmósfera terrestre se refleja directamente de nuevo al espacio, los dos restantes terceras partes son absorbidas por la superficie y en menor magnitud por la atmósfera. La Tierra es mucho más fría e irradia la energía en longitudes de onda más largas. La mayor parte de la energía emitida es absorbida y re-emitida a la tierra, impidiendo que se produzca un enfriamiento progresivo de la Tierra. Esto es lo que se denomina efecto invernadero. El efecto invernadero de la Tierra calienta la superficie del planeta, Sin el efecto invernadero natural, el calor emitido por el planeta se disiparía en el espacio produciendo temperaturas extremadamente bajas en la Tierra. El Vapor por agua en su mayoría, el dióxido de carbono y otros gases de efecto invernadero absorben la radiación e impiden que la energía pase directamente de la superficie de la tierra al espacio (IPCC, 2007).

### **2.2.1.3 Cambio y uso de la tierra**

Según el IPCC (2000) el carbono es retenido en la biomasa viva, en la materia orgánica, en la descomposición y en el suelo, y desempeñan un papel importante en el ciclo global del carbono. Este carbono se intercambia naturalmente entre estos sistemas y la atmósfera a través de la fotosíntesis, respiración, descomposición y combustión. Debido a las actividades humanas alteran el cambio natural de las reservas de carbono en estos depósitos y los intercambios entre ellos y la atmósfera, a través del cambio y uso de la tierra, y bosques, entre otras actividades.

Para Bolin y Sukumar (2000), el cambio de uso de la tierra, especialmente la conversión de viviendas nativas a tierras agrícolas, puede generar una alteración de la cobertura de la tierra y consecuentemente, un cambio en las existencias de carbono almacenadas, generando la emisión de CO<sub>2</sub> como resultado quema o descomposición microbiana del carbono orgánico almacenado en la biomasa vegetal y en los suelos. Así, el cambio en el uso de la tierra, junto con la combustión fósil, son los principales impactos humanos en el ciclo global del carbono (Janzen, 2004).

El cambio en el uso de la tierra para la expansión de áreas de cultivo en zonas tropicales, puede implicar la destrucción de la selva tropical, y consecuentemente la extinción de innumerables especies animales y vegetales. Según Michelsen (2007), el tipo de transformación y uso de las tierras presenta un papel preponderante en la pérdida de la biodiversidad. Los datos de WWF (2008), afirman que cerca del 20% de las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero, son causadas directa e indirectamente por la deforestación, siendo que, de las regiones deforestadas, como Brasil e Indonesia, presentan los mayores índices de biodiversidad del país, Y son las que contribuyen más del 54% de las emisiones.

### **2.2.2 Ciclo del carbono**

El ciclo del carbono es un proceso biogeoquímico en el que el carbono se intercambia entre la atmósfera, la litosfera y la hidrosfera de la tierra. En la atmósfera se encuentra presente en forma de CO<sub>2</sub>, en hidrosfera en forma de H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> y en la litosfera en forma carbonatada como petróleo y carbón, comienza su ciclo cuando las plantas o algas toman el dióxido de carbono en su proceso de fotosíntesis y es liberado mediante la respiración y descomposición de los seres vivos, erupciones volcánicas, las industrias etc. (FAO, 1996).

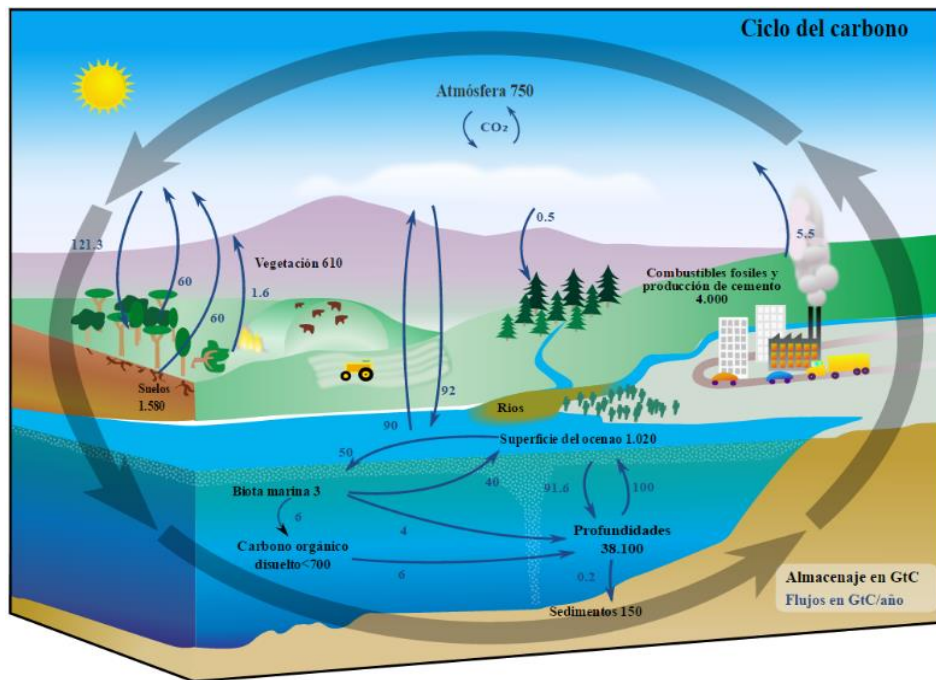


Figura 5. Ciclo global del carbono en la actualidad (Almacenaje GtC y flujo GtC/año)

Fuente: NASA 2014 citado por (Gardi *et al.* 2014).

### 2.2.3 Modos de captura de $\text{CO}_2$

Morales y Muñoz. (2008). Una técnica de captura de  $\text{CO}_2$  corresponde al confinamiento de este gas en una formación geológica idónea, cuya estructura favorece su acumulación de forma estable y segura en el tiempo (escala geológica: ciento a miles de años), el  $\text{CO}_2$  inyectado en los poros de la formación almacén migrará a través de la roca, empujando y expulsando el original fluido contenido en los mismos.

Otra técnica es el almacenamiento de  $\text{CO}_2$  en Océanos que consiste en inyectar el  $\text{CO}_2$  captado directamente en los fondos oceánicos (a más de mil metros de profundidad), en que la mayor parte quedaría aislada de la atmósfera durante siglos.

#### 2.2.3.1 Captura de carbono

Es el proceso de fijación de carbono en forma continua en cualquier sistema de uso de la tierra como consecuencia de alguna intervención sobre áreas degradadas o en proceso de

degradación. Se pueden medir en diferentes sistemas de Uso de la Tierra cuyos antecedentes (tiempo de uso principalmente) son conocidos por los agricultores. Estos sistemas pueden ser el bosque primario, áreas quemadas para cultivos anuales o plantaciones perennes, bosques secundarios de diferentes edades, pasturas, sistemas agroforestales, barbechos mejorados, sistemas pastoriles etc. Así en todos estos sistemas se determina el carbono secuestrado (ICRAF/CODESOL, 2003).

Además, es importante considerar el potencial que tiene los pastizales erosionados y sobre pastoreados para la captura de carbono que forma parte de los GEI que causa el calentamiento de la Tierra (cambio climático). Los pastos erosionados y poco productivos, manejados sosteniblemente posibilitan el incremento en más de 1% al contenido de materia orgánica del suelo en 10 años.

La materia orgánica y humus es la forma de almacenamiento de carbono en el suelo y se concentra en los primeros 25 cm de profundidad del suelo. La capacidad de almacenamiento de carbono del suelo es infinita por ello se considera que el suelo es el mejor componente de almacenamiento para el carbono (CIDIAG, 2001).

#### **2.2.3.2 Métodos para capturar el carbono atmosférico (CO<sub>2</sub>)**

Los efectos de las tecnologías para la creación de nuevos sumideros de carbono son en sí mismos impredecibles. Las propuestas recientes para capturar el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) son (The Nature Conservancy, 1999)

- Forestación, reforestación y conservación de ecosistemas forestales naturales.
- Disparar torpedos de hielo seco hacia las profundidades del océano.
- Construir autos a partir de carbono.
- Enterrar troncos o restos orgánicos en los fondos marinos.

- Plantar extensas áreas con organismos genéticamente modificados para fijar carbono “más eficientemente” o producir “bioplástico” más durable utilizando carbono.
- Establecer granjas flotantes de algas de miles de kilómetros de dimensión que, a medida que se vuelven más pesadas por el consumo de CO<sub>2</sub>, eventualmente se hundirán en el fondo del mar.

### 2.2.3.3 Estimación del contenido de carbono (C)

#### a. Método de Walkley y Black (1934)

La materia orgánica es oxidada con una mezcla de K<sub>2</sub>CrO<sub>7</sub> más H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. La dilución concentrada se calienta con H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> y K<sub>2</sub>CrO<sub>7</sub> es la fuente exclusiva de calor. El exceso de K<sub>2</sub>CrO<sub>7</sub> es determinado por titulación con FeSO<sub>4</sub> o con (NH<sub>4</sub>Fe)<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>. Este método proporciona una estimación fácilmente oxidable de carbono orgánico y es usado como una medida de carbono orgánico total.

El porcentaje de materia orgánica es igual al porcentaje de carbono orgánico multiplicado por el factor de 1.724 porque la materia orgánica contiene el 58% de carbono, tal como se muestra a continuación (Kalra y Maynard, 1991):

$$\% \text{ Materia orgánica} = \% \text{ Carbono} \times 1.724$$

Finalmente reemplazando en la formula se obtendrá que el contenido de carbono es igual

a:

$$\% \text{ Carbono} = \frac{\% \text{ Materia orgánica}}{1.724}$$

### b. Método del poder calórico

Este método se basa en la cantidad de energía que requiere una planta para fijar un mol de carbono, método de Eduarte y Segura (1998), utilizado por Cubero y Rojas (1999); IIAP (2006) y por Simbaña (2011). El método para determinar la fracción de carbono en la biomasa está basado en los siguientes principios:

- Ley universal de la termodinámica, la cual afirma que cualquier proceso o trabajo que implique un cambio en los niveles de energía en la naturaleza, sucede y la energía del universo se mantiene igual (Brown y Le May 1987; citado por Segura, 1997).
- Ley de Hess, establece que una reacción se lleva a cabo en una serie de etapas, el cambio calórico ( $\Delta H$ ) para la reacción es igual a la sumatoria de todos los cambios de entalpía para cada etapa en particular. Es útil para calcular los cambios de energía que son difíciles de medir en forma directa (Brown y Le May 1987; citado por Segura, 1997).

Con la utilización de un calorímetro de Parr y siguiendo los procedimientos de la ASTM (1973), para combustibles sólidos se puede obtener de cada muestra, la cantidad de energía total en kcal/kg, transformándose a moles de carbono potencial fijado utilizando la relación de moles (g/peso molecular) y con el peso de la muestra inicial se determina la fracción de carbono fijado.

Conociendo el calor de combustión y tomando la referencia de Hipkis (1984); citado por Segura (1997), con respecto a la energía requerida por las plantas en el proceso de fotosíntesis ( $\Delta G = 4.8 \times 10^5 \text{ J mol}^{-1}$ ) para poder fijar en moléculas orgánicas un mol de carbono tiene como base la fisicoquímica.

De los diferentes métodos para la estimación de carbono, se concuerda con la apreciación de Simbaña (2011), quien deduce que el método calorimétrico para la estimación de la cantidad de carbono en la biomasa es el más preciso, ya que no trabaja bajo ningún supuesto y el cálculo se basa en la cantidad de energía que requiere una planta para fijar un mol de carbono aproximadamente.

#### **2.2.3.4 Estimación del dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>)**

Existen varios métodos para estimar la cantidad de CO<sub>2</sub> fijado por la vegetación; sin embargo, en numerosos estudios (Ramírez, *et al.*, 1997; Ortiz, 1997; Brown, *et al.*, 1986; Hoen y Solberg, 1994; Schroeder, *et al.*, 1995) han empleado uno simple para evaluar este proceso, en el cual los datos existentes de biomasa por hectárea (B) son multiplicados por un factor (F), que involucra un contenido de C (CC, en proporción) en la Biomasa seca y la relación entre el peso de la molécula de CO<sub>2</sub> (44) y el peso del átomo de C (12), tal como se muestra a continuación:

$$CO_2 = B \times F$$

$$F = CC \times 44/12$$

Donde:

CO<sub>2</sub> : Dióxido de carbono

B : Biomasa (Tn/ha)

F : Factor de conversión

CC : Contenido de carbono

#### **2.2.4 Mercado de los bonos de carbono**

(PROCHILE, 2012). El mercado del carbono es un sistema de comercio a través del cual los gobiernos, empresas o individuos pueden vender o adquirir reducciones de gases

efecto invernadero. Se creó a partir de la necesidad de cumplir con el Protocolo de Kioto. Existen dos criterios dentro de este mercado: El primero indica que no interesa en que parte del mundo se reduzcan las emisiones de Gases Efecto Invernadero, el efecto global es el mismo. Esto permite las transacciones entre países distantes entre sí. El segundo criterio sostiene que, ambientalmente lo importante no es el tiempo en que se reducen, sino que realmente se reduzcan; indicando así que el resultado de reducir emisiones hoy o en unos años más es el mismo. El Mercado tiene dos tipos de transacciones que son:

- Transacciones basadas en Proyectos: Se transan reducciones cuantificables de un proyecto. Dentro de este tipo de transacciones funciona la Implementación Conjunta (IC) y el Mecanismo de desarrollo Limpio (MDL).
- Comercio de Derechos de Emisión: Se transan derechos de emisión creados y asignados. Los cuales determinan un límite de emisiones para una determinada empresa o entidad (representan cantidades de emisión que se pueden liberar sin incurrir en una falta legal). El emisor genera menos emisiones de lo permitido, dejando un margen de permisos de emisión (o derechos de emisión) que pueden ser vendidos a entidades que, por razones diversas, no consiguieron emitir menos del límite establecido.

En los últimos 10 años, las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) cubiertas en los mercados internacionales de carbono se ha multiplicado por tres. En 2016, alrededor de 40 jurisdicciones nacionales y más de 20 ciudades, estados y regiones, entre las que se incluyen siete de las 10 economías más grandes del mundo, han impuesto un precio a las emisiones de carbono. En concreto, siete gigatoneladas de dióxido de carbono equivalente (GtCO<sub>2</sub> e) o alrededor de un 13 % de las emisiones globales de GEI pagan actualmente un precio del carbono. El rango de precios de la tonelada de CO<sub>2</sub>e es amplio entre las distintas iniciativas existentes. En este sentido, varía de menos de 1 \$/tCO<sub>2</sub> hasta 131



\$/tCO<sub>2</sub>, con alrededor de tres cuartas partes de las emisiones cubiertas en los mercados globales por debajo de los 10\$/tCO<sub>2</sub>.<sup>1</sup>

Tabla 1. Valor de mercado y precios de bonos de carbono

Mercado	Precios Pagados	Precios Pagados
	(US\$/tCO <sub>2</sub> ) <sup>1</sup>	(US\$/tCO <sub>2</sub> ) <sup>2</sup>
MDL (Mercado primario)	4	11.6 - 16
MDL (Mercado secundario)	-	22 - 24
NSW GGAS (Australia)	11.3	-
Chicago Climate Exchange (CCX)	3.3	22 - 35
Mercado Voluntario (reforestación)	0.5 - 45	-
Mercado Voluntario (deforestación evitada)	10 - 18	-

Fuente: <sup>1</sup>Sarria, P. 2007. El mercado de carbono. EcoSecurities Group PLC

<sup>2</sup>Carbon Positive, 2008. CER market report.

#### 2.2.4.1 El "MDL" - Mecanismo de Desarrollo Limpio

Este mecanismo tiene como objetivo de establecer la reducción en las emisiones de gases de efecto invernadero. La propuesta pretendía la creación de un fondo de desarrollo limpio, formado por contribuciones de países desarrollados que no cumplieren sus cuotas, y que serían utilizadas para el desarrollo de proyectos de esta finalidad en países en desarrollo. De esta manera, el MDL crea un nuevo mercado, el "mercado de los commodities ambientales" o "mercado de carbono" generando nuevas oportunidades de negocios para los países en desarrollo (Neto, 2002).

(2001, 2012 a, b) argumenta que la debilidad del MDL en proyectos en el ámbito de los bosques tropicales llevó a la creación de la Reducción de las Emisiones por deforestación y degradación forestal (REDD) que surgió en la COP-11 en Montreal en 2005, y fue

<sup>1</sup> Banco Mundial, 2016. Situación y tendencias de los precios de carbono. Ecofys y Vivid Economics

aprobada en la COP 13, en Bali (HOMMA, 2013b). El REDD es visto por algunos como la defensa de los bosques tropicales y otros como un comercio que haría una valoración de la naturaleza o un truco para permitir que los países ricos continúen al desastre climático. Estas controversias provienen en una larga lista de consideraciones políticas y otras, muchas de las cuales tienen poco que ver con las cuestiones climáticas (Fearnside, 2015).

### 2.2.5 Sistemas de Información Geográfica (SIG)

Los SIG permiten integrar de manera expedita y eficaz diversas variables dasométricas y edafoclimáticas de un área determinada, siendo posible la incorporación de información espacial del ambiente por medio de la cartografía temática, y obtener posteriormente, mapas derivados de los tratamientos realizados en las plantaciones comerciales como es el caso de la distribución del carbono en un área geoespacial (Hayashi y Bettinger, 2006). Los componentes básicos del SIG (Figura 6).



Figura 6. Componentes básicos de un SIG

Fuente: <http://www.grafosistemas.com>

### 2.2.6 Densidad

(Choque, 2015). Indica que la densidad expresa el número promedio de plantas de cada especie encontradas en un área de pradera. En gramíneas y leguminosas que tienen crecimiento amacollado, es el número de matas de cada especie por unidad de área muestreada.

La densidad es expresada en cantidades numéricas por unidad de superficie, pero en ciertos estudios de especies tóxicas, plantas espinosas invasoras los resultados pueden expresarse en términos de abundancia.

La densidad es un parámetro que permite conocer la cantidad de plantas de una especie o de una clase de plantas (especies deseables, poco deseables e indeseables), cantidad de plantas tóxicas, plantas anuales o invasoras. También permite conocer la dinámica de poblaciones (diferenciando entre plantas jóvenes, adultas y viejas o entre plantas grandes, medianas y pequeños)

Los métodos para estimar la densidad o el número de plantas son: “Medida de la distancia entre un punto y una planta”, “conteo de plantas en parcela cuadrada” y “conteo de plantas en parcela lineal”.

La densidad (D) por metro cuadrado (m<sup>2</sup>) de especies de pastos nativos, se calcula con la fórmula siguiente:

$$D/m^2 = \frac{\text{Número de individuos de una especie}}{\text{Unidad de área}}$$

#### 2.2.6.1 Métodos para determinar densidad de arbustos

Choque (2001), en un estudio sobre la versatilidad de tres métodos de muestreo en un pastizal arbustivo de *Stipa-Adesmia*, indica que para estimar la densidad de especies arbustivas y de gramíneas amacolladas altas, el método de “conteo de plantas en parcela

cuadrada” y método de “medida de distancia entre un punto y una planta” dan valores más confiables que el método de “conteo de plantas en parcela lineal”. Sin embargo, se tiene poca información bibliográfica sobre las técnicas y métodos para la determinación de la producción de forraje de tólares.

#### 2.2.6.2 Estudios realizados en densidad y biomasa

##### 2.2.6.3 Densidad

Según Paca, *et al.* (2003). Utilizando el método “Medida de distancia a partir del punto central a la planta más próxima”. En los resultados de densidad en la zona sur del ámbito peruano del sistema T.D.P.S. En la zona norte del ámbito peruano las especies *Parastrephia lepidophylla* que tiene una densidad promedio de 1056 plantas/Há y se encuentra en 6 de las 14 unidades, *Baccharis incarum* que tiene una densidad promedio de 424 plantas/Há y se encuentra en 6 de las 14 unidades. En la zona sur del ámbito peruano, la densidad promedio para todas las especies de tólares es de 1231 plantas/Há y las especies más densas son la *Parastrephia lepidophylla* que tiene una densidad promedio de 512 plantas/há, se encuentra en 12 de las 25 unidades, *Baccharis incarum* que tiene una densidad promedio de 425 plantas/Há, se encuentra en 16 de las 25 unidades. Mientras que en una zona muy próximo al presente estudio se reportó una densidad de 871 plantas/ha para la especie *Parastrephia lepidophylla* (Patuta – Taruja. Mazocruz), mientras que en Calasaya (Santa Rosa - Mazocruz) se cuantificó 914 plantas/ha de la especie *Baccharis incarum*.

Densidad de plantas de tolas, se presenta el promedio general de plantas por hectárea (plantas/ha,) las plantas *Parastrephia lepidophylla* con el rango más amplio desde 44 individuos como mínimo hasta más de 16 200 plantas/ha como máximo con promedio de 4 468 plantas/ha y *Baccharis incarum* con un rango de 53 a 9 313 plantas/ha con promedio de 2 570 plantas/ha (alzórrica *et al.* 2002).

Tabla 2. Promedio general de densidad (plantas/ha) de especies de tolas, sistema TDPS-Bolivia.

Especie	Promedio	Máximo	Mínimo
<i>Baccharis incarum</i>	2570	9313	53
<i>Parastrephia lepidophylla</i>	4468	16246	44

Fuente: Alzérreca *et al.* 2002

#### 2.2.6.4 Biomasa aérea

Según Paca, *et al.* (2003). Para determinar la biomasa aérea utilizaron la estación de muestreo del Cuadrante de punto centrado, que se empleó para el estudio de la composición florística, en el cual se toma al azar cuatro muestras, lanzando el marco de muestreo de un metro por lado (1 m<sup>2</sup>) en cada cuadrante. En la zona sur del ámbito peruano del sistema T.D.P.S. las especies que mayor materia seca aportan en promedio, están la *Parastrephia lepidophylla* que tiene 787.63 Kg/Há de materia seca, que representa el 43.56%; *Baccharis incarum* que tiene 280.11 Kg/Há de materia seca, que representa el 15.49%. La biomasa aerea en kg/há de materia seca para la especie *Baccharis incarum* en la zona norte del ámbito peruano del sistema T.D.P.S. de 181.64 kgMS/ha y *Parastrephia lepidophylla* 349.71 kgMS/ha.

Tabla 3. Cuantificación promedio de biomasa seca aérea de t'olares densos y dispersos en el ámbito peruano del sistema T.D.P.S. Peruano.

DETALLE	AREA		BIOMASA AEREA	
	ha	%	Promedio kg/há	total T.M.
Tolar denso	54 404.70	30.97	1331.10	72 418.1
Tolar disperso	121 262.62	69.03	716.10	86 836.2
<b>TOTAL</b>	<b>175 667.32</b>	<b>100</b>		<b>159 254.3</b>

Fuente: Paca, *et al.* (2003).

Llica (1998). Para el “tolar” de la provincia de El Collao, distrito de Santa Rosa; reportó una producción promedio de 1 266.67 Kg/ha (1.267 t/ha) de materia seca. (citado por Choque, 2015).

En el rendimiento de los tolares intervienen factores climáticos, de suelos, así como de otros como el número de plantas/ha, la edad del tolar, de la intensidad de manejo en el pastoreo y de saca como leña. Una estimación de la fitomasa de tola, fue realizada por Mallea (1996), quien generó funciones de estimación de fitomasa a través del análisis de regresión en función de las variables de altura y peso total de la planta, la ecuación generada y la estimación de la fitomasa Citado por Alzérreca *et al.* 2002.

Tabla 4. Ecuaciones de regresión y estimación de fitomasa de tipos de tolares.

Tipo de tolar	Ecuaciones (*)	Altura promedio de planta (cm)	Densidad (plantas/ha)	Fitomasa del tolar (kgMS/ha)
Tolar tipo A	$Y = 6.14 E^{-06} H^{2.87}$	79.1	4600.0	7912.0
Tolar tipo B	$Y = 6.14 E^{-06} H^{2.87}$	59.7	4700.0	5159.0

(\*) E = exponencial; H = altura de planta (cm); coeficiente de correlación igual a 0.82.

Fuente: Mallea, 1996.

Densidad de tolares y rendimiento sólo de herbaje (peso de hojas) fue estimado por Zeballos y Alzérreca (1988) considerando medidas alométricas de área de copa en *Parastrephia lepidophylla* y de la materia seca producida por planta, (tabla 5)

Tabla 5. Rendimiento de herbaje función del área de copa de *Parastrephia lepidophylla*

Categoría de plantas	Ecuaciones	r	Rango de área de copa cm <sup>2</sup>	Rendimiento herbaje (kgMS/ha)	Densidad (plantas/ha)
Grandes	$Y = 0.0744x$	0.84	6566-13253	423	1173
Medianas	$Y = 0.0672x$	0.84	1553-3573	110	1227
Pequeñas	$Y = 0.0174x$	0.74	289-1512	24	1146
<b>Total</b>				<b>557</b>	<b>3546</b>

Fuente: Zeballos y Alzérreca, 1988.

Barrera (1994), reporta las siguientes ecuaciones obtenidas para medir la fitomasa aérea de tolas mediante el método referencial en tolares con suelos Luvisoles ( $y=4.49+0.903x$ ;  $r=0.99$ ), suelos Fluvisoles ( $y= 33.9+1.028x$ ;  $r=0.99$ ), y suelos Salinos ( $y=27.28+1.184x$ ;  $r=0.94$ ). Los resultados muestran un incremento desde 168 kgMS/ha en tolares de sucesión secundaria con 2-3 años de descanso hasta un máximo de 1697 kgMS/ha entre 8-10 años en Luvisoles. En Fluvisoles, a los 2-3 años se tiene 492 kgMS/ha y un máximo de 7221 kgMS/ha entre 11-15 años de descanso. En suelos Salinos, el rendimiento es 671 kgMS/ha a los 2-3 años y un máximo de 4218 kgMS/ha entre 11-15 años. Estos resultados corresponden al estudio de uso de la tierra, efectuada en el cantón San José Llanga, provincia Aroma, La Paz.

Rendimientos promedio de la fitomasa de tolas desglosado para hojas y ramas/tallos, el total que resulta de la suma de hojas y ramas/tallos en kgMS/ha de hojas y ramas. Indicadores estadísticos de rendimiento de fitomasa en kgMS/ha de hojas y ramas de especies de tolas, sistema TDPS-Bolivia (alzérreca *et al.* 2002).

Tabla 6. Rendimiento de fitomasa en kgMS/ha en TDPS-Bolivia.

Especie	Parte vegetativa	Promedio	Máximo	Mínimo
<i>Baccharis incarum</i>	Hojas	256.8	1294.4	15.2
	Ramas/tallos	638.9	3699.2	29
<i>Parastrephia lepidophylla</i>	Hojas	692.5	5021.6	10.9
	Ramas/tallos	2 033.2	20 776.8	1.6

Fuente: Alzérreca *et al.* 2002

En otro estudio, Barrera (1995), para un supotolar del Altiplano Central estimó un rendimiento de 800 kgMS/ha. Posiblemente estas diferencias se deben a que los reportes de rendimiento de herbaje sólo incorporan a las hojas y ramas tiernas del crecimiento

anual y no a las hojas y ramas maduras. Por su parte, Quispe (1997), para la zona de Calacoto (provincia Pacajes, La Paz) ha estimado la fitomasa para tres estratos de la suputola (*Parastrephia lepidophylla*), por ejemplo, para tolares con una altura promedio de 70.1 cm de plantas y una densidad de 4536 plantas/ha reporta 6300 kgMS/ha de fitomasa, para tolares cuyas plantas son de 81.0 cm de altura y una densidad de 2500 plantas/ha 2750 kgMS/ha y para tolares con plantas de 90.3 cm de altura y una densidad de 3611 plantas/ha un rendimiento de fitomasa de 2300 kgMS/ha. Estas variaciones se podrían atribuir a la edad de las plantas, al estado de sucesión secundaria si es que fueron utilizados para agricultura o en su caso a la extracción para leña comercial (Alzérreca *et al.* 2002).

Zevallos Y Alzérreca (1988), en un estudio para determinar el rendimiento de herbaje de *Parastrephia lepidophylla* sobre la base del área de copa en un campo nativo tipo tholar en Turco – Oruro, establecieron que; la densidad de arbustos es de 3543 plantas/ha, clasificados en 33, 35 y 32 por ciento de plantas grandes, medianas y pequeñas.

### **2.2.7 Pastizal de tola**

(Choque, 2015). En este pastizal predomina la especie *Parastrephia lepidophylla*, y la sub dominancia *Baccharis microphylla* que ocupan de preferencia laderas y cima de cerros en suelo secos residual y excepcionalmente en zonas de llanuras en suelos aluviales andinos de regular profundidad, ambos como especies arbustivas, y como especies cespitosas de esta asociación se nota la presencia de *Festuca orthophylla*, *Stipa ichu* y *Picnophyllum molle* entre otros. Las especies arbustivas han sido de importancia en muchas situaciones al hombre, proporcionando forraje, han sido usados como medicina natural para fiebre, tos seca y dolores del estómago. Indicador biológico para la siembra de cultivos, cenizas de thola se usa como insecticida, entre otros usos. Sin embargo, su



producción de forraje, densidad, cobertura y otros parámetros, no se han estudiado debidamente.

Principales especies arbustivas de tola:

- *Parastrephia lepidophylla* (Supu tola, Tanta tola)
- *Baccharis tricuneata* (Orco tola)
- *Baccharis incarum* (Sacha tola, Sonso tola)
- *Diplostephium tovari* (Supu tola)
- *Parastrephia lucida* (Romero tola)
- *Parastrephia phyllicaeformis* (Supo tola)
- *Chersodoma jodopappa* (Tola blanca)

#### **2.2.7.1 Influencia de la tola en las praderas**

La tola y el grupo de géneros y especies constituyen lo más importante de los tolares y de las praderas nativas. Sin embargo, la mayor aptitud de la tola es la de constituir el sostén y abrigo de todas las especies que actúan a su alrededor. La tola actúa como cortina contravientos, entre sus interespacios entre planta y planta se provee de humedad, fertilización, protección contra el pastoreo excesivo, se crea también un ambiente aséptico: bactericida y antimicótico (Coca, 1996). (citado por Alzérreca *et al.* 2002).

Esta planta se acomoda con baja densidad en el tolar. Montecinos (1995), en su estudio, determinó que la tola se acomoda en el 19.9% de la superficie. En unidades de plantas, significa 0.3 a 0.7 plantas por metro cuadrado. Empero, entre las plantas existe un espacio de 71.6% en el que alberga otras especies, principalmente forrajeras. Además, crea montículos en un 28.4% de la superficie que provee de materia orgánica (Montecinos, 1995 y Quelca, 1998). Por su parte, Valencia (1995), ha determinado en dos praderas experimentales 55.7 a 59.9 % de tola en la superficie estudiada. Otros autores, consideran que en los tolares existe un promedio de 80% de tolas. La tola, además, por su altura y

volumen aéreo es un vigoroso rompevientos (Mallea, 1996). Se podría concluir que el tolar crea un microclima muy beneficioso para todos los componentes. Es una planta vigorosa muy ramificada y con altura de más de 60-80cm. Que crea una buena cobertura, como ya se ha mencionado anteriormente. La tola en el ambiente que crea, crece de 1.20 hasta 1.80 m (Ramos, 1999). En dos años, crece hasta 60 cm (Montecinos, 1995). El uso doméstico es también una forma de conservación porque acrecienta la cobertura del suelo e induce la regeneración natural de la tola (Mallea, 1996).

#### 2.2.7.2 Áreas de tolares en el ámbito peruano del sistema T.D.P.S.

(Paca *et al.* 2003). A través de imágenes satelitales LANSAT TM 1999 – 2000 (Bandas 3, 4, 5, 6) y Cartas Nacionales 1:100000 y 1:25000; se determinó las áreas de tolares de todo el ámbito peruano del sistema T.D.P.S.; las características del ámbito de trabajo y el nivel de detalle en la presentación cartográfica, se han definido dos unidades cartográficas; facilitando la identificación de la tola en sus dos niveles: denso y disperso.

**Tolar denso:** Define las áreas donde se presenta con mayor densidad la cobertura de tola, estando asociada en muchos casos con otras especies arbustivas; para considerar al tolar como denso se debe tener en promedio de 1201 a más plantas/Há.

**Tolar disperso:** Tiene una cobertura de tola rala, inclusive a veces predominan otras especies arbustivas como en la zona norte. Para el tolar disperso se considera un rango de 1 – 1200 plantas/Há.

El área total del ámbito peruano del sistema T.D.P.S. es de 4'867,900.00 ha de las cuales el 3.6% tiene presencia de la asociación vegetal tolar; puesto que en el ámbito peruano del sistema TDPS, 175,667.32 ha tienen tolares, de las cuales 54,404.70 ha son densos (31%) y 121,262.62 ha son dispersos (69%); tal como se observa en la tabla 7 y el Mapa de cobertura de tola, (Anexo E figura 3)

Las áreas densas del t'olar, en su mayor parte se encuentra en la zona sur, en cambio las áreas dispersas en la zona norte; del ámbito peruano del sistema T.D.P.S.

Tabla 7. Cobertura de tolares por cartas, en el ámbito peruano del sistema T.D.P.S.

Carta:100000	Cobertura en ha		
	Denso	Disperso	Total
Ayaviri		3236.3	3236.3
Azángaro		2024.38	2024.38
Huancané		4567.15	4567.15
Huaitire – Mazo Cruz	6733.34	20613.82	27347.16
Ilave	12410.93	22813.83	35224.76
Juli	11905.13	7893.51	19798.64
Lagunillas	342.44	1601.73	1944.17
Maure	8600.45	11415.07	20015.52
Nuñoa		773.54	773.54
Ocuviri		3953.24	3953.24
Pichacani	3950.96	8466.52	12417.48
Pizacoma	4729.96	16473.32	21203.28
Puno	5731.49	14180.37	19911.86
Putina		3249.84	3249.84
<b>ÁREA TOTAL</b>	<b>54 404.7</b>	<b>121 262.62</b>	<b>175 667.32</b>

Fuente: Equipo Profesional IIP Qollasuyo 2000 – 2002. (Paca *et al.* 2003).

### 2.2.8 Conceptos y definiciones de tolas y tolares

La palabra tola proviene del conocimiento aymara, llaman así a todas las especies arbustivas que tengan una altura cercana a un metro que poseen ramas con leño y tenga la propiedad de ser utilizada como combustible para la cocción y preparación de alimentos. Por otro lado, estos arbustos se encuentran en planicies y laderas agrupados o

dispersos pero que pueden ser cortados y acumulados y trasladados hacia las viviendas. Las 2 especies más identificadas y conocidas en el Altiplano son la suputola (*Parastrephia lepidophylla*) y la ñakatola (*Baccharis incarum*).

En la revisión bibliográfica realizada se encontró diferencias de escritura de la palabra tola, la escriben como tola o thola no se tiene uniformidad a este respecto. El vocablo thola es aymara y la pronunciación de la “th”, en español, debe ser oclusiva, aspirada, sorda y alveolar (de Lucca, 1983). En el idioma aymara, la forma correcta de escribir esta palabra es reconocida en el diccionario aymara como t'ula, cuyo significado al castellano es leña referida a las ramas y hojas de la planta tola que sirve de combustible para hacer fuego (Gomez, 1999). Sin embargo, en consulta directa al profesor de idioma aymara Donato Gomez (Lingüística de la Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación, UMSA), se sabe que en el idioma aymara la palabra t'ula por refonetización al idioma castellano se escribe como **TOLA**. En consecuencia, en el presente estudio se adopta en escribir TOLA siguiendo el mencionado de Gomez (1999).

Estos arbustos una extensa área del Altiplano Central y sur, la planicie típica frecuentemente dominante, es el arbusto compuesto *Parastrephia lepidophylla*, “Tola” que se halla asociada frecuentemente con gramíneas Stipas, Festucas y Calamagrotis; algunas hierbas anuales y cactáceas (Ramos, 2011).

Los suelos, por lo general son arenosos y pobres. Los tolares son una pradera mixta, formada por tolas y pajas, en la misma las sicuya y la paja brava al ser resistentes a la quema y al sobrepastoreo llegando a ser dominantes en la pradera. Por las características de la tola, el consumo por camélidos u ovinos es mínimo, y ocurre sólo en épocas secas, cuando no existe otros alimentos (consumen sólo los brotes por ramoneo). Por otro lado, la tola conserva el suelo, manteniendo la humedad, crea un microclima y refugio

adecuado para otros tipos de flora y fauna asociadas (gramíneas y herbáceas) Y (suris, p'isaqas, otras aves, reptiles y viscachas). En el frío altoandino es el único recurso energético (leña para abrigo y preparación de alimentos) esto se debe a la indiscriminada extracción o pastoreo de la tola (Pérez, 2009). (citado por Mamani, 2017).

Cabrera (1978), indica que la *Parastrephia Lepidophylla* es un arbusto erecto, ramoso, resinoso de 1.0 m a 1.5 m de altura. Ramas delgadas tomentosas, densamente cubiertas de hojas apretadas de 1 a 1,5 mm de diámetro, las hojas son espiraladas, escamosas, adosadas al tallo y más o menos conspicuamente imbricadas, oblongas obtusas, enteras, albofomentosas sobre la nervadura en la cara inferior, unos 2mm de largo por 1mm de ancho, flores amarillas, las marginales pocas, con tallo uniforme muy corta, las de disco de 6 a 6 hermafroditas y que estas especies es característica de la puna semiárida del suroeste de Perú, Bolivia, Norte de Chile y Noroeste de Argentina.

Ayala (1990), señala que la Thola es una especie arbustiva de la región andina y forma parte estructural de la cultura, especialmente Aymara y quechua. Su distribución es amplia desde Perú hasta Norte de Argentina en alturas de 3500 a 4000 msnm y precipitaciones pluviales de 250 a 500 mm.

Tapia y Flores (1984), mencionana que la región en donde se desarrollan diferentes especies de thola (*Baccharis* y *Parastrephia*), abracan un área extensa desde la región árida en el camino entre Puno y Arequipa, hasta el altiplano sur de Bolivia, con casi mil Kilómetros de longitud. La especie más conocida la *Paratrephia quadrangularis*, conocida con el nombre de t'ula. Este nombre sin embargo se aplica también a varias especies del genero *Baccharis*, Flores (1991), señala que el nombre de Tholares se denominan por *Parastrephia lepidophylla*, *Diplostiphium tacurense*, que son arbustos que alcanzan una altura promedio de 0.60 a 0.70, de baja aceptabilidad, propios de

ambientes secos, asociados a estas pueden presentarse especies de los géneros *Baccharis*, *Azorella*, *Pychophyllum* y *Margiricarpus*, además de gramíneas como *Festuca dolichophylla* y *Festuca orthophylla*.

Según Ruthsatz, citado por De Morales (1994), menciona que el Altiplano del departamento de Puno las asociaciones vegetales con predominancia de gramíneas y Tholares, son amplias en los sectores de Alto Toroya y Tincopalca en la Provincia de San Roman; placa (Mañazo), Totorani, Tiquillaca, Laraqueri, Pichacani, Palca en la Provincia de Puno, Llusta, Mazocruz, Santa Rosa de Juli, Chichillapi, Pizacoma, Huacullani en la Provincia de El Collao, entre otras.

#### **2.2.8.1 Características de la comunidad vegetal tolar**

En el Altiplano puneño del sistema T.D.P.S, el área total de cobertura vegetal de t'ola es de 175,667.32 has, área dispersa 121,262.62 has, área densa 54,404.70 has, la función de los bosques bajos de t'olares es de producir leña, forraje y como función protectora la conservación de suelos, fauna y flora. Este recurso está siendo explotado inapropiadamente en forma alarmante por los propietarios particulares y comunidades. De las praderas de t'olares extraen este arbusto para uso doméstico y para las panaderías con fines comerciales creando desequilibrios en el ecosistema t'olar, por un lado se requiere capacitar a los propietarios particulares, comuneros y transportistas para que la extracción se produzca racionalmente y por otro lado en sitios depredados realizar el repoblamiento de este arbusto importante, dependiendo de los factores : Situación económica, posibilidades técnicas, nivel profesional e interés de los comuneros y propietarios particulares (Paca *et al.* 2003).

### 2.2.8.2 Distribución y características.

Beck (1985), indica que los tolares crecen tanto en la puna subhúmeda como en la semiárida del Perú y Bolivia y también ocasionalmente en algunos lugares de piso altoandino. El suelo pedregoso, no muy pobre en material orgánico, parece ser su substrato más común.

Según Reynel (1988), es un tipo de vegetación cuya formación es característica de la cordillera sur, siendo la t'ola la especie más representativa (*Parastrephia lepidophylla*) cubre una extensa área que abarca los andes del sur del Perú y Bolivia hasta Argentina y Chile, por encima de los 3900 msnm hasta los 5000 msnm.

De acuerdo a Ruthsatz, citado por Morales (1984), en el altiplano del Departamento de Puno las asociaciones vegetales con predominancia de t'ola son amplias en los sectores de Alto Toroya y Tincopalca en la provincia de San Roman; Tolapalca en el distrito de Mañazo, Totorani, Tiquillaca, Laraqueri, Pichacani Tolapalaca en la provincia de Puno, Llusta, Mazocruz, Santa Rosa de Juli, Chichillapi, Pizacoma, Huacullani en la provincia de El Collao Ilave.

### 2.2.8.3 Importancia de lo Tolaes

De acuerdo a Prieto *et al.* (1990), mencionado por Ramos (1999), los tolares constituyen un ambiente micro climático que favorece el crecimiento de las plantas forrajeras del género *Stipa* y *Trifolium*. funcionan como áreas de protección de germoplasma forrajero para su semillamiento. Ubicados en pendientes, en suelos totalmente erosivos, constituyen un factor muy importante para la conservación de los suelos (Cabala 1974).

Reynel (1988) señala que la t'ola es un arbusto útil, empleado como: combustible por ser de muy alta calidad, arde aun cuando esta verde produciendo más calor y fuego.

Estudios realizados por Gonzales (1994), sobre densidad y poder calorífico en 21 especies leñosas nativas alto – andinas, se demostró que *Parastrephia lepidophylla* es un buen combustible (3140.2 cal/gr) superando a otras especies arbustivas.

#### **2.2.8.4 Demanda mercantil de Tola**

Reynel (1988), indica que existe un marcado incremento en el consumo de leña en la última década y está muy vinculado al crecimiento de los pueblos circunlacustres, y a la multiplicación en ellos de panaderías artesanales que producen usando leña para el calentamiento de los hornos.

Quelca (1997), menciona que la pradera nativa tipo T'olar, constituye una fuente de energía doméstica, comercial y forraje para los animales, su uso desmedido va en deterioro del ecosistema de la región que conlleva a la degradación y erosión de los suelos.

En la ciudad de Puno, el uso de T'ola como combustible para el calentamiento de los hornos de panificación se puede considerar como generalizado, según el registro del MITINCI se encuentra registrado hasta el año 2000 un total de 397 panaderías, considerando un promedio de cinco fardos por día que multiplicado por las 397 panaderías nos da una demanda diaria de 1885 fardos/día.

De acuerdo con la información del INFOSIEM – MITINCI MIRI hasta el año 2001 se tiene registrado en el departamento de Puno 22 empresas dedicadas a la producción de arcilla y cerámica no refractaria para uso de ladrilleras, que en promedio consumen aproximadamente entre 7 a 15 fardos por quema, realizando 2 quemas/mes, dando una demanda de 5808 fardos (Qollasuyo. 2003).

La administración forestal de fauna silvestre – Puno INRENA, es la entidad encargada de la administración del recurso T'ola, autorizado para la extracción de este recurso mediante



un Plan de Manejo Forestal, además realiza controles para el transporte y comercialización, actividad que es insuficiente, observándose una extracción, transporte y comercialización ilegal del recurso.

Según (MINAM, 2015). La tola pertenece al subtipo Pajonal andino (Pj). En el nivel altitudinal superior (arriba de los 4500 m. s. n. m.) del “pajonal andino”, las herbáceas pierden cobertura debido a las condiciones extremas del clima, dejando áreas con suelos desnudos o afloramientos rocosos. Se caracteriza por el predominio de comunidades arbustivas sobre las herbáceas, teniendo su mayor representatividad geográfica en la puna del sur, como los departamentos de Puno, Tacna, Moquegua, Arequipa, Ayacucho y Apurímac.

### **2.2.9 *Parastrephia lepidophylla* (Wedd) Cabrera, Supu Thola**

#### **2.2.9.1 Ubicación taxonómica**

Solano (1995), presenta la siguiente clasificación taxonómica de Thola.

Reino: Vegetal

Sub Reino: Phanerogamae

División: Angiospermae

Clase : Dicotyledoneae

Sub clase : Methachlamydae

Orden: Asterales

Familia: Asteraceae

Sub familia: Asteroideae

Género: *Parastrephia*

Especies: *Parastrephia lepidophylla* (Wedd) Cabrera

Nombre Común : Tola, supo tola, t'anta tola, taya tola,

thola, vaca, Thola de pan, Pacha taya



Figura 7. Características morfológicas de “tola” (*Parastrephia lepidophylla*).

Fuente: Reynel, (1988). A. Ramita portando las inflorescencias o cabezuelas (a<sub>1</sub>). En ella se aprecian las hojas escamosas. B. Cabezuela mostrando las flores, las centrales hermafroditas (bi) y las marginales femeninas (ó; (x 3, tomado de Beck). C. Hoja en una zona terminal. Se observa la lanuginosidad en la ramita (c i).

### 2.2.9.2 Fenología

Según Paca *et al.* (2003) mencionan que la germinación ocurre a los 15 a 18 días después de la siembra y la emergencia a los 25 a 32 días, los brotes de ramas y hojas ocurre según

el crecimiento de la planta y crece de 7 a 10 cm/año, la floración ocurre a los 3 a 5 años, el fructificación se da a los 3 meses después de la floración, la diseminación o dispersión se da a los 3 meses después de la floración y la defoliación donde existe la pérdida de ramas y hojas por sequedad ocurre a los 3 meses después de la diseminación de la semilla como se muestra en la (Figura 8).

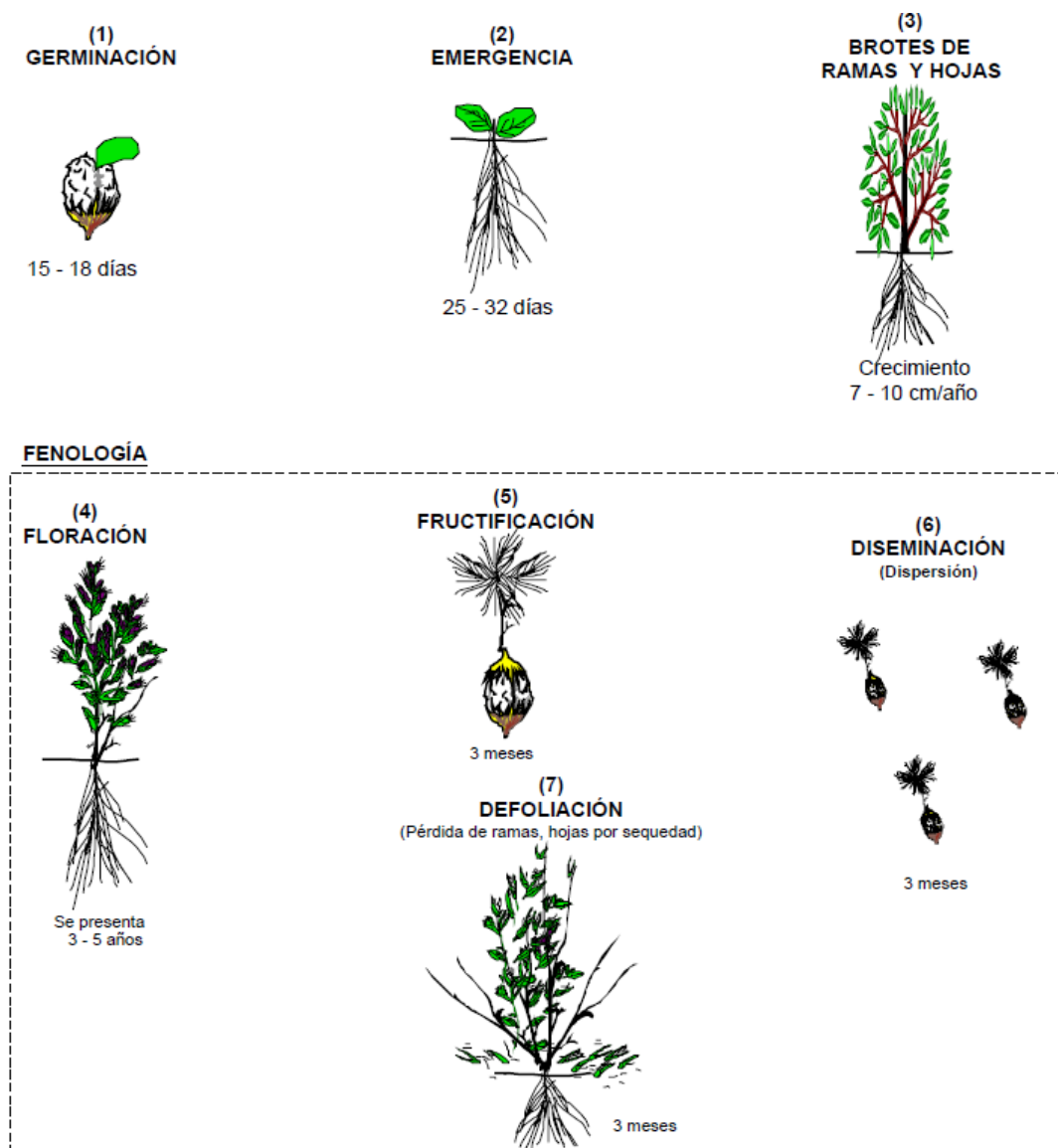


Figura 8. Crecimiento y desarrollo de la t'ola reproducción sexual

Fuente: Paca *et al.* (2003)

### 2.2.9.3 Descripción morfológica

según (Reynel, 1988). Arbusto leñoso de hasta 1 m de altura en el ámbito. Arbusto, resinoso, lignificado, erecto, ramoso; con una altura de 0.5 – 2.0 m de altura (Paca *et al.* 2003) muy lignificado y distinguible por sus hojas pequeñas y escamosas que crecen apretadas contra las ramitas. Las inflorescencias son capítulos terminales pequeños, de unos 0.7 cm de longitud, de color amarillo blanquecino.

**Hojas:** Simples, alternas escuamiformes; elípticoalargadas ó lanceoladas de 3 a 4 mm de longitud por 1 mm de ancho, cóncavas. El ápice es redondo, la base redonda y algo envainada sobre la ramita; son sésiles coriáceas, lustrosas en el haz, y con los pelos en el envés, el nervio central fuertemente impreso en el haz, nerviación secundaria no es visible.

**Inflorescencias:** En cabezuelas terminales solitarias de 0.5-(0.7)-1 cm de longitud por 0.5-0.6 mm de ancho, heterógamas, rodeadas por 2-3 series de brácteas semiocultas por las hojas.

**Flores:** Las marginales femeninas, estrechas, poco numerosas, con papus abundante, de unos 6 mm longitud, corola de unos 0.5 cm de longitud y estilo exserto de ésta y bilabiado. Flores interiores hermafroditas, 6-8, con papus abundante, éste de 6 mm de longitud; corola de 5-6 mm de longitud con 5 dientes y con parte de las anteras, que están soldadas entre sí, brevemente exsertas del tubo.

**Fruto:** Un aquenio de unos 7 mm de longitud, con abundante papus.

### 2.2.9.4 Hábitat

En las zonas evaluadas se encuentran entre los 3940 a 3965 msnm, suelos volcánicos y coluviales, prospera en suelos pobres. Según (Paca *et al.* 2003) indica que se encuentran entre los 3850 a 5000 m.s.n.m.

### **2.2.9.5 Distribución**

Andes sur del Perú y Bolivia hasta Argentina y Chile, por encima de los 3,900 msnm y hasta los 5,000 msnm.

Alzerreca, (1992), según una publicación de la Cooperación para el desarrollo y la ayuda humanitaria la *Parastrephia Lepidophylla*, se desarrolla en suelos no salinos, junto a arbustos microfoliosos y fuertemente resinosos como la *Baccharis incarum*, *baccharis boliviensis* y *Fabiana densa*, formando verdaderos bosquecillos arbustivos hasta 2.5 m de altura.

### **2.2.9.6 Importancia y Uso**

Los usos en orden de importancia son como combustibles, con fines comerciales y de autoconsumo, seguido como forraje para la alimentación de camélidos (alpacas, llamas) y ovinos principalmente, se usa también con fines medicinales par humanos y animales; además, se ha encontrado un potencial importante de uso como colorante con fines industriales.

Leña de muy alta calidad. Arde por mucho tiempo y produce gran calor. Es muy requerida por las panaderías del ámbito. La planta es también medicinal; las hojas o cogollos verdes machacados son aplicados sobre heridas, para hacer más rápida la cicatrización.

Reynel, C. (1988), señala que la tola sobre su uso que es utilizada principalmente como leña por ser combustible de muy alta calidad, arde aun cuando esta verde produciendo más calor y fuego.

### **2.2.9.7 En la alimentación animal**

La tola presenta un valor nutritivo bueno, sin embargo, la presencia de resinas limita su consumo, por esta razón es poco palatable y por lo tanto su respuesta ecológica al pastoreo

es acrecentante. Se informa de un 2% de consumo para época seca y entre 2 a 10% en el caso de llamas también para época seca. En general para las 2 especies animales el consumo es mayor en la época seca que en la lluvia (Alzerreca 2002).

ALZÉRRECA, ÁRATE, (2002). Estudio de la tola y su capacidad de soporte para ovinos y camélidos en el ámbito boliviano en Sistema TDPS. - Bolivia. Informe final. Asociación Integral de Ganaderos en Camélidos de los Andes Altos, Programa de Naciones Unidas, Autoridad Binacional del Lago Titicaca. La Paz, Bolivia. p.

#### **2.2.9.8 Potencial medicinal**

A falta de un centro de salud cercanos a las estancias, el uso de la medicina tradicional es la única alternativa que se cuenta, esta práctica se hereda desde los antepasados que la utilizaban para curar o prevenir diferentes enfermedades como resfriado, tos, mal de aire, problemas estomacales, fracturas y golpes (Ayma 1995).

#### **2.2.9.9 Propagación**

Dado que la planta macolla desde la base, es factible individualizar tallos con su correspondiente champa y propagarlos de esta manera. Ensayos preliminares de propagación por semillas, efectuados por Arbolandino, han dado también resultados satisfactorios. Por semilla botánica y vegetativamente por estacas (Paca *et al.* 2003)

Vegetativamente, mediante tallos con su correspondiente “pan de tierra” y por semilla botánica.

#### **2.2.10 *Baccharis incarum* Wedd S.I., Ñaka thola**

##### **2.2.10.1 Ubicación taxonómica**

**Solano (1995)**, presenta la siguiente clasificación taxonómica de Thola.

Reino: Vegetal

Sub Reino: Phanerogamae

División: Angiospermae

Clase: Dicotyledoneae

Sub clase: Methachlamydae

Orden: Asterales

Familia: Asteraceae

Sub familia: Asteroideae

Género: *Baccharis*

Especies: *Baccharis incarum* Wedd S.I.

Nombre Común: Ninriyuc tola, Jinchuni tola, Sacha tola,

Sonso tola

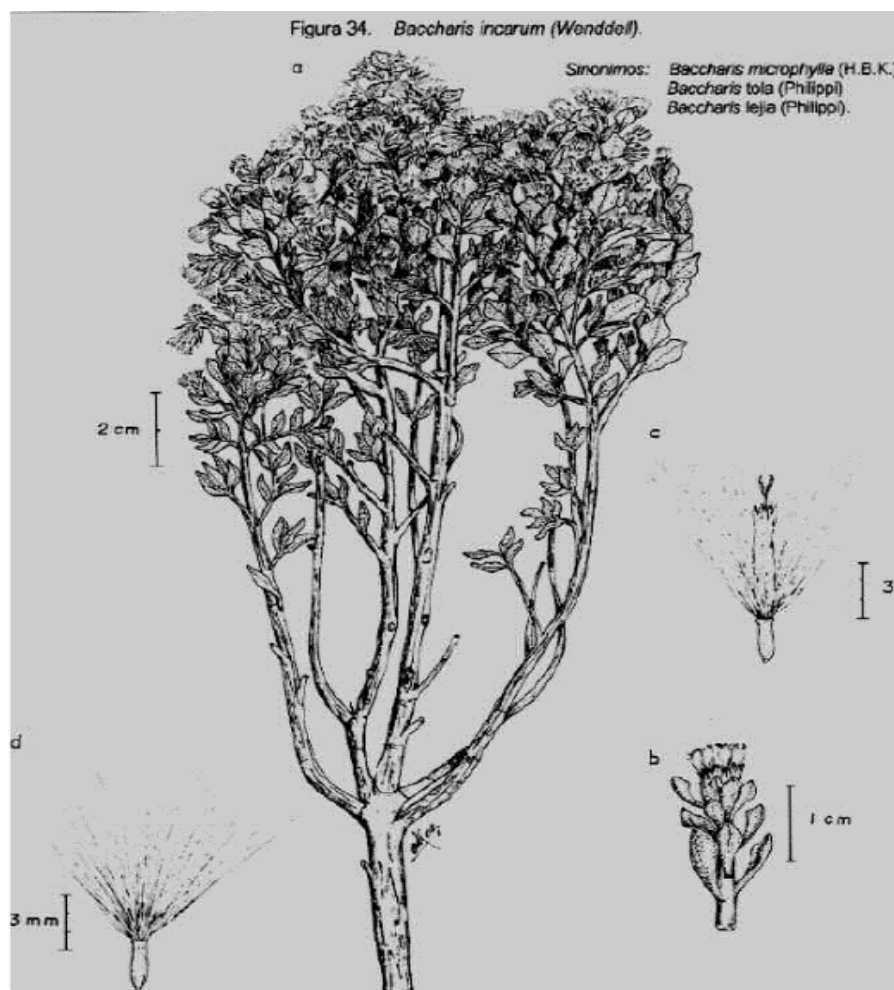


Figura 9. Características morfológicas de “tola” (*Baccharis incarum*).

Fuente: Alzérreca *et al.* 2002

### 2.2.10.2 Descripción morfológica

Arbusto de hasta 1.2 m de altura, muy ramificado y lignificado desde la base, apretado de follaje en las partes terminales y distinguibles por sus hojas pequeñas. Las flores están en cabezuelas blanquecinas y pequeñas. Hojas enteras o frecuentemente con 1 a 2 dientes de cada lado. Flores masculinas de unos 0.7 mm de longitud. (Paca *et al.* 2003)

**Raíz:** Tiene una raíz ramificada; con una raíz principal y de esas nacen las raíces secundarias con una profundidad promedio 29.1 cm.

**Tallo:** El tallo primario no es observable, los tallos secundarios son semi-erectos, hojosos, resinosos, en número promedio de 10.8 y un grosor en promedio de 18.4mm.

**Hojas:** Alternas, sésiles, espatulada – cuneiforme, enteras con un diente raramente con dos dientes a cada lado (triangulares agudos), ensanchados en el ápice, agudos raramente en la base atenuada, de 50.7 mm<sup>2</sup> de áreas promedio, en el envés la nervadura central notoria y células resinosas, en el haz se observa en parte de la lámina “glándulas-pubescencia”.

**Inflorescencia:** Capítulos numerosos, solitarios en la parte terminal de la rama, muy breves sésiles; capítulos femeninos, involucros acampanados – cilíndricos de 6.8 mm de altura y un diámetro de 3 – 4 mm, filarias de 3 – 4 series, las exteriores ovadas enteras, la intermedia margen algo diáfano, corola filiforme de 3.5 – 4 mm de altura, estilo regularmente prolongado, estigma bifurcado de 0.6 mm, 30 – 33 flores por capítulo, flores masculinas hermafroditas, involucro acampanado, filarias de 4 series, exteriores, oblongas de 1 m de largo, las intermedias oblongas lanceoladas, enteras de 4- 5 mm, corola tubular, pentasectada, pubescencia en la parte superior, estilo regularmente exerto, estigma bífido, estambres notorios.



Aquenios: cilíndricos, costados de 2.2 mm de largo, glabro. Papus blanco, 5 mm de largo, enseñado en el ápice, presencia de cerdas, crespo.

### **2.2.10.3 Hábitat**

En el altiplano en suelos pedregosos y arcillosos. suele formar extensos parches superpuestos a las planicies de ichu, en las zonas circunlacustre e intermedia (Paca *et al.* 2003)

### **2.2.10.4 Importancia y Uso**

En alimentación humana, los abultamientos en las ramas (agallas), a veces llamado “frutos” sirven como sustituto del limón. En la predicción del clima: Una floración abundante predice un buen año (observación en septiembre), cuando vuelan las semillas entre las 4 y 5 de la tarde, va a solear el próximo día.

En alimentación humana, los abultamientos en las ramas sirven como sustituto del limón. En la predicción del clima: una floración abundante (setiembre) predice un buen año, cuando vuelan las semillas entre las 4 y 5 de la tarde, el próximo día es soleado. (Paca *et al.* 2003)

### **2.2.10.5 Propagación: Por semilla**

Se ha estudiado el tólar como componente del ecosistema y de sus interrelaciones con el mismo, considerando la interrelación con la población humana, encontrándose que existen relaciones directas de estas especies con la población asentada en este ecosistema, relaciones de comercialización del recurso, protección del suelo, satisfacción de necesidades en sus diferentes usos. Se ha evaluado y descrito las principales especies superiores de la biodiversidad de la flora y fauna; utilizando métodos para evaluar la composición florística, biomasa y cobertura. (Paca *et al.* 2003)

El estudio de suelos reporta que los tólares están ubicados en suelos residuales y superficiales desarrollados in situ, ubicados en fisiografías de laderas, lomadas y pie de monte de cerros, sobre suelos pedregosos poco profundos, inestables y susceptibles a la erosión hídrica, y en menor escala en suelos coluvio aluviales, localizados en planicies.

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

Las evaluaciones de campo se realizaron entre mayo y setiembre de 2018. Para el análisis estadístico se empleó el programa R estadística mediante el diagrama de cajas (boxplot) conocido como “diagrama de bigotes”, para la comparación de biomásas (aérea y raíz) utilizamos Software Excel y el programa IBM SPSS 25 Statistics.

#### 3.1 Descripción del área de estudios

##### 3.1.1 Ubicación

La investigación se realizó en praderas de tolares localizadas en el sector Llusta (Figura 10), donde se desarrollan las dos especies de arbustos de tola en estudio, cuya ubicación geográfica se encuentra en las coordenadas: Latitud sur  $69^{\circ} 42'33.8''$ , longitud oeste  $16^{\circ}51'22.4''$ , a una altitud de 4245 msnm.

Lugar : Comunidad campesina de Llusta (Cora Cora)

Distrito : Mazocruz

Provincia : El Collao

Departamento : Puno

País : Perú

### UBICACIÓN DEL ÁREA EXPERIMENTAL

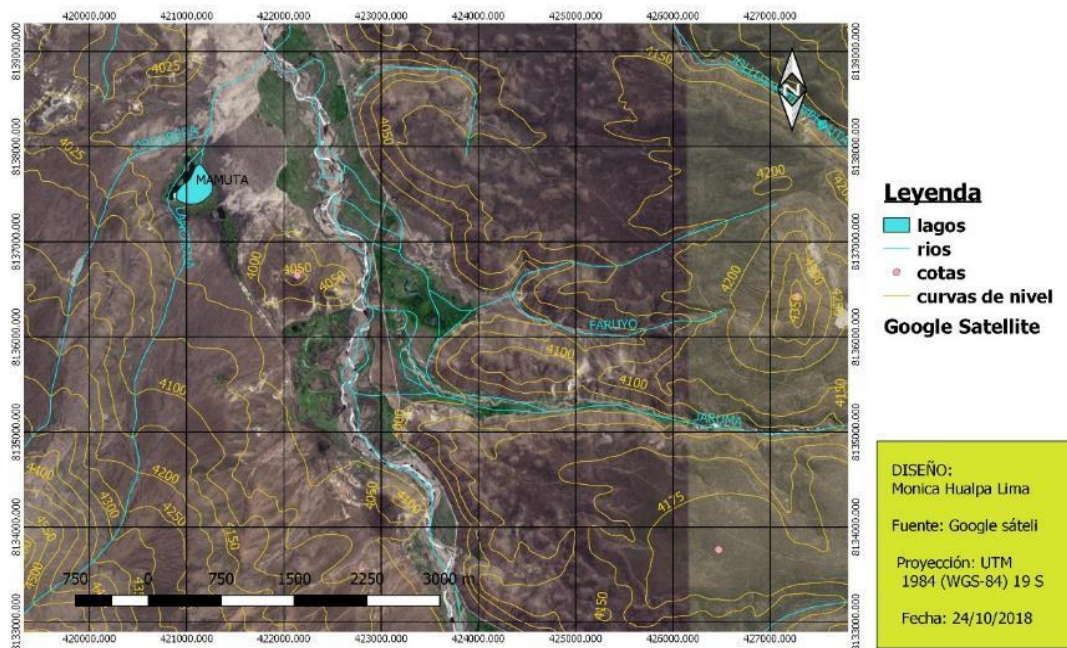


Figura 10. Ubicación del área de estudio en el Distrito de Mazocruz sector Llusta – 2018

Fuente: <https://www.google.com/search?q=google+satelital&oq=google>

#### 3.1.2 Clima

Según ANA, (2009). El Distrito de Mazocruz pertenece a la Provincia de El Collao y está comprendido en la cuenca del río Ilave, se divide en cuatro estaciones astronómicas en función de la actividad atmosférica y de la circulación de masas de aire, no obstante, desde el punto de vista climatológico, la región de la cuenca del río Ilave tiene una estación húmeda (diciembre a marzo), otra seca (mayo a agosto) y dos periodos de transición (abril y setiembre a noviembre).

De acuerdo a la evaluación climatológica, los factores más importantes del clima son generalmente la altitud y la latitud, ellos definen las características particulares del clima, el efecto orográfico y las amplias oscilaciones de temperatura y los fuertes vientos con temperatura media anual de 3° a 6°C, precipitación mediana anual de 250 a 500 mm, relieve suave plano (Holdrige, 1978)

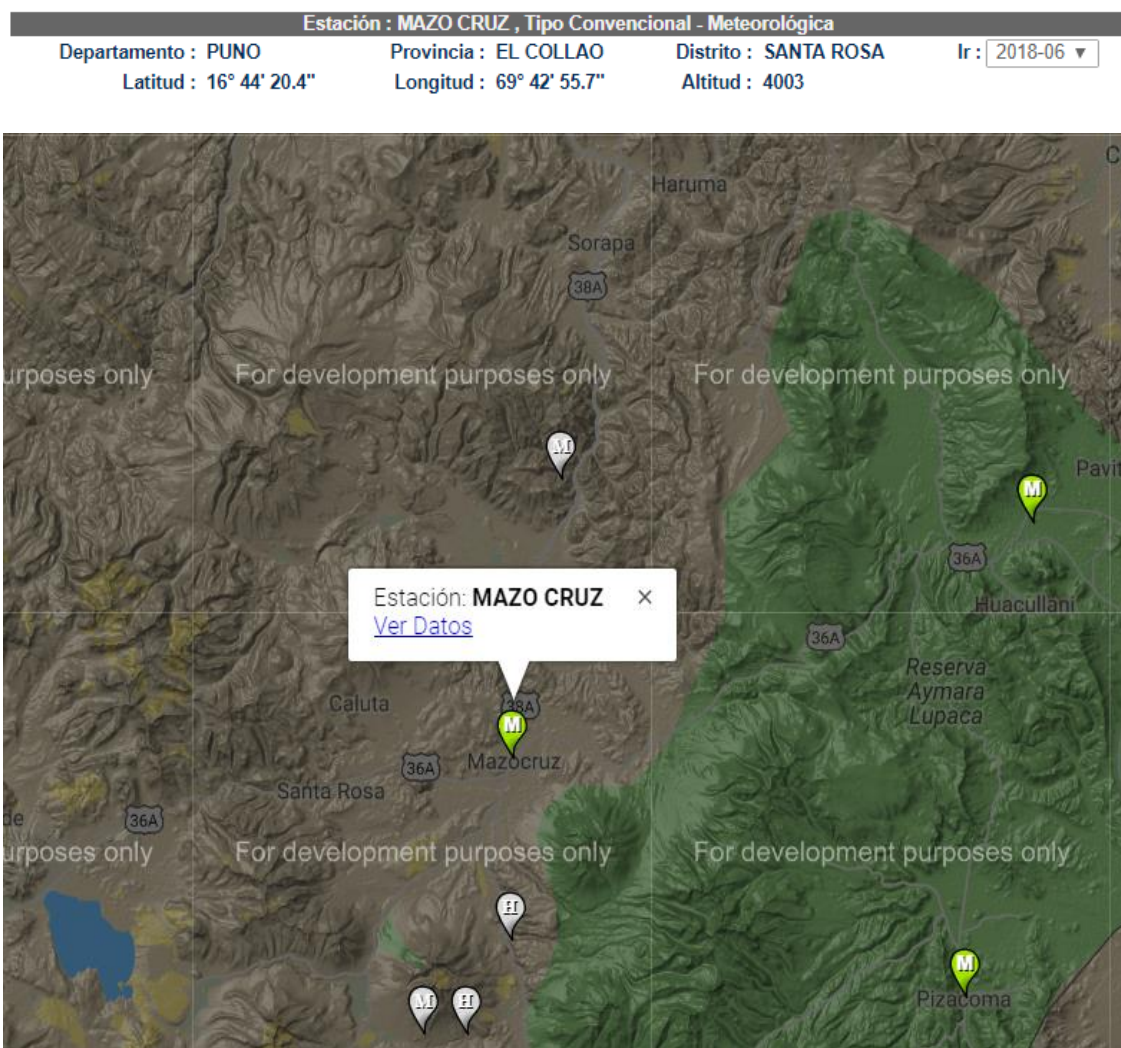


Figura 11. Estación meteorológica Mazocruz 2018.

Fuente: <https://www.senamhi.gob.pe/?&p=estaciones>

Con los registros climatológicos de la Estación Meteorológica MAZOCRUZ de tipo convencional del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI), de (2017-2018), Latitud 16° 44' 20.4" y Longitud 69° 42' 55.7"; respecto a la temperatura, la mayor temperatura máxima se registró en el mes de noviembre con 21.5 °C, la menor temperatura mínima se registró en el mes de julio con -15.5 °C, mientras que la mayor temperatura media se registró en el mes de enero con 9.8 °C. Para la precipitación el mes más lluvioso fue enero con 172.00 mm y los meses con menor precipitación fueron julio (2017), y mayo (2018), el promedio mensual de precipitación de esta campaña agrícola fue 51.3 mm. La precipitación total para la presente campaña fue de 612.3 mm.

Tabla 8. Datos meteorológicos registrados. Temperaturas (mínimas, máximas y media), precipitación Pluvial, año 2017 y 2018. Estación MAZOCRUZ, Latitud 16° 44' 20.4" y Longitud 69° 42' 55.7".

Año	TIEMPO (meses)	Temperatura (° C)			Precipitación (mm)
		Máxima	Mínima	Media	
2017	Agosto	18.5	-13.0	2.7	0.4
	Septiembre	18.1	-5.2	6.4	29.8
	Octubre	20.1	-7.8	6.1	7.2
	Noviembre	21.5	-5.8	7.8	22.6
	Diciembre	19.3	-0.4	9.5	70.6
2018	Enero	17.1	2.5	9.8	172.0
	Febrero	16.5	-0.1	8.2	168.7
	Marzo	16.8	1.4	9.1	83.2
	Abril	18.3	-4.7	6.8	42.3
	Mayo	17.6	-9.6	4.0	1.4
	Junio	14.6	-7.1	3.8	14.1
	Julio	14.2	-7.5	3.4	43.4
<b>Promedio</b>		<b>18.0</b>	<b>-4.5</b>	<b>6.7</b>	<b>55.7</b>
<b>Total anual</b>					<b>612.3</b>

Elaboración propia a partir de datos diarios del SENAMHI Puno, 2017 y 2018.

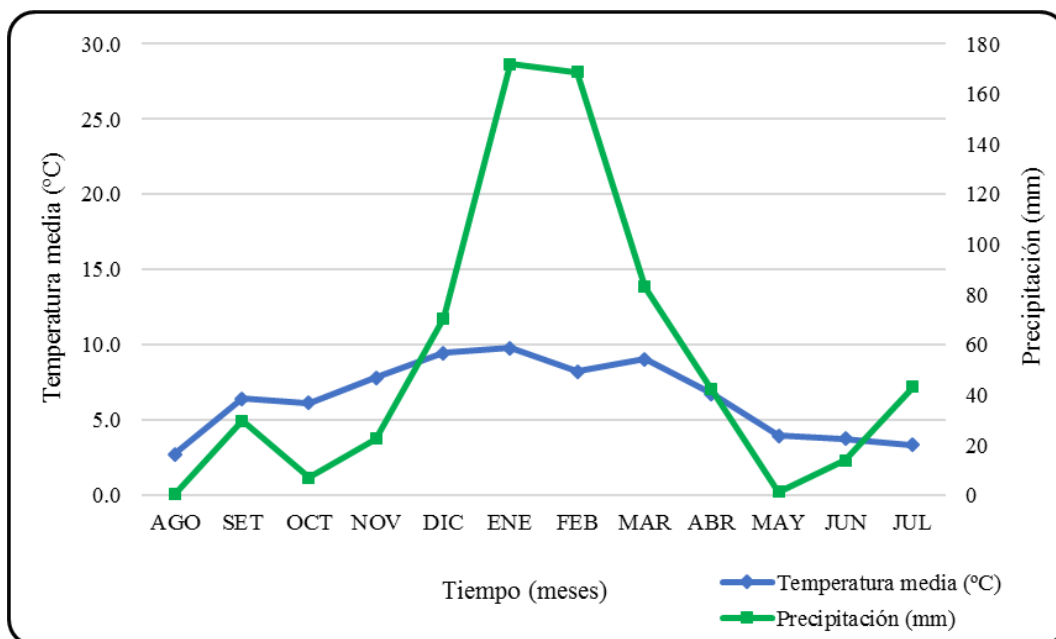


Figura 12. Climadiagrama temperaturas medias y precipitación año 2017 y 2018.

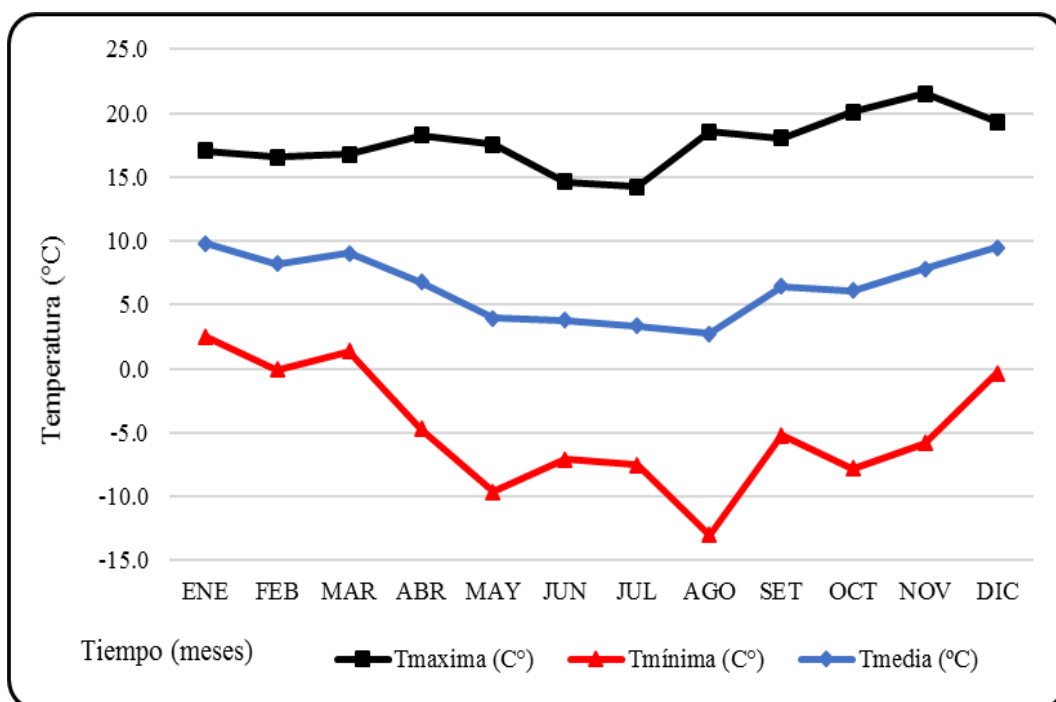


Figura 13. Temperatura máxima, media y mínima año 2017 y 2018.

Según ANA, (2009). El Distrito de Mazocruz pertenece a la Provincia de El Collao y está comprendido en la cuenca del rio Ilave, se divide en cuatro estaciones astronómicas en función de la actividad atmosférica y de la circulación de masas de aire, no obstante,

desde el punto de vista climatológico, la región de la cuenca del río Ilave tiene una estación húmeda (diciembre a marzo), otra seca (mayo a agosto) y dos periodos de transición (abril y setiembre a noviembre).

De acuerdo a la evaluación climatológica, los factores más importantes del clima son generalmente la altitud y la latitud, ellos definen las características particulares del clima, el efecto orográfico y las amplias oscilaciones de temperatura y los fuertes vientos

### **3.1.2.1 Precipitación**

El Distrito de Mazocruz tiene una precipitación total anual de 612.3 (mm) y la distribución mensual de la precipitación se puede apreciar el carácter estacional de la misma y en forma uniforme en toda la región se presenta dos periodos en general, uno más lluvioso localizado en el verano (debido al descenso de la zona de convergencia intertropical), y otro con precipitaciones menores en el invierno (la dislocación hacia el norte de la zona de convergencia tropical ocasiona un movimiento de aire muy seco y estable), (Tabla 8 y Figura 12).

### **3.1.2.2 Régimen de Temperaturas Medias**

Debido a las diferencias de altitud, exposición a los vientos y al sol e influencia del lago Titicaca, existen algunas variaciones en la distribución de la temperatura media del aire en la cuenca. En toda la región las temperaturas medias más bajas se producen en el mes de Julio, mientras que las más elevadas se registran en los meses de noviembre a marzo, por lo general centradas en enero, (ANA, 2009). En Mazocruz registra una temperatura media anual de 4.6°C.

### **3.1.3 Suelo**

Son de origen coluvio aluvial distribuidas fisiográficamente en las en las terrazas, colinas, montañas y depósitos de piedemonte. Son superficiales a moderadamente profundos,



limitados por un estrato rocoso o por un gravoso esquelético, Ph neutro a ligeramente ácido. La aptitud potencial es para pastos en pendientes menores de 50%.

Presenta pendientes: plana a ligeramente inclinada (0-4%), moderadamente a fuertemente inclinada (4-15%), moderadamente empinada (15-25%), empinada (25-50%) y muy extremadamente empinada (mayores a 50%) ONERN (1984).

### 3.1.4 Clasificación Ecológica

Para determinar, con datos climáticos, la zona de vida a que pertenece un sitio dado, se necesita solamente la biotemperatura promedio anual, la precipitación promedio anual y la elevación sobre el nivel del mar<sup>2</sup>.

Si definimos la formación vegetal como una extensión fija de factores climáticos, la temperatura y precipitación, constituyen los factores de mayor importancia<sup>3</sup>.

(Paca *et al.* 2003). Clasificación ecológica de las unidades agropecuarias, evaluadas por el método de holdridge. La Unidad Agropecuaria Patuta – Taruja es considerado zona de vida Páramo húmedo subalpino a una Altitud de 4100 m.s.n.m. con precipitación pluvial de 508 mm, Temperatura anual de 4.4 °C,

### 3.2 Colecta de datos

La investigación se realizó en los meses de mayo a setiembre del 2018 y según los objetivos planteados, se inició con la selección del área de estudios y estimar número de muestreos. Para determinar la densidad y biomasa la toma de muestra fue realizado en tres periodos considerando que tiene un proceso no temporal sino ecológicamente en el tiempo de varios años, los tres muestreos han sido analizados a partir de datos de captura de carbono.

---

<sup>2</sup> HOLDRIDGE, L. 1979, Ecología basada en zonas de vida. IICA. San José, Costa Rica. 214 p

<sup>3</sup> FLORES, A. Y MALPARTIDA, E. 1987. Manejo de Praderas Nativas y Pasturas Altoandinas. Tomo I. Fondo del Libro, Banco Agrario del Perú. Lima, Perú.

### 3.3 Evaluación de variables de investigación

- a) Carbono almacenado en las hojas, tallos y raíces del arbusto “Tola” (*Parastrephia lepidophylla*) y (*Baccharis incarum*) expresado en t C/ha.
- b) Dióxido de carbono captura por la biomasa del arbusto tola, expresado en tCO<sub>2</sub>/ha.

La metodología y procedimientos utilizados para la determinación de los objetivos anteriormente mencionados, se describe a continuación.

#### 3.3.1 Determinación del contenido de carbono en los componentes de la tola

Identificada previamente las especies tomamos nota en una libreta de campo para evaluar y se procede con la determinación de densidad, biomasa y la cantidad de carbono secuestrado correspondiendo a las especies: tola de la parte aérea que están compuestas por la biomasa sobre el suelo, así mismo se realizó la toma de muestra en las raíces de las especies en estudio.

##### 3.3.1.1 Densidad de arbustos de tola.

Para conocer esta variable se utilizó una wincha de 5m y de 100m para el método de “Conteo de plantas en parcela cuadrada” propuesto por Choque, (2015). Este método se ha venido utilizado para estimar con mayor precisión la cantidad de especies arbustivas y de especies cespitadas amacolladas de crecimiento erecto existentes por hectárea del pastizal. Los muestreos se realizaron en tres periodos en los meses de junio y julio del 2018 en 04 cuadrantes y 03 repeticiones en el sector Llusta. El procedimiento realizado se detalla a continuación y en figura 14:

- Se ubicó al azar cuatro parcelas cuadradas de 100 m<sup>2</sup> representativos dentro del en estudio.
- Enseguida con cordel y varilla de fierro se delimitó los lados de cada parcela cuadrada.

- Luego, dentro de estas parcelas cuadradas, se contó el número de arbustos de “Tola” (pequeño de 0.01-0.40 m, mediano de 0.41-0.80 m y grande de 0.81 m a más) medidas utilizados por (Flores, 2017).
- La densidad (D) o el número de arbustos de “Tola” por parcela (m<sup>2</sup>), se calculó con la fórmula siguiente:

$$D/m^2 = \frac{\text{suma de plantas contadas de una especie}}{\text{suma del area de las parcelas cuadradas}}$$

El área promedio que ocupa la tola (A), se calculó dividiendo la suma del área de las parcelas por la suma de tólares contados, con la siguiente fórmula:

$$A = \frac{\text{suma del área de las parcelas cuadradas}}{\text{suma de una planta contada de una especie}} = m^2/\text{planta}$$

La densidad de la especie de “Tola” por hectárea (D/ha), se calculó por medio de la siguiente fórmula:

$$D/ha = \frac{(1 \text{ planta})(10\ 000m^2)}{\text{Área ocupada por cada planta}}$$



Figura 14. Conteo de cantidad de arbustos en cuadrante de 100 m<sup>2</sup> en el Distrito de Mazocruz sector Llusta – 2018.

### 3.3.1.2 Medición de la producción de biomasa arbustiva

La Biomasa se estimó por muestreo directo, para la toma de muestras se utilizó el método “Destructivo”, utilizando consistió en la extracción física de los arbustos, separación y pesaje de sus componentes, (Paladines, 1992; citado por Choque, 2015).

Realizado en tres periodos durante los meses de junio y julio del 2018 para ello cada tamaño de arbustos identificado dentro de cada cuadrante, se extrajo con la raíz con pico y con ayuda de una hoz se separó tallo y hojas, luego se pesó las hojas, tallo, y raíces por separado.

A continuación, se detallan los pasos seguidos:

- En la superficie interior de cada cuadrante de 100 m<sup>2</sup>, se identificó 3 arbustos de “Tola” de tamaño pequeño, mediano y grande para la toma de muestras.
- Cada tamaño de arbusto identificado en el interior de la sub parcela, se cortó al ras del suelo con hacha y machete.
- Toda la muestra de biomasa fue cortada con hoz y tijeras de podar, para luego colocarla sobre una manta de plástico, luego se separó manualmente el tallo-ramas, luego las hojas-inflorescencia de cada tamaño de arbusto para pesarla.
- La muestra verde de las dos especies (*Parastrephia lepidophylla*) y (*Baccharis incarum*) bien identificada, ya separada entre sus componentes o partes de la planta (hoja y tallo), se pesó con una balanza tipo reloj y se anotó en el registro en kilogramos.
- Las muestras de tallos-ramas, se seccionó con tijeras de podar en trozos pequeños de 5-7 cm de longitud.

- La biomasa de las raíces de cada tamaño fue cortada en el interior de la sub parcela, se evaluó extrayendo con pico, el cual permitió extraer la raíz principal y secundarios de los arbustos para pesarlos.
- Secado de muestras: de cada componente se tomó por cuarteo sub-muestras de biomasa aérea verde se colocó en una bolsa de polietileno debidamente identificada.
- Estas muestras debidamente rotuladas y embolsadas se llevaron al laboratorio de Pastos y Forrajes (LPF) de la Universidad Nacional del Altiplano, Las muestras recolectadas fueron conservadas en el laboratorio durante los tres periodos de muestreo en materia seca. Para el porcentaje de humedad, se evaluó con las muestras en condición verde; donde se obtuvo el peso verde y luego se extrajo el agua libre o agua de capilaridad por secado en la estufa eléctrica por 48 a 72 horas a una temperatura de 65°C hasta alcanzar un peso constante, luego se determinó el porcentaje de materia seca (MS). Para los cálculos se utilizaron las siguientes fórmulas:

$$H(\%) = \frac{\text{Peso materia verde} - \text{Peso materia seca}}{\text{Peso materia verde}} \times 100$$

$$MS(\%) = \frac{\text{Peso materia seca}}{\text{Peso materia verde}} \times 100$$

Para la determinación de la producción total biomasa del arbusto tola por hectárea, se sumaron los valores de biomasa seca de las hojas, tallos y raíces de cada tamaño expresándolos en t/ha.

### 3.3.1.3 Método para determinación del contenido de carbono

La determinación del contenido de carbono, se determinó a través de la fracción de conversión del carbono de la tola, tanto de la parte de hoja, tallo y raíz se realizó en el Laboratorio de Evaluación Nutricional de Alimentos (LENA) de la Universidad Nacional

Agraria la Molina (UNALM), para ello fue enviado muestras molidas siguiendo el método del poder calórico de Eduarte y Segura (1998). A continuación, se explica el método:

### **Método del poder calórico**

El método se basa en la cantidad de energía que requiere una planta para fijar un mol de carbono, método de Eduarte y Segura, (1998). Utilizado por Cubero y Rojas (1999), IIAP (2006), Palomino (2007), Ticona (2012) y Flores (2017).

Con la utilización de un calorímetro de Parr y siguiendo los procedimientos para combustibles sólidos se puede obtener de cada muestra, la cantidad de energía total en Kcal/kg, transformándose a moles de carbono potencial fijado utilizando la relación de moles (g/peso molecular) y con el peso de la muestra inicial se determina la fracción de carbono fijado.

Por cada muestra de las partes estudiadas de la tola, se preparó muestras promedio de 100 gramos, las cuales se sometieron al método del poder calórico de Eduarte y Segura (1998), se realizó en el de Laboratorio de Evaluación Nutricional de Alimentos de la Universidad Nacional Agraria la Molina, bajo la siguiente metodología:

#### **a. Preparación de muestras:**

- Una vez secas las muestras, pasan por un molino hasta homogenizar la textura.
- Las muestras son colocadas en bolsas herméticas.
- Las muestras son etiquetadas cuidadosamente.
- Se peletizan las muestras a pastillas de aproximadamente 1 o 2 g y estas son colocadas en capsulas de metal.

#### **b. Preparación de la bomba calorimétrica:**

Para determinar la cantidad de carbono en las muestras de materia seca de los componentes de la “tola”, se procede primero a estandarizar la bomba calorimétrica.

- Se insertó el hilo metálico de 10 cm ligándolo en los polos y llevando el centro del hilo hacia la muestra.
- Se colocó la muestra más la cápsula de metal en una bomba de metal pesado, en la que se introdujo oxígeno puro a presión (28-30 atm).
- La bomba es sumergida en dos litros de agua con temperatura a ambiente (16°C aprox.).
- El calorímetro indica que la temperatura del recipiente con el contenido de agua, sea homogénea (equilibrio aproximado de 10 minutos). Una vez que suene la alarma, inmediatamente, la muestra se quema por el calentamiento momentáneo del hilo fino de platino (10 cm).
- El incremento de temperatura del agua multiplicado por la capacidad calorífica del agua y de la bomba proporciona una medida del calor producido.
- Una vez determinado el calor producido de la bomba calorimétrica, se realizaron los siguientes cálculos para la fracción de carbono (FrC), método de Eduarte y Segura, (1998), que a continuación se explica en la fórmula:

$$\text{FrC} = \frac{\text{Vc} \times 4.1868\text{J} \times \text{Pm}}{4.8 \times 10^5 \text{J} \times \text{PM}}$$

Dónde:

FrC	=	Fracción de carbono
Vc	=	Valor calórico (energía total) expresado en kcal/kg
Pm	=	Peso molecular del carbono (12)
4,1868J	=	Factor de conversión de Kcal/kg a Julios
4,8x10 <sup>5</sup> J	=	Moles de carbono por J
PM	=	Peso de la muestra inicial

### 3.3.1.4 Contenido de carbono en la biomasa

Para estimar el contenido de carbono (tC/ha) almacenado en la hoja, tallo y raíz de la tola se realizó el siguiente procedimiento, (Eduarte y Segura, 1998), se utilizó la siguiente formula:

$$C = MS \times FrC$$

Dónde:

C = Contenido de carbono (tC/ha)

MS = Materia seca (t/ha)

FrC = Fracción de carbono

- La materia seca de la hoja, tallo y raíz de tola se elevará a tC/ha multiplicándose por la fracción de conversión de carbono estimada en laboratorio para todas las muestras y componentes de la tola.
- El contenido de carbono total (tC/ha) que presenta los biomas de la tola, se obtendrá sumando el contenido de carbono contenido en la hoja más el tallo más las raíces que presenta la biomasa de las especies (*Parastrephia lepidophylla* y *Baccharis incarum*).

### 3.3.2 Estimación de captura de dióxido de carbono en las estructuras de la tola

Con los datos obtenidos después de que la biomasa determinada en peso seco se elevó a (tC/ha) multiplicándose por el fracción de carbono que se determinó previamente el contenido de carbono, este resultado fue multiplicado por el factor de conversión de carbono (44/12) que es la relación entre el peso molecular del CO<sub>2</sub> al del carbono. Mediante la siguiente formula:



Cuantificación del Dióxido de Carbono:

$$\text{CO}_2 = \text{C} \times \text{Kr}$$

Donde:

CO<sub>2</sub>: Captura de dióxido de carbono (tCO<sub>2</sub>/ha)

C: Contenido de carbono (tC/ha)

Kr: 44/12 (Factor de conversión de carbono a dióxido de carbono)<sup>4</sup>

- La muestra expresada en tC/ha de cada componente de la tola se multiplica por el factor de conversión de carbono a dióxido de carbono por (44/12) y se obtuvo el contenido en tCO<sub>2</sub>/ha.
- La captura de dióxido de carbono (tCO<sub>2</sub>/ha) de la tola, se obtendrá sumando las capturas de dióxido de carbono de las hojas más tallos y raíces.

Para estimar la cantidad total de CO<sub>2</sub> capturado por las matas del pastizal “Tola” del sector Llusta, se realizó lo siguiente:

- Se estimó el área total de que ocupa los tolares presentes en el sector Llusta, utilizando imágenes LANDSAT del mes de octubre del año 2018, donde se excluyó las áreas de cultivo, áreas en descanso, entre otros.
- El área estimada se multiplicó por la captura de dióxido de carbono promedio (tCO<sub>2</sub>/ha) de cada componente de tola.
- La captura de dióxido de carbono total (tCO<sub>2</sub>) de la tola, se obtuvo sumando las capturas de dióxido de carbono total de la hoja, tallo y raíces.

### 3.4 Diseño experimental

Para analizar los datos de producción de materia seca de la tola se utilizó el diseño completamente al azar en parcelas divididas, con cuatro repeticiones, en parcelas

---

<sup>4</sup> El factor de conversión de Carbono en materia seca a Dióxido de Carbono fue establecido como referencia genérica por el IPCC (IPCC, 1996)

divididas (2 especies de tola en parcela y 3 tamaños de Tola en sub parcelas), cuyo esquema del análisis de varianza y modelo aditivo lineal se presenta a continuación:

Tabla 9. Análisis de varianza

Fuentes de variación	Grados de Libertad
Especies (E)	1
Error (especies)	6
Tamaño del arbusto (T)	2
ExT	2
Error (tamaño)	12
<b>TOTAL</b>	<b>23</b>

**Modelo aditivo lineal:**

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \varepsilon_a + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \varepsilon_b;$$

$i = 1, 2$  especies (*Parastrephia lepidophylla* y *Baccharis incarum*)

$j = 1, 2, 3$  tamaño de arbustos (grande, mediano y pequeño)

$k = 1, 2, 3, 4$  repeticiones

**Donde:**

$Y_{ijk}$  = Es la variable de respuesta

$\mu$  = Media de la población

$\alpha_i$  = Efecto del  $i$ -ésimo nivel del factor S

$\varepsilon_a$  = Error de parcelas

$\beta_j$  = Efecto del  $j$ -ésimo nivel del factor T

$(\alpha\beta)_{ij}$  = Efecto de la interacción del  $i$ -ésimo nivel del factor S, con el  $j$ -ésimo nivel del factor T

$\varepsilon_b$  = Error de subparcelas

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 Contenido de carbono en los componentes de la tola

Para cuantificar la cantidad de carbono almacenado en la biomasa de la tola se necesita conocer la densidad, biomasa seca y fracción de carbono por componente para ellos mostramos los siguientes resultados previos:

#### 4.1.1 Densidad de arbustos de tola

Los resultados de densidad de plantas por hectárea, en las especies *Parastrephia lepidophylla* y *Baccharis incarum* se observa que la primera tiene una densidad promedio de 1 800 tolas/ha teniendo la mayor cantidad de tamaño mediano con 37.50 % y la *Baccharis incarum* tiene una mayor densidad promedio de 2 125 plantas/ha con mayor número de arbustos de tamaño grande con 36.47%. Los datos de la densidad proporcionan un elemento esencial para comprender la dinámica de población de la misma especie a través del tiempo, la menor densidad refleja en nivel repoblamiento, (Heady, 1971). Analizando los resultados concluimos que la especie *Baccharis* presentó una densidad de 325 tolas/ ha, más que la especie *Parastrephia*. La variación en la densidad podría ser atribuido a las condiciones del suelo, topografía, pendiente y zona donde se desarrollan (Tabla 10 y Figura 15).

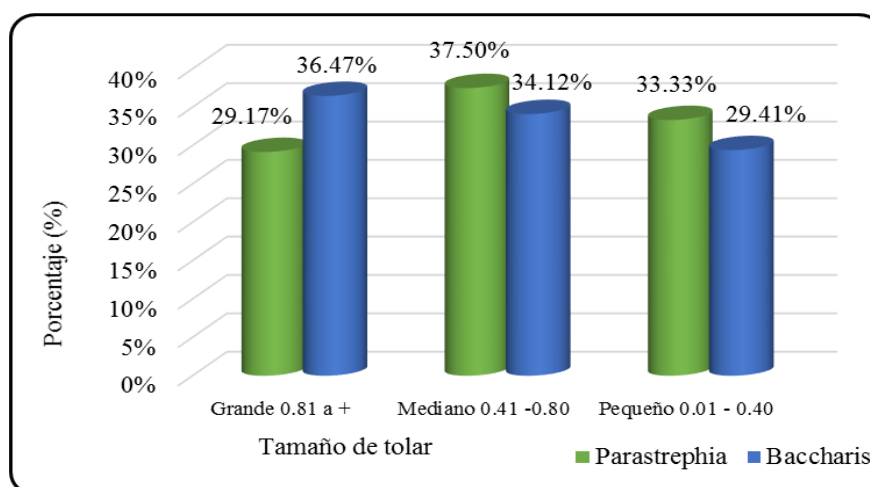


Figura 15. Tamaño con respecto a las especies en el Distrito de Mazocruz sector Llusta - 2018

Tabla 10. Densidad de arbusto tolar por especies

Tamaño	Altura de arbusto (m)	<i>Parastrephia lepidophylla</i>		<i>Baccharis incarum</i>	
		Arbusto/ha	%	Arbusto/ha	%
Grande	0.81 a +	525	29.17	775	36.47
Mediano	0.41 - 0.80	675	37.50	725	34.12
Pequeño	0.01 - 0.40	600	33.33	625	29.41
<b>Total</b>		<b>1 800</b>	<b>100</b>	<b>2 125</b>	<b>100</b>

Fuente: Elaboración propia.

En comparación con otros resultados como el que presentó Paca, *et al.* (2003) en el ámbito peruano del sistema T.D.P.S. Utilizando el método “Medida de distancia a partir del punto central a la planta más próxima”. Mostraron como resultados una densidad promedio para todas las especies de tolares es de 1 231 plantas/ha, mientras que en una zona muy próximo al presente estudio se reportó una densidad de 871 plantas/ha para la especie *Parastrephia lepidophylla* (Patuta – Taruja. Mazocruz), así mismo en Calasaya (Santa Rosa- mazocruz) se cuantifico 914 plantas/ha de la especie *Baccharis incarum*. Por su parte, Quispe (1997), para la zona de Calacoto (provincia Pacajes, La Paz) ha estimado para la suputola (*Parastrephia lepidophylla*, para tolares con una altura promedio de 70.1 cm de plantas y una densidad de 4 536 plantas/ha, para tolares cuyas plantas son de 81.0 cm de altura y una densidad de 2 500 plantas/ha y para tolares con plantas de 90.3 cm de altura y una densidad de 3 611 plantas/ha. (citado por Alzérreca *et al.* 2002). *Parastrephia lepidophylla* con el rango más amplio desde 44 individuos como mínimo hasta más de 16 246 plantas/ha como máximo con promedio de 4 468 plantas/ha y *Baccharis incarum* con un rango de 53 a 9 313 plantas/ha con promedio de 2 570 plantas/ha (alzérreca *et al.* 2002). Densidad de tolares y rendimiento sólo de herbaje (peso de hojas) fue estimado por Zeballos y Alzérreca (1988) considerando medidas alométricas de área de copa en

*Parastrephia lepidophylla* y de la materia seca producida por planta, en grandes 1 173 plantas/ha, medianas con densidad de 1 227/ha y pequeñas con densidad 1 146 plantas/ha.

Tabla 11. Promedio general de densidad (plantas/ha) de especies de tolas, sistema TDPS-Bolivia.

Especie	Promedio	Máximo	Mínimo
<i>Baccharis incarum</i>	2 570	9 313	53
<i>Parastrephia lepidophylla</i>	4 468	16 246	44

Fuente: Alzérreca *et al.* 2002

Bajo estas consideraciones, se analizó y comparó las densidades de estudios realizados tanto en Perú y Bolivia, encontrándose que los resultados de otras evaluaciones se asemejan a lo registrado en el presente estudio, y las variaciones que existen podrían atribuirse a la edad de las plantas, al estado de sucesión secundaria si es que fueron utilizados para agricultura o en su caso a la extracción para leña comercial.

#### 4.1.2 Medición de la producción de biomasa arbustiva

Los resultados de biomasa del arbusto son presentados en t/ha de materia verde y seca en *Parastrephia lepidophylla* y *Baccharis incarum* fue 3.65 tMV/ha, 3.84 tMV/ha respectivamente, para biomasa seca fue 2.65 tMS/ha, 2.63 tMS/ha respectivamente notamos que la especie con mayor producción de biomasa seca aérea en el sector Llusta es el *Baccharis* de tamaño grande con 2.27 tMS/ha (86.01%), seguido de tamaño mediano con 0.33 tMS/ha (12.58%) y con menor cantidad los pequeños con 0.04 tMS/ha que representa (1.40%) esto debido a que la especie *Baccharis incarum* tiene mayor densidad de arbustos por hectárea. En cuanto a la especie *Parastrephia lepidophylla* tiene 1.71 tMS/ha (64.72%) en grandes, seguido de medianos con 0.81 tMS/ha (30.73%) y pequeños con 0.12 tMS/ha (4.55%), (Figura 16 y Tabla 12).

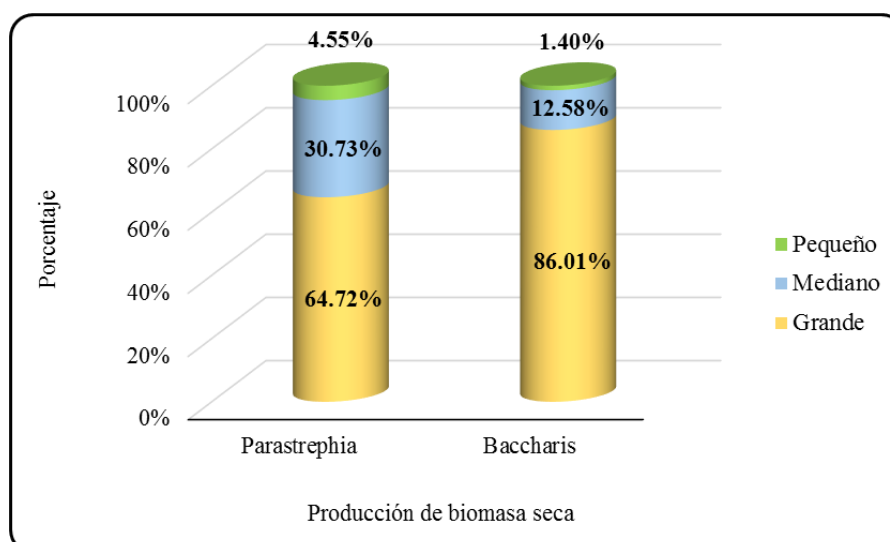


Figura 16. Porcentaje de biomasa seca según tamaño en el Distrito de Mazocruz sector Llusta – 2018

Tabla 12. Biomasa verde y seca de especies de tolar por tamaño

Especie	Tamaño*	Densidad		Biomasa verde			Biomasa seca		
		100 m2	ha	kg/ arbusto	t/ha	%	kg/ arbusto	t/ha	%
Parastrephia	G	5.25	525	4.46	2.34	64.12	3.26	1.71	64.72
	M	6.75	675	1.68	1.14	31.11	1.21	0.81	30.73
	P	6	600	0.29	0.17	4.77	0.20	0.12	4.55
	<b>TOTAL</b>		<b>1800</b>		<b>3.65</b>	<b>100.00</b>		<b>2.65</b>	<b>100.00</b>
Baccharis	G	7.75	775	4.23	3.28	85.51	2.92	2.27	86.01
	M	7.25	725	0.69	0.50	12.97	0.46	0.33	12.58
	P	6.25	625	0.09	0.06	1.52	0.06	0.04	1.40
	<b>TOTAL</b>		<b>2125</b>		<b>3.84</b>	<b>100.00</b>		<b>2.63</b>	<b>100.00</b>

\* G = Grandes, M = Mediano, P = Pequeño

Fuente: Elaboración propia.

Los estudios realizados en la región Puno. Según Paca, *et al.* (2003). Para determinar la biomasa aérea utilizaron la estación de muestreo del Cuadrante de punto centrado, en la zona sur del ámbito peruano del sistema T.D.P.S. las especies que mayor materia seca en promedio, está la *Parastrephia lepidophylla* que tiene 787.63 Kg/Há de materia seca, *Baccharis incarum* que tiene 280.11 Kg/Há de materia seca, así mismo indica que en tolar

denso tiene un promedio en biomasa aerea de 1 331.1 kgMS/ha, en tolar disperso 716.1 kgMS/ha, Llica (1998). Para el “tolar” de la provincia de El Collao, distrito de Santa Rosa; reportó una producción promedio de 1 266.67 Kg/ha (1.267 t/ha) de materia seca. (citado por Choque, 2015).

Una estimación de la fitomasa de tola, fue realizada por Mallea (1996), quien generó funciones de estimación de fitomasa a través del análisis de regresión en función de las variables de altura y peso total de la planta, la ecuación generada y la estimación de la fitomasa. Indica que tolar tipo A con altura promedio de 79.1 cm con una densidad de 4 600 plantas/ha tiene 7 912 kgMS/ha y tolar tipo B con promedio de altura 59.7 cm con 4 700 plantas/ha de densidad tiene 5 159 kgMS/ha. Citado por Alzérreca *et al.* 2002. Indica que rendimiento sólo de herbaje (peso de hojas) fue estimado por Zeballos y Alzérreca (1988) considerando medidas alométricas de área de copa en *Parastrephia lepidophylla* y de la materia seca producida por planta, en grandes 423 kgMS/ha con 1 173 plantas/ha, medianas 110 kgMS/ha con densidad de 1 227/ha y pequeñas con 24 kgMS/ha y densidad 1 146 pantas/ha

Barrera (1994), indica que los tolares muestran un incremento desde 168 kgMS/ha en tolares de sucesión secundaria con 2-3 años de descanso hasta un máximo de 1697 kgMS/ha entre 8-10 años en Luvisoles. En Fluvisoles, a los 2-3 años se tiene 492 kgMS/ha y un máximo de 7 221 kgMS/ha entre 11-15 años de descanso. En suelos Salinos, el rendimiento es 671 kgMS/ha a los 2-3 años y un máximo de 4218 kgMS/ha entre 11-15 años. Estos resultados corresponden al estudio de uso de la tierra, efectuada en el cantón San José Llanga, provincia Aroma, La Paz.

En otro estudio, Barrera (1995), para un suputolar del Altiplano Central estimó un rendimiento de 800 kgMS/ha. Posiblemente estas diferencias se deben a que los reportes de rendimiento de herbaje sólo incorporan a las hojas y ramas tiernas del crecimiento

anual y no a las hojas y ramas maduras. Por su parte, Quispe (1997), para la zona de Calacoto (provincia Pacajes, La Paz) ha estimado la fitomasa para tres estratos de la suputola (*Parastrephia lepidophylla*), por ejemplo, para tolares con una altura promedio de 70.1 cm de plantas y una densidad de 4 536 plantas/ha reporta 6 300 kgMS/ha de fitomasa, para tolares cuyas plantas son de 81.0 cm de altura y una densidad de 2 500 plantas/ha 2 750 kgMS/ha y para tolares con plantas de 90.3 cm de altura y una densidad de 3 611 plantas/ha un rendimiento de fitomasa de 2 300 kgMS/ha. Estas variaciones se podrían atribuir a la edad de las plantas, al estado de sucesión secundaria si es que fueron utilizados para agricultura o en su caso a la extracción para leña comercial, (citado por Alzérreca *et al.* 2002).

Así mismo, la producción de biomasa seca por componentes, en las especies *Parastrephia lepidophylla* y *Baccharis incarum*, donde el tallo muestra la mayor producción de biomasa, seguido de la hoja y en último la raíz, debiéndose muy probablemente a que los tallos tienen son ramificados, erecto muy abundante, se observa en la (Figura 17 y Tabla 13)

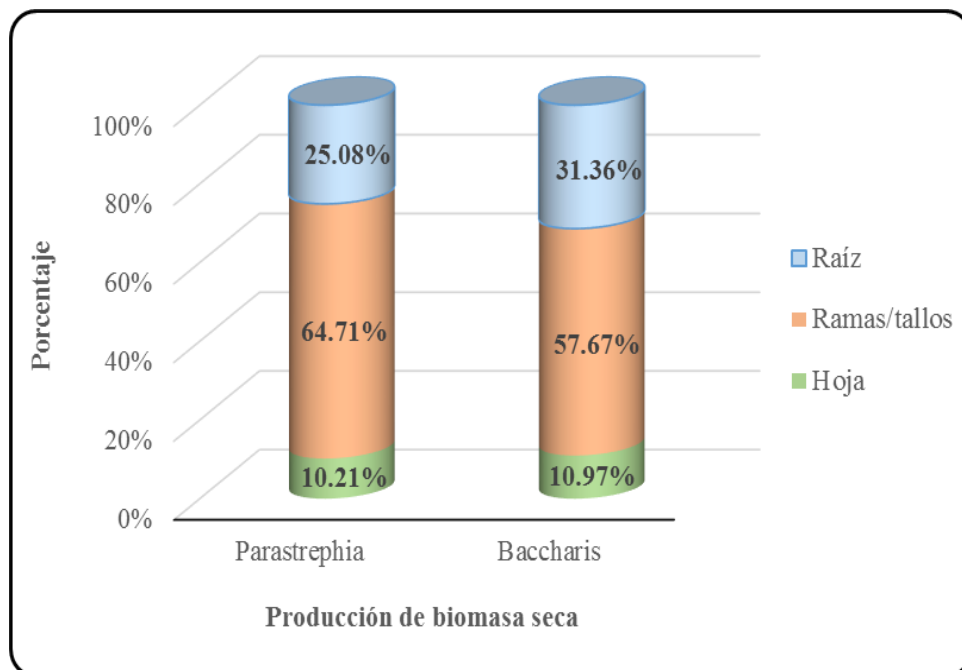


Figura 17. Porcentaje de producción de biomasa seca por componente en el Distrito de Mazocruz sector Llusta – 2018.



Tabla 13. Producción de biomasa seca por componente en tMS/ha

Componente	Especies de arbuto tola							
	<i>Parastrephia lepidophylla</i>				<i>Baccharis incarum</i>			
	Biomasa verde		Biomasa seca		Biomasa verde		Biomasa seca	
	t/ha	%	t/ha	%	t/ha	%	t/ha	%
Hoja	0.45	12.26	0.27	10.21	0.54	14.08	0.29	10.97
Ramas/ tallos	2.28	62.43	1.71	64.71	2.04	53.23	1.52	57.67
Raíz	0.92	25.31	0.66	25.08	1.25	32.70	0.83	31.36
<b>Total</b>	<b>3.65</b>	<b>100.00</b>	<b>2.65</b>	<b>100.00</b>	<b>3.84</b>	<b>100.00</b>	<b>2.63</b>	<b>100.00</b>

Fuente: Elaboración propia.

Por otro lado (Alzérreca *et al.* 2002) mostro rendimiento de fitomasa en kgMS/ha de hojas y ramas de especies de tolas, sistema TDPS-Bolivia.

Especie	Parte vegetativa	Promedio	Máximo	Mínimo
<i>Baccharis incarum</i>	Hojas	256.8	1 294.4	15.2
	Ramas/tallos	638.9	3 699.2	29
<i>Parastrephia lepidophylla</i>	Hojas	692.5	5 021.6	10.9
	Ramas/tallos	2 033.2	20 776.8	1.6

Fuente: Alzérreca *et al.* 2002.

En promedio la producción de biomasa seca de hojas de *Baccharis incarum* 0.29 tMS/ha, al comparar lo obtenido por Alzérreca concluimos que son iguales, pero en *Parastrephia lepidophylla* obtuvimos una menor densidad promedio 0.27 tMS/ha en comparación con 0.693 reportado por Alzérreca, en tallos/ramas hallamos mayor biomasa seca en *Baccharis* y menor en *Parastrephia*.

Bajo estas consideraciones, se analizó y comparó solo la producción de biomasa seca encontrándose que los resultados con otras evoluciones evaluaron biomasa aérea y en el presente estudio se consideró biomasa total, donde es semejante con los obtenidos por Paca (2003), y menor biomasa con lo reportado por Alzérreca, (2002) en lado boliviano. Posiblemente estas diferencias se deben a que los reportes de rendimiento de herbaje sólo incorporan a las hojas y ramas tiernas del crecimiento anual y no a las hojas y ramas maduras. Así mismo en el rendimiento de los tolares intervienen factores climáticos, de suelos, así como de otros como el número de plantas/ha, la edad del tolar, de la intensidad de manejo en el pastoreo y de saca como leña.

Tabla 14. ANOVA de la producción de biomasa seca

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>Sig.</b>	<b>Ft</b>
Especies	1	1.01	1.01	2.19	No significativa	4.41
Error (especie)	6	5.21	0.31			
Tamaño	2	38.40	19.20	41.63	**	3.55
Especie x tamaño	2	0.38	0.19	0.41	No significativa	3.55
Error (tamaño)	12	3.09	0.15			
Total	23.00	48.09				

En la Figura 18 y 19, se aprecia que el mayor contenido de biomasa seca está en arbustos grandes y en cuanto al componente se encuentra en el tallo, en baccharis componente hoja se tiene un valor atípico que difiere de las demás muestras, posiblemente se deba a factores fisiológicos de la especie y la influencia de la época de recolección de muestras. Por otra parte, podemos indicar que la producción de biomasa del tolar está en función al tamaño del arbusto, número de tallos primarios, densidad entre otros. Así mismo los

factores climáticos, edáficos, fisiográficos entre otros tienen una influencia directa e indirecta en la producción de biomasa.

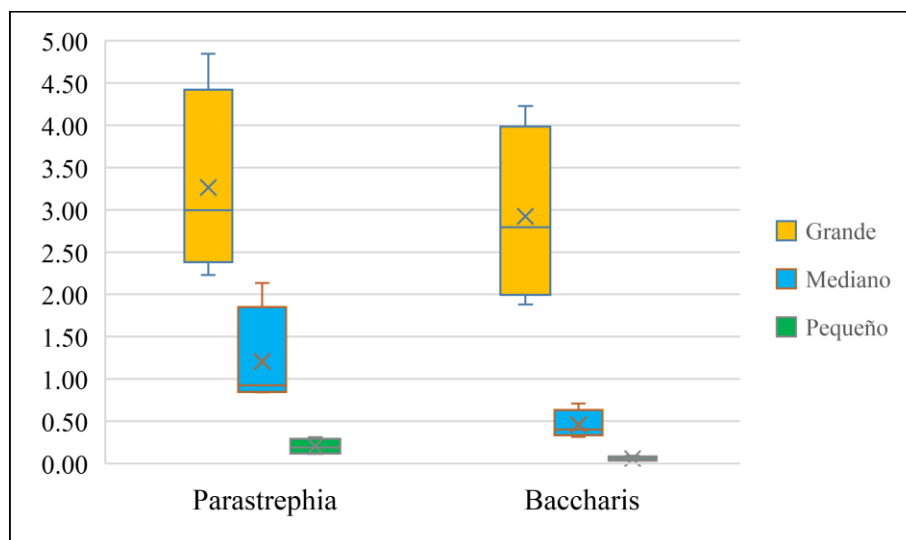


Figura 18. Comparación de biomasa seca por tamaño

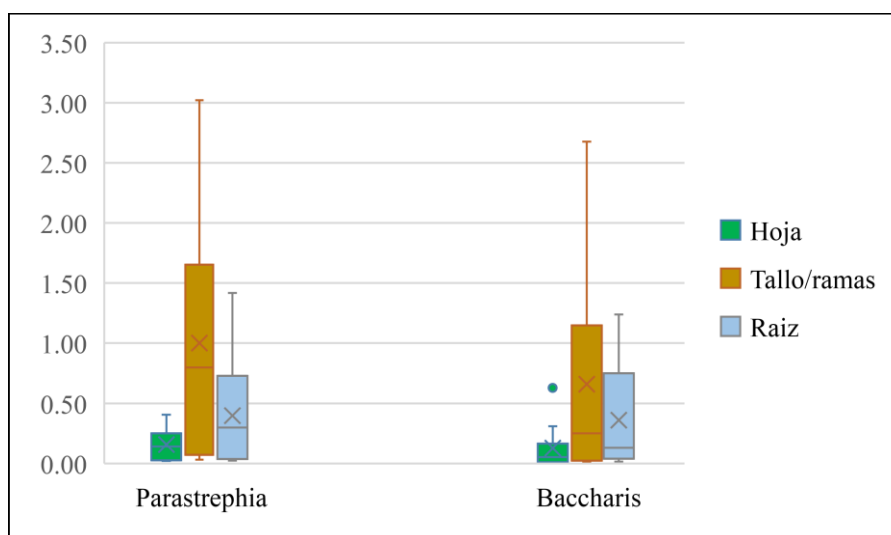


Figura 19. Comparación de biomasa seca por componente

#### 4.1.3 Fracción y contenido de carbono en la biomasa

Los resultados obtenidos en el laboratorio (LENA) mediante el método del poder calórico indican de la fracción de carbono por componente para la especie *Parastrephia lepidophylla*: 0.50 para hojas, 0.48 para el tallo y 0.47 para la raíz. Mientras que la fracción de carbono por componente para el *Baccharis incarum* es 0.52 para hojas, 0.45 para el tallo y 0.43 para la raíz. Estos resultados nos indican que la mayor fracción de

conversión de carbono se encuentra en las hojas por la acción fotosintética que realizan seguido por el tallo y raíz (Figura 20).

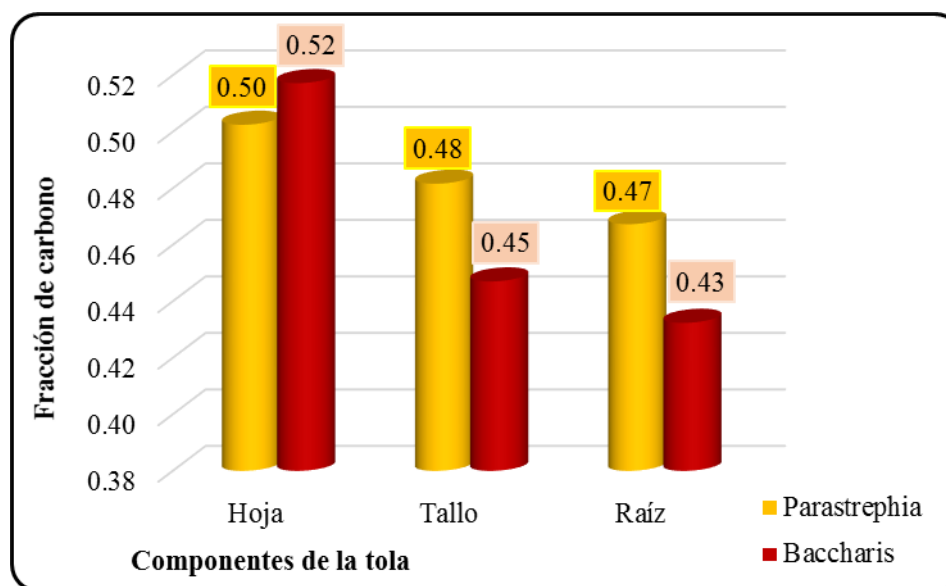


Figura 20. Fracción de carbono por componente en el Distrito de Mazocruz sector Llusta - 2018

Utilizando el mismo método para fracción de carbono (Flores 2016) en Chillihua (*Festuca dolichophylla*), reporto 0.42 para hojas, 0.44 para el tallo y 0.38 para la raíz, mientras Ticona, 2012 en “Añahuaya” (*Adesmia miraflorensis*), para el sitio Denso es 0.50 para hojas, 0.51 para el tallo y 0.43 para la raíz. Analizando el contenido de fracción de carbono encontrado en el presente estudio es mayor en hojas nos indica que tiene una mayor energía calórica que se traduce en una mejor tasa fotosintética por parte de los tolares en estudio y relativamente igual en tallos/ramas y raíces este resultado obtenido en el presente estudio puede ser atribuido a que la raíz se encuentra bajo el estrato donde se producen.

Por otra parte, se ha estimado que el contenido de carbono “C” promedio de las dos especies de tola se expresa en tC/ha multiplicándose la biomasa seca por la fracción de carbono, se estimó el contenido de carbono por componente ramas/tallos de *Parastrephia*

*lepidophylla* tiene 0.83 tC/ha y un total promedio de 1.27 que es mayor a la otra especie *Baccharis incarum* que tiene en promedio 1.19 tC/ha (Figura 21 y Tabla 15).

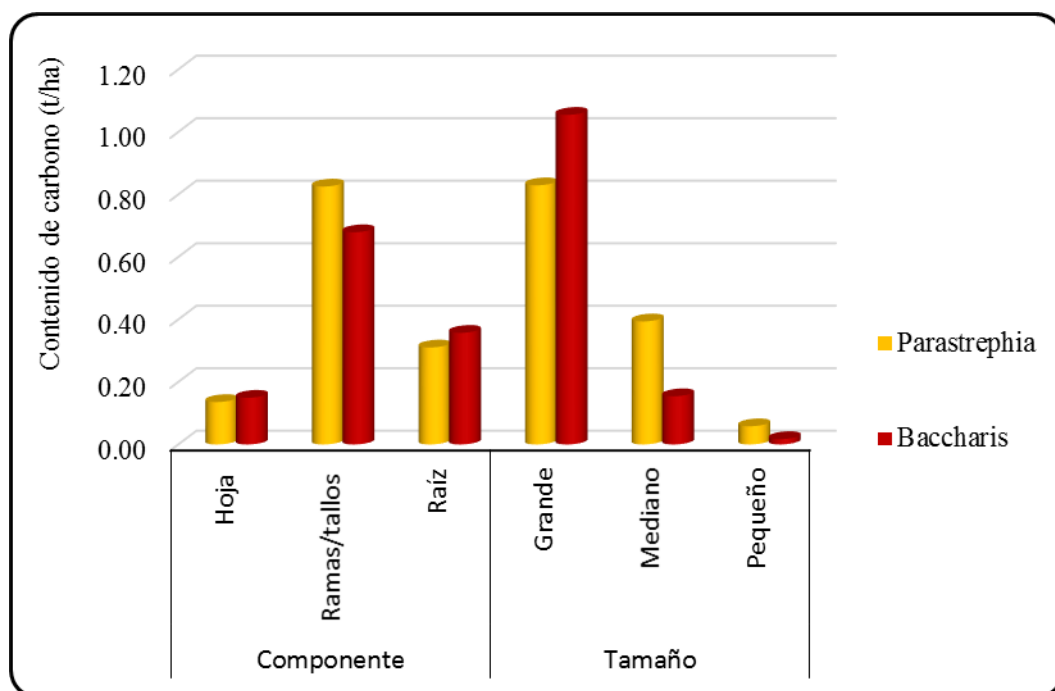


Figura 21. Contenido de carbono por componente y tamaño en el Distrito de Mazocruz sector Llusta - 2018

Tabla 15. Cantidad de carbono en la biomasa seca por componente.

Componentes	Especies de tola							
	<i>Parastrephia lepidophylla</i>				<i>Baccharis incarum</i>			
	Producción de materia seca (t/Ha)	Fracción de Carbono	Contenido de carbono		Producción de materia seca (t/Ha)	Fracción de Carbono	Contenido de carbono	
			tC/Ha	%			tC/Ha	%
Hoja	0.27	0.50	0.14	10.68	0.29	0.52	0.15	12.60
Ramas/tallos	1.71	0.48	0.83	64.91	1.52	0.45	0.68	57.27
Raíz	0.66	0.47	0.31	24.41	0.83	0.43	0.36	30.12
<b>Total</b>	<b>2.65</b>		<b>1.27</b>	<b>100.00</b>	<b>2.63</b>		<b>1.19</b>	<b>100.00</b>

Fuente: Elaboración propia.

Con respecto al tamaño de las especies la mayor cantidad de carbono almacenado se encuentra en grandes de *Parastrephia lepidophylla* y *Baccharis incarum* con 0.83 tC/ha y 1.05 tC/ha respectivamente, podemos indicar que el contenido de carbono está directamente relacionada al ritmo de crecimiento de la especie, es decir a mayor tamaño, mayor producción de biomasa seca lo que se traduce en un mayor contenido de carbono.

Tabla 16. Contenido de carbono por tamaño

Tamaños	Especies					
	<i>Parastrephia lepidophylla</i>			<i>Baccharis incarum</i>		
	Producción de materia seca (t/Ha)	Contenido de carbono		Producción de materia seca (t/Ha)	Contenido de carbono	
		tC/Ha	%		tC/Ha	%
Grande	1.71	0.83	64.72	2.27	1.05	86.01
Mediano	0.81	0.39	30.73	0.33	0.15	12.58
Pequeño	0.12	0.06	4.55	0.04	0.02	1.40
<b>Total</b>	<b>2.65</b>	<b>1.28</b>	<b>100.00</b>	<b>2.63</b>	<b>1.23</b>	<b>100.00</b>

Fuente: Elaboración propia.

Se pueden apreciar el contenido de carbono en otras especies realizados en Región Puno, llegan a superar en mayor parte al encontrado del presente estudio, donde el arbusto “Añahuaya” “*Adesmia miraflorensis*” tiene mayor contenido de carbono, así mismo la Chillihua se asemeja con el resultado obtenido en el presente estudio. El menor contenido de carbono en la tola se puede atribuirse a la menor densidad en comparación a la chillihua y añahuaya, también a la menor altura en comparación con la añahuaya, por el cual podemos decir el contenido de carbono en su biomasa está directamente relacionada con su crecimiento, densidad, los sistemas con mayor crecimiento e incremento de la biomasa presentan valores altos de acumulación de carbono, según la (Tabla 17).

Tabla 17. Carbono almacenado en distintas especies estudiadas en la Región Puno.

Especie y ecosistemas	Observación	Densidad plantas/ha	Contenido Carbono (tC/ha)	Método utilizado	Autor
<i>Parastrephia lepidophylla</i>	Supo thola	1 800	1.27*	Poder Calórico	
<i>Baccharis incarum</i>	Jinchuni thola	2 125	1.19*		
Chillihua " <i>Festuca dolichophylla</i> "	Chiji Mocco Pampa	11 100	2.10*	Poder Calórico	Flores, 2017
	Quello Circa Pampa	10 200	2.94*		
Bosque de queñuales " <i>Polylepis spp.</i> "	Estratos (suni alta, baja y media)		16.38**	Walkley y Black	Zapana, 2016
Eucalipto " <i>Eucalyptus globulus</i> "	Bosque del CIP-Camacani		95.42**	Walkley y Black	Huanacuni y Maquera, 2013
Pino " <i>Pinus radiata</i> "			164.12**		
Cipres " <i>Cupressus macrocarpa</i> "			88.99**		
"Añahuaya" " <i>Adesmia miraflorensis</i> "	Sitio Disperso	5 800	4.04*	Poder Calórico	Ticona, 2012
	Sitio Denso	8 875	4.65*		

\* Considera parte aérea y raíz.

\*\* Considera solo parte aérea

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.2 Estimación de captura de dióxido de carbono en las estructuras de la tola

La captura de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) promedio mediante el método del Poder Calórico se puede apreciar el contenido de dióxido de carbono por hectárea en la biomasa total de las dos especies estudiadas.

La captura de dióxido de carbono en la biomasa total (aérea y raíz) en dos especies estudiadas fue para la *Parastrephia* con un 4.66 tCO<sub>2</sub>/ha y *Braccharis* con un 4.35 tCO<sub>2</sub>/ha que harían un promedio de 4.51 tCO<sub>2</sub>/ha, las Ramas/tallos en ambas especies son los que capturan más cantidad de dióxido de carbono atmosférico (Figura 22 y Tabla 18).

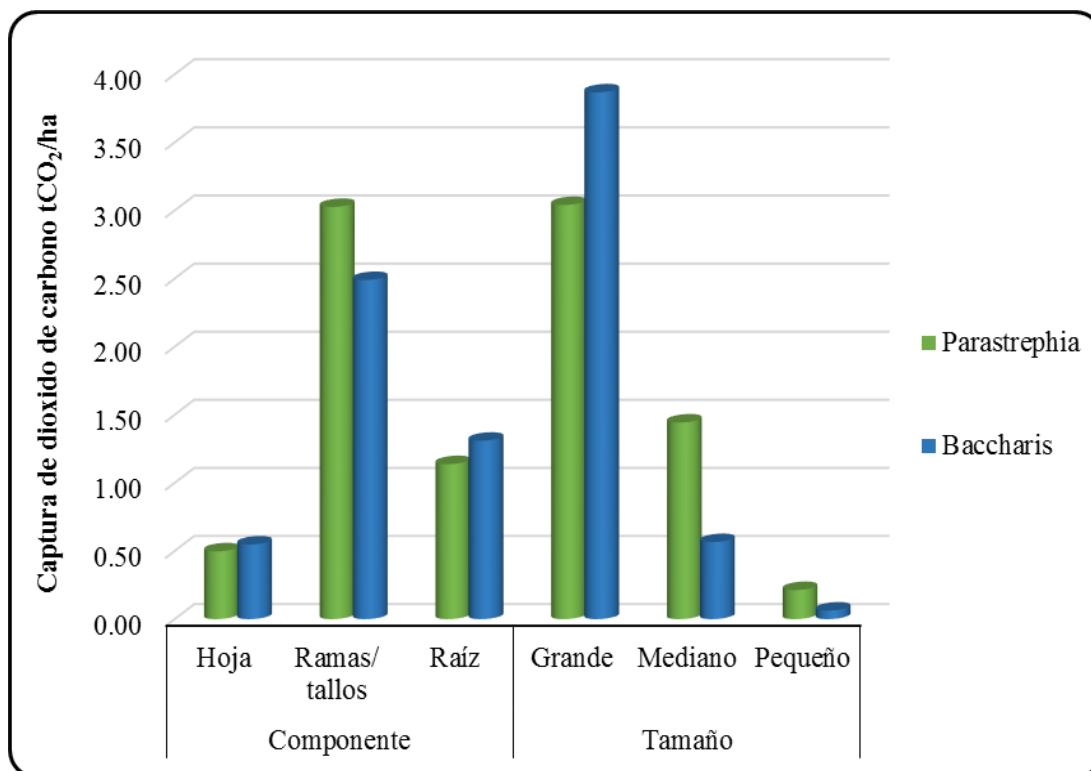


Figura 22. Captura de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) en la biomasa de la tola en el Distrito de Mazocruz sector Llusta – 2018

Tabla 18. Captura de CO<sub>2</sub> por componente de la tola

Componente	Especie							
	<i>Parastrephia lepidophylla</i>				<i>Baccharis incarum</i>			
	Contenido de carbono (tC/ha)	Factor	Captura de carbono		Contenido de carbono (tC/ha)	Factor	Captura de carbono	
			tCO <sub>2</sub> /ha	%			tCO <sub>2</sub> /ha	%
Hoja	0.14	44/12	0.50	10.68	0.15	44/12	0.55	12.60
Ramas/tallos	0.83	44/12	3.03	64.91	0.68	44/12	2.49	57.27
Raíz	0.31	44/12	1.14	24.41	0.36	44/12	1.31	30.12
<b>Total</b>	<b>1.27</b>		<b>4.66</b>	<b>100.00</b>	<b>1.19</b>		<b>4.35</b>	<b>100.00</b>

Fuente: Elaboración propia.



Analizando la captura de CO<sub>2</sub> por tamaño, podemos indicar que en las especies *Parastrephia* y *Baccharis* los arbustos grandes capturan más CO<sub>2</sub> (Tabla 19 y Figura 22), esta variación de la captura de CO<sub>2</sub> en los tres tamaños se debería al ritmo de crecimiento que presenta la especie, esa mayor captura se debe principalmente a la longitud y a la mayor cantidad de los tallos y ramas que comprenden los arbustos más grandes. Es decir, a mayor tamaño mayor captura.

Tabla 19. Captura de dióxido de carbono por tamaños

Tamaño	Especie							
	<i>Parastrephia lepidophylla</i>				<i>Baccharis incarum</i>			
	Contenido de carbono (tC/ha)	Factor	Captura de carbono		Contenido de carbono (tC/ha)	Factor	Captura de carbono	
			tCO <sub>2</sub> /ha	%			tCO <sub>2</sub> /ha	%
Grande	0.83	44/12	3.04	68.04	1.05	44/12	3.87	86.01
Mediano	0.39	44/12	1.44	29.62	0.15	44/12	0.57	12.58
Pequeño	0.06	44/12	0.21	2.34	0.02	44/12	0.06	1.40
<b>Total</b>	<b>1.28</b>		<b>4.70</b>	<b>100.0</b>	<b>1.23</b>		<b>4.50</b>	<b>100.00</b>

Aun no se cuenta con estudios de captura de carbono y CO<sub>2</sub> en tolares se hizo la comparación con especies altoandinas (tabla 20), se compara la captura de CO<sub>2</sub>/ha por especies estudiadas en la región Puno, el Añahuaya "*Adesmia miraflorensis*" y Chillihua "*Festuca dolichophylla*" tiene una mayor cantidad de CO<sub>2</sub> capturado, sin embargo, podemos atribuir esas diferencias a la densidad y biomasa seca reportada en cada caso.

Tabla 20. Comparativo de captura de CO<sub>2</sub> por distintas especies en región Puno.

Espece y ecosistemas	Observación	Densidad plantas/ha	Captura (tCO <sub>2</sub> /ha)	Método utilizado	Autor
<i>Parastrephia lepidophylla</i>	Supo thola	1 800	4.66*	Poder Calórico	
<i>Baccharis incarum</i>	Jinchuni thola	2 125	4.35*		
<i>Chillihua "Festuca dolichophylla"</i>	Chiji Mocco Pampa	11 100	7.70*	Poder Calórico	Flores, 2017
	Quello Circa Pampa	10 200	10.78*		
Bosque de queñuales "Polylepis spp."	Estratos (suni alta, baja y media)		60.06**	Walkley y Black	Zapana, 2016
Eucalipto " <i>Eucaliptus globulus</i> "	Bosque del CIP- Camacani		349.89**	Walkley y Black	Huanacuni y Maquera, 2013
Pino " <i>Pinus radiata</i> "			601.78**		
Cipres " <i>Cupressus macrocarpa</i> "			326.30**		
"Añahuaya"	Sitio Disperso	5 800	14.82*	Poder Calórico	Ticona, 2012
" <i>Adesmia miraflorensis</i> "	Sitio Denso	8 875	17.06*		

\* Considera parte aérea y raíz.

\*\* Considera solo parte aérea

Fuente: Elaboración propia.

En la (Figura 23), se puede comparar con otras plantas herbáceas presentando las especies de los humedales mayor captura donde se pudo deducir que influye la densidad y la biomasa directamente al contenido de captura de CO<sub>2</sub><sup>5</sup>.

Se compara la captura de CO<sub>2</sub>/ha por especie herbáceas como hortícolas y por ecosistema natural (humedales de Ancash, San Martín, arbusto ñañuaya y pastizales de “Chillihua”).

Hasta la fecha no se reportó estudios previos de captura de CO<sub>2</sub> en tolares (figura 23).

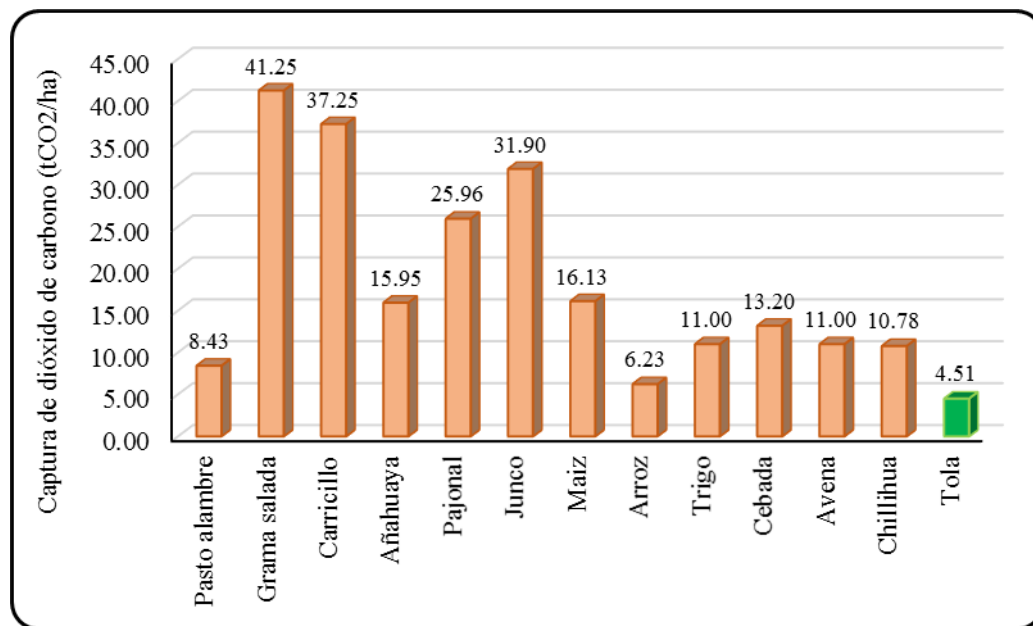


Figura 23. Captura de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) en distintas especies.

Fuente: Adaptado de Pérez (2015), Carvajal (2010) y Lapeyre (2004)

Dónde: Pasto alambre “*Brachiaria brisantha*”, Pajonal “*Deyeuxia recta* Kunth”

Según Paca, *et al.* (2003). En la cuantificación de extensión de tolares densos y dispersos en el ámbito peruano del sistema T.D.P.S. Peruano, fue de 175 667.32 ha, con una captura promedio de ambas especies de 4.51 tCO<sub>2</sub>/ha los tolares podrían capturar 791 439.99 tCO<sub>2</sub> en el altiplano puneño.

<sup>5</sup> Adaptada los autores Carvajal, M. (2010). Investigación sobre la absorción de CO<sub>2</sub> por los cultivos más representativos y Lapeyre, (2004) determinación de las reservas de carbono de la biomasa aérea, en diferentes sistemas de uso de la tierra en San Martín, Perú.

## V. CONCLUSIONES

- Se determinó la densidad en *Parastrephia lepidophylla* 1 800 arbustos/ha y en *Baccharis incarum* 2 125 arbustos/ha. La estimación de la biomasa seca total resultó en 2,65 tMS/ha y 2,63 tMS/ha en *Parastrephia* y *Baccharis* respectivamente. La fracción de carbono para especie *Parastrephia lepidophylla* fue: 0.50 para hojas, 0.48 para el tallo y 0.47 para la raíz. Mientras que en *Baccharis incarum* presentó 0.42 para hojas, 0.45 para el tallo y 0.43 para la raíz. Por otra parte, la cantidad de carbono almacenado por la *Parastrephia lepidophylla* fue de 1,27 tC/ha y 1,19 tC/ha en *Baccharis incarum*.
- La captura de CO<sub>2</sub> es de 4,66 tCO<sub>2</sub>/ha almacenado en biomasa de *Parastrephia lepidophylla* y 4,35 tCO<sub>2</sub>/ha en *Baccharis incarum*, lo cual nos indica que el sector Llusta es un lugar apto para generar un servicio ambiental por tanto es necesario implementar proyectos, programas y políticas de conservación y gestión sostenible. Así mismo cuantificaron 175 667.32 ha de tolares en el sistema T.D.P.S. Peruano, con una captura promedio de ambas especies 4.51 tCO<sub>2</sub>/ha los tolares capturarían 791 439.99 tCO<sub>2</sub> en el altiplano puneño.

## VI. RECOMENDACIONES

- Continuar las investigaciones con otras especies altoandinas ya que se debería dar mayor importancia a las especies de nuestra región por contribuir significativamente a mantener el balance de carbono positivo.
- Realizar estudios de condiciones edáficas y factores climáticos que podrían alterar los flujos de carbono.
- Se recomienda a la población en general incentivar a la conservación de especies altoandinas por su contribución a la reducción de gases de efecto invernadero por ser fuente almacenadora de CO<sub>2</sub> atmosférico.
- Realizar campañas de educación ambiental en los niveles de educación, con la finalidad de concientizar y dar a conocer la importancia de la protección y conservación de los ecosistemas del altiplano, especialmente en la zona de estudio.

## VII. REFERENCIAS

- Almagro, M. *et al.* 2009. Temperature dependence of soil CO<sub>2</sub> efflux is strongly modulated by seasonal patterns of moisture availability in a Mediterranean ecosystem. *Soil Biology & Biochemistry*, v.41, n.3, 594-605. p.
- Alzerreca, A. H. 1986. Campos nativos de pastoreo de la zona altiplánica y alto andina de Bolivia. I Convención Nacional en Producción de camélidos Sudamericanos. PMPR-CORDEOR-CEE-INFOL-IBTA-ABOPA. Oruro Bolivia.
- Alzérreca, H.; Calle, P., Cuti, J., Laura, J., Zárate, A. 2002. Manual de manejo y uso sostenible de la tola y los tolares. La Paz, Bolivia. pp. 1, 18-19, 34-35 p.
- Alzérreca, H.; Laura, J.; Prieto, G.; Céspedes, J.; Calle, P.; Vargas, A.; Cardozo, A. 2002. Estudio de la tola y su capacidad de soporte para ovinos y camélidos en el ámbito boliviano del sistema T.D.P.S. La Paz, Bolivia. 217 p.
- ANA-Autoridad Nacional del Agua. 2009. Estudio de Evaluación de los Recursos Hídricos en la Cuenca del Río Ilave. Volumen I. ALA Ilave. Puno-Peru. 282 p.
- Ayala, G. 1990. La. En agroecología y saber andino. AGRUCOPRATEC. Proyecto de Agrobiología de la Universidad de Cochabamba y Proyectos de Tecnologías campesinas. Lima. Perú.
- Ayma, L. D. Herve Y M. Sauvaim. (1995). Efecto de la Extracción Acuosa de la ChíllkaS (*Parastrephia lucida*) en el Control de la Sarna en Llama. En Waira Pampa: Un Sistema Pastoril Camélidos- Ovinos del Altiplano Arido boliviano. ORSTOM, CONPAC e IBTA. La Paz, Bolivia.
- Barker, T. *et al.* Mitigation from a cross-sectoral perspective: In: METZ, B.; Davidson, O. R.; Bosch, P. R.; Dave, R.; Meyer, L. A. (Eds). *Climate Change*. Cambridge: University Press, 2007. p. 26-93. (Mitigation. Contribution of Working

- Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change). Disponible em:
- [http://www.ipcc.ch/publications\\_and\\_data/ar4/wg3/en/ch11s11-es.html](http://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg3/en/ch11s11-es.html), retrieved. Acceso en 8 de octubre. 2018.
  - Beck, S.G. 1985. Florula ecológica de Bolivia. Advances in agronomy. Copia mimeografiada. La Paz Bolivia.
  - Bolin, B.; Sukumar, R. Global perspective. 2000. In: Land use, Land-use change, and Forestry (eds Watson RT, Noble IR, Bolin B, Ravindranath NH, Verardo DJ, Dokken, DJ), Cambridge: Cambridge University Press.
  - Brown, S.; Lugo, A.; Chapman, J. 1987. Biomass of tropical tree plantations and its implications for the global carbon budget. Canadian Journal of Forestry Research 16: 390-394 p.
  - Cabala. H. 1974. Estratificación forestal de Brinzales de Tola de la S.A: I:S: Puno – Perú.
  - Cabrera, A. 1978. Flora de la provincia de Jujuy. Colección científica del INTA. Buenos Aires, Argentina.
  - Choque, J. 2001. Herbário de la flora alto andina. Guia para la colección, herborización e identificación de la diversidad de pastos. Escuela de Post Grado, Universidad Nacional del Altiplano. Puno. Perú.
  - Choque, J. 2015. Manual de Inventario y Evaluación de Pastizales Naturales y Praderas. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Altiplano. Puno. Perú. 334 p.
  - Choque. J. *et al.* 1990. Evaluación Agrostologica y Ganadera de Unidades Familiares Alpaqueras de Puno Seca del Altiplano. Proyecto Alpacas. INA- CORPUNO. Serie Pastos.

- CIDIAG (Centro de Información y Desarrollo Integral de Autogestión). 2001. Manejo sostenible de las praderas Altoandinas: Experiencias en la comunidad campesina 14 incas. Lima. Perú. 22 p.
- Coca, S. 1996. “Evaluación Biológica de Especies de T’ola de la Región Andina de Bolivia”. Fac. Agronomía, Tesis de Grado. La Paz – Bolivia. Pag 2103.
- Cubero, J. y Rojas, S. 1999. Fijación de carbono en plantaciones de melina (*Gmelina arborea* Roxb.), teca (*Tectona grandis* L.) y pochote (*Bombacopsis quinata* Jacq.) en los cantones de Hojanca y Nicoya, Guanacaste, Costa Rica. 86 p.
- D’Amelio, M. T. S. Estudo de gases de efeito estufa na Amazônia. 2006. 178 f. Dissertacao (Mestrado em Ciências) - Instituto de Pesquisas Energeticas e Nucleares. Universidade de Sao Paulo, Sao Paulo.
- Eduarte, E. y Segura, M. 1998. Determinación de Carbón Utilizando la Calorimetría (Nota técnica). En Ciencias Ambientales. (CR) N° 15:54 – 55 p.
- EPA - United states environmental protection agency. Climate change (site). 2015. Consultado el 10 de octubre 2018. Disponible en: <https://espanol.epa.gov/espanol/el-cambio-climatico-y-usted> acceso en 10/09/2018.
- FAO. 1996. Cambio climático, bosques y ordenación forestal: una visión de conjunto. Roma. Italia. 146 pp.
- Fearnside, P. M. 2015. Pesquisa sobre conservação na Amazônia brasileira e a sua contribuição para a manutenção da biodiversidade e uso sustentável das florestas tropicais. 2015. pp. 21-49 In: I. C. G. Vieira, M. A. G. Jardim & E. J. P. da Rocha (eds.). Amazônia em Tempo: Estudos Climáticos e Socioambientais. Universidade Federal do Pará, Museu Paraense Emílio Goeldi & Embrapa Amazônia Oriental, Belém, Pará. 462 p.



- Flores, A. Y Malpartida, E. 1987. Manejo de Praderas Nativas y Pasturas Altoandinas. Tomo I. Fondo del Libro, Banco Agrario del Perú. Lima, Perú.
- Flores, M. 2017. Captura de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) en la “chillihua” (*festuca dolichophylla* presl) de los pastizales del CIP Illpa-Puno. Universidad Nacional del Altiplano. Tesis de pre grado. Puno-Perú. 119 p.
- Gonzales. C. 1994. Densificación y poder calorífico de especies leñosas Arboreas y arbustivas Nativas alto andinas. Concultoria andina PELT Puno – Perú.
- Hayashi, R., Bettinger, P. 2006. Above ground biomass estimation in a forestland using a Landsat thematic mapper image with supervised regression analysis. In: 5th Southern Forestry and Natural Resources GIS Conference. Asheville. 63-69 pp.
- Heady, H. 1971. La explotación de los pastizales de secano. Editorial ACRIBIA. Zaragoza. España.
- Holdridge, L. 1979, Ecología basada en zonas de vida. IICA. San José, Costa Rica. 214 p.
- Holdridge, L. 1978. Ecología Basada en Zonas de Vida. San José, Costa Rica. IICA (Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas). 216 p.
- Homma, A. K. O. 2013b. Amazônia: os avanços e os desafios da pesquisa agrícola. *Parcerias Estratégicas*, 18(36): 33-54. P.
- Huanacuni, J. y Maquera, D. 2013. Estimación de Carbono capturado en los rodales de tres especies forestales en el bosque de CIP- Camacani. Universidad Nacional del Altiplano. Tesis de pre grado. Puno. Perú. 94 p.
- ICRAF (Centro Internacional de Agroforestería) / CODESOL (Comunidad de Desarrolladores de Software con Orientación Libre). 2003. Manual de Determinación de las reservas totales de carbono en los diferentes sistemas de Uso de la Tierra en Perú. Lima. Perú. 4-7 p.

- IIAP (Instituto de Investigación de la Amazonia Peruana). 2006. Servicios ambientales de almacenamiento y secuestro de carbono del ecosistema Aguajal en la Reserva Nacional Pacaya Samiria Loreto-Perú. Documento técnico N° 29. Loreto. Perú. 62 p.
- IIP QOLLASUYO, 2000; Propuesta del plan de trabajo para la Ejecución del Subcontrato 21.07 “Estudio de la thola y su capacidad de soporte para ovinos y camélidos en el ámbito peruano del sistema T.D.P.S”
- IPCC. 2014. Climate Change 2014: Synthesis Report. Disponible en: [http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/syr/AR5\\_SYR\\_FINAL\\_All\\_Topics.pdf](http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/syr/AR5_SYR_FINAL_All_Topics.pdf)
- IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007: Climate Change 2007 - The Mitigation of Climate Change. Contribuição do grupo de trabalho III para o quarto relatório de avaliação do Painel Intergovernmental sobre Mudança do Clima. Cambridge University Press, New York / London, 851 p.
- IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change. 2007a. Issues related to mitigation in the long-term context. Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Inter-governmental Panel on Climate Change [B. Metz, O. R. Davidson, P. R. Bosch, R. Dave, L.A. Meyer (eds)], Cambridge University Press, Cambridge. Disponible en: <https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg3/ar4-wg3-chapter3.pdf>. Acceso: 08/10/2018.
- IPCC. Painel Intergovernmental de Mudanças Climáticas. 2000. “IPCC Special Report: Land Use, Land-Use Change and Forestry”. ISBN: 92-9169-114-3.
- Janzen, H. H. 2004. Carbon cycling in earth systems—a soil science perspective. Agriculture, Ecosystems & Environment, v. 104, 399–417 p.

- Jaramillo, V. J. 2004. El ciclo global del carbono. Cambio climático: una visión desde México. 77 p.
- Kalra, P. y Maynard, G. 1991. Methods Manual for Forest soil and plant analysis. (en línea). Consultado el 01 de noviembre 2018. Disponible en: [http://web.unbc.ca/~arocenaj/lab/kalra\\_maynard.pdf](http://web.unbc.ca/~arocenaj/lab/kalra_maynard.pdf)
- Lapeyre, T., Alegre, J., & Arévalo, L. 2004. Determinación de las reservas de carbono de la biomasa aérea, en diferentes sistemas de uso de la tierra en San Martín, Perú. *Ecología Aplicada*, 3(1-2), 35-44. Disponible en <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=34130206>
- Llica, Alfredo. 1998. Efectos de la cobertura de t'ola (*Parastrephia* spp.), en producción de gramíneas forrajeras. Tesis. UNA Puno – Facultad de Ciencias Agrarias. Puno – Perú.
- Ludevid, A. 1998. El cambio global en el medio ambiente: introducción a sus causas. boixareu. Madrid. 45 p.
- MAHRT, L. 1998. Stratified Atmospheric Boundary Layers and Breakdown of Models. *Theoretical and Computational Fluid Dynamics*, v.11, 263-279 p.
- Mallea, J. 1996. Importancia de las Especies Leñosas dentro de un Sistema de Producción Tradicional en el Altiplano Central. Tesis de Grado IJMSA La Paz - Bolivia. pp. 190 - 191. MORALES, C. B. 1994. Huaraco, Comunidad de la Puno, Instituto de Ecología. La Paz, Bolivia.
- Mamani, J. 2017. Relación del tamaño de banco de propágulos y su potencial de regeneración en parcelas en descanso en tres comunidades del municipio de Patacamaya. Universidad Mayor de San Andrés. Tesis de pre grado. La Paz – Bolivia. 94 p.

- Márquez, J. 2002. Distribución altitudinal de gramíneas de páramo como respuesta a las rutas metabólicas y los mecanismos de resistencia a las bajas temperaturas. Trabajo de grado para optar al título de Magister Scientiae. Universidad de Los Andes, Facultad de Ciencias. Instituto de Ciencias Ambientales y Ecológicas, Postgrado en Ecología Tropical. Mérida.
- Medrano, R.; Chupan, L.; y Vila, M. 2012. Almacenamiento de carbono en especies predominantes de flora en el lago Chinchaycocha. *Apuntes de Ciencia & Sociedad*, 28(2). Junín. 8 p.
- Michelsen, O. 2007. “Assessment of Land Use Impact on Biodiversity. Proposal of a new methodology exemplified with forestry operations in Norway”. *Int J LCA* 13 (1) 22–31 p.
- MINAM (Ministerio de Ambiente). 2015b. Estrategia Nacional ante el Cambio Climático 2015. Vice ministerio de Desarrollo Estratégico de los Recursos Naturales. Abril 2015. San Isidro / Lima – Perú. 88p. Recuperado de: <http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2015/09/ENCC-FINAL-250915-web.pdf>
- MINAM (Ministerio de Ambiente). 2016. El Perú y el Cambio Climático: Tercera Comunicación Nacional del Perú. 329 p.
- Ministerio del Ambiente, 2015. Guía de inventario de la flora y vegetación. Dirección General de Evaluación, Valoración y Financiamiento del Patrimonio Natural. Lima. 45 p.
- MINAM - Ministerio del Ambiente, 2015. Mapa nacional de cobertura vegetal: memoria descriptiva. Dirección General de Evaluación, Valoración y Financiamiento del Patrimonio Natural. Lima. 75-77 p.

- Morales, C. B. 1994. Huaraco, Comunidad de Puno, Instituto de Ecología. Laz Paz, Bolivia.
- Neto, C.C. 2002. Modelo de compensação de CO<sub>2</sub> para empresas poluidoras do Ar: Um estudo de caso no vale do Itapocu, Região Norte de Santa Catarina. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina.
- OBSERVATORY MAUNA LOA. Earth system research laboratory. Disponível em: <https://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/index.html> acesso em: 06/08/2018.
- ONERN, 1984. Inventario, Evaluación e Integración de los Recursos Naturales de la Micro Región Puno. Lima-Perú.
- Orrego, S.; Jaramillo, L.; Loaiza, L. 1998. Venta de servicios ambientales: posibilidades y limitaciones para el departamento del Choco. Alto vuelo comunicaciones. Medellin. 20 p.
- Paca, F.; Paca, R.; Palao, A.; Canaza, D.; Bustinza, H.; Vasquez, G.; Chambilla, R. Y Chavez, M. 2003. Autoridad Binacional del Lago Titicaca sistema TDPS. Estudio de la t'ola y su capacidad de soporte para ovinos y camélidos en el ámbito peruano del sistema. Instituto de investigación, producción, servicios y capacitación, Puno. 9-55 p.
- Paladines, O. 1992. Metodología para trabajar en fincas y proyectos de desarrollo agropecuario. Proyecto "Fomento Ganadero". Quito. Ecuador.
- Palomino, D. 2007. Estimación del servicio ambiental de captura del CO<sub>2</sub> en la flora de los Humedales de Puerto Viejo. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Tesis de Post Grado. Lima. Perú. 90 p.
- Pearson, T., Walker, S. & Brown, S. 2005. Sourcebook for Land Use, Land-Use Change and Forestry Projects. Biocarbon Fund. Winrock International.

- Pérez Mercado, R. 1994. Comportamiento hídrico-fisiológico y Fases fenológicas de la Thola. Tesis Ing. Agr. Oruro, BO. 130 pp.
- PNUD, 2003. Conservación de la biodiversidad en la cuenca del lago titicaca - Desaguadero – Poopo – Salar de Coipasa (TDPS). Puno. Perú.
- Prieto, G. Alzerreca, H. 1990. Diagnóstico de las actividades Forrajeras en el Altiplano y Alto Andinas de Bolivia En; Pastizales Andinos, Importancia, Producción y Mejoramiento. CIF – UMSS. IBTA; REBOFO, Cochabamba, Bolivia.
- PROCHILE. 2012. Dirección de Promoción de Exportaciones. Servicios. Calidad y medio ambiente. [en línea]. Consultado el 10 de octubre 2018. Disponible en: [http://www.prochile.cl/servicios/medioambiente/bonos\\_de\\_carbono.php](http://www.prochile.cl/servicios/medioambiente/bonos_de_carbono.php).
- QOLLASUYO. 2003. Estudio de tola y su capacidad de soporte para ovinos y camélidos, en el ámbito peruano del sistema TDPS. Informe final subcontrato 21.07 Puno- PERU.
- Quelca. M. 1999. Evaluación de la erosión de suelos por la extracción de tola *Parastrephia quadrangulares*. En la ciudad de Calacoto, provincia Pacajes del departamento de la Paz. Tesis.
- Quispe, J. 2015. Crecimiento de sup`u` t`ula (*parastrephia lepidophylla* Cabrera) con abonamiento orgánico en el centro experimental k`iphak`iphani, Viacha. Universidad Mayor de San Andrés. Tesis de grado. La paz. Bolivia. 94 p.
- Ramos. L. 1999. Determinación de sustratos para la propagación sexual de *Parastrephia lepidophylla* (wedd) cabrera AST. “Tola”. Tesis facultad de ciencias biológicas UNA Puno Perú.
- Reserva Nacional del Titicaca – RNT. 2002. Plan Maestro de la Reserva Nacional del Titicaca 2003 – 2007. Instituto Nacional de Recursos Naturales INRENA, Lima Perú. 95 p.

- Reynel, C. 1988. Plantas para leña en el sur occidente de Puno. Proyecto árbol – andino Puno. Perú. 166 p.
- Sarria, P. 2007. El Mercado de carbono. EcoSecurities Group PLC.
- Seibert, P. 1982. Human Impact On Landscape And Vegetation In The Central High Andes. Separata Chapter 19. Ruen's Impact On Vegetation. Dr. W Jun K. Publ. Netherlands.
- Simbaña, N. 2011. Estimación de la captura de carbono plantaciones de Eucalyptus globulus Labill. Universidad Nacional Agraria la Molina. Tesis de Post Grado. Lima. Perú. 126 p.
- Solano, M. 1996. Taxonomía Sistemática Vegetal. FCA – UNA. PUNO.
- Tapia, M. Y Flores J. 1984. Pastoreo y Pastizales de Os Andes del Sur del Perú. Programa de investigación en Rumiantes Menores. Lima, Perú.
- Ticona, R. 2012. Captura de Carbono (CO<sub>2</sub>) por la vegetación arbustiva Añahuaya (*Adesmia miraflorensis* Remy) CIP ILLPA-Puno. Universidad Nacional del Altiplano. Tesis de pre grado. Puno-Perú. 86 p.
- Ttimp, E. 2010. Evaluación Agrostológica de los Pastizales Naturales en Época de Lluvia y Seca del Centro de Investigación y Producción Illpa-Puno, UNA-Puno. Tesis Ing. Agrónomo. Puno. Perú. 103 p.
- UNFCC – United nations framework convention on climate change .2001a. Convenção sobre Mudança do Clima. 2.ed. Brasília: MCT, 30p.
- Vilca, E. 2006. Evaluación de las líneas de uso del recurso thola en cuatro comunidades del departamento de Puno. Tesis de pre grado. Universidad Nacional del Altiplano – Puno. Perú.

- Williams, A. C.; Scanlon, T. M.; Albertson, J. D., Influence of Surface heterogeneity on scalar dissimilarity in the roughness sublayer. *Boundary-Layer Meteorology*, v.122, p.149-165. 2007.
- WMO (World Meteorological Organization statement on the status of the global climate in 2015). 2016. (en línea). Consultado el 10 de octubre 2018. Disponible en: <http://www.cma.gov.cn/en2014/news/News/201603/P020160322334697539255.pdf>
- WWF. World Wildlife Fund. 2008. “Deforestation, Forest degradation, Biodiversity loss and CO<sub>2</sub> emissions in Riau”, Sumatra, Indonesia.
- Yamallel, J. I. Y., Pérez, J. J., Rodríguez, E. A., Calderón, O. A. A., Tagle, M. A. G., & Garza, E. J. T. 2014. Dinámica de la Captura de Carbono en Pastizales Abandonados del Noreste de México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 17(1), 113-121. : [Fecha de consulta: 20 de agosto de 2018] Disponible en:<<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=93930735009>> ISSN
- Zapana, M. 2016. Carbono almacenado en la biomasa aérea de los queñuales (*Polylepis spp.*) en el bosque de Motoni-San Cayetano ubicado en el distrito de Pucará-Región Puno. Universidad Nacional del Altiplano. Tesis de pre grado. Puno. Peru. 98 p.
- Zevallos C. E y Alzérreca. H. 1978. Determinación del área de herbaje del arbusto nativo *Prastrephia lepidophylla* en base al área de copa, en: primera reunión nacional en pradera Nativa de Bolivia ABOPA, Oruro Bolivia.
- Zevallos, E. Y Alzarreca, H. 1988. Determinación de rendimiento en Herbaje del Arbusto Nativo *Parastrephia lepidophylla* en base el área de copa En; Primera Reunión Nacional en Praderas Nativas de Bolivia, ABOPA. Oruro, Bolivia.



**ANEXOS**

ANEXO A

Ficha para conteo de plantas en parcela cuadrada

Tipo de pastizal: .....Ubicación: .....

Fisiografía: .....Clase de suelo: .....Altitud: .....

Área parcela cuadrada: ..... Fecha: .....

Especie contada/parcela(Nº). Área/especie (A). Densidad especie (D/ha)

ESPECIES	C1	C2	C3	C4	$\Sigma$	A m <sup>2</sup> /especie	D/ha
	Nº	Nº	Nº	Nº			

ANEXO B

Tabla B 1. Densidad de arbustos por cuadrante de 100 m<sup>2</sup> en ambas especies de tola.

Cuad.	Tamaño (m)	Especie	Medida de alturas (m)												X	S	Densidad
			1.05	0.93	1.26	1.23	1.27	1.21	0.87	1.02	1.08	0.87	1.04	1.04			
1	G	<i>Parastrephia lepidophylla</i>	1.05	0.93	1.26	1.23	1.27	1.21							1.16	0.14	6
		<i>Baccharis incarum</i>	1.08	1.09	0.97	1.04	0.84	1.04	0.87	1.02	1.08				1.00	0.09	9
	M	<i>Parastrephia lepidophylla</i>	0.8	0.67	0.76	0.79	0.8	0.58	0.66	0.71					0.72	0.08	8
		<i>Baccharis incarum</i>	0.62	0.55	0.48	0.69	0.63	0.67	0.75						0.63	0.09	7
2	P	<i>Parastrephia lepidophylla</i>	0.26	0.4	0.39	0.39	0.34	0.37	0.31						0.35	0.05	7
		<i>Baccharis incarum</i>	0.29	0.39	0.28	0.34	0.29								0.32	0.05	5
	G	<i>Parastrephia lepidophylla</i>	0.99	1.08	1.13	1.05	1.18								1.09	0.07	5
		<i>Baccharis incarum</i>	1.12	1.1	1.08	0.91	1.08	1.06	0.84	1.08					1.03	0.10	8
3	M	<i>Parastrephia lepidophylla</i>	0.73	0.8	0.69	0.72	0.8	0.63	0.72						0.73	0.06	7
		<i>Baccharis incarum</i>	0.66	0.54	0.58	0.62	0.73								0.63	0.07	5
	P	<i>Parastrephia lepidophylla</i>	0.4	0.34	0.31	0.4	0.19	0.39							0.34	0.08	6
		<i>Baccharis incarum</i>	0.38	0.28	0.39	0.29	0.34	0.38	0.35						0.34	0.04	7
4	G	<i>Parastrephia lepidophylla</i>	1.11	1.17	1.06	1.09	0.97							1.08	0.07	5	
		<i>Baccharis incarum</i>	1.05	0.83	0.9	1.07	1.11	0.97	1.01						0.99	0.10	7
	M	<i>Parastrephia lepidophylla</i>	0.8	0.74	0.55	0.79	0.73	0.68	0.86						0.74	0.10	7
		<i>Baccharis incarum</i>	0.74	0.76	0.64	0.64	0.62	0.68	0.77	0.78	0.64	0.67			0.70	0.07	10
5	P	<i>Parastrephia lepidophylla</i>	0.32	0.4	0.39	0.27	0.38	0.39							0.36	0.05	6
		<i>Baccharis incarum</i>	0.37	0.31	0.38	0.27	0.38	0.21	0.39						0.33	0.07	7
	G	<i>Parastrephia lepidophylla</i>	1.24	1.06	1.28	1.18	0.98								1.15	0.13	5
		<i>Baccharis incarum</i>	1.05	1.08	1.12	1.05	0.91	1.17	0.87						1.04	0.11	7
6	M	<i>Parastrephia lepidophylla</i>	0.53	0.74	0.74	0.79	0.76								0.71	0.10	5
		<i>Baccharis incarum</i>	0.64	0.78	0.67	0.67	0.7	0.71	0.64						0.69	0.05	7
	P	<i>Parastrephia lepidophylla</i>	0.26	0.4	0.38	0.34	0.39								0.35	0.06	5
		<i>Baccharis incarum</i>	0.31	0.37	0.28	0.4	0.31	0.37							0.34	0.05	6

Tabla B 2. Producción de biomasa seca en *Parastrephia lepidophylla*.

Cuad.	Tamaño	Rep.	Altura en (m)	Biomasa seca en (kg)				Peso X arbusto (kg)
				Hoja	Tallo	Raíz	Total	
C1	Grande	1	0.97	0.331	1.059	0.812	2.202	2.835
		2	1.14	0.274	2.013	0.785	3.072	
		3	1.08	0.549	1.942	0.739	3.230	
	Mediano	1	0.57	0.104	0.211	0.369	0.685	0.842
		2	0.68	0.105	0.401	0.369	0.875	
		3	0.78	0.247	0.349	0.369	0.965	
	Pequeño	1	0.38	0.027	0.155	0.019	0.201	0.242
		2	0.29	0.040	0.218	0.026	0.284	
		3	0.31	0.044	0.151	0.045	0.240	
C2	Grande	1	0.89	0.317	0.543	0.870	1.730	2.228
		2	1.13	0.264	1.196	0.929	2.390	
		3	0.95	0.232	1.669	0.664	2.565	
	Mediano	1	0.54	0.249	0.356	0.343	0.949	2.133
		2	0.68	0.153	0.400	0.343	0.896	
		3	0.45	0.168	4.044	0.343	4.556	
	Pequeño	1	0.25	0.029	0.047	0.081	0.157	0.138
		2	0.33	0.016	0.043	0.081	0.141	
		3	0.29	0.014	0.020	0.081	0.115	
C3	Grande	1	0.88	0.098	1.096	0.576	1.770	3.152
		2	0.99	0.264	2.658	0.576	3.498	
		3	1.16	0.187	3.424	0.576	4.187	
	Mediano	1	0.77	0.113	0.630	0.030	0.773	0.993
		2	0.48	0.144	1.070	0.023	1.238	
		3	0.54	0.126	0.827	0.017	0.970	
	Pequeño	1	0.4	0.029	0.035	0.254	0.319	0.311
		2	0.33	0.020	0.041	0.254	0.314	
		3	0.36	0.020	0.026	0.254	0.300	
C4	Grande	1	1.15	0.218	1.436	1.418	3.072	4.845
		2	0.94	0.564	4.551	1.418	6.533	
		3	1.01	0.433	3.079	1.418	4.930	
	Mediano	1	0.73	0.073	0.624	0.024	0.721	0.854
		2	0.71	0.087	0.742	0.029	0.858	
		3	0.54	0.066	0.892	0.027	0.985	
	Pequeño	1	0.33	0.029	0.040	0.061	0.130	0.113
		2	0.31	0.025	0.040	0.061	0.125	
		3	0.21	0.008	0.014	0.061	0.083	

Tabla B 3. Producción de biomasa seca en *Baccharis incarum*

Cuad.	Tamaño	Rep.	Altura en (m)	Biomasa seca en (kg)				Peso`X arbusto (kg)
				Follaje	Tallo	Raíz	Total	
C1	Grande	1	1.04	0.667	2.714	0.811	4.192	3.262
		2	0.95	0.752	1.761	0.662	3.174	
		3	1.1	0.466	1.143	0.811	2.420	
	Mediano	1	0.72	0.076	0.240	0.134	0.449	0.404
		2	0.63	0.054	0.260	0.134	0.448	
		3	0.71	0.024	0.158	0.134	0.316	
	Pequeño	1	0.35	0.004	0.017	0.027	0.048	0.047
		2	0.27	0.005	0.014	0.027	0.046	
		3	0.31	0.005	0.012	0.027	0.045	
C2	Grande	1	1.15	0.226	1.358	1.459	3.043	4.225
		2	1.01	0.491	3.701	0.798	4.989	
		3	0.99	0.213	2.971	1.459	4.644	
	Mediano	1	0.63	0.089	0.354	0.066	0.509	0.402
		2	0.75	0.047	0.165	0.066	0.278	
		3	0.58	0.031	0.322	0.066	0.419	
	Pequeño	1	0.33	0.005	0.009	0.014	0.028	0.033
		2	0.38	0.003	0.005	0.014	0.022	
		3	0.29	0.016	0.019	0.014	0.049	
C3	Grande	1	1.04	0.092	1.080	0.720	1.891	1.881
		2	0.88	0.095	1.285	0.720	2.100	
		3	1.05	0.086	0.847	0.720	1.653	
	Mediano	1	0.75	0.163	0.612	0.167	0.942	0.710
		2	0.65	0.085	0.312	0.167	0.565	
		3	0.78	0.107	0.348	0.167	0.622	
	Pequeño	1	0.25	0.014	0.033	0.032	0.078	0.065
		2	0.37	0.005	0.020	0.032	0.056	
		3	0.34	0.010	0.020	0.032	0.062	
C4	Grande	1	1.13	0.135	1.027	0.973	2.135	2.325
		2	0.98	0.128	0.762	0.973	1.863	
		3	1.04	0.277	1.728	0.973	2.978	
	Mediano	1	0.75	0.016	0.070	0.127	0.214	0.313
		2	0.69	0.089	0.019	0.127	0.235	
		3	0.48	0.045	0.319	0.127	0.491	
	Pequeño	1	0.35	0.003	0.013	0.061	0.077	0.092
		2	0.27	0.015	0.027	0.061	0.103	
		3	0.21	0.007	0.027	0.061	0.095	

Tabla B 4. Determinación del porcentaje de humedad y materia seca en laboratorio

<b>Clave Laboratorio</b>	<b>clave</b>	<b>Biomasa verde</b>	<b>Biomasa seca</b>	<b>H(%)</b>	<b>MS(%)</b>
A1	PLH-1	302.043	181.112	40.038	59.962
A2	PLH-2	305.361	185.031	39.406	60.594
A3	PLH-3	302.386	181.197	40.078	59.922
A4	PLH-4	297.427	181.016	39.139	60.861
A5	PLT-1	250.849	190.655	23.996	76.004
A6	PLT-2	261.149	190.997	26.863	73.137
A7	PLT-3	295.784	213.925	27.675	72.325
A8	PLT-4	308.372	227.590	26.196	73.804
A9	PLR-1	285.272	204.635	28.267	71.733
A10	PLR-2	314.516	221.540	29.562	70.438
A11	PLR-3	289.532	209.035	27.802	72.198
A12	PLR-4	258.263	179.635	30.445	69.555
B1	BIH-1	312.984	167.8	46.387	53.613
B2	BIH-2	304.468	161.480	46.963	53.037
B3	BIH-3	310.087	163.240	47.357	52.643
B4	BIH-4	302.939	161.457	46.703	53.297
B5	BIT-1	253.954	189.650	25.321	74.679
B6	BIT-2	291.493	211.710	27.370	72.630
B7	BIT-3	289.861	209.615	27.684	72.316
B8	BIT-4	299.220	199.350	33.377	66.623
B9	BIR-1	299.548	192.730	35.660	64.340
B10	BIR-2	296.911	196.419	33.846	66.154
B11	BIR-3	298.249	186.060	37.616	62.384
B12	BIR-4	296.865	187.050	36.992	63.008

Tabla B 5. Fracción de conversión de carbono por el método de poder calórico

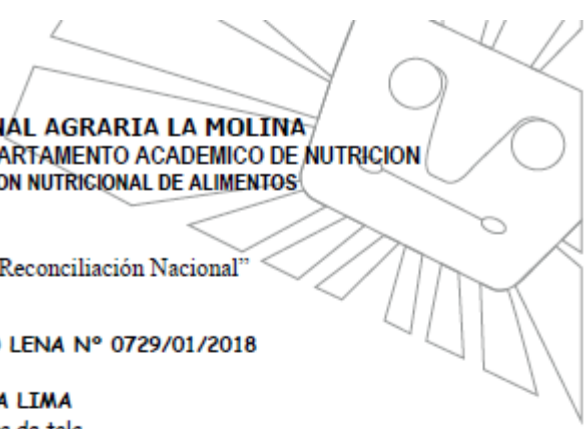
Descripción	Componentes estructurales de la tola					
	<i>Parastrephia lepidophylla</i>			<i>Baccharis incarum</i>		
	PLH - Hoja	PLT- Tallo	PLR - Raiz	BIH - Hoja	BIT- Tallo	BIR - Raiz
Peso muestra seca g.	124	110	106	128	103	128
Kcal/kg	4800.7	4601.5	4464.7	4941.5	4271	4131
J	4.1868	4.1868	4.1868	4.1868	4.1868	4.1868
J/1000g	20099.57	19265.56	18692.81	20689.07	17881.82	17295.67
Energía requerida por una planta J	480000	480000	480000	480000	480000	480000
Moles de Carbono	0.04187	0.04014	0.03894	0.04310	0.03725	0.03603
Peso molecular del Carbono	12	12	12	12	12	12
<b>Fracción de Carbono</b>	<b>0.50</b>	<b>0.48</b>	<b>0.47</b>	<b>0.52</b>	<b>0.45</b>	<b>0.43</b>

ANEXO C

Análisis de Energía total de *Parastrephia lepidophylla*



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**  
**FACULTAD DE ZOOTECNIA - DEPARTAMENTO ACADEMICO DE NUTRICION**  
**LABORATORIO DE EVALUACION NUTRICIONAL DE ALIMENTOS**



“Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional”

**INFORME DE ENSAYO LENA N° 0729/01/2018**

CLIENTE : MONICA HUALPA LIMA  
 NOMBRE DEL PRODUCTO : 03 Muestras harina de tola  
 (Denominación responsabilidad del cliente)  
 MUESTRA : PROPORCIONADA POR EL CLIENTE  
 FECHA DE RECEPCIÓN : 23-07-2018  
 FECHA DE ANÁLISIS : Del 23/07/18 al 31/07/18  
 CANTIDAD DE MUESTRA : indicados en tabla  
 PRESENTACION : Muestra en bolsa de polietileno  
 IDENTIFICACION : AQ18-0729

**RESULTADOS DE ANÁLISIS**

NOMBRE	PLH	PLT	PLR
Peso (g)	124	110	106
a.- ENERGIA TOTAL, (Kcal/Kg)	4800.7	4601.5	4464.7

**Método utilizado:**

a.- Energía Total por Bomba Calorimétrica

Atentamente,

La Molina, 31 de Julio del 2018

**Ing. Gloria Palacios Pinto**  
 Jefe del Laboratorio de Evaluación  
 Nutricional de Alimentos



Análisis de Energía total de *Baccharis incarum*



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**  
**FACULTAD DE ZOOTECNIA - DEPARTAMENTO ACADEMICO DE NUTRICION**  
**LABORATORIO DE EVALUACION NUTRICIONAL DE ALIMENTOS**

“Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional”

**INFORME DE ENSAYO LENA N° 0729/02/2018**

CLIENTE : MONICA HUALPA LIMA  
 NOMBRE DEL PRODUCTO : 03 Muestras harina de tola  
 (Denominación responsabilidad del cliente)  
 MUESTRA : PROPORCIONADA POR EL CLIENTE  
 FECHA DE RECEPCIÓN : 23-07-2018  
 FECHA DE ANÁLISIS : Del 23/07/18 al 31/07/18  
 CANTIDAD DE MUESTRA : indicados en tabla  
 PRESENTACION : Muestra en bolsa de polietileno  
 IDENTIFICACION : AQ18-0729

**RESULTADOS DE ANÁLISIS**

NOMBRE	BIH	BIT	BIR
Peso (g)	128	103	128
a.- ENERGIA TOTAL, (Kcal/Kg)	4941.5	4271.0	4131.0

**Método utilizado\***

a.- Energía Total por Bomba Calorimétrica

Atentamente,

La Molina, 31 de Julio del 2018

Ing. Gloria Palacios Pinto  
 Jefe del Laboratorio de Evaluación  
 Nutricional de Alimentos





ANEXO D

Análisis de porcentaje de humedad y materia seca de *Parastrephia lepidophylla*



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO  
 FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRONÓMICA  
 LABORATORIO DE PASTOS Y FORRAJES



**RESULTADO DE ANÁLISIS**

Asunto : Análisis de porcentaje de humedad y materia seca de “TOLA”  
 (*Parastrephia lepidophylla* Wedd)

Procedencia : SECTOR LLUSTA DISTRITO DE MAZOCRUZ - PUNO.

Interesado : Bach. MONICA HUALPA LIMA

Fecha de recepción : 09/07/2018

Fecha de análisis : 09/07/2018 al 18/07/2018

Clave Laboratorio	clave	H(%)	MS(%)
A1	PLH-1	40.038	59.962
A2	PLH-2	39.406	60.594
A3	PLH-3	40.078	59.922
A4	PLH-4	39.139	60.861
A5	PLT-1	23.996	76.004
A6	PLT-2	26.863	73.137
A7	PLT-3	27.675	72.325
A8	PLT-4	26.196	73.804
A9	PLR-1	28.267	71.733
A10	PLR-2	29.562	70.438
A11	PLR-3	27.802	72.198
A12	PLR-4	30.445	69.555

%MS Y %H= Porcentaje de materia seca y humedad determinado en el laboratorio

Puno, C.U. 19 julio de 2018

Atentamente,

M. Sc. JULIO CHOQUE LAZARO  
 JEFE LABORATORIO ANALISIS

Marcelino Ticona Cruz  
 ANALISTA DE LABORATORIO  
 F.C.A. UNA - PUNO

Análisis de porcentaje de humedad y materia seca de *Baccharis incarum*



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO  
 FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRONÓMICA  
 LABORATORIO DE PASTOS Y FORRAJES



**RESULTADO DE ANÁLISIS**

Asunto : Análisis de porcentaje de humedad y materia seca de “TOLA” *Baccharis incarum* Wedd  
 Procedencia : SECTOR LLUSTA DISTRITO DE MAZOCRUZ - PUNO.  
 Interesado : Bach. MONICA HUALPA LIMA  
 Motivo : Tesis  
 Fecha de recepción : 09/07/2018  
 Fecha de análisis : 09/07/2018 al 18/07/2018

Clave Laboratorio	clave	H(%)	MS(%)
B13	BIH-1	46.387	53.613
B14	BIH-2	46.963	53.037
B15	BIH-3	47.357	52.643
B16	BIH-4	46.703	53.297
B17	BIT-1	25.321	74.679
B18	BIT-2	27.370	72.630
B19	BIT-3	27.684	72.316
B20	BIT-4	33.377	66.623
B21	BIR-1	35.660	64.340
B22	BIR-2	33.846	66.154
B23	BIR-3	37.616	62.384
B24	BIR-4	36.992	63.008

%MS Y %H= Porcentaje de materia seca y humedad determinado en el laboratorio

Puno, C.U. 19 julio de 2018

Atentamente,  
  
  
 M.Sc. JULIO CHOQUE LAZARO  
 JEFE LABORATORIO ANALISIS

Marcelino Ticona Cruz  
 ANALISTA DE LABORATORIO  
 F.C.A. UNA - PUNO

ANEXOS

Mapa de ubicación sector LLUSTA

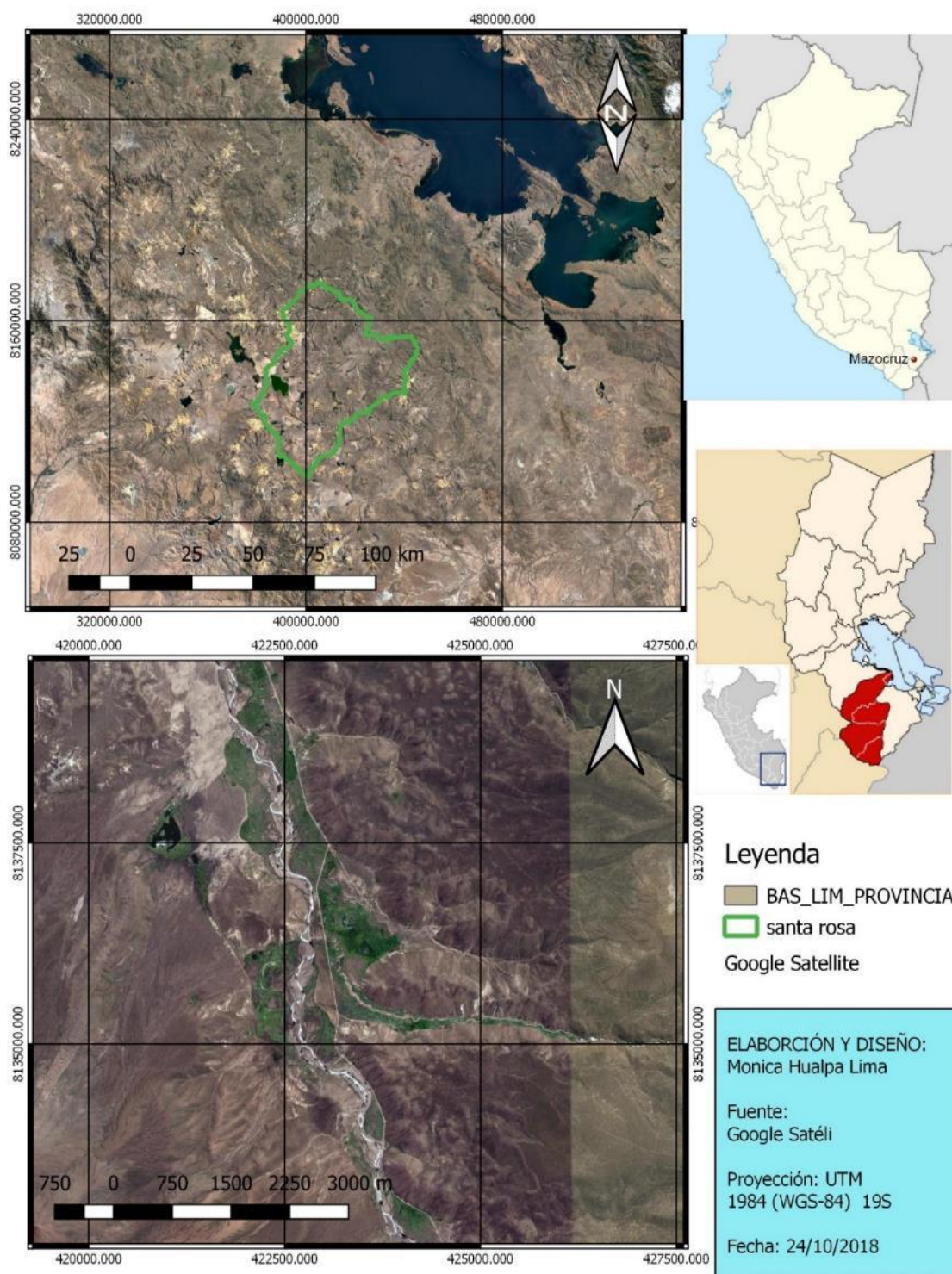


Figura 24. Ubicación geopolítica del área experimental en el distrito de Mazocruz sector Llusta 2018.

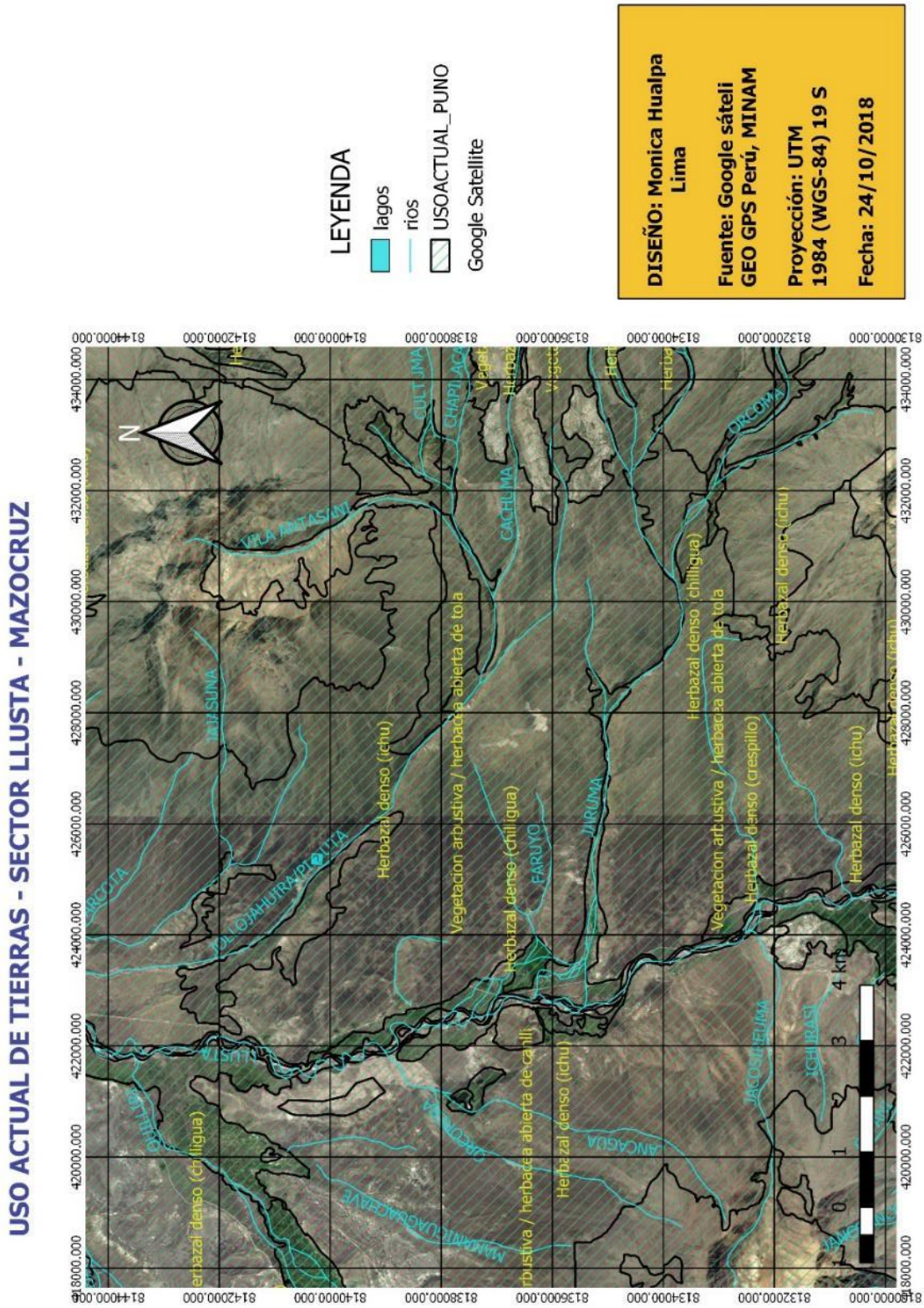


Figura E.2. Uso actual de tierra del área de estudio en el distrito de Mazocruz sector Llusta – 2018

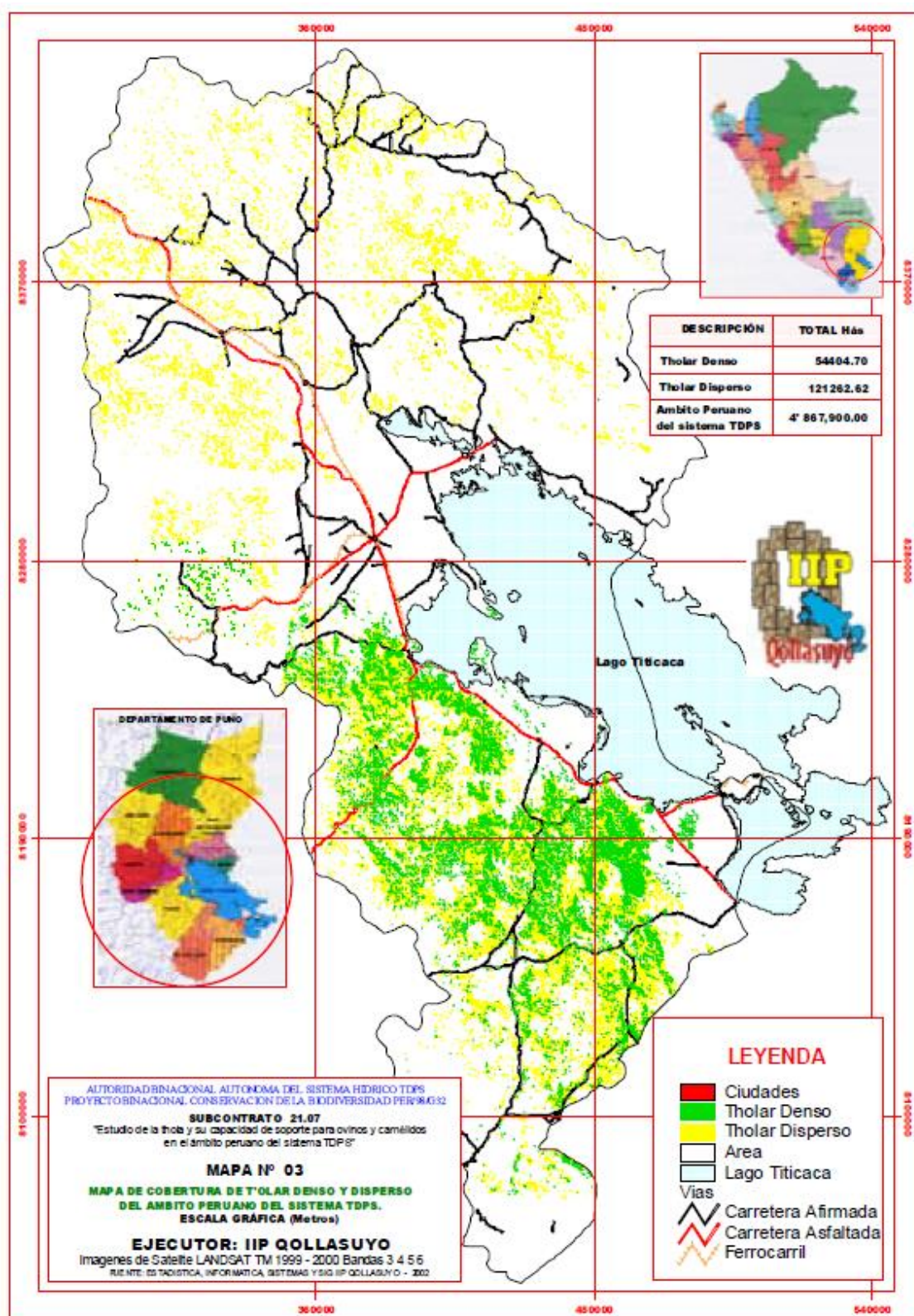


Figura 25. La cobertura del t'olar denso y disperso se presenta distribuido en el mapa del ámbito peruano del sistema T.D.P.S. peruano.

Fuente: Paca *et al.* (2003)



Figura 26. Tola *Parastrephia lepidophylla* (Wedd) Cabrera

Fuente: Alzérreca *et al.* 2002



Figura 27. Tola *Baccharis incarum* Wedd

Fuente: Alzérreca *et al.* 2002



Figura 28. Plaza de Municipalidad Distrital Conduriri sembrado con tolar – 2018.



Figura 29. Área de estudio sector Llusta – 2018.



Figura 30. Conteo de plantas dentro de cuadrante para cuantificar densidad sector Llusta 2018.



Figura 31. Medición de altura de planta y extracción de muestras sector Llusta-2018.





Figura 32. Pesado de componentes de la tola y medición de raíz sector Llusta – 2018.



Figura 33. Muestras etiquetadas y separadas por componente en el Laboratorio de Pastos y Forrajes UNA PUNO – 2018.



Figura 34. Separación de hojas de parastrephia y baccharis en el Laboratorio de Pastos y Forrajes UNA PUNO – 2018.



Figura 35. Tallos y raíces para evaluación de materia seca en el Laboratorio de Pastos y Forrajes UNA PUNO – 2018.



Figura 36. Pesado de muestras por componente y muestras en estufa para análisis de humedad y MS. En el Laboratorio de Pastos y Forrajes UNA PUNO – 2018.



Figura 37. Molido de muestras por componente en el Laboratorio de Pastos y Forrajes UNA PUNO – 2018.



Figura 38. Tamizado de muestras y embolsado en el Laboratorio de Pastos y Forrajes UNA PUNO – 2018.



Figura 39. Pesado de muestras molidas de hoja, tallo y raíz en el Laboratorio de Pastos y Forrajes UNA PUNO – 2018.



Figura 40. Muestras molidos y tamizados de hoja, tallo y raíz en el Laboratorio de Pastos y Forrajes UNA PUNO – 2018.



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA**



## CONSTANCIA

El director de tesis M.Sc. Gilmar Gamaliel Goyzueta Camacho de la Universidad Nacional del Altiplano.

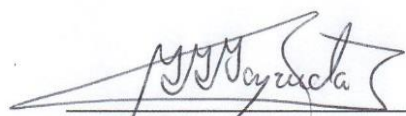
Hace constar.

La Bach. Mónica Hualpa Lima, egresada de la Facultad de Ciencias Biológicas de la mención de ecología, ha realizado la ejecución de su tesis: **CAPTURA DE CARBONO (CO<sub>2</sub>) EN DOS ESPECIES DE "TOLA" (*Parastrephia lepidophylla* Wedd) y (*Baccharis incarum* Wedd) EN EL SECTOR LLUSTA DISTRITO DE MAZOCRUZ - PUNO**, ejecutado en los meses de mayo a setiembre 2018.

Se expide la presente constancia de ejecución para fines que crea conveniente.

Puno, 12 de diciembre del 2018.

Atentamente.

  
M.SC. GILMAR GAMALIEL GOYZUETA CAMACHO