

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA
FORESTAL**

FILIAL JAÉN



**INFLUENCIA DE LAS VARIABLES CLIMATOLÓGICAS EN LA ESTIMACIÓN
DE CAPTURA DE CARBONO DE ESPECIES ARBÓREAS EN EL BOSQUE
SECO DE JAÉN, CAJAMARCA**

TESIS

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO FORESTAL**

**PRESENTADO POR LA BACHILLER
EVELYN JUDITH VÁSQUEZ CAMPOS**

**ASESOR
M. SC. GERMÁN PÉREZ HURTADO**

JAÉN – PERÚ

2019




ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

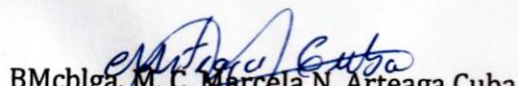
En la ciudad de Jaén, a los dieciséis días del mes de Octubre del año dos mil diecinueve, se reunieron en el Ambiente del Auditorio Auxiliar de la Universidad Nacional de Cajamarca - Filial Jaén, los miembros del Jurado designados por el Consejo de Facultad de Ciencias Agrarias, según Resolución de Consejo de Facultad N° 107-2018-FCA-UNC, de fecha 16 de Abril de 2018, con el objeto de evaluar la sustentación del trabajo de Tesis titulado **"INFLUENCIA DE LAS VARIABLES CLIMATOLÓGICAS EN LA ESTIMACIÓN DE CAPTURA DE CARBONO DE ESPECIES ARBÓREAS EN EL BOSQUE SECO DE JAÉN CAJAMARCA"**, ejecutado por la Bachiller en Ciencias Forestales Srta. **EVELYN JUDITH VÁSQUEZ CAMPOS**, para optar el Título Profesional de **INGENIERO FORESTAL**.

A las diez horas y treinta minutos, de acuerdo a lo estipulado en el Reglamento respectivo, el Presidente del Jurado dio por iniciado el evento, invitando a la sustentante a exponer su trabajo de Tesis y luego de concluida la exposición, el jurado procedió a la formulación de preguntas. Terminado el acto de sustentación el jurado procedió a deliberar, para asignarle la calificación. Acto seguido, el Presidente del Jurado anunció la aprobación por **UNANIMIDAD** con el calificativo de quince **(15)**; por tanto, la Bachiller queda expedita para que inicie los trámites, para que se le otorgue el Título Profesional de Ingeniero Forestal.

A las once horas y cincuenticinco minutos del mismo día, el Presidente del Jurado dio por concluido el acto.


Ing. M.Sc. Segundo M. Tafur Santillán
PRESIDENTE


Ing. Leiver Flores Flores
SECRETARIO


BMcbIga. M. C. Marcela N. Arteaga Cuba
VOCAL


Ing. M. Sc. Germán Pérez Hurtado
ASESOR

DEDICATORIA

A Dios, por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.

A mis amados padres, Wilter Alberto Vásquez Campos y María Esperanza Campos Sánchez por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su amor incondicional.

A mis queridos hermanos, Milagros Vasquez campos, Lucero Vasquez Campos y Cristian Vasquez Campos por todo el apoyo brindado.

A toda mi familia, estoy muy agradecido.

Esta dedicatoria es para ustedes.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional de Cajamarca - Filial Jaén, por mi formación académica profesional.

A mi asesor, Ingeniero Germán Pérez Hurtado, quien con sus conocimientos, su experiencia, su paciencia y su motivación han hecho posible la culminación de este proyecto, muchas gracias por la orientación dada.

A mis profesores que durante toda mi carrera profesional han aportado a mi formación, en especial al ingeniero Segundo Tafur Santillán, por sus buenos consejos.

A las amistades, Lady Núñez Lozano, Patricia Sarmiento Sarmiento Fernández, Solange Saavedra Rojas, Ivis Fiorella Herrera Flores, Yesmin Falla Reyes y Mabel Rocio Vera Oliva.

Gracias a todas esas personas que ayudaron directa e indirectamente en la realización de este proyecto.

ÍNDICE

| | Pág. |
|---|------|
| AGRADECIMIENTO | |
| DEDICATORIA | |
| RESUMEN | |
| ABSTRACT | |
| I. INTRODUCCIÓN | 11 |
| II. MARCO TEÓRICO | 13 |
| 2.1. Antecedentes | 13 |
| 2.2. Bases teóricas | 15 |
| 2.2.1. Los bosques secos | 15 |
| 2.2.2. Gremios ecológicos | 15 |
| 2.2.3. El carbono | 16 |
| 2.2.4. El carbono en ecosistemas forestales | 16 |
| 2.2.5. Captura de carbono | 17 |
| 2.2.6. Proceso de captura de carbono en las plantas | 18 |
| 2.2.7. Fotosíntesis en bosque seco para la captura de carbono | 18 |
| 2.2.8. Especies de tipo C3, C4 Y CAM y sus condiciones climáticas | 19 |
| 2.2.9. El rol de los bosques como sumideros de carbono | 20 |
| 2.2.10. Biomasa en los ecosistemas | 20 |
| 2.2.11. Dióxido de carbono y cambio climático | 21 |
| 2.2.12. Densidad de la madera | 22 |
| 2.2.13. Redes neuronales artificiales | 23 |
| 2.2.14. Clasificación de una red neuronal artificial | 24 |
| III. MATERIALES Y MÉTODOS | 27 |
| 3.1. Ubicación de la investigación | 27 |
| 3.3. MATERIALES | 27 |
| 3.3.1. Material biológico | 27 |

| | |
|--|----|
| 3.3.2. Material y equipo de campo | 27 |
| 3.3.3. Material y equipo de gabinete e informático | 27 |
| 3.4. METODOLOGÍA | 27 |
| 3.4.1. Trabajo de campo | 28 |
| 3.4.2. Trabajo de gabinete | 30 |
| IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 36 |
| 4.1. Resultados | 36 |
| 4.1.1. Ecuaciones para estimar la biomasa del fuste de los árboles | 36 |
| 4.1.2. Configuración de variables para la estimación de captura de carbono con redes neuronales artificiales | 36 |
| 4.1.3. Interpolación de las variables climatológicas en el área de evaluación | 38 |
| 4.1.4. Determinación de la biomasa del fuste observada y estimada por los modelos matemáticos | 39 |
| 4.1.5. Captura de carbono | 39 |
| 4.1.6. Influencia de las variables climatológicas en la estimación de la captura de carbono | 38 |
| 4.2. Discusión | 39 |
| V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 45 |
| 5.1. Conclusiones | 40 |
| 5.2. Recomendaciones | 40 |
| VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 46 |
| VII. ANEXO | 54 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1: Mapa de dispersión de especies de la parcela “Almendra” | 19 |
| Figura 2: Mapa de dispersión de especies de la parcela “Gotas de agua” | 19 |
| Figura 3: Mapa de dispersión de especies de la parcela “Mochenta” | 20 |
| Figura 4: Mapa de dispersión de especies de la parcela “San Isidro II” | 20 |
| Figura 5: Mapa de dispersión de especies de la parcela “San Isidro I” | 21 |
| Figura 6: Mapa de dispersión de especies de la parcela “Yanuyacu” | 21 |

LISTA DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1: Formato usado para registro de especies en inventario | 22 |
| Tabla 2: Modelos de estimación de biomasa fustal | 27 |
| Tabla 3: Variables utilizadas en el entrenamiento con Redes Neuronales artificiales | 29 |
| Tabla 4: Ecuaciones establecidas para la estimación de la biomasa fustal | 30 |
| Tabla 5: Variables climatológicas de los lugares de evaluación. | 31 |
| Tabla 6: Biomasa del fuste observada y estimada las especies arbustivas del bosque seco. | 31 |
| Tabla 7: Captura de carbono estimado con modelos matemáticos y RNA | 32 |
| Tabla 8: Comparación de la correlación entre ambas técnicas de estimación | 33 |

ANEXO

Anexo 1: Inventario de los árboles encontrados en las parcelas de evaluación del bosque seco de Jaén.

Anexo 2: Estimación de Carbono utilizando Redes Neuronales Artificiales y biomasa estimada con modelos matemáticos.

Anexo 3: Nombre de las estaciones para obtener los datos meteorológicos.

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue evaluar la influencia de las variables climatológicas en la estimación de captura de carbono del fuste de las especies arbóreas en el bosque seco de Jaén, Perú; para lo cual se aplicó un muestreo por el método de conglomerado, conformando una parcela de 60 x 60 m, con líneas paralelas de 20 m, formando sub parcelas de 20 x 60 m, se consideró árboles con $DAP \geq 10$ cm, registrándose el diámetro y altura total. Para determinar la densidad de la madera se extrajo con el barrenado de Pressler una muestra por cada árbol censado. Con los datos obtenidos, se procedió a calcular el volumen de la muestra de madera y de los árboles censados, biomasa de los fustes y cuantificación de captura de carbono de los fustes, que fue estimado con el Método de Regresión utilizando para ello seis modelos de estimación utilizando variables dasométricas (diámetro y altura total) y con el método de redes neuronales artificiales utilizando las variables dasométricas (diámetro y altura total) junto con las variables climáticas de cada uno de los lugares de estudio. Se interpolaron datos de las variables de temperatura media, máxima y mínima ($^{\circ}C$), precipitación (mm), evapotranspiración potencial (mm) y velocidad del viento, en cada una de las áreas de evaluación con el método algorítmico de interpolación Nearest Neighbour a un nivel de estimación al 99% de confianza con el software New LocClim (versión 1.1) (FAO 2017). Para determinar la influencia de las variables climatológicas se realizó una comparación estadística de la correlación entre los datos de captura de carbono observado y estimado con modelos matemáticos y con redes neuronales artificiales. Se concluye que al agregar variables climáticas en la estimación de captura de carbono del fuste de árboles del bosque seco de Jaén, la correlación aumenta de 89.49 % a 99.61 %, destacando la técnica de estimación de redes neuronales artificiales.

Palabras clave: Redes neuronales artificiales, Nearest Neighbour, bosque seco, Jaén.

ABSTRAC

The object of this study was to evaluate the influence of climatic variables in the carbon capture estimation from the stem of tree species from the dry forest of Jaen-Peru. It was applied a cluster method sampling, shaped by a plot of 60 x 60 m, with parallel lines of 20 m forming sub plots of 20 x 60 m, likewise, were considered trees with DBH \geq 10 cm, registered the diameter and total height. To determine the density of the wood, a sample was extracted using a Pressler borer for each inventoried tree. From the data obtained, the volumen of the wood sample and the inventoried trees was calculated, biomass of stems and quantification of carbon capture of the stems, which were estimated with the Regression Method using six estimation models, with the dasometric variables (diameter and total height), and furthermore was used the artificial neural networks method using the dasometric variables (diameter and total height) and climatic variables of the study sites. Data from the variables of médium, maximum and minimum temperature ($^{\circ}$ C), precipitation (mm), potencial evapotranspiration (mm) and wind speed, were interpolated in each study area, applying the Nearest-neighbour Interpolation Algorithmic Method at a 99 % confidence level with the New LocClim software (version 1.1) (FAO 2017). To determine the influence of the climatological variables, a statistical comparison of the correlation between the carbon capture data observed and estimated with mathematical models and artificial neural networks was made. It is concluded that by adding climatic variables in the carbon capture estimation from the stems of trees from the dry forest of Jaén, the correlation increases from 89.49 % to 99.61 %, highlighting the estimation technique of artificial neural network.

Keywords: Artificial Neural Networks, Nearest Neighbor, dry forest, Jaen.

I. INTRODUCCIÓN

En el mundo actual, es evidente que las emisiones de gases del efecto invernadero, provenientes de las actividades industriales están afectando el clima del planeta (Schlegel 2001), estableciendo fenómenos como el calentamiento global, donde el dióxido de carbono (CO₂) es el principal responsable (Vélez y Arango 2001).

Los bosques juegan un papel importante en el ciclo global del carbono (Masera 2001). Las especies vegetales, como un medio importante para captar y almacenar carbono, ha sido reconocida ampliamente en la producción agrícola y forestal y fue aprobada como una estrategia importante de mitigación del cambio climático (Nair et al. 2009) como sistema natural complejo a través de los procesos fotosintéticos y de respiración (Gasparri y Manghi 2004).

Los bosques actúan como reservorios al capturar el carbono por la consecuencia de la liberación de oxígeno que es retenido como biomasa, principalmente, en forma de madera y se tienen conocimiento que la capacidad de secuestro y fijaciones de carbono por los árboles es de acuerdo a la especie, tasa de crecimiento, longevidad, calidad de sitio y de variables climáticas (Arévalo et al. 2002).

La estimación adecuada de la biomasa de un bosque, es un elemento de gran importancia debido a que se permite determinar los montos de carbono y representar la cantidad potencial de carbono que puede ser liberado a la atmosfera o simplemente ser conservado y fijado en una determinada superficie de los bosques (Brown et al. 1996).

El contenido de biomasa puede estimarse mediante métodos directos o indirectos, donde el primero es un método destructivo que consiste en cortar el árbol y el segundo utiliza métodos de cubicación y se extraen muestras de madera sin ocasionar la mortalidad del árbol y posteriormente utilizar modelación de regresión matemáticas (Segura 1997); donde estos modelos permiten estimar con bastante exactitud, el peso de las especies forestales a partir de un número reducido de

parámetros de los árboles en pie (Rojo et al. 2005); sin embargo, existen técnicas de inteligencia artificial que permiten obtener estimaciones de captura de carbono aún más confiables que con modelos matemáticos, por la razón de integrar diferentes variables que intuyen efectos como las variables climatológicas (Alcântara 2015).

Las investigaciones de Dai et al. (2015), abre un panorama más amplio e interesante sobre las interacciones climáticas que influyen en la captura de carbono, tal es el caso que demuestra que, en los bosques secos, el secuestro de carbono es altamente sensible al calentamiento; esto conlleva a realizar muchas investigaciones de captura de carbono en los bosques secos con influencias climáticas donde las últimas investigaciones realizadas por Cao y Sánchez (2017), presentan resultados que indican a nivel de sensores de infra rojo, la fenología de las hojas y la arquitectura del dosel de los árboles en bosque seco, está relacionado con los efectos de la temperatura, indicando que la investigación puede ayudar a estudios de modelamiento fisiológico en la captura de carbono.

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo evaluar la influencia de las variables climatológicas en la estimación de captura de carbono del fuste de las especies arbóreas en el bosque seco de Jaén, región Cajamarca, utilizando técnicas de inteligencia artificial y los objetivos específicos fueron:

- Aplicar las técnicas climatológicas en la ingeniería forestal para estimación de captura de carbono con modelación de sistemas computacionales de inteligencia artificial.
- Establecer un análisis estadístico aplicado para regresión y sistemas computacionales de inteligencia artificial.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

Los Bosques Tropicales Estacionalmente Secos (BTES), han recibido poca atención por parte de conservacionistas y ecólogos comparados con los bosques lluviosos, a pesar de que los BTES son los más amenazados. La razón principal de la destrucción masiva de este ecosistema es la naturaleza fértil de su suelo, el cual es apreciado para la agricultura (Ratter et al. 1978).

La destrucción de los bosques es exacerbada por las poblaciones humanas presentes en muchas zonas de vida de bosque seco neotropical (Murphy y Lugo 1995). Bridgewater et al. (1999), mencionan que durante los últimos años los bosques secos del Norte del Perú en Cajamarca y Amazonas, notablemente en el valle del Marañón, han sido ocupados progresivamente por cientos de familias, quienes al encontrar valles fértiles los han intervenido y destruido para desarrollar actividades agrícolas y ganaderas. Por ejemplo, en la provincia de Jaén, el valle en donde se asienta la ciudad del mismo nombre estaba completamente cubierto de vegetación estacionalmente seca. Con la destrucción acelerada de los bosques tropicales, gran parte de la biodiversidad presente en estos ecosistemas se están perdiendo incluso antes de tener pleno conocimiento de sus riquezas naturales (Oliveira 2002).

Dentro de la búsqueda de estrategias que ayuden a mitigar efectos del cambio climático como el calentamiento global, por gases como el CO₂, se han desarrollado modelos computacionales que predicen la interceptación de carbono de algunas especies de plantas. Uno de estos modelos es el CREFT “modelo de crecimiento y captura de carbono para especies forestales en el trópico”, el cual es una herramienta diseñada en Colombia, que además de cuantificar la captura de carbono, predice el crecimiento de algunas especies forestales nativas e introducidas en condiciones del trópico (Riaño 2005).

En el año 1949, Donald Hebb presentó estudios sobre el aprendizaje de redes biológicas y artificiales, quien contribuyó con una teoría para explicar el aprendizaje en neuronas biológicas, que actualmente es conocida y utilizada en varios algoritmos de aprendizaje (Braga et al. 2000; Haykin 2001; Binoti 2010).

Manzo y Hernández (1997), realizaron una comparación de métodos para el cálculo de la densidad del fuste donde el método empírico, utilizando el barrenado de Pressler, es altamente confiable en la estimación de la densidad en muestras pequeñas de madera, que tienen forma geométrica regular.

Toriyama (2015), examinó la influencia de los factores ambientales en el suelo y sus fracciones de densidad en un bosque tropical estacionalmente seco donde al considerar la temperatura y la precipitación no se encontró un nivel significativo; sin embargo, estudios de Dai (2015), demuestra que en los bosques secos, el secuestro de carbono es altamente sensible al calentamiento, estableciendo que hacer estudios de captura de carbono en bosques secos es variable a comparación de otros ecosistemas, siendo un indicador clave de los cambios climáticos.

Cao y Sánchez (2017), realizó un estudio de modelizaciones de las variaciones estacionales de la temperatura superficial en bosques secos a través de sistemas de información geográfica con el criterio de que los bosques tropicales secos proporcionan importantes servicios ecosistémicos, como el secuestro de carbono, la conservación de la biodiversidad y la regulación del ciclo de los nutrientes. Los resultados indican que a nivel de sensores de infra rojo la fenología de las hojas y la arquitectura del dosel de los árboles está relacionado con los efectos de la temperatura indicando que el estudio puede ayudar a estudios de modelamiento fisiológico en la captura de carbono.

Estudios como el de Brown y Lugo (1992), indican que el almacenamiento de carbono en los bosques secos primarios mantiene un promedio de 60 TM C/ha y en secundarios un promedio de 25 TM C/ha a diferencia de un

bosque nuboso que presenta un promedio de 230 TM C/ha para el bosque primario y 190 TM C/ha para el bosque secundario.

La asociación para la investigación y desarrollo integral (2013), sostiene que el bosque seco primario presenta 62.906 TM de carbono almacenado, es decir 230.657 de CO₂ almacenado, y los bosques secos secundarios presenta 50.816 TM de carbono almacenado, es decir, 186.325 de CO₂ almacenado.

En la Amazonía peruana determinan que el stock total de carbono en su biomasa aérea podría estar entre los 8,2 y 10,9 mil millones de toneladas de carbono (GtC) donde esta cantidad total de carbono almacenado posiciona a Perú en segundo lugar, después de Brasil. El stock promedio por hectárea está entre 126 TM C/ha y 147 TM C/ha, que indica un buen estado en general de los bosques. El departamento con mayor stock de carbono por hectárea es Loreto con 151,5 TM C/ha, seguido por Ucayali y Madre de Dios con 142 y 122,5 TM C/ha, respectivamente. Los departamentos de la Amazonia andina con predominancia de bosques tipo Yungas, tienen menos carbono que Loreto, Ucayali y Madre de Dios con bosques tropicales amazónicos de llanura como los predominantes (FAO 2016).

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Los bosques secos

Los bosques secos son definidos como las formaciones vegetales donde la precipitación anual es menor a 1600 mm con una temporada seca de al menos cinco a seis meses, en que la precipitación totaliza menos de 100 mm (Pennington et al. 2000).

Consecuentemente, los procesos ecológicos son marcadamente estacionales y la productividad primaria neta es menor que en los bosques húmedos, porque sólo se da en la temporada de lluvias.

Estos bosques además son de menor altura y área basal que los bosques tropicales húmedos (Palomino 2004).

2.2.2. Gremios ecológicos

El conocimiento de las categorías sucesionales permite el conocimiento de la dinámica funcional de los bosques a partir de la estructura y composición de las especies y están siendo impulsados por la necesidad de informaciones básicas sobre muchas especies. De esa forma, es posible entender el comportamiento de las especies y planear estrategias de recuperación de áreas degradadas (Kageyama y Castro 1989).

Varios estudios están siendo realizados con el objetivo de clasificar y agrupar las especies de árboles tropicales basados en sus preferencias por la luz en la germinación, establecimiento y crecimiento (Budowski, 1965 ;citado en Cancino, 1999; Denslow, 1980; Swaine y Whitmore, 1988). A partir de esos datos las especies son clasificadas de diferentes formas de acuerdo con su historia de vida y adaptaciones a las distintas condiciones de luz existentes en los bosques tropicales.

La clasificación planteada por Finegan (1993); citado en Martins et al. (2003) la cual contempla cuatro gremios principales:

- Heliófitas efímeras: especies intolerantes a la sombra; es decir, que requieren de luz para establecerse, crecer y reproducirse, y que tienen una vida muy corta.
- Heliófitas durables: especies intolerantes a la sombra, de vida relativamente larga.
- Esciófitas parciales: especies que toleran la sombra en las etapas tempranas del desarrollo, pero requieren necesariamente de un

grado elevado de iluminación para alcanzar el dosel y pasar de las etapas intermedias hacia la madurez.

- Esciofitas totales: especies que se establecen a la sombra y no tienen la capacidad de aumentar significativamente su crecimiento si se abre el dosel.

2.2.3. El carbono

En la naturaleza el carbono se halla por doquier: en el agua bajo la forma de compuestos carbónicos disueltos (los carbonatos), y en el aire como dióxido de carbono o anhídrido carbónico. Todos los organismos vivos están constituidos por compuestos de carbono, que obtienen como resultado de sus procesos metabólicos realizados durante su crecimiento y desarrollo, y que son liberados cuando éstos mueren. Aproximadamente, el 50% del peso seco de cualquier organismo lo constituye este elemento, por lo que es uno de los más importantes de la vida (Smith et al. 1993).

La mayor parte del carbono de la Tierra se encuentra en rocas bajo la forma de carbonatos, como la piedra caliza y el mármol. Las rocas se gastan poco a poco y con el tiempo los carbonatos vuelven al ciclo del carbono. Sin embargo, en el fondo del mar se forman otras rocas a partir de los sedimentos de animales y plantas muertas, de modo que la cantidad de carbono en el ciclo permanece casi constante (Sampson et al. 1993).

2.2.4. El carbono en ecosistemas forestales

El CO₂ atmosférico es incorporado a los procesos metabólicos de las plantas mediante la fotosíntesis. Este CO₂ participa en la composición de todas las estructuras necesarias para que el árbol pueda desarrollarse (follaje, ramas, raíces y tronco). Al crecer, éste

incrementa su follaje, ramas, flores, frutos y yemas de crecimiento así como su altura y el grosor de su tronco. La copa necesita espacio para recibir energía solar sobre las hojas, lo que da lugar a que las copas de los árboles compitan por esta energía. Esto origina, a su vez, un dosel cerrado. Los componentes de la copa aportan materia orgánica al suelo, que al degradarse se incorpora paulatinamente y da origen al humus estable, éste, a su vez, aporta nuevamente CO₂ al entorno (Sampson et al. 1993).

Simultáneamente, los troncos al ir aumentando su diámetro y altura alcanzarán un tamaño aprovechable en términos comerciales, pudiéndose extraer productos como tablas, tablones y polines, que darán origen a subproductos elaborados, como muebles y casas. Estos productos finales tienen un tiempo de vida determinado, después del cual se degradan aportando CO₂ al suelo y/o a la atmósfera. Durante el tiempo en que el CO₂ se encuentra constituyendo alguna estructura del árbol y hasta que es enviado nuevamente al suelo o a la atmósfera, se considera almacenado. En el momento de su liberación (ya sea por la descomposición de la materia orgánica y/o por la quema de la biomasa) el CO₂ fluye para regresar al ciclo del carbono (Sampson et al. 1993).

2.2.5. Captura de carbono

La investigación en esquemas de captura de carbono (CC) por sistemas naturales se encuentra relacionada con el estudio del valor de las funciones ecológicas de los ecosistemas naturales. Aunque el concepto de ciclo de carbono en la naturaleza y la capacidad de absorción del suelo y los océanos ha sido conocido durante largo tiempo, no fue sino hasta 1976 que la idea de los bosques como “almacenadores” de las emisiones de combustibles fósiles fue propuesto por primera vez (WRI 2001).

El renovado interés en esta función ecológica de los ecosistemas terrestres aparece cuando investigadores y administradores públicos empiezan a entender el valor total de la naturaleza (VTN) y se enfocan a desarrollar esquemas para conservar y restaurar dicho valor. El valor total de la naturaleza se considera como la suma del valor de uso directo e indirecto, opción y existencia de la naturaleza (Department for Transport, Local Government and the Regions 2002).

Los mecanismos para la CC que son viables actualmente se enfocan sólo en un subproceso del ciclo de carbono en la naturaleza: la captura terrestre, y específicamente en la CC por parte de ecosistemas boscosos. El IPCC estimaba en su segundo informe de evaluación, que entre 60 y 87 GtC (gigatoneladas) podrían conservarse o captarse en los bosques para el año 2050, y que otras 23 a 44 GtC podrían obtenerse de suelos agrícolas. Actualmente se considera que las opciones de mitigación biológica son del orden de 100 GtC (acumuladas) para el año 2050, lo que representa entre el 10% y el 20% de las emisiones proyectadas de los combustibles de origen fósil durante ese período (IPCC 2001).

2.2.6. Proceso de captura de carbono en las plantas

El ciclo del Carbono comienza con la fijación del anhídrido carbónico (CO_2) atmosférico a través de los procesos de la fotosíntesis realizados por las plantas y ciertos microorganismos. En este proceso, el CO_2 y el agua reaccionan para formar carbohidratos y liberar oxígeno a la atmósfera. Parte del carbohidrato se consume directamente para suministrar energía a la planta y el CO_2 así formado, se libera a través de sus hojas o de sus raíces. Otra parte es consumida por los animales que también respiran y liberan CO_2 . “Las plantas y los animales mueren y son finalmente descompuestos por microorganismos del suelo lo que da como resultados que el Carbono de sus tejidos se oxide en CO_2 y regrese a la atmósfera” (Ordoñez, 1999, p.81).

2.2.7. Fotosíntesis en el bosque seco para la captura de carbono

De acuerdo con la primera ley de la conservación de la termodinámica, cuando un fotón con una cierta longitud de onda golpea una molécula de clorofila (cromóforo), que absorbe luz de su longitud de onda, la energía del fotón excita a los electrones, a un nivel más alto de energía, la energía del cromóforo es incrementada por la energía del fotón, el cual resulta en un estado excitado de la molécula cromófora. Después de la absorción de la energía, un electrón del sistema conjugado es elevado a una órbita más alta y llevado a través de la cadena de transporte de electrones, para que actúen las clorofilas y las butadinas, quienes constituyen los cromóforos. Las clorofilas requieren tan solo de luz roja, mientras que las butadinas requieren luz ultravioleta que es de alta energía para su excitación (Allen et al. 2008).

Posteriormente, en una serie de reacciones, la energía se convierte en ATP y NADPH, el agua se descompone en el proceso, liberando oxígeno como producto secundario de la reacción. El ATP y el NADPH se utilizan para fabricar los enlaces carbono, en la etapa oscura de la fotosíntesis. En ésta, el anhídrido carbónico de la atmósfera, es capturado y modificado por la adición de hidrógeno para formar carbohidratos. La transformación del anhídrido carbónico en un compuesto orgánico se conoce como fijación del Carbono. La energía para ello proviene de la primera fase de la fotosíntesis. Los sistemas vivientes no pueden utilizar directamente la energía de la luz, pero pueden a través de una complicada serie de reacciones, convertirla en enlaces de carbono y esta energía puede ser luego liberada por la glicólisis y otros procesos metabólicos (Blanquenship 2002).

2.2.8. Especies de tipo C3, C4 Y CAM y sus condiciones climáticas.

Las vías C4 y CAM involucran mecanismos especializados para la concentración y transporte del CO₂ a los sitios de fijación por RUBISCO,

pagando un precio extra en términos de ATP por unidad de CO₂ fijado, sin presentar ninguna modalidad o mejora bioquímica en términos de la eficiencia de RUBISCO sobre la vía C3.

En aquellos ambientes con restricciones hídricas constantes, estacionales o diarias como son las zonas áridas, semiáridas y ambientes epifíticos las plantas C4 y CAM funcionan como especialistas de grán éxito con mayor EUA en comparación con las plantas C3. Las modificaciones bioquímicas con lo cual se consigue esto se relacionan con el aumento en la cantidad y eficiencia de acción de la anhidrasa carbónica (AC), la cual tiene importancia marginal en las plantas C3, y con la acción de un sistema de bombeo del CO₂ conseguido a través de la acción de la fosfoenolpiruvatocarboxilasa (PEPc) y ATPasas de membrana. A pesar de estas adaptaciones las plantas C4 no son más tolerantes al estrés hídrico severo que las C3 ; esto es, el mecanismo C4 es una adaptación encaminada al uso eficiente del agua, no a la tolerancia al estrés hídrico. Por otro lado las plantas CAM si muestran adaptaciones para tolerar estrés hídrico severo: succulencia de tejidos o succulencia celular, disminución drástica en la relación área/volumen de los órganos fotosintéticos, cierre estomático diurno que limita fuertemente la pérdida de agua combinado con apertura nocturna con lo cual no se compromete la ganancia de CO₂ , presencia de sistemas radicales extensivos, etc. (Badger y Price 1994)

Más que adaptaciones en la eficiencia de los mecanismos de fijación de CO₂ por RUBISCO o en el metabolismo posterior de las triosas fosfato hacia lípidos, proteínas, etc. las plantas C4 y CAM presentan adaptaciones específicas para ambientes en donde la pérdida de agua acoplada a la ganancia de CO₂ pueda comprometer la capacidad de crecimiento y reproducción o incluso la supervivencia de la planta. (Black, 1986).

2.2.9. El rol de los bosques como sumideros de carbono

La vegetación, a través de la fotosíntesis, transforma energía solar en química absorbiendo CO₂ del aire para fijarlo en forma de biomasa, y libera a la atmósfera oxígeno molecular (O₂). Los bosques, en particular, juegan un papel preponderante en el ciclo global del carbono (C) ya que: Almacenan grandes cantidades de carbono en su biomasa (tronco, ramas, corteza, hojas y raíces) en el suelo (mediante su aporte orgánico) intercambian carbono en la atmósfera a través de la fotosíntesis y respiración. Son fuentes de emisión de carbono cuando son perturbados por causas naturales. Son sumideros donde son almacenados cuando son abandonadas las tierras perturbadas, que se recuperan mediante la regeneración natural (Zapata et al. 2003).

2.2.10. Biomasa en los ecosistemas

La biomasa de una comunidad de plantas se define como su masa seca total, considerándose dentro de esta, a la biomasa aérea como el compartimiento más importante en proyectos de captura de Carbono, tanto en peso como en su tasa de cambio (Zapata et al. 2003).

Su acumulación se produce cuando la cantidad de CO₂ fijado en el proceso de fotosíntesis, es exactamente igual a la cantidad de energía liberada durante la respiración (punto de compensación de la luz) y va hasta un límite en el cual un aumento en la intensidad de la luz, no ocasiona un aumento en la tasa fotosintética (punto de saturación lumínica).

Ambos puntos dependen de la especie, el tipo de follaje del árbol, condiciones ambientales, nivel de nutrientes disponible y potencial hídrico. Los estudios sobre crecimiento de biomasa, tienen como fin entender los ciclos de energía y de los nutrientes. También se usan

para estudiar el efecto de la vegetación en el ciclo global del CO₂ (Brown 1997).

2.2.11. Dióxido de carbono y cambio climático

Las concentraciones de CO₂ en la atmósfera son afectadas principalmente por dos procesos antropogénicos: emisión de CO₂ por el consumo de combustión fósil y por cambios en uso de suelo causado por deforestación. La concentración atmosférica de CO₂ se ha incrementado de 280 ppm a 350 ppm en los pasados 250 años donde algunas proyecciones indican que para el año 2100 la concentración podría alcanzar 630 ppm (Nordhaus 1991).

La incorporación global de CO₂ en la atmósfera como resultado del uso de combustibles fósiles, más las emisiones industriales como la producción de cemento, muestran un incremento exponencial desde 1896 (a un promedio de 4% anual), con una importante reducción durante las dos guerras y la crisis económica de los años treinta. La emisión promedio como resultado del uso de combustible fósil de 1980 a 1989, se estimó en 5.5 gigatoneladas de carbono por año, mientras que la emisión promedio actual se calcula en 6.2 gigatoneladas de carbono anual (IPCC 1995).

La vegetación y el suelo sin manejo forestal retienen de 20 a 100 veces más carbono por unidad de área que los sistemas agrícolas. De manera que la liberación de carbono a la atmósfera como efecto de los cambios en el uso del suelo, pero principalmente de la deforestación, entre 1850 y 1987 se ha estimado entre 80 y 150 gigatoneladas de carbono. Los componentes de los flujos en la atmósfera son: la quema asociada con los cambios de uso del suelo; la descomposición de la biomasa in situ (raíces, tocones, ramas, hojarasca, etc); oxidación de la madera cortada (papel, madera, aserrín, etc.) y la escasa regeneración de masas vegetativas (Houghton y Skole 1990).

2.2.12. Densidad de la madera

La densidad básica o relativa de la madera tiene un efecto importante sobre el rendimiento y calidad del producto final y se considera como la propiedad de la madera más importante para casi todos los productos maderables derivados de las especies forestales (Einspahr et al 1969). Además, la productividad total en biomasa de un rodal no puede determinarse a menos que se conozca la densidad promedio de la madera (Zobel y Talbert 1984).

Por otro lado, la densidad de la madera es una propiedad que muestra una amplia variación entre y dentro de especies, así como un fuerte control genético, por lo que es posible manipularla genéticamente (Zobel y Van Buijtenen 1989). Por todo lo anterior, resulta de gran importancia desarrollar métodos rápidos, simples y precisos para la estimación de la densidad de la madera en especies forestales.

Para realizar la estimación de la densidad de la madera en un punto del árbol se han desarrollado procedimientos indirectos como el uso del "Pilodyn" (Cown 1978) y del durómetro (Godfrey y Garthwaite 1984) que proporcionan una rápida estimación de esta propiedad con base en la resistencia de la madera a la penetración del objeto (Notivol et al. 1992), de manera que la estimación de la densidad corresponde a la parte más exterior del árbol y no representa necesariamente un valor promedio de toda la sección del fuste, dado que la densidad de la madera varía a lo largo y ancho del fuste (Zobel y Van Buijtenen 1989).

Hasta ahora, la obtención de muestras de madera con taladro de Pressler es el método de estimación empleado con mayor frecuencia. La obtención de las virutas (cilindros) de madera permite estudiar varias características de la madera en forma simultánea, como la edad, el incremento anual, la densidad y las características de madera temprana y tardía en el anillo de crecimiento en diferentes edades del árbol, entre otras.

Para la estimación de la densidad de la madera en estas muestras pequeñas existen varias técnicas, desde las más sencillas entre las que se tiene el método por desplazamiento de agua y el método de máximo contenido de humedad (Smith 1955), hasta las más modernas como es el empleo de rayos-X (Jozsa y Brix 1989).

2.2.13. Redes neuronales artificiales

El desenvolvimiento del área de redes neuronales artificiales (RNA), es motivado por la manera de como el cerebro humano procesa informaciones, siendo capaz de organizar sus neuronas para determinados procesamientos, como reconocimiento de padrones, mucho más rápido y eficiente que una computadora convencional (Haykin 2001). La neurona biológica puede ser dividido en tres partes: el cuerpo celular, las dendritas y el axón. Los dendritas son ramificaciones que reciben las informaciones en la forma de impulso nervioso, oriundas de otras neuronas y las conduce para el cuerpo celular; este procesa las informaciones generando nuevos impulsos nerviosos que son transmitidos a través del axón a los dendritas de otras neuronas (Silva et al. 2010).

Bullinaria (2014), el RNA son redes de neuronas artificiales distribuido en paralelo (en capas) y conectadas entre sí de una manera específica para ejecutar una determinada tarea. Una RNA consigue detallar más y con mayor precisión la productividad media de grandes áreas que un modelo tradicional; que permiten la utilización de un gran número de variables, entre ellos, edáfico, climático y fisiográfico, en una misma red, dando un alto interés para pronósticos de crecimiento y producción. Dependiendo del alcance de muestreo, este enfoque también permite simular el efecto de déficit hídrico o sequías (Alcântara 2015).

2.2.14. Clasificación de una red neuronal artificial

Las redes neuronales artificiales pueden ser clasificadas en cuanto al número de capas: redes de capas únicas (presentan una capa de neurona de procesamiento) y redes de múltiples capas (presentan una o más capas de neuronas intermediarias). En cuanto al tipo de conexiones: red de tipo feedforward (redes acíclicas) o feedback (cíclicas). En cuanto a la conectividad: red totalmente conectada (cada neurona de una capa está conectado a todas las neuronas de la capa siguiente) y red parcialmente conectada (falta alguna conexión en la red) (Bullinaria 2014).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación de la investigación

El presente trabajo de investigación, se realizó en la zona de vida bosque muy seco Tropical (bms - T), que está ocupada por especies perennifolias y caducifolias de porte arbóreo y arbustivo. La zona en estudio se ubica entre los 615 y 1100 m de Altitud y los 5°38" y 5°48" Latitud S y los 78°41" y 78°48" Longitud W; incluye los lugares San Isidro 1, San Isidro 2, Yanuyacu, El Almendral, Mochenta y el área de conservación privada Gotas de Agua de Jaén.

3.2. MATERIALES

3.2.1. Material biológico

Muestras de madera de forma cilíndrica extraídas de los fustes de los árboles censados del bosque tropical estacionalmente seco de Jaén.

3.2.2. Material y equipo de campo

Libretas, lápices, marcadores no permanentes, cinta métrica, forcípula, balanza electrónica, sorbetes, plumón indeleble, cinta adhesiva, botas, guantes de seguridad, receptor GPS, nivel Abney y barreno de Pressler.

3.2.3. Material y equipo de gabinete e informático

Computadora portátil, impresora/scanner y Softwares: Microsoft office 2016, ArcGis 10.4.1, Statistica 13 y Neuroforest® (versión 3.3).

3.3. METODOLOGÍA

3.3.1. Trabajo de campo

a) Delimitación de parcelas

En cada lugar de evaluación se delimitó una parcela, teniendo en total seis parcelas; para esto se utilizó el método de conglomerados conformando para cada área una parcela de 60 x 60 m divididas en subparcelas de 20 x 60 m que facilitó el establecimiento en campo y medición (figura 1). Para la delimitación se utilizó una cinta métrica, paja rafia y un GPS para tomar cada uno de los puntos (Solano et al. 2017).

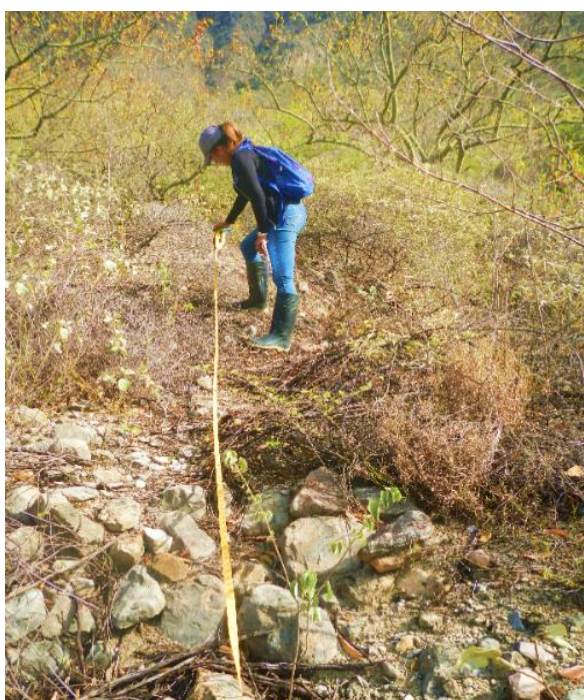
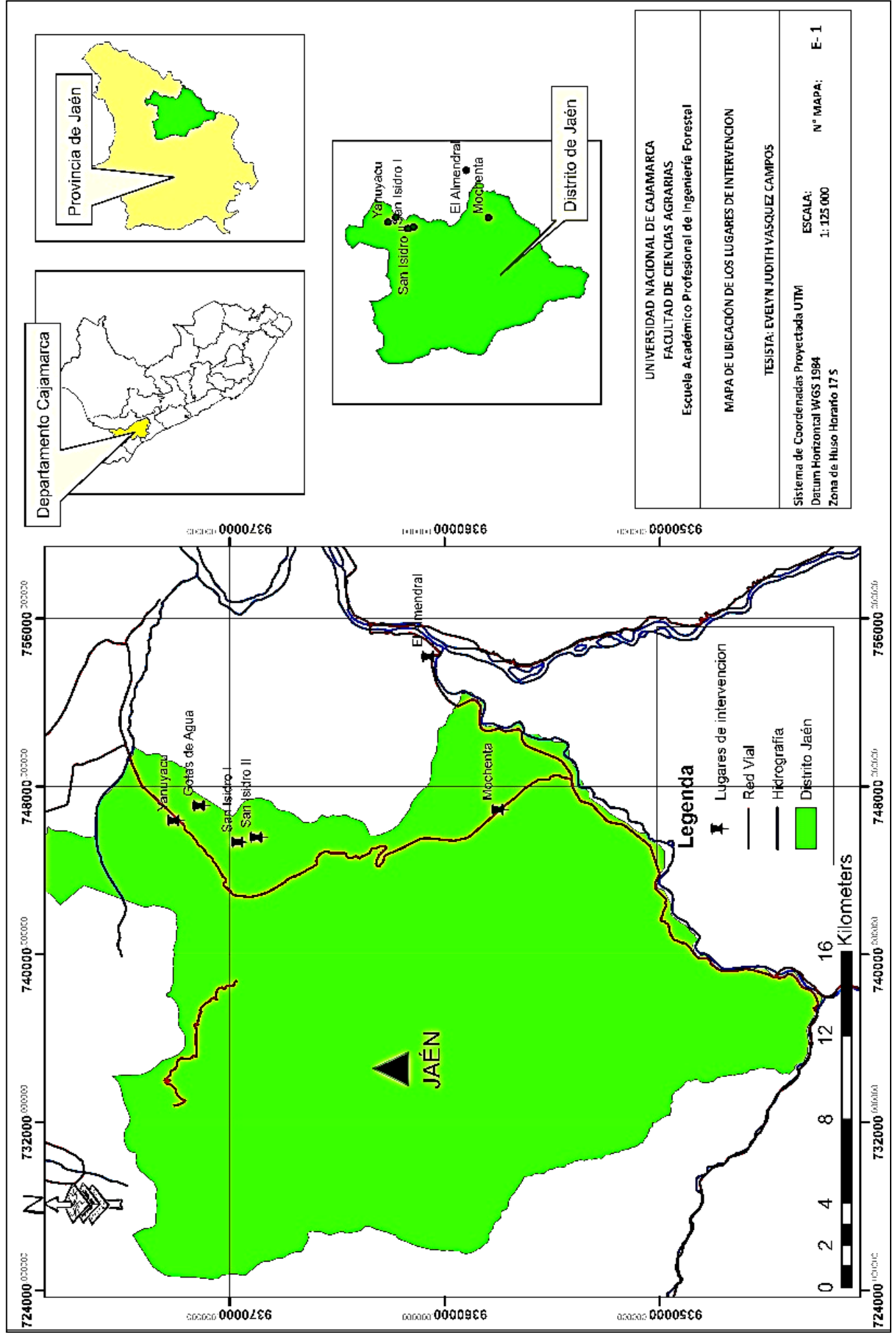


Figura 1. Delimitación de la parcela

Figura 1 : Mapa de ubicación de los lugares de extracción de muestras



b) Inventario

El inventario fue realizado considerando los árboles con DAP ≥ 10 cm, tomando datos de las variables dasométricas como el diámetro a la altura del pecho (DAP), altura total (Ht) y altura comercial (Hc), (Figura 2) y los datos fueron registrados de acuerdo al formato de la tabla 1.



Figura 2. Georreferenciación de los árboles

Tabla1. Formato para registro de especies en inventario

| Lugar | Sub parcela | Número | Código del árbol | Nombre común | DAP | Altura total | altura comercial | Coordenada | |
|-------|-------------|--------|------------------|--------------|-----|--------------|------------------|------------|-------|
| | | | | | | | | Este | Norte |
| | | | | | | | | | |

c) Muestreo y extracción de muestras de madera para diámetros diferentes

Para la extracción de las muestras de madera del fuste (forma cilíndrica) , se aplicó el método de extracción de muestras para diámetros diferentes el cual consistió en extraer las muestras con el barreno de Pressler traspasando la medula de los árboles que fueron muestreados, posteriormente después de extraer la muestra de madera se las guardaron en sorbetes, que tienen un diámetro semejante al diámetro del barreno de Pressley, se introdujo la

muestra y se procedió a sellar ambos lados del sorbete con cinta mastick para evitar que se dañen durante el transporte, luego se codificó cada uno de los sorbetes con un plumón indeleble de acuerdo a la especie y al lugar de donde se extrajeron. Se extrajo una muestra de madera por cada árbol censado.

El uso del barreno de Pressley ocasionó un hueco en el fuste de cada árbol censado, el cual fue tapado con parafina para evitar la posible introducción de insectos o patógenos (Figuras 3 y 4).



Figura 3. Extracción de muestras de madera



Figura 4. Uso del barreno de Pressler

3.3.2. Trabajo de gabinete

a) Determinación de la densidad de la madera

Las muestras de madera extraídas de los fustes de los árboles se secaron al aire libre, bajo techo durante tres meses hasta conseguir un peso constante, posteriormente se llevaron las muestras de madera secas al laboratorio de suelos de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Forestal de la Universidad

Nacional de Cajamarca-Filial Jaén, para pesar cada una de las muestras en una balanza analítica (Figuras 5 y 6), posteriormente se procesaron los datos del peso obtenido en una plantilla Excel; y utilizando la siguiente fórmula se determinó la densidad aparente:

$$Da = \frac{Ws}{V}$$

Donde:

Da = Densidad aparente en g/cm³,

Ws = Peso seco de la madera en g y

V = Volumen del cuerpo de prueba.



Figura 5. Muestra de madera extraída del fuste de los



Figura 6. Peso de muestras de madera

b) Cálculo del volumen de la muestra de madera

Con ayuda de una cinta métrica se midió el largo y el diámetro de cada una de las muestras extraídas, posteriormente se procesó en una plantilla Excel los datos obtenidos de la medición de las 229

muestras, luego se calculó el volumen de las muestras con la fórmula:

$$V = \pi * r^2 * L$$

Donde:

V = Volumen de la muestra de madera en cm^3 .

r = Radio de la base de la muestra de madera equilibrado a 0.025 cm.

L = Largo de la muestra de madera extraído de cada uno de los árboles censados.

c) Cálculo de la biomasa del fuste de los árboles

La biomasa del fuste de cada uno de los árboles censados, fue obtenida con fórmula (Vital et al. 1985):

$$B = V * Da$$

Donde:

B = Biomasa del fuste del árbol en kg.

V = Volumen del fuste del árbol en m^3 .

Da = Densidad aparente de la muestra de madera en kg/m^3 .

d) Cálculo del volumen de los árboles

Para el cálculo del volumen de los árboles censados se procesaron los datos dasométricos recogidos durante el inventario en una hoja de calculo Excel para posteriormente aplicar con la fórmula:

$$V = AB * Ht * Fm$$

Donde:

V = Volumen del fuste del árbol en m^3 .

Ht = Altura total del árbol en m.

Fm = Factor mórfico.

Para calcular el factor mórfico de cada uno de los árboles muestreados se utilizó la siguiente fórmula de acuerdo a Campos y Leite (2013):

$$Fm = \frac{\text{Volumen del fuste}}{\text{Volumen de cilindro}}$$

e) Ecuaciones para estimar la biomasa del fuste de los árboles

Las estimaciones del valor de biomasa en los fustes de los árboles, con aplicación de las respectivas medidas del diámetro a la altura del pecho (DAP) y la altura fustal (Hf), fueron utilizadas los modelos de estimación de acuerdo a Finke y Herrera (1983) (Tabla 2) :

Tabla 2. Modelos de estimación de biomasa fustal

| N° | Modelos |
|----|--|
| 1 | $Y = \beta_0 + \beta_1 \cdot (DAP^2 \cdot HF)$ |
| 2 | $Y = \beta_0 + \beta_1 \cdot DAP^2$ |
| 3 | $\ln Y = \beta_0 + \beta_1 \cdot \ln(DAP^2 \cdot HF)$ |
| 4 | $\ln Y = \beta_0 + \beta_1 \cdot \ln(DAP)$ |
| 5 | $\ln Y = \beta_0 + \beta_1 \cdot \ln(DAP) + \beta_2 \cdot \ln(HF)$ |
| 6 | $Y = \beta_0 + \beta_1 \cdot DAP + \beta_2 \cdot DAP^2$ |

Donde:

Y = Biomasa del fuste del árbol en kg.

DAP = Diámetro a la altura del pecho en cm.

HF = Altura fustal en m.

f) Cuantificación de la captura de carbono

Se calculó con la siguiente expresión descrita por Campos y Leite (2013):

$$W_c = W_f * k$$

Donde:

W_c = Peso de carbono en el fuste en kg.

W_f = Peso del fuste por determinada área en kg.

K = Factor constante a 0.5.

g) Interpolación de datos de variables climatológicas en el área de evaluación

Se interpolaron datos de las variables de temperatura media, máxima y mínima (°C), precipitación (mm), evapotranspiración potencial (mm) y velocidad el viento en el área de evaluación con el método algorítmico de interpolación Nearest Neighbour a un nivel de estimación al 99 % de confianza con periodicidad por mes (el trabajo se realizó en el mes de septiembre) con el software New LocClim (versión 1.1) (FAO 2002).

h) Aplicación de las redes neuronales artificiales

Se procedió a entrenar y generalizar las redes neuronales artificiales. Para ello los datos fueron organizados por medición, combinándose entre ellos. El software utilizado fue Neuroforest® (versión 3.3), donde fueron entrenadas redes neuronales artificiales para estimación actual de volumen por área. La configuración de la RNA utilizó una arquitectura de red del tipo Multilayer Perceptron (MLP), totalizando tres

capas (capa de entrada con variable continua y categórica; capa de procesamiento u oculta y capa de salida). La capa oculta, arquitectura de las redes, varía de acuerdo al número de variables, para este estudio fueron utilizadas neuronas de acuerdo a las variables y la función de activación para las capas ocultas y de salida fue sigmoide. El algoritmo de entrenamiento empleado fue Resilient propagation (RPROP+). El límite de parada fue de 0.0001 para el error medio y 3.000 para el número de ciclos y los datos, englobando todas las mediciones disponibles (Binoti 2010).

La Tabla 3, muestra la configuración para la estimación de la captura de carbono con el método de inteligencia artificial por medio de redes neuronales artificiales aplicando variables dasométricas y climatológicas. Las variables de entrada son aquellas que presentan influencia en la estimación de la captura de carbono considerándose categórica (variable cualitativa) y continua (variable cuantitativa) y variable de salida es el resultado de la estimación del carbono fijado por los fustes de los árboles del bosque seco.

Tabla 3. Variables utilizadas en el entrenamiento con Redes Neuronales Artificiales

| INTELIGENCIA ARTIFICIAL | VARIABLES UTILIZADAS | | |
|-------------------------|----------------------|-------------------------------------|-------------------------|
| | ENTRADA | | SALIDA |
| | CATEGORICA | CONTINUA | |
| RNA | Lugar | Volumen del fuste (m ³) | Captura de carbono (kg) |
| | | Altura Total (m) | |
| | | DAP (cm) | |
| | | Coordenadas (UTM) | |
| | Parcela | Temperatura máxima (°C) | |
| | | Temperatura mínima (°C) | |
| | | Temperatura media (°C) | |
| | Especie | Precipitación (mm) | |
| | | Evapotranspiración (mm) | |
| | | Velocidad de Viento (Km/h) | |

a. Análisis estadístico

Las modelaciones matemáticas y redes neuronales artificiales fueron ajustadas por el método de Mínimos Cuadrados Ordinarios y la efectividad del modelo de programación lineal, se estableció con la correlación (R^2), con ayuda del software statistica 13.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados

4.1.1. Ecuaciones para estimar la biomasa del fuste de los árboles

En la Tabla 4, se representa las ecuaciones de los modelos matemáticos para determinar la estimación de la biomasa fustal de las especies arbustivas del bosque seco, con sus respectivas estimativas (β_x), integrada para los 6 lugares de evaluación. Todas las ecuaciones son lineales con variables dependientes de $Y =$ Biomasa (Kg) y variables independientes de DAP (cm) y/o altura fustal (m).

Tabla 4. Ecuaciones establecidas para la estimación de la biomasa fustal

| N° | Modelos Matemáticos |
|----|---|
| 1 | $Y = 0.002885 + 0.000023 \cdot (DAP^2 \cdot Hf)$ |
| 2 | $Y = 0.003673 + 0.000106 \cdot DAP^2$ |
| 3 | $\ln Y = -10.0851 + 0.9217 \cdot \ln (DAP^2 \cdot Hf)$ |
| 4 | $\ln Y = -9.82885 + 2.25643 \cdot \log(DAP)$ |
| 5 | $\ln Y = -10.1028 + 1.9402 \cdot \ln(DAP) + 0.7627 \cdot \ln(Hf)$ |
| 6 | $Y = -0.024788 - 0.003693 \cdot DAP + (0.000015) \cdot DAP^2$ |

4.1.2. Interpolación de las variables climatológicas en el área de evaluación

Tabla 5. Variables climatológicas de los lugares de evaluación

| Lugar | Temperatura (°C) | | | Precipitación (mm) | Evapotranspiración (mm) | Velocidad del viento (Km/h) |
|---------------|------------------|--------|--------|--------------------|-------------------------|-----------------------------|
| | Máxima | Mínima | Media | | | |
| Almendral | 33.59 | 26.49 | 30.04 | 226.64 | 209.57 | 68.32 |
| Gotas de Agua | 36.84 | 24.09 | 30.465 | 232.05 | 210.04 | 102.4 |
| San Isidro II | 35.45 | 24.09 | 29.77 | 232.05 | 210.04 | 102.03 |
| San Isidro I | 36.84 | 24.09 | 30.465 | 226.97 | 210.04 | 102.4 |
| Yanuyacu | 36.39 | 19.28 | 27.835 | 232.05 | 210.04 | 104.59 |

| | | | | | | |
|----------|-------|-------|-------|--------|--------|-------|
| Mochenta | 33.59 | 26.49 | 30.04 | 232.05 | 209.57 | 68.32 |
|----------|-------|-------|-------|--------|--------|-------|

En la tabla 5 se aprecia las variables climatológicas para cada área de evaluación, interpoladas por datos de 10 estaciones meteorológicas de Perú y Ecuador para cada variable climatológica (Anexo 3).

4.1.3. Determinación de la biomasa del fuste observada y estimada por los modelos matemáticos

Tabla 6. Biomasa del fuste observada y estimada las especies arbustivas del bosque seco

| Lugar | Número de muestras en 3600 (m ²) | Total, de biomasa observada (TM) | Biomasa estimada con los modelos matemáticos (TM) | | | | | |
|---------------|--|----------------------------------|---|--------|--------|--------|--------|--------|
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Almendral | 36 | 0.4089 | 0.5012 | 0.6394 | 0.4250 | 0.5094 | 0.4399 | 0.5792 |
| Gotas de Agua | 42 | 0.5871 | 0.6278 | 0.7252 | 0.5463 | 0.5594 | 0.5492 | 0.7088 |
| San Isidro 2 | 39 | 0.6546 | 0.7099 | 0.6643 | 0.6216 | 0.5194 | 0.6049 | 0.5938 |
| San Isidro 1 | 63 | 2.7182 | 2.4146 | 2.2367 | 2.2369 | 2.1786 | 2.2469 | 2.5639 |
| Yanuyacu | 30 | 0.4494 | 0.6249 | 0.5973 | 0.5543 | 0.5060 | 0.5451 | 0.5381 |
| Mochenta | 19 | 0.8328 | 0.7806 | 0.7756 | 0.6831 | 0.8600 | 0.7194 | 0.6670 |

En la Tabla 6, se aprecia los totales de biomasa del fuste, observada y estimada con los seis modelos matemáticos establecidos en el estudio, donde la mayor cantidad de biomasa se encuentra en la parcela ubicada en San Isidro 1 (parcela 3) con 2.5639 TM y la menor cantidad de biomasa fustal se encuentra en la parcela ubicada en El Almendral (parcela 1) con 0.4250 TM (Anexo 1). Se encontraron mayor cantidad de árboles en la parcela ubicada en el área de San Isidro 1 con 63 individuos y menor cantidad de árboles en la parcela ubicada en Mochenta con 19 individuos, considerando parcelas de 3600 m² y árboles con DAP \geq 10 cm (Solano et al. 2017).

4.1.4. Captura de carbono

Tabla 7. Captura de carbono estimado con modelos matemáticos y RNA

| Lugar | Captura de carbono (TM C) | Captura de carbono estimado con RNA (TM C) | Captura de carbono estimado con los modelos matemáticos (TM C) | | | | | |
|---------------|---------------------------|--|--|---------|---------|--------|---------|---------|
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Almendral | 0.20445 | 0.2042 | 0.2506 | 0.3197 | 0.2125 | 0.2547 | 0.2199 | 0.2896 |
| Gotas de Agua | 0.29355 | 0.3029 | 0.3139 | 0.3626 | 0.27315 | 0.2797 | 0.2746 | 0.3544 |
| San Isidro 2 | 0.3273 | 0.3185 | 0.35495 | 0.33215 | 0.3108 | 0.2597 | 0.30245 | 0.2969 |
| San Isidro 1 | 1.3591 | 1.2035 | 1.2073 | 1.11835 | 1.11845 | 1.0893 | 1.12345 | 1.28195 |
| Yanuyacu | 0.2247 | 0.2241 | 0.31245 | 0.29865 | 0.27715 | 0.253 | 0.27255 | 0.26905 |
| Mochenta | 0.4164 | 0.4157 | 0.3903 | 0.3878 | 0.34155 | 0.43 | 0.3597 | 0.3335 |

La Tabla 7, muestra la captura de carbono del fuste observada y estimada con los seis modelos matemáticos establecidos en el estudio y con la técnica de redes neuronales artificiales, donde la mayor cantidad de carbono fijado se encuentra en la parcela ubicada en San Isidro 1 con 1.2035 TM de carbono y la menor cantidad de carbono fijado fustal se encuentra en la parcela ubicada en El Almendral con 0.2042 TM de carbono.

4.1.5. Influencia de las variables climatológicas en la estimación de la captura de carbono

Tabla 8. Comparación de la correlación entre ambas técnicas de estimación

| Modelo N° | Modelo Matemático | RNA |
|-----------|-------------------|------------------|
| | R ² Y | R ² Y |
| 1 | 0.8949 | 0.9969 |
| 2 | 0.7652 | |
| 3 | 0.8759 | |
| 4 | 0.8544 | |
| 5 | 0.8769 | |
| 6 | 0.7945 | |

En la Tabla 8, se puede apreciar una comparación estadística mediante la correlación entre los datos de captura de carbono observado y estimado con modelos matemáticos y redes neuronales artificiales, teniendo en cuenta que los modelos matemáticos utilizan únicamente variables dasométricas y las redes neuronales artificiales utilizan variables dasométricas y climáticas. El modelo matemático N° 1 presenta mayor correlación que los demás modelos utilizados con 0.8949; sin embargo, al agregar datos climáticos la correlación aumenta a 0.9969, demostrando que las variables climatológicas presentan efecto positivo en la estimación de captura del fuste de los árboles del bosque seco de Jaén.

4.2. Discusión

El bosque seco es uno de los principales ecosistemas de diversificación que existe en el planeta presenta muchas definiciones; sin embargo, la definición propuesta por Pennington et al. (2000), es la más aceptada por gran parte de la comunidad científica, basada en integrar conceptos climáticos y variables dasométricas como la altura y área basal. Las especies que habitan en estos tipos de bosques como la *Bonellia mucronata*, *Colicodendron scabridum*, *Parkinsonia praecox*, *Acacia macracantha*, *Ceiba insignis*, *Cordia saccellia*, *Tetrasida chachapoyensis*, *Cordia iguaguana*, *Maclura tinctoria*, están adaptadas a condiciones de sequía, en muchos casos impredecibles, y pueden por lo tanto convertirse en recursos genéticos importantes para la restauración en el futuro (Maass et al. 2005).

En estos tipos de ecosistemas son mayormente dominados por árboles, consecuentemente, los procesos ecológicos son moderadamente estacionales y la productividad primaria neta es menor que en los bosques húmedos, por presentarse solo en la temporada de lluvias. Estos bosques son además de menor altura y área basal que los bosques tropicales húmedos, se presentan en suelos relativamente fértiles (Gentry 1995). Tanto en bosques como en plantaciones forestales, el Carbono se acumula en cuatro fuentes principales: la biomasa arriba del suelo que corresponde a

tallos leñosos o fustes de árboles y arbustos, junto con la biomasa de la vegetación herbácea. Biomasa por debajo del suelo, que corresponde al sistema radical o rizósfera, constituida principalmente por las raíces finas y gruesas, tanto de árboles como de arbustos. La hojarasca y otra materia vegetal muerta depositada sobre el suelo, que constituye la necromasa del sistema y finalmente el Carbono contenido en el suelo, como resultado de la humificación de la materia orgánica (Roy et al 2001; Hoover, 2008).

El 90 % de la biomasa se encuentra acumulada en los bosques en forma de fustes, ramas, hojas, raíces y materia orgánica (Rodríguez 2006); de esta manera, los ecosistemas de bosques se destacan por su gran capacidad de fijar carbono en sus estructuras y de manera particular lo fijan en forma estable en la parte leñosa. Así, se ha estimado que los árboles asimilan y almacenan grandes cantidades de Carbono durante toda su vida (Ordoñez y HJ de Jong, 2001) y en el fuste de un árbol completo es donde se almacena aproximadamente 84 % de biomasa de la cual 46 % es carbono (Avendaño et al. 2009). En el presente trabajo, se enfocó en cuantificar la captura de carbono en el fuste, abarcando significativamente que en la parte leñosa se encuentra por lo menos el 50 % de biomasa de un árbol.

Comparando con otras especies por ejemplo en el *Pinus radiata* tiende a crecer más en su copa, de fuste recto, puede alcanzar más de un metro de diámetro, hojas siempre verdes (acículas), características que favorecen una mayor captura de carbono. Por su parte *Eucalyptus globulus* es una especie de gran altura, fuste recto, diámetro regular y hojas grandes que tienen corta vida y que caen en gran cantidad en la época de estío, esta especie tiene crecimiento rápido, por lo que almacena poco carbono en su fuste, mientras que *Pinus incana* es una especie con lento crecimiento, de fuste irregular tiene varias ramificaciones de buen diámetro, esto hace que exista almacenamiento de carbono en la biomasa aérea, por su parte *Alnus acuminata* es una especie de buena altura con numerosas ramificaciones, fuste con diámetros mayores, es semi caducifolia, el incremento de captura de carbono sería alto si alcanzarían más edad, pero por su madera útil en artesanía son aprovechados jóvenes. En el caso de *Vicia faba* es una

especie con poca biomasa, son plantas estacionales que se renueva cada año, su tallo no presenta xilema y la acumulación de biomasa se da en las raíces desarrolladas donde almacenan mayor cantidad de carbono. La hojarasca contribuye muy poco en el almacenamiento de carbono. (Cuellar et al. 2015).

Estudios demuestran que cuantificar la captura de carbono en el fuste es tedioso, que hasta ahora el método indirecto es la forma más recomendable de extraer sus muestras porque no causa mortalidad. La obtención de muestras de madera con taladro de Pressler es el método de estimación empleado con mayor frecuencia. La obtención de las virutas (cilindros) de madera permite estudiar varias características de la madera en forma simultánea, como la edad, el incremento anual, la densidad y las características de madera temprana y tardía en el anillo de crecimiento en diferentes edades del árbol, entre otras.

“Para la estimación de la densidad de la madera en estas muestras pequeñas existen varias técnicas, desde las más sencillas entre las que se tiene el método por desplazamiento de agua y el método de máximo contenido de humedad” (Smith 1955), hasta las más modernas como es el empleo de rayos-X (Jozsa y Brix 1989). En este tipo de ecosistema, el clima es seco con una temperatura media anual que oscila entre 24 a 26 °C, con máximas que alcanzan los 30 °C y mínimas que están alrededor de 20 °C a 21 °C, la temperatura promedio se mantiene a lo largo del año. La precipitación promedio anual varía desde 350 hasta 1000 mm y presenta un periodo seco entre los meses de mayo a octubre y de mayores precipitaciones entre octubre y abril (Peisa 2004). La precipitación total anual varía entre 333.2 mm a 1051 mm, siendo el promedio de precipitación anual de 760.25 mm, el promedio de la precipitación máxima en 24 horas son altas en los meses de Octubre y entre los meses de Febrero a Mayo (Peisa 2004).

En este estudio, al agregar variables climáticas en la estimación de captura de carbono del fuste de árboles del bosque seco, la correlación aumenta de 89.49 % a 99.69 %, destacando la técnica de estimación de redes

neuronales artificiales como la más adecuada. Esto demuestra, que las variables climáticas como temperatura media, máxima y mínima (°C), precipitación (mm), evapotranspiración potencial (mm) y velocidad del viento presentan influencia en la estimación de captura de carbono del fuste de los árboles, la cual concuerda con diferentes autores como Zamora (2003), quien indica que la variabilidad climática ayuda a crear diversidad en el bosque, intuyendo que las especies presentan reacciones ante las variables climáticas, es primordial comprender las variables climáticas, para así ver si afectan las funciones de un ecosistema y ver si su dinámica se mantiene constante (Girardin et al. 2010).

La técnica computacional con redes neuronales artificiales consigue detallar más y con mayor precisión la productividad media de grandes áreas frente a modelos tradicionales; permiten la utilización de un gran número de variables, entre ellos, edáfico, climático y fisiográfico, en una misma red, dando un alto interés para pronósticos de crecimiento y producción. Dependiendo del alcance de muestreo, este enfoque también permite simular el efecto de déficit hídrico o sequías (Alcantara, 2015) citado por Casas et al (2017). Dai et al. (2015), afirma que en los bosque secos, el secuestro carbono es altamente sensible al calentamiento, siendo un indicador clave de los cambios climáticos y Cao y Sanchez (2017) analizando técnicas de infra rojo detectaron efectos de la temperatura en el secuestro de carbono a nivel fisiológico; así mismo, Wunder (2007), manifiesta que las especies en este tipo de bosque cumplen una función importante en la regulación climática a través del almacenamiento y captura de carbono, se ha visto como una gran oportunidad para asegurar el mantenimiento de los bosques. Arias (2006), menciona que las precipitaciones constituyen un determinante fundamental de diferentes aspectos estructurales de la vegetación a través de un largo gradiente espacial de precipitaciones.

En este estudio, para validar los modelos alométricos y de redes neuronales artificiales, fue utilizado la correlación, esta validación sirve para tener garantía de la ecuación y el algoritmo establecido, en que el aumento de la

correlación al agregar variables climáticas, interfiere indirectamente una demostración estadística que existe una influencia de estas variables en la estimación de la captura de carbono en el fuste de los árboles en el bosque seco.

Desde el punto de vista fisiológico, las condiciones climáticas alteran el crecimiento de las especies arbóreas, la densidad de la madera posee una gran influencia en el genotipo y está íntimamente relacionada al complejo proceso de formación de la madera, incluyendo la diferenciación del tejido del xilema, alargamiento de las células y la síntesis de la pared celular secundaria. Así mismo, como en este trabajo de investigación, Ma. et al (2015), relaciona las condiciones de crecimiento de los árboles donde verifica significativamente la correlación de las variables climáticas, entre ellas la temperatura, precipitación, suelo y la densidad de la madera.

El software Statistica 10 es un paquete estadístico para resolver problemas de modelación matemática y muy usado en la ingeniería forestal. Investigación realizada por Rodríguez (2009), donde utilizó distintos modelos matemáticos lineales y no lineales para estimar biomasa de árboles individuales en especies de un bosque de pino-encino en Tamaulipas, utilizó el paquete estadístico de cómputo (Statistica versión 6.0) donde procesó ocho modelos matemáticos , de los cuales seleccionó el modelo que presentó el mejor ajuste en los criterios de bondad (R^2), aplicó los modelos y determinó que el modelo que presenta mejor estimación es el modelo $\beta = a_0 * D^a$, debido a que obtuvo coeficiente de determinación de 95 %, indicando una alta confiabilidad del modelo; por otro lado, investigaciones realizadas por Calderón y Pérez (2007), realizó pruebas de cinco modelos matemáticos utilizando para esto el Software Statistica 7.0 y obtuvo que de los modelos procesados el modelo N° 3 $B = a + bD^2 + c(D^2H)$, obtuvo el grado de confiabilidad más alto, con un valor de coeficiente de determinación de 99%; sin embargo, en el presente trabajo de investigación realizado con especies arbóreas con un $DAP \geq 10$ cm del bosque seco de Jaén, Cajamarca, se aplicaron 6 modelos matemáticos los cuales fueron procesados con ayuda del Software STATISTICA 10, para estimar biomasa

donde se analizaron sus parámetros estadísticos y se obtuvo que el modelo matemático que obtiene el modelo N°1 ($Y = \beta_0 + \beta_1*(DAP^2*Hc) + e$) presenta el coeficiente de determinación de $R^2 = 89.49 \%$, siendo el modelo que presenta mayor grado de confiabilidad debido a que el coeficiente de determinación mientras más cercano a la unidad es más confiable mientras más cercano al 100 % se encuentre.

El software NeuroForest es interactivo de alta performance aplicado con redes neuronales artificiales, el sistema fue desarrollado por la empresa DAP Forestal y los profesores Helio Garcia Leite de la Universidad Federal de Vicosa y Mayra Luiza y Binoti de la Universidad Federal Dos Vales do Jequitinhonha e Mearim. Actualmente es muy utilizado en la ingeniería forestal por agregar diferentes tipos de variables para estimar de acuerdo a la necesidad, que no se pueden incluir en los modelos matemáticos las variables climáticas, edáficas, económicas, etc.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Mediante la aplicación de la inteligencia artificial de redes neuronales artificiales se determinó, que las variables climatológicas influyen en la estimación de captura de carbono del fuste en especies arbóreas como la *Bonellia mucronata*, *Colicodendron scabridum*, *Parkisonia praecox*, *Acacia macracantha*, *Ceiba insignis*, *Cordia saccellia*, *Tetrasida chachapoyensis*, *Cordia iguaguana* y *Maclura tinctoria*, del bosque seco de Jaén.

El modelo matemático N° 1 ($Y = \beta_0 + \beta_1*(Dap^2*Hc)$), presentó una alta correlación con 0.8949 en la estimación de captura de carbono del fuste de los árboles del bosque seco de Jaén, utilizando únicamente variables dasométricas.

Se determinó que, al agregar variables climáticas en la estimación de captura de carbono del fuste de árboles del bosque seco de Jaén, la correlación aumenta de 0.8949 a 0.9969, destacando la técnica de estimación de redes neuronales artificiales como la más adecuada para estimar captura de carbono en fuste de árboles para el bosque seco de Jaén.

Se estimó la captura de carbono del fuste de árboles del bosque seco de Jaén con modelos de regresión matemática e inteligencia artificial de redes neuronales artificiales utilizando las variables dasométricas y climatológicas.

5.2. Recomendaciones

Emplear este tipo de investigación para posteriores estudios sobre captura de carbono en diferentes tipos de bosque y poder entender la influencia de las variables climáticas en la estimación de captura de carbono.

Monitorear los lugares establecidos para posteriores estudios, para entender la variabilidad climática y cambio climático del ecosistema de bosque.

Difundir la técnica de redes neuronales artificiales para estimación de captura de carbono del fuste de los árboles y aplicarla a otro tipo de bosque.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alcântara, A. E. M. D. 2015. Redes neurais artificiais para prognose do crescimento e da produção de povoamentos de eucalipto em Minas Gerais.
- Arevalo, L. A., Alegre, J. C., y Vilcahuaman, L. J. M. 2002. Metodologia para estimar o estoque de carbono em diferentes sistemas de uso da terra. EMBRAPA, Brasil.
- Arias, L. 2006. Controles climáticos de la productividad primaria de pastizales de la provincia de corrientes. Tesis (Ingeniero Agrónomo). UBA-Facultad de Agronomía. Buenos Aires, Argentina. 51 p.
- Avendaño, D. M., Acosta, M., Carrillo, F., & Etchevers, J. D. (2009). Estimación de biomasa y Carbono en un bosque de Abies religiosa. Revista fitotecnia mexicana, 32(3), 233-238.
- Binoti, M. L. M. S. 2010. Redes neurais artificiais para prognose da produção de povoamentos não desbastados de eucalipto. Viçosa: UFV, 2010. 54 p. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- Bonan, G. B. 2008. Forests and climate change: forcings, feedbacks, and the climate benefits of forests. *science*, 320(5882), 1444-1449 p.
- Braga, A. De P.; Carvalho, A. P. De L. F. De; Ludemir, T. B. 2000. Redes Neurais Artificiais: teorias e aplicações. Rio de Janeiro: Editora LTC. 262 p.
- Bridgewater, S. R. T. Pennington, C. Reynel, A. Daza y T. D. Pennington. 2003. A preliminary floristic and phytogeographic analysis of the woody flora of seasonally dry forest in northern Peru. *Candollea* 58: 129-148 p.
- Brown, S. 1997. Estimating biomass and biomass change of tropical forests: a primer (Vol. 134). Food & Agriculture Org..
- Brown, S., Sathaye, J., Cannell, M., Y Kauppi, P. E. 1996. Mitigation of carbon emissions to the atmosphere by forest management. *The Commonwealth Forestry Review*, 80-91 p.
- Brown, S. y Lugo, A. 1992. Aboveground biomass estimates for tropical moist forests of the Brazilian Amazon. *Interciencia* 17.

- Bullinaria, J. A. 2014. Introduction to neural computation: notas de aula. Disponível em: <<http://www.cs.bham.ac.uk/~jxb/inc.html>>.
- Calderón, Ó. A., Hernández, F. J., & Pérez, J. J. 2007. Estimación de biomasa y contenido de carbono de *Pinus cooperi* Blanco, en Pueblo Nuevo, Durango. *Madera y Bosques*, 13(1), 35-46 p.
- Campos, J. C. C.; Leite, H. G. 2013. *Mensuração florestal: Perguntas e respostas*. 4. ed. Viçosa: UFV. 605 p.
- Cao, S., y Sanchez-Azofeifa, A. 2017. Modeling seasonal surface temperature variations in secondary tropical dry forests. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 62, 122-134.
- Casas, G. G., Villanueva, J. R. B., Leite, H. G., Santos, A. C. A., Júnior, C. A. A., & de Alcántara, A. E. M. (2017). Comparación de dos modelos de crecimiento y producción en plantaciones de eucalipto. *Revista Científica UNTRM: Ciencias Naturales e Ingeniería*, 2(1), 46-51.
- Chave, J., Réjou-Méchain, M., Búrquez, A., Chidumayo, E., Colgan, M. S., Delitti, W. B., y Henry, M. 2014. Improved allometric models to estimate the aboveground biomass of tropical trees. *Global change biology*, 20(10), 3177-3190.
- Coronel Toro, A. J. 2019. Captura de Carbono de *Theobroma cacao* L con Modelamiento y Redes Neuronales Artificiales en Jose Olaya, Nieva, Amazonas.
- Dai, Z., Johnson, K. D., Birdsey, R. A., Hernandez-Stefanoni, J. L., y Dupuy, J. M. 2015. Assessing the effect of climate change on carbon sequestration in a Mexican dry forest in the Yucatan Peninsula. *Ecological Complexity*, 24, 46-56 p.
- Demaerschalk, J. P. 1973. Integrated systems for the estimation of tree taper and volume. *Can. J. For. Res.* 3: 90-94 p.

- Department for Transport, Local Government and the Regions 2002. Economic valuation with stated preference techniques: summary guide. DTLGR, Gran Bretaña. Disponible en: www.dtlr.gov.uk/about/economics/index2.htm
- Einspahr, D.W., J.P. Van Buijtenen y J.R. Peckham. 1969. Pulping characteristics of ten-year loblolly pine selected for extreme wood specific gravity. *Sil. Gen.* 18(3):57-61 p.
- FAO. 2002. LocClim, Local Climate Estimator Version 1.0. Environment and Natural Resources Service – Agrometeorology Group, FAO/SDRN, Rome, Italy.
- FAO. 2016. Los bosques y el cambio climático en el Perú: situación y perspectivas. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Lima, Perú.
- Gasparri, I. y E. Manghi. 2004. Estimación de volumen, biomasa y contenido de carbono de las regiones forestales argentinas. Dirección de Bosques, Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable. Unidad de Manejo del Sistema de Evaluación Forestal. Argentina. 26 p.
- Girardin, C.; Malhi, Y.; Aragao, L.; Mamani, M.; Huaraca-Huasco, W.; Durand, L.; Feeley, K.; Rapp, J.; Silva-Espejo, J.; Silman, M.; Salinas, N.; Whittaker, R. 2010. Net primary productivity allocation and cycling of carbon along a 51 tropical forest elevational transect in the Peruvian Andes. *Global Change Biology* 16: 3176–3192 p.
- Godfrey, G.A. y D.K. Garthwaite. 1984. Rapid assessment of outerwood specific gravity in live trees using a pocket durometer. *Can. J. For. Res.* 14:145-150 p.
- Haykin, S. 2001. *Redes neurais: princípios e prática*. Trad. de Paulo Martins Engel. 2. ed. Porto Alegre, RS: Bookman. 900 p.
- Houghton, R. A., and D. L. Skole, 1990. "Changes in the carbon cycle between 1700 and 1985". En: *The Earth Transformed by Human Action*, B.L. Turner (ed.), Cambridge

- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 1995. Climate change 1994: Radiative forcing of climate change and an evaluation of the IPCC 1S92 emission scenarios. Edited by J.T. Houghton, L. G. Meira Filho, J. Bruce, Hoesung Lee, B. A. Callander, E. Haites, N. Harris and K. Makell, CUP.
- IPCC 2001. Third Assessment Report. IPCC, UN. New York.
- Jozsa, L.A. y H. Brix. 1989. The effects of fertilization and thinning on wood quality of a 24-year-old Douglas-fir stand. *Can. J. For. Res.* 19:1137-1145.
- Klinge, H., y Herrera, R. 1983. Phytomass structure of natural plant communities on spodosols in southern Venezuela: The tall Amazon Caatinga forest. *Vegetatio*, 53(2), 65-84 p.
- Kozak, A., D. D. Munro and J. H. G. Smith. 1969. Taper functions and their application in forest inventory. *For. Chron.* 45(4):278–283 p.
- Lamprecht H. 1990. Silvicultura en los trópicos. Traducción de Antonio Carrillo. Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ).
- Manzo, S. V., y Hernández, J. V. 1997. Método empírico para estimar la densidad básica en muestras pequeñas de madera. *Madera y Bosques*, 3(1), 81-87 p.
- Maass, J. M., Jaramillo, V., Martínez-Yrizar, A., García-Oliva, F., Pérez-Jiménez, L. A., Sarukhán, J. 2002. Aspectos funcionales del ecosistema de selva baja caducifolia en Chamela, Jalisco En: Noguera, F.A. Vega, J.H. García-Aldrete, A.N., Quesada, M. (eds.). *Historia Natural de Chamela*, 525-542 p, Instituto de Biología, UNAM, México, D.F., México.
- Marcelo-Peña, J. L.; C. Reynel; P. Zevallos; F. Bulnes & A. Ojeda. 2007. Diversidad, composición florística y endemismos de la vegetación leñosa en los bosques estacionalmente secos alterados del distrito de Jaén, Perú. *Rev. Ecol. Aplic.* 6 (1,2)
- Masera O. 1995. Future greenhouse emission and sequestration scenarios from land use change in Mexico. Report to UNEP from the project Mexico's

country study on greenhouse gas emissions, Instituto Nacional de Ecología.
Mexico City

- Masera R., O. 2001. Carbon sequestration dynamics in forestry projects: The CO2FIX V.2. Model approach. Instituto de Ecología, UNAM. 13 p.
- Murphy, P. y A. E. Lugo. 1995. Dry forest of Central America and the Caribbean. In: Bullock, S.H.; H.A.Mooney / E. Medina (eds.), Seasonally dry tropical forests: 9-34 p. Cambridge University Press
- Nair, P.; Nair, V.D.; Kumar, B.M.; Haile, S.G. 2009. Soil carbon sequestration in tropical agroforestry systems: a feasibility appraisal. Environ. Sci. Policy. 10:10-16 p.
- Nordhouse, D. W. 1991 "Economic approaches to greenhouse warming" Tomado de Rudiger Dornhush y James M. Postba Global warming: economic policy. MIT Press
- Notivol, E., L.A. Gil y J.A. Pardos. 1992. Una metodología para la estimación de la densidad de la madera de árboles en pie y de su grado de variabilidad en *Pinus pinaster* Ait. Invest. Agrar. Sist. Rec. For. Vol. 1(1):41- 47 p.
- Oliveira, R. R. 2002. Ação antrópica e resultantes sobre a estrutura e composição da Mata Atlântica na Ilha Grande, RJ. *Rodriguesia*, Rio de Janeiro, v. 53, n. 82, 33-58 p.
- Ordóñez D., J. A. B. 1999. Captura de carbono en un bosque templado: el caso de San Juan Nuevo, Michoacán. Instituto Nacional de Ecología, SEMARNAP. Desarrollo gráfico editorial. México, D. F. 72 p.
- Ormerod, D. W. 1973. A simple bole model. *For. Chron.* 49: 136 – 138 p.
- Palomino, R. 2004. Los bosques tropicales estacionalmente secos: I. El concepto de los bosques secos en el Perú. *Arnoldoa*, 11, 85-102.
- Peisa, E. 2004. Atlas regional del Perú. Tomo 13: Cajamarca. Imagen geográfica, estadística, histórica y cultural. *Ediciones Peisa. Perú*, 103..

- Pennington, R.T., D.E. Prado y C.A. Pendry. 2000. Neotropical seasonally dry forests and quaternary vegetation changes. *Journal of Biogeography* 27: 261-273
- Pennington T. D. y Sarukhán J. 2005. Manual para la identificación de las principales especies. UNAM- FCE.
- Peña, J. L. (2008). Vegetación leñosa, endemismos y estado de conservación en los bosques estacionalmente secos de Jaén, Perú. *Revista Peruana de Biología*, 15(1), 43-52.
- Prado J, J. A., Schiavini, I., Vale, V. S., Arantes, C. S., Sande, M. T., Lohbeck, M., y Poorter, L. 2016. Conservative species drive biomass productivity in tropical dry forests. *Journal of Ecology*, 104(3), 817-827 p.
- Ratter J.A., Askew G.P., Montgomery R. & Gifford D.R. 1978. Observations on forests of some meso-trophic soils in central Brazil. *Revista Brasil . Bot.* 1: 47-58. Rodríguez R.E. & Rojas G.R. 2002. El Herbario.
- Riaño, N.; Tangarife, G.; Osorio, O.; Giraldo, J.; Ospina, C.; Obando, D.; Gómez, L.; Jaramillo, L. 2005. Modelo de crecimiento y captura de carbono para especies forestales en el trópico. Chinchiná : Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural : Federación Nacional de Cafeteros : CENICAFÉ : CONIF. 51 p.
- Rodríguez Laguna, R. 2009. Estimación de carbono almacenado en el bosque de pino-encino en la Reserva de la Biósfera el Cielo, Tamaulipas, México.
- Rojo M., G. E., J. Jasso M., J. J. Vargas H., D. J. Palma L. y A. Velázquez M. 2005. Biomasa aérea en plantaciones comerciales de hule (*Hevea brasiliensis* Müll. Arg.) en el estado de Oaxaca, México. *Agrociencia* 39: 449-456 p.
- Sampson, R.N., M. Apps, S. Brown, C. Cole, J. Downing, L. Heath, O. Ojima, T. Smith, A. Solomon y J. Wisniewski, 1993. Workshop Summary Statement: Terrestrial Biospheric Carbon Fluxes-quantification of Sinks and Sources on CO₂ . *Water, Air and Soil Pollution*, 70, pp. 3-15

- Schlegel, B. 2001. Estimación de la biomasa y carbono en bosques del tipo forestal siempreverde. In Simposio internacional medición y monitoreo de la captura de carbono en ecosistemas forestales (Vol. 18).
- Segura, M. 1997. Almacenamiento y fijación de carbono en *Quercus costarricensis*, en un bosque de altura en la cordillera de Talamanca, Costa Rica. Almacenamiento y fijación de carbono en *Quercus costarricensis*, en un bosque de altura en la cordillera de Talamanca, Costa Rica.
- Silva, I. N.; Spatti, D. H.; Flauzino, R. A. 2010. Redes neurais artificiais: para engenharia e ciências aplicadas. São Paulo: Artiber. 399 p.
- Smith, D.M. 1955. Comparison of two methods for determining the specific gravity of small wood samples of second-growth Douglas-fir. Forest Products Laboratory. Report 2033. madison, Wi. 21 p.
- Smith, T.M., W.P. Cramer, R.K. Dixon, R. Leemans, R.P. Neilson, and A.M. Solomon, 1993. The Global Terrestrial Carbon Cycle. En Wisniewski, J. y R.N. Sampson (Eds). Terrestrial Biospheric Carbon Fluxes: Quantification and Sources of CO₂. Kluwer Academic Publishers, Netherlands. pp. 19-37.
- Solano, D., Vega, C., Eras, V. H., & Cueva, K. 2017. Generación de modelos alométricos para determinar biomasa aérea a nivel de especies, mediante el método destructivo de baja intensidad para el estrato de bosque seco pluviestacional del Ecuador. CEDAMAZ, 4(1).
- Toby P. R., Prado, D. E., & Pendry, C. A. (2000). Neotropical seasonally dry forests and Quaternary vegetation changes. *Journal of Biogeography*, 27(2), 261-273.
- Toriyama, J., Hak, M., Imaya, A., Hirai, K., y Kiyono, Y. 2015. Effects of forest type and environmental factors on the soil organic carbon pool and its density fractions in a seasonally dry tropical forest. *Forest Ecology and Management*, 335, 147-155 p.
- Vélez, V. H. G., y Arango, G. J. L. 2001. Metodología para la cuantificación de existencias y flujo de carbono en plantaciones forestales. In Simposio

Internacional Medición y Monitoreo Del La Captura De Carbono En Ecosistemas Forestales. Valdivia.

WRI 2001. Evaluating carbon sequestration projects: A first attempt. World Resources Institute, Washington DC. Disponible en: www.wri.org.

Wunder, S. 2007. The Efficiency of Payments for Environmental Services in Tropical Conservation. *Conservation Biology* 21:48- 58 p.

Zamora, J. 2003. Estimación del contenido de carbono en biomasa aérea en el bosque de pino del Ejido "La Majada" Municipio de Periban de Ramos. Michoacán. Tesis (Ingeniero Agrónomo). Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Facultad de Agrobiología. 47 p.

Zapata, M., del Valle, J. I., Orrego, S. A., y Moreno, F. H. 2003. Estimación de la biomasa. Formulación del plan de manejo de la vegetación en el área de influencia de la central hidroeléctrica Porce III, Contrato 3/DJ/1367/17-Acta No. 28.

Zobel, B. J., y Van Buijtenen, J. P. 1989. Wood variation-its causes and control. Springer Verlag: Berlin, etc, 363, 439-40 p.

Zobel, B., y Talbert, J. 1984. Applied forest tree improvement. John Wiley & Sons.

ANEXO

ANEXO 1: MAPAS DE DISPERSIÓN DE ESPECIES DE CADA UNO DE LOS LUGARES EVALUADOS

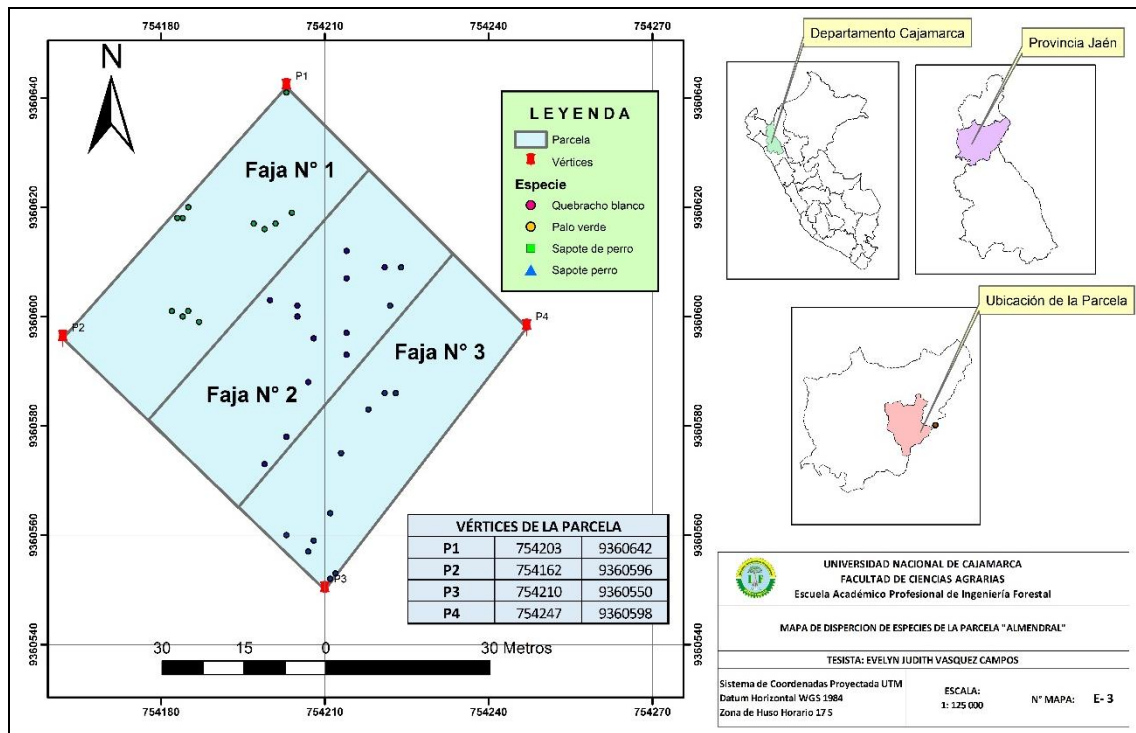


Figura 1. Mapa de dispersión de especies de la parcela 1 : "El almendral"

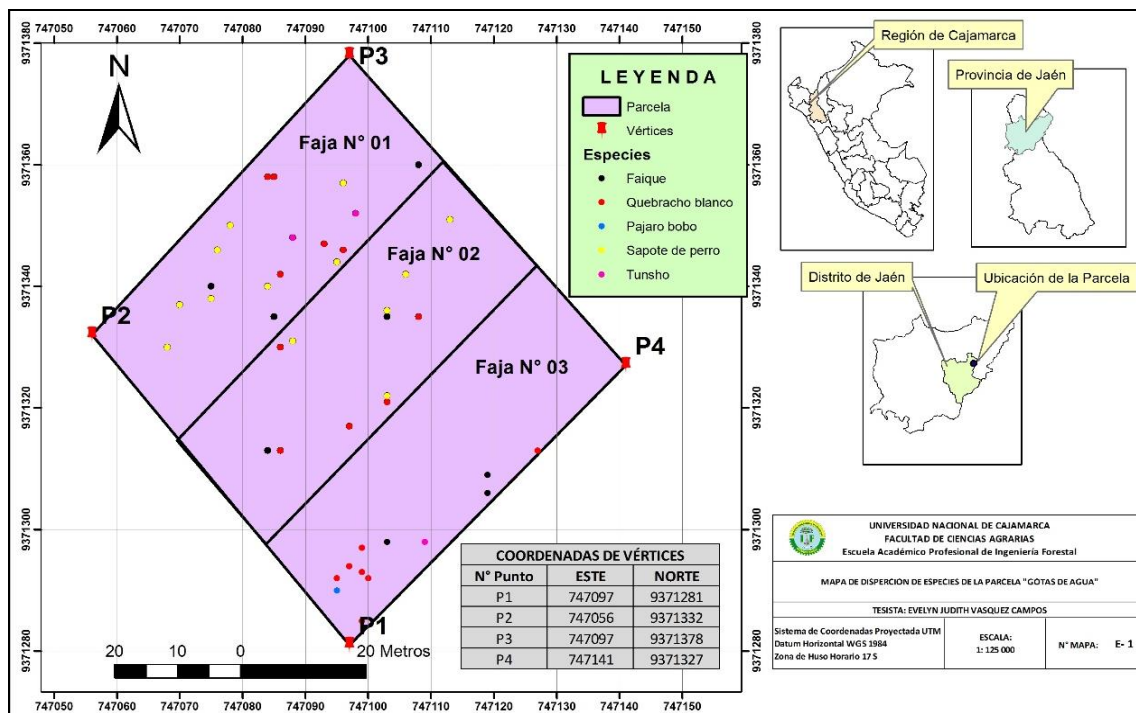


Figura 2. Mapa de dispersión de especies de la parcela 2 : "Gotas de agua"

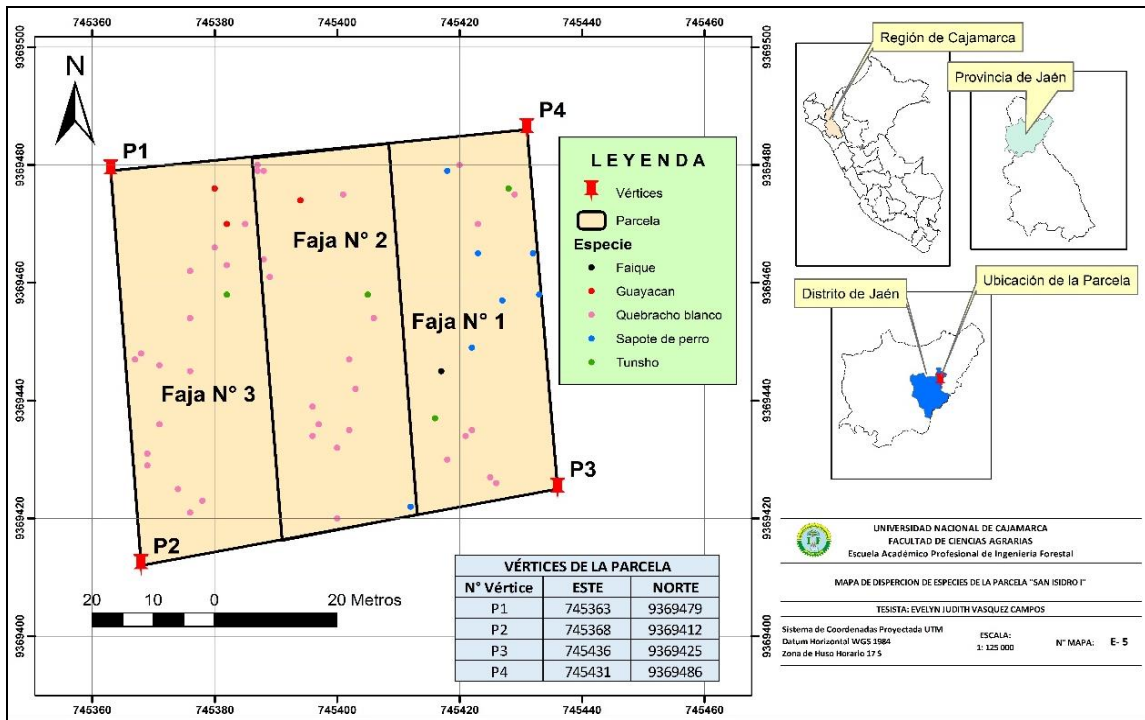


Figura 3. Mapa de dispersión de especies de la parcela 3: "San Isidro I"

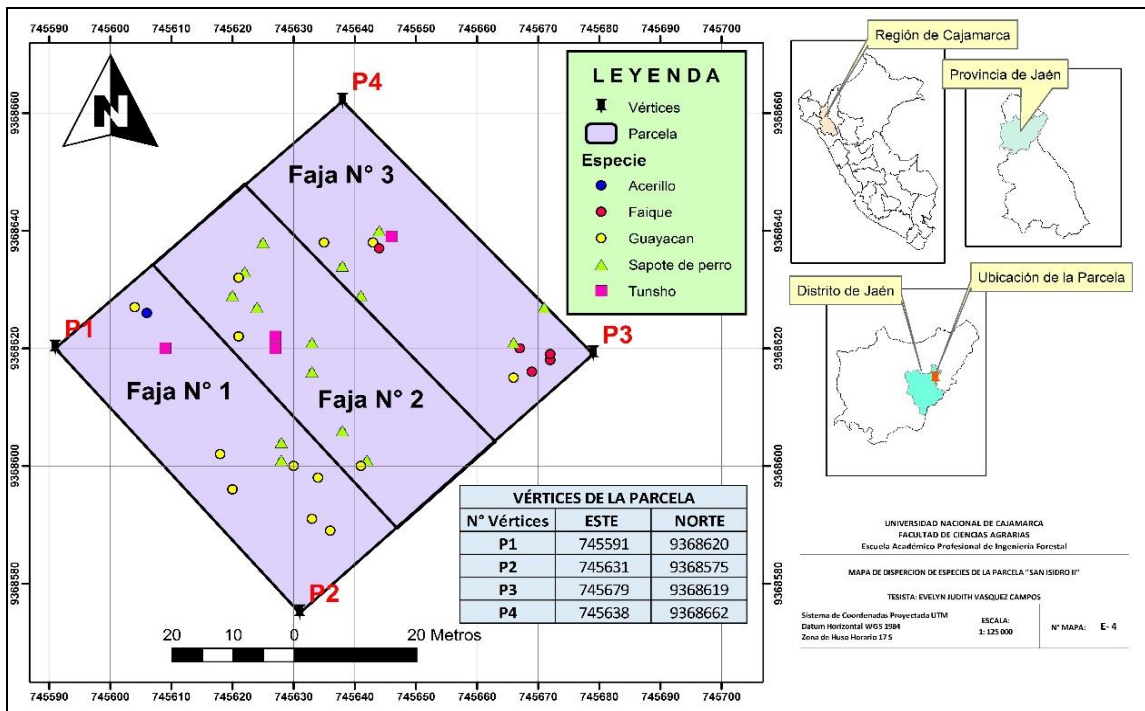


Figura 4. Mapa de dispersión de especies de la parcela 4 : "San Isidro II"

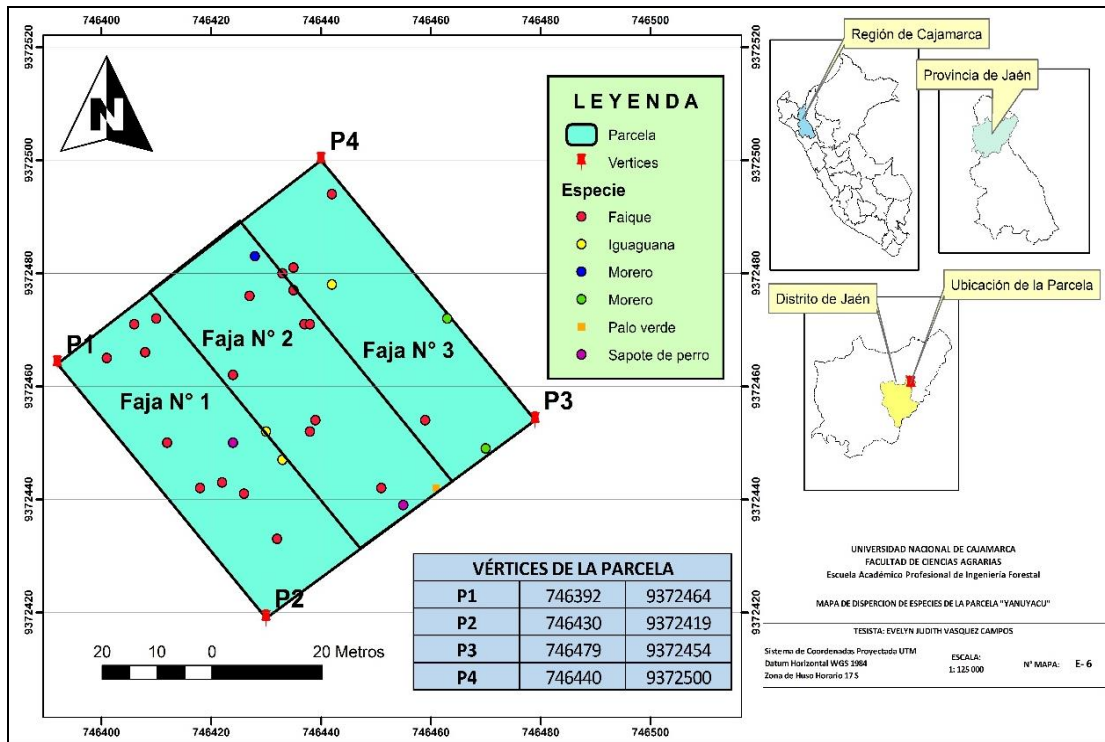


Figura 5. Mapa de dispersión de especies de la parcela 5 : "Yanuyacu"

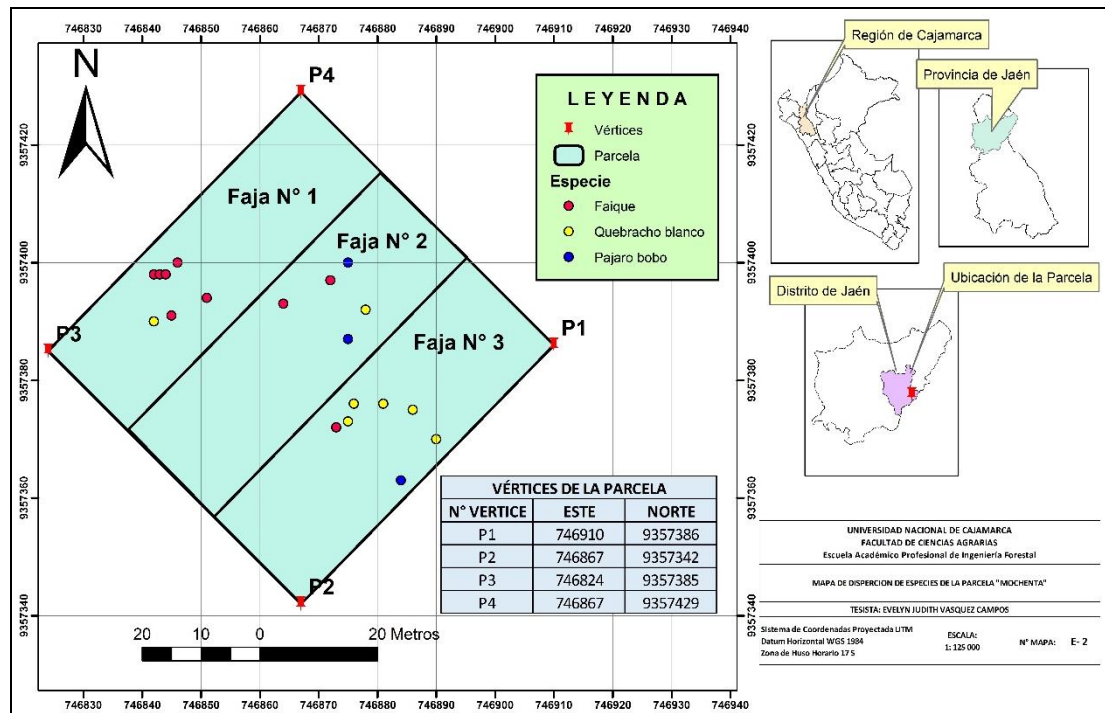


Figura 6. Mapa de dispersión de especies de la parcela 6 : "Mochenta"

Anexo 2: Inventario de los árboles encontrados en las parcelas de evaluación del bosque seco de Jaén

| LUGAR | Parcela | Código | Nombre Común | Nombre Científico | DAP (cm) | Altura Total (m) | Factor Mórfico | Volumen (m³) | Coordenadas UTM | |
|-----------|-----------|--------|-----------------|--------------------------------|------------|------------------|----------------|--------------|-----------------|---------|
| | | | | | | | | | Este | Norte |
| ALMENDRAL | Parcela 1 | AP1 | Lisha | <i>Bonellia mucronata</i> | 15.9154571 | 2.5 | 0.9 | 0.042286 | 754203 | 9360641 |
| | | AP2 | Sapote de perro | <i>Colicodendron scabridum</i> | 25.4647314 | 4 | 0.7 | 0.150979 | 754184 | 9360618 |
| | | AP3 | Lisha | <i>Bonellia mucronata</i> | 10.1858925 | 2.5 | 0.9 | 0.01732 | 754185 | 9360620 |
| | | AP4 | Palo verde | <i>Parkisonia praecox</i> | 11.14082 | 2 | 0.9 | 0.016576 | 754183 | 9360618 |
| | | AP5 | Lisha | <i>Bonellia mucronata</i> | 6.36618284 | 2 | 0.9 | 0.005413 | 754182 | 9360601 |
| | | AP6 | Sapote de perro | <i>Colicodendron scabridum</i> | 23.8731856 | 5 | 0.7 | 0.151301 | 754185 | 9360601 |
| | | AP7 | Lisha | <i>Bonellia mucronata</i> | 12.7323657 | 2.5 | 0.9 | 0.027063 | 754184 | 9360600 |
| | | AP8 | Palo verde | <i>Parkisonia praecox</i> | 7.95772855 | 2 | 0.9 | 0.008457 | 754187 | 9360599 |
| | | AP9 | Lisha | <i>Bonellia mucronata</i> | 6.36618284 | 2 | 0.9 | 0.005413 | 754204 | 9360619 |
| | | AP10 | Lisha | <i>Bonellia mucronata</i> | 12.7323657 | 5 | 0.7 | 0.043037 | 754201 | 9360617 |
| | | AP11 | Lisha | <i>Bonellia mucronata</i> | 6.36618284 | 3 | 0.9 | 0.00843 | 754197 | 9360617 |
| | | AP12 | Lisha | <i>Bonellia mucronata</i> | 11.14082 | 3 | 0.9 | 0.025817 | 754199 | 9360616 |
| | Parcela 2 | AP13 | Palo verde | <i>Parkisonia praecox</i> | 6.36618284 | 2 | 0.9 | 0.005413 | 754214 | 9360612 |
| | | AP14 | Palo verde | <i>Parkisonia praecox</i> | 9.54927426 | 2.5 | 0.9 | 0.015223 | 754221 | 9360609 |
| | | AP15 | Sapote de perro | <i>Colicodendron scabridum</i> | 12.7323657 | 4 | 0.7 | 0.037745 | 754214 | 9360607 |
| | | AP16 | Sapote de perro | <i>Colicodendron scabridum</i> | 6.36618284 | 3.5 | 0.8 | 0.008867 | 754200 | 9360603 |
| | | AP17 | Palo verde | <i>Parkisonia praecox</i> | 9.54927426 | 3 | 0.9 | 0.018968 | 754214 | 9360597 |
| | | AP18 | Palo verde | <i>Parkisonia praecox</i> | 9.54927426 | 2.5 | 0.9 | 0.015223 | 754208 | 9360596 |
| | | AP19 | Sapote de perro | <i>Colicodendron scabridum</i> | 8.91265597 | 2 | 0.9 | 0.010609 | 754205 | 9360600 |
| | | AP20 | Lisha | <i>Bonellia mucronata</i> | 5.41125541 | 3 | 0.9 | 0.006091 | 754205 | 9360602 |

| LUGAR | Parcela | Código | Nombre Común | Nombre Científico | DAP (cm) | Altura Total (m) | Factor Mórfico | Volumen (m³) | Coordenadas UTM | |
|---------------|-----------|--------|-----------------|--------------------------------|------------|------------------|----------------|--------------|-----------------|---------|
| | | | | | | | | | Este | Norte |
| | | AP21 | Sapote de perro | <i>Colicodendron scabridum</i> | 7.95772855 | 4 | 0.7 | 0.014744 | 754214 | 9360593 |
| | | AP22 | Lisha | <i>Bonellia mucronata</i> | 12.7323657 | 4 | 0.7 | 0.037745 | 754207 | 9360588 |
| | | AP23 | Palo verde | <i>Parkisonia praecox</i> | 11.14082 | 3.5 | 0.8 | 0.027154 | 754203 | 9360578 |
| | | AP24 | Palo verde | <i>Parkisonia praecox</i> | 10.5042017 | 2.8 | 0.9 | 0.022659 | 754199 | 9360573 |
| | Parcela 3 | AP25 | Palo verde | <i>Parkisonia praecox</i> | 19.0985485 | 6 | 0.6 | 0.109771 | 754207 | 9360557 |
| | | AP26 | Palo verde | <i>Parkisonia praecox</i> | 11.14082 | 2.5 | 0.9 | 0.02072 | 754211 | 9360552 |
| | | AP27 | Palo verde | <i>Parkisonia praecox</i> | 16.2337662 | 3 | 0.9 | 0.054817 | 754203 | 9360560 |
| | | AP28 | Palo verde | <i>Parkisonia praecox</i> | 7.32111026 | 2 | 0.9 | 0.007158 | 754208 | 9360559 |
| | | AP29 | Sapote de perro | <i>Colicodendron scabridum</i> | 9.54927426 | 3 | 0.9 | 0.018968 | 754211 | 9360564 |
| | | AP30 | Palo verde | <i>Parkisonia praecox</i> | 6.68449198 | 1.5 | 0.9 | 0.004476 | 754213 | 9360575 |
| | | AP31 | Palo verde | <i>Parkisonia praecox</i> | 7.00280112 | 3 | 0.9 | 0.0102 | 754218 | 9360583 |
| | | AP32 | Sapote de perro | <i>Colicodendron scabridum</i> | 10.5042017 | 4 | 0.7 | 0.02569 | 754221 | 9360586 |
| | | AP33 | Palo verde | <i>Parkisonia praecox</i> | 6.0478737 | 2.5 | 0.9 | 0.006106 | 754223 | 9360586 |
| | | AP34 | Palo verde | <i>Parkisonia praecox</i> | 6.68449198 | 2 | 0.9 | 0.005967 | 754222 | 9360602 |
| | | AP35 | Palo verde | <i>Parkisonia praecox</i> | 4.77463713 | 2.1 | 0.9 | 0.003197 | 754224 | 9360609 |
| | | AP36 | Sapote de perro | <i>Colicodendron scabridum</i> | 12.7323657 | 4 | 0.7 | 0.037745 | 754212 | 9360553 |
| GOTAS DE AGUA | Parcela 1 | GAP1 | Sapote de perro | <i>Colicodendron scabridum</i> | 11.14082 | 4 | 0.7 | 0.028898 | 747075 | 9371338 |
| | | GAP2 | Faique | <i>Acacia macracantha</i> | 8.91265597 | 3.5 | 0.8 | 0.017378 | 747075 | 9371340 |
| | | GAP3 | Faique | <i>Acacia macracantha</i> | 8.59434683 | 3 | 0.9 | 0.015364 | 747108 | 9371360 |
| | | GAP4 | Sapote de perro | <i>Colicodendron scabridum</i> | 9.23096511 | 4 | 0.7 | 0.01984 | 747076 | 9371346 |
| | | GAP5 | Sapote de perro | <i>Colicodendron scabridum</i> | 10.8225108 | 3 | 0.9 | 0.024363 | 747070 | 9371337 |
| | | GAP6 | Sapote de perro | <i>Colicodendron scabridum</i> | 8.91265597 | 3 | 0.9 | 0.016523 | 747078 | 9371350 |
| | | GAP7 | Sapote de perro | <i>Colicodendron scabridum</i> | 10.1858925 | 4 | 0.7 | 0.024157 | 747096 | 9371357 |

| LUGAR | Parcela | Código | Nombre Común | Nombre Científico | DAP (cm) | Altura Total (m) | Factor Mórfico | Volumen (m³) | Coordenadas UTM | | |
|-------|---------|-----------------|-----------------|--------------------------------|--------------------------------|------------------|----------------|--------------|-----------------|---------|---------|
| | | | | | | | | | Este | Norte | |
| | | GAP8 | Tunsho | <i>Ceiba insignis</i> | 14.3239114 | 2.5 | 0.9 | 0.034252 | 747098 | 9371352 | |
| | | GAP9 | Sapote de perro | <i>Colicodendron scabridum</i> | 7.32111026 | 4 | 0.7 | 0.012479 | 747095 | 9371344 | |
| | | GAP10 | Lisha | <i>Bonellia mucronata</i> | 7.95772855 | 4 | 0.7 | 0.014744 | 747085 | 9371358 | |
| | | GAP11 | Lisha | <i>Bonellia mucronata</i> | 9.23096511 | 4 | 0.7 | 0.01984 | 747084 | 9371358 | |
| | | GAP12 | Sapote de perro | <i>Colicodendron scabridum</i> | 10.1858925 | 3 | 0.9 | 0.021581 | 747068 | 9371330 | |
| | | GAP13 | Lisha | <i>Bonellia mucronata</i> | 13.0506748 | 5 | 0.7 | 0.045215 | 747086 | 9371342 | |
| | | GAP14 | Faique | <i>Acacia macracantha</i> | 7.32111026 | 3 | 0.9 | 0.011149 | 747085 | 9371335 | |
| | | GAP15 | Sapote de perro | <i>Colicodendron scabridum</i> | 10.5042017 | 3 | 0.9 | 0.022951 | 747084 | 9371340 | |
| | | GAP16 | Tunsho | <i>Ceiba insignis</i> | 27.0562771 | 6 | 0.6 | 0.220304 | 747088 | 9371348 | |
| | | GAP17 | Lisha | <i>Bonellia mucronata</i> | 11.14082 | 4 | 0.7 | 0.028898 | 747093 | 9371347 | |
| | | GAP18 | Lisha | <i>Bonellia mucronata</i> | 13.368984 | 5.5 | 0.7 | 0.050577 | 747096 | 9371346 | |
| | | GAP19 | Parcela 2 | Sapote de perro | <i>Colicodendron scabridum</i> | 12.7323657 | 4 | 0.7 | 0.037745 | 747113 | 9371351 |
| | | GAP20 | | Sapote de perro | <i>Colicodendron scabridum</i> | 11.14082 | 2.5 | 0.9 | 0.02072 | 747106 | 9371342 |
| | | GAP21 | | Faique | <i>Acacia macracantha</i> | 7.32111026 | 2 | 0.9 | 0.007158 | 747103 | 9371335 |
| | | GAP22 | | Sapote de perro | <i>Colicodendron scabridum</i> | 8.59434683 | 2.5 | 0.9 | 0.012331 | 747103 | 9371336 |
| | | GAP23 | | Lisha | <i>Bonellia mucronata</i> | 6.36618284 | 2.5 | 0.9 | 0.006766 | 747108 | 9371335 |
| | | GAP24 | | Lisha | <i>Bonellia mucronata</i> | 7.32111026 | 3 | 0.9 | 0.011149 | 747086 | 9371330 |
| | | GAP25 | | Sapote de perro | <i>Colicodendron scabridum</i> | 8.59434683 | 3 | 0.9 | 0.015364 | 747088 | 9371331 |
| | GAP26 | Lisha | | <i>Bonellia mucronata</i> | 6.0478737 | 2.5 | 0.9 | 0.006106 | 747103 | 9371321 | |
| | GAP27 | Sapote de perro | | <i>Colicodendron scabridum</i> | 10.8225108 | 2.53 | 0.9 | 0.019788 | 747103 | 9371322 | |
| | GAP28 | Lisha | | <i>Bonellia mucronata</i> | 13.368984 | 6.5 | 0.6 | 0.057056 | 747097 | 9371317 | |
| | GAP29 | Lisha | | <i>Bonellia mucronata</i> | 8.27603769 | 4.5 | 0.7 | 0.01703 | 747086 | 9371313 | |
| | GAP30 | Faique | | <i>Acacia macracantha</i> | 7.6394194 | 3.5 | 0.8 | 0.012768 | 747084 | 9371313 | |

| LUGAR | Parcela | Código | Nombre Común | Nombre Científico | DAP (cm) | Altura Total (m) | Factor Mórfico | Volumen (m³) | Coordenadas UTM | |
|-----------------|-----------|---------|-----------------|--------------------------------|------------|------------------|----------------|--------------|-----------------|---------|
| | | | | | | | | | Este | Norte |
| | Parcela 3 | GAP31 | Faique | <i>Acacia macracantha</i> | 11.4591291 | 3.5 | 0.8 | 0.028728 | 747103 | 9371298 |
| | | GAP32 | Lisha | <i>Bonellia mucronata</i> | 11.7774383 | 4 | 0.7 | 0.032295 | 747099 | 9371293 |
| | | GAP33 | Lisha | <i>Bonellia mucronata</i> | 8.59434683 | 4.5 | 0.7 | 0.018365 | 747099 | 9371285 |
| | | GAP34 | Lisha | <i>Bonellia mucronata</i> | 10.5042017 | 3.5 | 0.8 | 0.024139 | 747099 | 9371297 |
| | | GAP35 | Lisha | <i>Bonellia mucronata</i> | 16.5520754 | 4.5 | 0.7 | 0.068118 | 747097 | 9371294 |
| | | GAP36 | Lisha | <i>Bonellia mucronata</i> | 9.54927426 | 4.5 | 0.7 | 0.022672 | 747095 | 9371292 |
| | | GAP37 | saccelio | <i>Cordia saccellia</i> | 10.1858925 | 4.5 | 0.7 | 0.025796 | 747095 | 9371290 |
| | | GAP38 | Lisha | <i>Bonellia mucronata</i> | 13.368984 | 3.5 | 0.8 | 0.039101 | 747100 | 9371292 |
| | | GAP39 | Faique | <i>Acacia macracantha</i> | 12.0957474 | 2.7 | 0.9 | 0.026378 | 747119 | 9371309 |
| | | GAP40 | Faique | <i>Acacia macracantha</i> | 10.1858925 | 3.5 | 0.8 | 0.022698 | 747119 | 9371306 |
| | | GAP41 | Tunsho | <i>Ceiba insignis</i> | 13.6872931 | 4.5 | 0.7 | 0.046579 | 747109 | 9371298 |
| | | GAP42 | Lisha | <i>Bonellia mucronata</i> | 16.2337662 | 3.7 | 0.8 | 0.059063 | 747127 | 9371313 |
| SAN ISIDRO I | Parcela 1 | SI-II40 | Sapote de perro | <i>Colicodendron scabridum</i> | 10.8225108 | 4.5 | 0.7 | 0.029121 | 745418 | 9369479 |
| | | SI-II41 | Lisha | <i>Bonellia mucronata</i> | 9.54927426 | 3 | 0.9 | 0.018968 | 745420 | 9369480 |
| | | SI-II42 | Faique | <i>Acacia macracantha</i> | 7.95772855 | 5 | 0.7 | 0.016811 | 745423 | 9369475 |
| | | SI-II43 | Tunsho | <i>Ceiba insignis</i> | 12.7323657 | 4 | 0.7 | 0.037745 | 745428 | 9369476 |
| | | SI-II44 | Lisha | <i>Bonellia mucronata</i> | 20.0534759 | 6 | 0.6 | 0.121022 | 745429 | 9369475 |
| | | SI-II45 | Sapote de perro | <i>Colicodendron scabridum</i> | 25.4647314 | 5 | 0.7 | 0.172147 | 745432 | 9369465 |
| | | SI-II46 | Lisha | <i>Bonellia mucronata</i> | 14.3239114 | 4.5 | 0.7 | 0.051013 | 745423 | 9369470 |
| | | SI-II47 | Sapote de perro | <i>Colicodendron scabridum</i> | 13.368984 | 3.5 | 0.8 | 0.039101 | 745423 | 9369465 |
| | | SI-II48 | Faique | <i>Acacia macracantha</i> | 11.7774383 | 4 | 0.7 | 0.032295 | 745432 | 9369463 |
| | | SI-II49 | Sapote de perro | <i>Colicodendron scabridum</i> | 11.14082 | 4 | 0.7 | 0.028898 | 745433 | 9369458 |
| | | SI-II50 | Sapote de perro | <i>Colicodendron scabridum</i> | 12.7323657 | 4 | 0.7 | 0.037745 | 745427 | 9369457 |

| LUGAR | Parcela | Código | Nombre Común | Nombre Científico | DAP (cm) | Altura Total (m) | Factor Mórfico | Volumen (m³) | Coordenadas UTM | |
|-------|-----------|---------|-----------------|--------------------------------|------------|------------------|----------------|--------------|-----------------|---------|
| | | | | | | | | | Este | Norte |
| | | SI-II51 | Sapote de perro | <i>Colicodendron scabridum</i> | 19.0985485 | 3 | 0.9 | 0.075871 | 745422 | 9369449 |
| | | SI-II52 | Faique | <i>Acacia macracantha</i> | 15.2788388 | 4.2 | 0.7 | 0.055791 | 745417 | 9369445 |
| | | SI-II53 | Lisha | <i>Bonellia mucronata</i> | 21.0084034 | 5.3 | 0.7 | 0.121775 | 745421 | 9369434 |
| | | SI-II54 | Lisha | <i>Bonellia mucronata</i> | 14.6422205 | 4 | 0.7 | 0.049917 | 745422 | 9369435 |
| | | SI-II55 | Tunsho | <i>Ceiba insignis</i> | 35.0140056 | 4 | 0.7 | 0.285445 | 745416 | 9369437 |
| | | SI-II56 | Lisha | <i>Bonellia mucronata</i> | 16.5520754 | 6 | 0.6 | 0.08245 | 745418 | 9369430 |
| | | SI-II57 | Lisha | <i>Bonellia mucronata</i> | 13.368984 | 3 | 0.9 | 0.037177 | 745425 | 9369427 |
| | | SI-II58 | Lisha | <i>Bonellia mucronata</i> | 12.0957474 | 3 | 0.9 | 0.030433 | 745426 | 9369426 |
| | | SI-II59 | Faique | <i>Acacia macracantha</i> | 22.9182582 | 4 | 0.7 | 0.122293 | 745420 | 9369412 |
| | | SI-II60 | Faique | <i>Acacia macracantha</i> | 22.5999491 | 4 | 0.7 | 0.11892 | 745421 | 9369407 |
| | | SI-II61 | Faique | <i>Acacia macracantha</i> | 12.7323657 | 6 | 0.6 | 0.048787 | 745412 | 9369407 |
| | Parcela 2 | SI-II62 | Sapote de perro | <i>Colicodendron scabridum</i> | 19.0985485 | 4 | 0.7 | 0.084926 | 745412 | 9369407 |
| | | SI-II63 | Tunsho | <i>Ceiba insignis</i> | 11.14082 | 4 | 0.7 | 0.028898 | 745411 | 9369475 |
| | | SI-II64 | Sapote de perro | <i>Colicodendron scabridum</i> | 19.0985485 | 6 | 0.6 | 0.109771 | 745409 | 9369474 |
| | | SI-II65 | Tunsho | <i>Ceiba insignis</i> | 9.54927426 | 4 | 0.7 | 0.021231 | 745404 | 9369470 |
| | | SI-II66 | Lisha | <i>Bonellia mucronata</i> | 15.2788388 | 6 | 0.6 | 0.070253 | 745407 | 9369470 |
| | | SI-II67 | Lisha | <i>Bonellia mucronata</i> | 16.5520754 | 5 | 0.7 | 0.072732 | 745401 | 9369475 |
| | | SI-II68 | Lisha | <i>Bonellia mucronata</i> | 18.7802394 | 4 | 0.7 | 0.082118 | 745406 | 9369454 |
| | | SI-II69 | Tunsho | <i>Ceiba insignis</i> | 25.4647314 | 3 | 0.9 | 0.134882 | 745405 | 9369458 |
| | | SI-II70 | Lisha | <i>Bonellia mucronata</i> | 22.2816399 | 6 | 0.6 | 0.14941 | 745402 | 9369447 |
| | | SI-II71 | Lisha | <i>Bonellia mucronata</i> | 23.8731856 | 6 | 0.6 | 0.171517 | 745403 | 9369442 |
| | | SI-II72 | Lisha | <i>Bonellia mucronata</i> | 12.7323657 | 5 | 0.7 | 0.043037 | 745402 | 9369435 |
| | | SI-II73 | Lisha | <i>Bonellia mucronata</i> | 15.9154571 | 4 | 0.7 | 0.058976 | 745400 | 9369432 |

| LUGAR | Parcela | Código | Nombre Común | Nombre Científico | DAP (cm) | Altura Total (m) | Factor Mórfico | Volumen (m³) | Coordenadas UTM | |
|-------|-----------|---------|---------------------------|---------------------------------|------------|------------------|----------------|--------------|-----------------|---------|
| | | | | | | | | | Este | Norte |
| | | SI-II74 | Lisha | <i>Bonellia mucronata</i> | 9.54927426 | 4 | 0.7 | 0.021231 | 745396 | 9369434 |
| | | SI-II75 | Lisha | <i>Bonellia mucronata</i> | 12.7323657 | 6 | 0.6 | 0.048787 | 745397 | 9369436 |
| | | SI-II76 | Lisha | <i>Bonellia mucronata</i> | 15.9154571 | 5 | 0.7 | 0.067245 | 745400 | 9369411 |
| | Parcela 3 | SI-II77 | Lisha | <i>Bonellia mucronata</i> | 22.2816399 | 5 | 0.7 | 0.1318 | 745396 | 9369439 |
| | | SI-II78 | Lisha | <i>Bonellia mucronata</i> | 22.2816399 | 6 | 0.6 | 0.14941 | 745387 | 9369480 |
| | | SI-II79 | Lisha | <i>Bonellia mucronata</i> | 16.2337662 | 6 | 0.6 | 0.07931 | 745387 | 9369479 |
| | | SI-II80 | Lisha | <i>Bonellia mucronata</i> | 11.4591291 | 4 | 0.7 | 0.030573 | 745388 | 9369479 |
| | | SI-II81 | Algodonsillo | <i>Tetrasida chachapoyensis</i> | 14.3239114 | 6 | 0.6 | 0.061746 | 745380 | 9369476 |
| | | SI-II82 | Algodonsillo | <i>Tetrasida chachapoyensis</i> | 10.8225108 | 4 | 0.7 | 0.027271 | 745382 | 9369470 |
| | | SI-II83 | Lisha | <i>Bonellia mucronata</i> | 10.8225108 | 3 | 0.9 | 0.024363 | 745385 | 9369470 |
| | | SI-II84 | Tunsho | <i>Ceiba insignis</i> | 10.8225108 | 5 | 0.7 | 0.031094 | 745389 | 9369474 |
| | | SI-II85 | Algodonsillo | <i>Tetrasida chachapoyensis</i> | 14.3239114 | 6 | 0.6 | 0.061746 | 745394 | 9369474 |
| | | SI-II86 | Lisha | <i>Bonellia mucronata</i> | 23.8731856 | 6 | 0.6 | 0.171517 | 745380 | 9369466 |
| | | SI-II87 | Lisha | <i>Bonellia mucronata</i> | 25.4647314 | 7 | 0.6 | 0.219019 | 745376 | 9369462 |
| | | SI-II88 | Lisha | <i>Bonellia mucronata</i> | 18.7802394 | 5 | 0.7 | 0.093632 | 745382 | 9369463 |
| | | SI-II89 | Lisha | <i>Bonellia mucronata</i> | 22.9182582 | 4 | 0.7 | 0.122293 | 745388 | 9369464 |
| | | SI-II90 | Lisha | <i>Bonellia mucronata</i> | 10.1858925 | 3 | 0.9 | 0.021581 | 745389 | 9369461 |
| | | SI-II91 | Tunsho | <i>Ceiba insignis</i> | 18.4619302 | 6 | 0.6 | 0.102575 | 745382 | 9369458 |
| | | SI-II92 | Lisha | <i>Bonellia mucronata</i> | 15.597148 | 5 | 0.7 | 0.064582 | 745376 | 9369454 |
| | | SI-II93 | Lisha | <i>Bonellia mucronata</i> | 16.8703845 | 7 | 0.6 | 0.096129 | 745368 | 9369448 |
| | | SI-II94 | Lisha | <i>Bonellia mucronata</i> | 16.5520754 | 6 | 0.6 | 0.08245 | 745367 | 9369447 |
| | | SI-II95 | Lisha | <i>Bonellia mucronata</i> | 12.7323657 | 5 | 0.7 | 0.043037 | 745371 | 9369446 |
| | SI-II96 | Lisha | <i>Bonellia mucronata</i> | 13.6872931 | 5 | 0.7 | 0.049734 | 745376 | 9369445 | |

| LUGAR | Parcela | Código | Nombre Común | Nombre Científico | DAP (cm) | Altura Total (m) | Factor Mórfico | Volumen (m³) | Coordenadas UTM | |
|---------------|-----------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|------------|------------------|----------------|--------------|-----------------|---------|
| | | | | | | | | | Este | Norte |
| SAN ISIDRO II | Parcela 1 | SI-II97 | Lisha | <i>Bonellia mucronata</i> | 14.3239114 | 6 | 0.6 | 0.061746 | 745371 | 9369436 |
| | | SI-II98 | Lisha | <i>Bonellia mucronata</i> | 17.5070028 | 7 | 0.6 | 0.103521 | 745369 | 9369431 |
| | | SI-II99 | Lisha | <i>Bonellia mucronata</i> | 14.3239114 | 6 | 0.6 | 0.061746 | 745369 | 9369429 |
| | | SI-II100 | Lisha | <i>Bonellia mucronata</i> | 13.6872931 | 5 | 0.7 | 0.049734 | 745374 | 9369425 |
| | | SI-II101 | Lisha | <i>Bonellia mucronata</i> | 20.6900942 | 8 | 0.6 | 0.160662 | 745376 | 9369421 |
| | | SI-II102 | Lisha | <i>Bonellia mucronata</i> | 27.0562771 | 8 | 0.6 | 0.274741 | 745378 | 9369423 |
| | Parcela 2 | SI-II1 | Algodonsillo | <i>Tetrasida chachapoyensis</i> | 10.8225108 | 5 | 0.7 | 0.031094 | 745636 | 9368589 |
| | | SI-II2 | Algodonsillo | <i>Tetrasida chachapoyensis</i> | 7.32111026 | 4 | 0.7 | 0.012479 | 745633 | 9368591 |
| | | SI-II3 | Algodonsillo | <i>Tetrasida chachapoyensis</i> | 7.95772855 | 3.5 | 0.8 | 0.013854 | 745634 | 9368598 |
| | | SI-II4 | Algodonsillo | <i>Tetrasida chachapoyensis</i> | 9.23096511 | 4.5 | 0.7 | 0.021186 | 745630 | 9368600 |
| | | SI-II5 | Sapote de perro | <i>Colicodendron scabridum</i> | 7.6394194 | 3.5 | 0.8 | 0.012768 | 745628 | 9368601 |
| | | SI-II6 | Sapote de perro | <i>Colicodendron scabridum</i> | 6.36618284 | 3 | 0.9 | 0.00843 | 745628 | 9368604 |
| SI-II7 | | Algodonsillo | <i>Tetrasida chachapoyensis</i> | 11.14082 | 4 | 0.7 | 0.028898 | 745620 | 9368596 | |
| SI-II8 | | Algodonsillo | <i>Tetrasida chachapoyensis</i> | 6.68449198 | 4 | 0.7 | 0.010403 | 745618 | 9368602 | |
| SI-II9 | | Tunsho | <i>Ceiba insignis</i> | 14.3239114 | 6 | 0.6 | 0.061746 | 745609 | 9368620 | |
| SI-II10 | | Iguaguana | <i>Cordia iguaguana</i> | 12.7323657 | 8 | 0.6 | 0.060842 | 745606 | 9368626 | |
| SI-II11 | | Algodonsillo | <i>Tetrasida chachapoyensis</i> | 15.9154571 | 7 | 0.6 | 0.085554 | 745604 | 9368627 | |
| SI-II12 | Sapote de perro | <i>Colicodendron scabridum</i> | 15.9154571 | 5 | 0.7 | 0.067245 | 745625 | 9368638 | | |
| SI-II13 | Sapote de perro | <i>Colicodendron scabridum</i> | 26.4196588 | 8 | 0.6 | 0.261964 | 745622 | 9368633 | | |
| SI-II14 | Algodonsillo | <i>Tetrasida chachapoyensis</i> | 7.95772855 | 2.5 | 0.9 | 0.010572 | 745621 | 9368632 | | |
| SI-II15 | Sapote de perro | <i>Colicodendron scabridum</i> | 7.00280112 | 3 | 0.9 | 0.0102 | 745624 | 9368629 | | |
| SI-II16 | Sapote de perro | <i>Colicodendron scabridum</i> | 7.32111026 | 4 | 0.7 | 0.012479 | 745624 | 9368627 | | |
| SI-II17 | Sapote de perro | <i>Colicodendron scabridum</i> | 7.00280112 | 4.5 | 0.7 | 0.012193 | 745620 | 9368629 | | |

| LUGAR | Parcela | Código | Nombre Común | Nombre Científico | DAP (cm) | Altura Total (m) | Factor Mórfico | Volumen (m³) | Coordenadas UTM | |
|----------|-----------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|------------|------------------|----------------|--------------|-----------------|---------|
| | | | | | | | | | Este | Norte |
| YANUYACU | Parcela 3 | SI-II18 | Algodonsillo | <i>Tetrasida chachapoyensis</i> | 6.68449198 | 2 | 0.9 | 0.005967 | 745621 | 9368622 |
| | | SI-II19 | Tunsho | <i>Ceiba insignis</i> | 11.7774383 | 4 | 0.7 | 0.032295 | 745627 | 9368622 |
| | | SI-II20 | Tunsho | <i>Ceiba insignis</i> | 7.95772855 | 3.5 | 0.8 | 0.013854 | 745627 | 9368620 |
| | | SI-II21 | Sapote de perro | <i>Colicodendron scabridum</i> | 8.59434683 | 4 | 0.7 | 0.017197 | 745633 | 9368621 |
| | | SI-II22 | Sapote de perro | <i>Colicodendron scabridum</i> | 7.00280112 | 2.5 | 0.9 | 0.008187 | 745633 | 9368616 |
| | | SI-II23 | Sapote de perro | <i>Colicodendron scabridum</i> | 12.0957474 | 4.5 | 0.7 | 0.036377 | 745638 | 9368606 |
| | | SI-II24 | Sapote de perro | <i>Colicodendron scabridum</i> | 8.91265597 | 4 | 0.7 | 0.018495 | 745642 | 9368601 |
| | | SI-II25 | Algodonsillo | <i>Tetrasida chachapoyensis</i> | 7.00280112 | 2.5 | 1 | 0.010035 | 745641 | 9368600 |
| | | SI-II26 | Faique | <i>Acacia macracantha</i> | 12.7323657 | 4 | 0.7 | 0.037745 | 745672 | 9368618 |
| | SI-II27 | Faique | <i>Acacia macracantha</i> | 12.7323657 | 4 | 0.7 | 0.037745 | 745672 | 9368619 | |
| | SI-II28 | Faique | <i>Acacia macracantha</i> | 8.59434683 | 3 | 0.9 | 0.015364 | 745669 | 9368616 | |
| | SI-II29 | Algodonsillo | <i>Tetrasida chachapoyensis</i> | 7.95772855 | 3 | 0.9 | 0.013172 | 745666 | 9368615 | |
| | SI-II30 | Faique | <i>Acacia macracantha</i> | 6.36618284 | 3 | 0.9 | 0.00843 | 745667 | 9368620 | |
| | SI-II31 | Sapote de perro | <i>Colicodendron scabridum</i> | 7.00280112 | 3 | 0.9 | 0.0102 | 745666 | 9368621 | |
| | SI-II32 | Sapote de perro | <i>Colicodendron scabridum</i> | 10.1858925 | 4 | 0.7 | 0.024157 | 745671 | 9368627 | |
| | SI-II33 | Sapote de perro | <i>Colicodendron scabridum</i> | 9.54927426 | 6 | 0.6 | 0.027443 | 745644 | 9368640 | |
| | SI-II34 | Tunsho | <i>Ceiba insignis</i> | 16.5520754 | 5 | 0.7 | 0.072732 | 745646 | 9368639 | |
| | SI-II35 | Algodonsillo | <i>Tetrasida chachapoyensis</i> | 7.95772855 | 3 | 0.9 | 0.013172 | 745643 | 9368638 | |
| | SI-II36 | Faique | <i>Acacia macracantha</i> | 8.91265597 | 6 | 0.6 | 0.023906 | 745644 | 9368637 | |
| SI-II37 | Sapote de perro | <i>Colicodendron scabridum</i> | 9.54927426 | 5 | 0.7 | 0.024208 | 745641 | 9368629 | | |
| SI-II38 | Sapote de perro | <i>Colicodendron scabridum</i> | 8.59434683 | 6 | 0.6 | 0.022229 | 745638 | 9368634 | | |
| SI-II39 | Algodonsillo | <i>Tetrasida chachapoyensis</i> | 23.8731856 | 6 | 0.6 | 0.171517 | 745635 | 9368638 | | |
| YANUYACU | Parcela 1 | YP1 | Faique | <i>Acacia macracantha</i> | 8.91265597 | 6 | 0.6 | 0.023906 | 746432 | 9372433 |

| LUGAR | Parcela | Código | Nombre Común | Nombre Científico | DAP (cm) | Altura Total (m) | Factor Mórfico | Volumen (m³) | Coordenadas UTM | |
|-------|---------|-----------|-----------------|--------------------------------|---------------------------|------------------|----------------|--------------|-----------------|---------|
| | | | | | | | | | Este | Norte |
| | | YP2 | Faique | <i>Acacia macracantha</i> | 10.5042017 | 6 | 0.6 | 0.033206 | 746426 | 9372441 |
| | | YP3 | Faique | <i>Acacia macracantha</i> | 5.72956455 | 4 | 0.7 | 0.007643 | 746422 | 9372443 |
| | | YP4 | Faique | <i>Acacia macracantha</i> | 9.54927426 | 5 | 0.7 | 0.024208 | 746418 | 9372442 |
| | | YP5 | Faique | <i>Acacia macracantha</i> | 7.95772855 | 4 | 0.7 | 0.014744 | 746412 | 9372450 |
| | | YP6 | Faique | <i>Acacia macracantha</i> | 18.7802394 | 8 | 0.6 | 0.13237 | 746401 | 9372465 |
| | | YP7 | Faique | <i>Acacia macracantha</i> | 9.54927426 | 7 | 0.6 | 0.0308 | 746406 | 9372471 |
| | | YP8 | Faique | <i>Acacia macracantha</i> | 8.59434683 | 7 | 0.6 | 0.024948 | 746410 | 9372472 |
| | | YP9 | Faique | <i>Acacia macracantha</i> | 9.54927426 | 5 | 0.7 | 0.024208 | 746408 | 9372466 |
| | | YP10 | Sapote de perro | <i>Colicodendron scabridum</i> | 22.2816399 | 4 | 0.7 | 0.115593 | 746424 | 9372450 |
| | | YP11 | Iguaguana | <i>Cordia iguaguana</i> | 5.72956455 | 3 | 0.9 | 0.006828 | 746433 | 9372447 |
| | | Parcela 2 | YP12 | Faique | <i>Acacia macracantha</i> | 8.27603769 | 4 | 0.7 | 0.015947 | 746438 |
| | YP13 | | Faique | <i>Acacia macracantha</i> | 5.72956455 | 3 | 0.9 | 0.006828 | 746439 | 9372454 |
| | YP14 | | Faique | <i>Acacia macracantha</i> | 12.0957474 | 4 | 0.7 | 0.034065 | 746451 | 9372442 |
| | YP15 | | Sapote de perro | <i>Colicodendron scabridum</i> | 12.7323657 | 4 | 0.7 | 0.037745 | 746455 | 9372439 |
| | YP16 | | Palo verde | <i>Parkisonia praecox</i> | 5.72956455 | 3 | 0.9 | 0.006828 | 746461 | 9372442 |
| | YP17 | | Faique | <i>Acacia macracantha</i> | 5.72956455 | 4 | 0.7 | 0.007643 | 746437 | 9372471 |
| | YP18 | | Faique | <i>Acacia macracantha</i> | 7.00280112 | 4 | 0.7 | 0.011418 | 746438 | 9372471 |
| | YP19 | | Faique | <i>Acacia macracantha</i> | 7.00280112 | 4 | 0.7 | 0.011418 | 746433 | 9372480 |
| | YP20 | | Faique | <i>Acacia macracantha</i> | 7.6394194 | 5 | 0.7 | 0.015493 | 746435 | 9372477 |
| | YP21 | | Faique | <i>Acacia macracantha</i> | 8.91265597 | 6 | 0.6 | 0.023906 | 746427 | 9372476 |
| | YP22 | | Morero | <i>Maclura tinctoria</i> | 22.2816399 | 6 | 0.6 | 0.14941 | 746428 | 9372483 |
| | YP23 | | Faique | <i>Acacia macracantha</i> | 17.5070028 | 5 | 0.7 | 0.081366 | 746424 | 9372462 |
| | YP24 | | Iguaguana | <i>Cordia iguaguana</i> | 23.8731856 | 8 | 0.6 | 0.213899 | 746430 | 9372452 |

| LUGAR | Parcela | Código | Nombre Común | Nombre Científico | DAP (cm) | Altura Total (m) | Factor Mórfico | Volumen (m³) | Coordenadas UTM | |
|----------|-----------|--------|--------------|---------------------------|------------|------------------|----------------|--------------|-----------------|---------|
| | | | | | | | | | Este | Norte |
| | Parcela 3 | YP25 | Faique | <i>Acacia macracantha</i> | 7.6394194 | 4 | 0.7 | 0.013588 | 746442 | 9372494 |
| | | YP26 | Morero | <i>Maclura tinctoria</i> | 8.59434683 | 2.5 | 0.9 | 0.012331 | 746470 | 9372449 |
| | | YP27 | Morero | <i>Maclura tinctoria</i> | 10.1858925 | 3 | 0.9 | 0.021581 | 746463 | 9372472 |
| | | YP28 | Faique | <i>Acacia macracantha</i> | 25.4647314 | 2.5 | 0.9 | 0.108253 | 746459 | 9372454 |
| | | YP29 | Iguaguana | <i>Cordia iguaguana</i> | 8.91265597 | 5 | 0.7 | 0.021088 | 746442 | 9372478 |
| | | YP30 | Faique | <i>Acacia macracantha</i> | 5.72956455 | 3 | 0.9 | 0.006828 | 746435 | 9372481 |
| MOCHENTA | Parcela 1 | MP1 | Faique | <i>Acacia macracantha</i> | 6.36618284 | 4 | 0.7 | 0.009436 | 746842 | 9357398 |
| | | MP2 | Faique | <i>Acacia macracantha</i> | 6.36618284 | 5 | 0.7 | 0.010759 | 746843 | 9357398 |
| | | MP3 | Faique | <i>Acacia macracantha</i> | 7.95772855 | 5 | 0.7 | 0.016811 | 746844 | 9357398 |
| | | MP4 | Faique | <i>Acacia macracantha</i> | 7.95772855 | 5 | 0.7 | 0.016811 | 746846 | 9357400 |
| | | MP5 | Lisha | <i>Bonellia mucronata</i> | 28.6478228 | 7 | 0.6 | 0.277196 | 746842 | 9357390 |
| | | MP6 | Faique | <i>Acacia macracantha</i> | 15.9154571 | 4 | 0.7 | 0.058976 | 746845 | 9357391 |
| | | MP7 | Faique | <i>Acacia macracantha</i> | 12.7323657 | 4 | 0.7 | 0.037745 | 746851 | 9357394 |
| | Parcela 2 | MP8 | saccelio | <i>Cordia saccellia</i> | 25.4647314 | 6 | 0.6 | 0.195148 | 746875 | 9357387 |
| | | MP9 | Faique | <i>Acacia macracantha</i> | 6.36618284 | 3 | 0.9 | 0.00843 | 746864 | 9357393 |
| | | MP10 | Faique | <i>Acacia macracantha</i> | 6.36618284 | 3 | 0.9 | 0.00843 | 746872 | 9357397 |
| | | MP11 | Lisha | <i>Bonellia mucronata</i> | 9.54927426 | 3.5 | 0.8 | 0.01995 | 746878 | 9357392 |
| | | MP12 | saccelio | <i>Cordia saccellia</i> | 47.7463713 | 3 | 0.9 | 0.474194 | 746875 | 9357400 |
| | Parcela 3 | MP13 | Faique | <i>Acacia macracantha</i> | 38.197097 | 7 | 0.6 | 0.492792 | 746873 | 9357372 |
| | | MP14 | Lisha | <i>Bonellia mucronata</i> | 7.95772855 | 2.5 | 0.9 | 0.010572 | 746875 | 9357373 |
| | | MP15 | Lisha | <i>Bonellia mucronata</i> | 13.368984 | 2 | 0.9 | 0.02387 | 746876 | 9357376 |
| | | MP16 | Lisha | <i>Bonellia mucronata</i> | 7.95772855 | 3 | 0.9 | 0.013172 | 746881 | 9357376 |
| | | MP17 | Lisha | <i>Bonellia mucronata</i> | 10.8225108 | 2.7 | 0.9 | 0.021117 | 746886 | 9357375 |

| LUGAR | Parcela | Código | Nombre Común | Nombre Científico | DAP (cm) | Altura Total (m) | Factor Mórfico | Volumen (m ³) | Coordenadas UTM | |
|-------|---------|--------|--------------|---------------------------|------------|------------------|----------------|---------------------------|-----------------|---------|
| | | | | | | | | | Este | Norte |
| | | MP18 | Lisha | <i>Bonellia mucronata</i> | 7.95772855 | 1.8 | 0.9 | 0.007612 | 746890 | 9357370 |
| | | MP19 | saccelio | <i>Cordia saccellia</i> | 13.0506748 | 3 | 0.9 | 0.035428 | 746884 | 9357363 |

Anexo 2: Estimación de Carbono utilizando Redes Neuronales Artificiales y biomasa estimada con modelos matemáticos

| Lugar | Parcela | Código del árbol | CARBONO Observado (Tm C) | Carbono estimado con RNA(Tm C) | Biomasa Observada (Tm) | Biomasa Estimada con Modelos Matemáticos | | | | | |
|-----------|-----------|------------------|--------------------------|--------------------------------|------------------------|--|----------|----------|----------|----------|----------|
| | | | | | | Modelo 1 | Modelo 2 | Modelo 3 | Modelo 4 | Modelo 5 | Modelo 6 |
| Almendral | parcela 1 | AP1 | 0.01217 | 0.012134 | 0.02434 | 0.01743 | 0.03059 | 0.01594 | 0.02775 | 0.02863 | 0.03784 |
| | | AP2 | 0.02670 | 0.026647 | 0.05340 | 0.06245 | 0.07258 | 0.05846 | 0.08013 | 0.07441 | 0.07911 |
| | | AP3 | 0.00394 | 0.002719 | 0.00788 | 0.00884 | 0.01470 | 0.00700 | 0.01014 | 0.01059 | 0.01441 |
| | | AP4 | 0.00187 | 0.001673 | 0.00374 | 0.00858 | 0.01686 | 0.00672 | 0.01241 | 0.01304 | 0.01824 |
| | | AP5 | 0.00129 | 0.000712 | 0.00258 | 0.00475 | 0.00798 | 0.00240 | 0.00351 | 0.00325 | -0.00066 |
| | | AP6 | 0.03554 | 0.035441 | 0.07107 | 0.06832 | 0.06424 | 0.06375 | 0.06927 | 0.06557 | 0.07204 |
| | | AP7 | 0.00692 | 0.006450 | 0.01384 | 0.01219 | 0.02090 | 0.01056 | 0.01677 | 0.01763 | 0.02470 |
| | | AP8 | 0.00087 | 0.001020 | 0.00175 | 0.00579 | 0.01040 | 0.00362 | 0.00581 | 0.00581 | 0.00556 |
| | | AP9 | 0.00027 | 0.000712 | 0.00055 | 0.00475 | 0.00798 | 0.00240 | 0.00351 | 0.00325 | -0.00066 |
| | | AP10 | 0.00747 | 0.007261 | 0.01495 | 0.02150 | 0.02090 | 0.02001 | 0.01677 | 0.01763 | 0.02470 |
| | | AP11 | 0.00042 | 0.000742 | 0.00084 | 0.00568 | 0.00798 | 0.00348 | 0.00351 | 0.00325 | -0.00066 |

| Lugar | Parcela | Código del árbol | CARBONO Observado (Tm C) | Carbono estimado con RNA(Tm C) | Biomasa Observada (Tm) | Biomasa Estimada con Modelos Matemáticos | | | | | |
|-------|-----------|------------------|--------------------------|--------------------------------|------------------------|--|----------|----------|----------|----------|----------|
| | | | | | | Modelo 1 | Modelo 2 | Modelo 3 | Modelo 4 | Modelo 5 | Modelo 6 |
| | | AP12 | 0.00208 | 0.003821 | 0.00416 | 0.01143 | 0.01686 | 0.00977 | 0.01241 | 0.01304 | 0.01824 |
| | parcela 2 | AP13 | 0.00247 | 0.002269 | 0.00494 | 0.00475 | 0.00798 | 0.00240 | 0.00351 | 0.00325 | -0.00066 |
| | | AP14 | 0.00445 | 0.004664 | 0.00890 | 0.00812 | 0.01336 | 0.00621 | 0.00876 | 0.00909 | 0.01186 |
| | | AP15 | 0.00878 | 0.008670 | 0.01757 | 0.01778 | 0.02090 | 0.01629 | 0.01677 | 0.01763 | 0.02470 |
| | | AP16 | 0.00140 | 0.000929 | 0.00279 | 0.00614 | 0.00798 | 0.00401 | 0.00351 | 0.00325 | -0.00066 |
| | | AP17 | 0.00450 | 0.004144 | 0.00900 | 0.00917 | 0.01336 | 0.00735 | 0.00876 | 0.00909 | 0.01186 |
| | | AP18 | 0.00388 | 0.004666 | 0.00776 | 0.00812 | 0.01336 | 0.00621 | 0.00876 | 0.00909 | 0.01186 |
| | | AP19 | 0.00060 | 0.000776 | 0.00120 | 0.00653 | 0.01212 | 0.00446 | 0.00750 | 0.00769 | 0.00933 |
| | | AP20 | 0.00094 | 0.000913 | 0.00188 | 0.00490 | 0.00679 | 0.00258 | 0.00243 | 0.00207 | -0.00436 |
| | | AP21 | 0.00103 | 0.001387 | 0.00207 | 0.00870 | 0.01040 | 0.00685 | 0.00581 | 0.00581 | 0.00556 |
| | | AP22 | 0.01235 | 0.012419 | 0.02470 | 0.01778 | 0.02090 | 0.01629 | 0.01677 | 0.01763 | 0.02470 |
| | | AP23 | 0.00274 | 0.004248 | 0.00548 | 0.01286 | 0.01686 | 0.01126 | 0.01241 | 0.01304 | 0.01824 |
| | | AP24 | | | 0.005076 | 0.01403 | 0.00998 | 0.01540 | 0.00822 | 0.01086 | 0.01138 |

| Lugar | Parcela | Código del árbol | CARBONO Observado (Tm C) | Carbono estimado con RNA(Tm C) | Biomasa Observada (Tm) | Biomasa Estimada con Modelos Matemáticos | | | | | |
|-------|-----------|------------------|--------------------------|--------------------------------|------------------------|--|----------|----------|----------|----------|----------|
| | | | | | | Modelo 1 | Modelo 2 | Modelo 3 | Modelo 4 | Modelo 5 | Modelo 6 |
| | | | 0.00702 | | | | | | | | |
| | parcela 3 | AP25 | 0.01659 | 0.016526 | 0.03317 | 0.05314 | 0.04244 | 0.04998 | 0.04187 | 0.04187 | 0.05129 |
| | | AP26 | 0.00347 | 0.003691 | 0.00694 | 0.01001 | 0.01686 | 0.00826 | 0.01241 | 0.01304 | 0.01824 |
| | | AP27 | 0.00786 | 0.007818 | 0.01573 | 0.02104 | 0.03168 | 0.01955 | 0.02901 | 0.02986 | 0.03917 |
| | | AP28 | 0.00053 | 0.001637 | 0.00105 | 0.00535 | 0.00937 | 0.00310 | 0.00481 | 0.00470 | 0.00306 |
| | | AP29 | 0.00260 | 0.002514 | 0.00519 | 0.00917 | 0.01336 | 0.00735 | 0.00876 | 0.00909 | 0.01186 |
| | | AP30 | 0.00086 | 0.000973 | 0.00172 | 0.00442 | 0.00842 | 0.00201 | 0.00392 | 0.00370 | 0.00058 |
| | | AP31 | 0.00404 | 0.003744 | 0.00807 | 0.00626 | 0.00888 | 0.00415 | 0.00435 | 0.00419 | 0.00182 |
| | | AP32 | 0.00374 | 0.004029 | 0.00748 | 0.01302 | 0.01540 | 0.01143 | 0.01086 | 0.01138 | 0.01568 |
| | | AP33 | 0.00272 | 0.002117 | 0.00545 | 0.00498 | 0.00756 | 0.00268 | 0.00313 | 0.00283 | -0.00190 |
| | | AP34 | 0.00181 | 0.001483 | 0.00362 | 0.00494 | 0.00842 | 0.00262 | 0.00392 | 0.00370 | 0.00058 |
| | | AP35 | 0.00143 | 0.001243 | 0.00287 | 0.00398 | 0.00610 | 0.00147 | 0.00183 | 0.00143 | -0.00681 |
| | AP36 | 0.00915 | 0.008940 | 0.01830 | 0.01778 | 0.02090 | 0.01629 | 0.01677 | 0.01763 | 0.02470 | |

| Lugar | Parcela | Código del árbol | CARBONO Observado (Tm C) | Carbono estimado con RNA(Tm C) | Biomasa Observada (Tm) | Biomasa Estimada con Modelos Matemáticos | | | | | |
|---------------|-----------|------------------|--------------------------|--------------------------------|------------------------|--|----------|----------|----------|----------|----------|
| | | | | | | Modelo 1 | Modelo 2 | Modelo 3 | Modelo 4 | Modelo 5 | Modelo 6 |
| Gotas de agua | parcela 1 | GAP1 | 0.00826 | 0.007935 | 0.01653 | 0.01429 | 0.01686 | 0.01273 | 0.01241 | 0.01304 | 0.01824 |
| | | GAP2 | 0.00470 | 0.004417 | 0.00941 | 0.00927 | 0.01212 | 0.00746 | 0.00750 | 0.00769 | 0.00933 |
| | | GAP3 | 0.00299 | 0.002992 | 0.00598 | 0.00797 | 0.01152 | 0.00605 | 0.00691 | 0.00704 | 0.00807 |
| | | GAP4 | 0.00557 | 0.004498 | 0.01114 | 0.01071 | 0.01273 | 0.00900 | 0.00812 | 0.00838 | 0.01060 |
| | | GAP5 | 0.00532 | 0.003820 | 0.01064 | 0.01095 | 0.01612 | 0.00926 | 0.01162 | 0.01220 | 0.01696 |
| | | GAP6 | 0.00080 | 0.001947 | 0.00161 | 0.00836 | 0.01212 | 0.00647 | 0.00750 | 0.00769 | 0.00933 |
| | | GAP7 | 0.00563 | 0.006230 | 0.01127 | 0.01241 | 0.01470 | 0.01080 | 0.01014 | 0.01059 | 0.01441 |
| | | GAP8 | 0.00955 | 0.009587 | 0.01910 | 0.01466 | 0.02548 | 0.01312 | 0.02188 | 0.02284 | 0.03123 |
| | | GAP9 | 0.00334 | 0.002471 | 0.00669 | 0.00781 | 0.00937 | 0.00587 | 0.00481 | 0.00470 | 0.00306 |
| | | GAP10 | 0.00108 | 0.002250 | 0.00216 | 0.00870 | 0.01040 | 0.00685 | 0.00581 | 0.00581 | 0.00556 |
| | | GAP11 | 0.00691 | 0.005192 | 0.01381 | 0.01071 | 0.01273 | 0.00900 | 0.00812 | 0.00838 | 0.01060 |
| | | GAP12 | 0.00191 | 0.002974 | 0.00383 | 0.01003 | 0.01470 | 0.00828 | 0.01014 | 0.01059 | 0.01441 |
| | | GAP13 | | | 0.013866 | 0.02739 | 0.02244 | 0.02177 | 0.02094 | 0.01773 | 0.01862 |

| Lugar | Parcela | Código del árbol | CARBONO Observado (Tm C) | Carbono estimado con RNA(Tm C) | Biomasa Observada (Tm) | Biomasa Estimada con Modelos Matemáticos | | | | | |
|-------|-----------|------------------|--------------------------|--------------------------------|------------------------|--|----------|----------|----------|----------|----------|
| | | | | | | Modelo 1 | Modelo 2 | Modelo 3 | Modelo 4 | Modelo 5 | Modelo 6 |
| | | | 0.01369 | | | | | | | | |
| | | GAP14 | 0.00170 | 0.001852 | 0.00339 | 0.00658 | 0.00937 | 0.00450 | 0.00481 | 0.00470 | 0.00306 |
| | | GAP15 | 0.00248 | 0.003366 | 0.00496 | 0.01049 | 0.01540 | 0.00876 | 0.01086 | 0.01138 | 0.01568 |
| | | GAP16 | 0.03337 | 0.033328 | 0.06673 | 0.10374 | 0.08147 | 0.09499 | 0.09187 | 0.08371 | 0.08626 |
| | | GAP17 | 0.00948 | 0.009772 | 0.01896 | 0.01429 | 0.01686 | 0.01273 | 0.01241 | 0.01304 | 0.01824 |
| | | GAP18 | 0.01403 | 0.014195 | 0.02805 | 0.02546 | 0.02267 | 0.02390 | 0.01872 | 0.01964 | 0.02730 |
| | parcela 2 | GAP19 | 0.01050 | 0.010496 | 0.02100 | 0.01778 | 0.02090 | 0.01629 | 0.01677 | 0.01763 | 0.02470 |
| | | GAP20 | 0.00621 | 0.004953 | 0.01242 | 0.01001 | 0.01686 | 0.00826 | 0.01241 | 0.01304 | 0.01824 |
| | | GAP21 | 0.00204 | 0.002082 | 0.00408 | 0.00535 | 0.00937 | 0.00310 | 0.00481 | 0.00470 | 0.00306 |
| | | GAP22 | 0.00302 | 0.002958 | 0.00604 | 0.00712 | 0.01152 | 0.00512 | 0.00691 | 0.00704 | 0.00807 |
| | | GAP23 | 0.00117 | 0.001767 | 0.00234 | 0.00521 | 0.00798 | 0.00294 | 0.00351 | 0.00325 | -0.00066 |
| | | GAP24 | 0.00243 | 0.002525 | 0.00486 | 0.00658 | 0.00937 | 0.00450 | 0.00481 | 0.00470 | 0.00306 |
| | | GAP25 | 0.00351 | 0.003797 | 0.00702 | 0.00797 | 0.01152 | 0.00605 | 0.00691 | 0.00704 | 0.00807 |

| Lugar | Parcela | Código del árbol | CARBONO Observado (Tm C) | Carbono estimado con RNA(Tm C) | Biomasa Observada (Tm) | Biomasa Estimada con Modelos Matemáticos | | | | | |
|-------|-----------|------------------|--------------------------|--------------------------------|------------------------|--|----------|----------|----------|----------|----------|
| | | | | | | Modelo 1 | Modelo 2 | Modelo 3 | Modelo 4 | Modelo 5 | Modelo 6 |
| | | GAP26 | 0.00243 | 0.001654 | 0.00486 | 0.00498 | 0.00756 | 0.00268 | 0.00313 | 0.00283 | -0.00190 |
| | | GAP27 | 0.00366 | 0.004729 | 0.00733 | 0.00969 | 0.01612 | 0.00791 | 0.01162 | 0.01220 | 0.01696 |
| | | GAP28 | 0.01383 | 0.013730 | 0.02766 | 0.02956 | 0.02267 | 0.02788 | 0.01872 | 0.01964 | 0.02730 |
| | | GAP29 | 0.00729 | 0.007331 | 0.01458 | 0.00996 | 0.01095 | 0.00821 | 0.00634 | 0.00641 | 0.00682 |
| | | GAP30 | 0.00249 | 0.002457 | 0.00497 | 0.00758 | 0.00988 | 0.00562 | 0.00530 | 0.00524 | 0.00431 |
| | parcela 3 | GAP31 | 0.00746 | 0.006728 | 0.01492 | 0.01344 | 0.01763 | 0.01186 | 0.01322 | 0.01391 | 0.01953 |
| | | GAP32 | 0.00827 | 0.008513 | 0.01653 | 0.01563 | 0.01841 | 0.01411 | 0.01406 | 0.01480 | 0.02082 |
| | | GAP33 | 0.00419 | 0.004116 | 0.00837 | 0.01052 | 0.01152 | 0.00880 | 0.00691 | 0.00704 | 0.00807 |
| | | GAP34 | 0.00651 | 0.006420 | 0.01301 | 0.01175 | 0.01540 | 0.01010 | 0.01086 | 0.01138 | 0.01568 |
| | | GAP35 | 0.01781 | 0.017350 | 0.03563 | 0.03120 | 0.03279 | 0.02945 | 0.03031 | 0.03110 | 0.04050 |
| | | GAP36 | 0.00510 | 0.005174 | 0.01020 | 0.01231 | 0.01336 | 0.01068 | 0.00876 | 0.00909 | 0.01186 |
| | | GAP37 | 0.00546 | 0.005407 | 0.01091 | 0.01361 | 0.01470 | 0.01203 | 0.01014 | 0.01059 | 0.01441 |
| | | GAP38 | | | 0.013718 | 0.02687 | 0.01725 | 0.02267 | 0.01576 | 0.01872 | 0.01964 |

| Lugar | Parcela | Código del árbol | CARBONO Observado (Tm C) | Carbono estimado con RNA(Tm C) | Biomasa Observada (Tm) | Biomasa Estimada con Modelos Matemáticos | | | | | |
|--------------|-----------|------------------|--------------------------|--------------------------------|------------------------|--|----------|----------|----------|----------|----------|
| | | | | | | Modelo 1 | Modelo 2 | Modelo 3 | Modelo 4 | Modelo 5 | Modelo 6 |
| | | | 0.01343 | | | | | | | | |
| | | GAP39 | 0.00671 | 0.007096 | 0.01341 | 0.01196 | 0.01922 | 0.01032 | 0.01494 | 0.01572 | 0.02211 |
| | | GAP40 | 0.00558 | 0.005961 | 0.01117 | 0.01122 | 0.01470 | 0.00955 | 0.01014 | 0.01059 | 0.01441 |
| | | GAP41 | 0.00305 | 0.003008 | 0.00609 | 0.02224 | 0.02358 | 0.02075 | 0.01974 | 0.02068 | 0.02861 |
| | | GAP42 | 0.02061 | 0.020642 | 0.04122 | 0.02528 | 0.03168 | 0.02372 | 0.02901 | 0.02986 | 0.03917 |
| San Isidro I | parcela 1 | SI-II1 | 0.00819 | 0.007726 | 0.01638 | 0.01499 | 0.01612 | 0.01346 | 0.01162 | 0.01220 | 0.01696 |
| | | SI-II2 | 0.00181 | 0.001728 | 0.00362 | 0.00917 | 0.01336 | 0.00735 | 0.00876 | 0.00909 | 0.01186 |
| | | SI-II3 | 0.00101 | 0.000984 | 0.00202 | 0.01016 | 0.01040 | 0.00841 | 0.00581 | 0.00581 | 0.00556 |
| | | SI-II4 | 0.00212 | 0.002060 | 0.00424 | 0.01778 | 0.02090 | 0.01629 | 0.01677 | 0.01763 | 0.02470 |
| | | SI-II5 | 0.01301 | 0.018193 | 0.02602 | 0.05829 | 0.04641 | 0.05469 | 0.04674 | 0.04625 | 0.05538 |
| | | SI-II6 | 0.03876 | 0.038962 | 0.07752 | 0.07734 | 0.07258 | 0.07181 | 0.08013 | 0.07441 | 0.07911 |
| | | SI-II7 | 0.01371 | 0.019801 | 0.02742 | 0.02409 | 0.02548 | 0.02256 | 0.02188 | 0.02284 | 0.03123 |
| | | SI-II8 | 0.00964 | 0.010301 | 0.01927 | 0.01725 | 0.02267 | 0.01576 | 0.01872 | 0.01964 | 0.02730 |

| Lugar | Parcela | Código del árbol | CARBONO Observado (Tm C) | Carbono estimado con RNA(Tm C) | Biomasa Observada (Tm) | Biomasa Estimada con Modelos Matemáticos | | | | | |
|-------|---------|------------------|--------------------------|--------------------------------|------------------------|--|----------|----------|----------|----------|----------|
| | | | | | | Modelo 1 | Modelo 2 | Modelo 3 | Modelo 4 | Modelo 5 | Modelo 6 |
| | | SI-II9 | 0.00399 | 0.004030 | 0.00797 | 0.01563 | 0.01841 | 0.01411 | 0.01406 | 0.01480 | 0.02082 |
| | | SI-II10 | 0.00788 | 0.008017 | 0.01576 | 0.01429 | 0.01686 | 0.01273 | 0.01241 | 0.01304 | 0.01824 |
| | | SI-II11 | 0.00992 | 0.009808 | 0.01984 | 0.01778 | 0.02090 | 0.01629 | 0.01677 | 0.01763 | 0.02470 |
| | | SI-II12 | 0.02920 | 0.028702 | 0.05841 | 0.02801 | 0.04244 | 0.02638 | 0.04187 | 0.04187 | 0.05129 |
| | | SI-II13 | 0.00438 | 0.004334 | 0.00877 | 0.02540 | 0.02848 | 0.02384 | 0.02530 | 0.02624 | 0.03519 |
| | | SI-II14 | 0.02188 | 0.016720 | 0.04377 | 0.05660 | 0.05058 | 0.05315 | 0.05191 | 0.05082 | 0.05950 |
| | | SI-II15 | 0.02109 | 0.020167 | 0.04218 | 0.02258 | 0.02646 | 0.02108 | 0.02299 | 0.02395 | 0.03255 |
| | | SI-II16 | 0.06571 | 0.065634 | 0.13142 | 0.11549 | 0.13396 | 0.10515 | 0.16438 | 0.13649 | 0.12315 |
| | | SI-II17 | 0.03354 | 0.030236 | 0.06708 | 0.04063 | 0.03279 | 0.03839 | 0.03031 | 0.03110 | 0.04050 |
| | | SI-II18 | 0.01630 | 0.015270 | 0.03260 | 0.01520 | 0.02267 | 0.01367 | 0.01872 | 0.01964 | 0.02730 |
| | | SI-II19 | 0.01342 | 0.012244 | 0.02684 | 0.01296 | 0.01922 | 0.01137 | 0.01494 | 0.01572 | 0.02211 |
| | | SI-II20 | 0.01517 | 0.015347 | 0.03034 | 0.05113 | 0.05949 | 0.04814 | 0.06317 | 0.06048 | 0.06783 |
| | | SI-II21 | | 0.015021 | 0.03006 | 0.04980 | 0.05795 | 0.04691 | 0.06121 | 0.05882 | 0.06644 |

| Lugar | Parcela | Código del árbol | CARBONO Observado (Tm C) | Carbono estimado con RNA(Tm C) | Biomasa Observada (Tm) | Biomasa Estimada con Modelos Matemáticos | | | | | |
|-------|-----------|------------------|--------------------------|--------------------------------|------------------------|--|----------|----------|----------|----------|----------|
| | | | | | | Modelo 1 | Modelo 2 | Modelo 3 | Modelo 4 | Modelo 5 | Modelo 6 |
| | | | 0.01503 | | | | | | | | |
| | | SI-II22 | 0.01576 | 0.015680 | 0.03152 | 0.02522 | 0.02090 | 0.02367 | 0.01677 | 0.01763 | 0.02470 |
| | parcela 2 | SI-II23 | 0.02593 | 0.025435 | 0.05186 | 0.03639 | 0.04244 | 0.03440 | 0.04187 | 0.04187 | 0.05129 |
| | | SI-II24 | 0.00839 | 0.007070 | 0.01678 | 0.01429 | 0.01686 | 0.01273 | 0.01241 | 0.01304 | 0.01824 |
| | | SI-II25 | 0.01821 | 0.018882 | 0.03641 | 0.05314 | 0.04244 | 0.04998 | 0.04187 | 0.04187 | 0.05129 |
| | | SI-II26 | 0.00419 | 0.005246 | 0.00838 | 0.01126 | 0.01336 | 0.00958 | 0.00876 | 0.00909 | 0.01186 |
| | | SI-II27 | 0.01464 | 0.018861 | 0.02928 | 0.03505 | 0.02848 | 0.03313 | 0.02530 | 0.02624 | 0.03519 |
| | | SI-II28 | 0.01759 | 0.020718 | 0.03518 | 0.03434 | 0.03279 | 0.03245 | 0.03031 | 0.03110 | 0.04050 |
| | | SI-II29 | 0.01550 | 0.017170 | 0.03100 | 0.03528 | 0.04115 | 0.03335 | 0.04031 | 0.04045 | 0.04993 |
| | | SI-II30 | 0.03309 | 0.033044 | 0.06617 | 0.04756 | 0.07258 | 0.04484 | 0.08013 | 0.07441 | 0.07911 |
| | | SI-II31 | 0.03603 | 0.031594 | 0.07206 | 0.07129 | 0.05643 | 0.06641 | 0.05928 | 0.05718 | 0.06504 |
| | | SI-II32 | 0.03550 | 0.038486 | 0.07100 | 0.08141 | 0.06424 | 0.07542 | 0.06927 | 0.06557 | 0.07204 |
| | | SI-II33 | 0.01798 | 0.018209 | 0.03595 | 0.02150 | 0.02090 | 0.02001 | 0.01677 | 0.01763 | 0.02470 |

| Lugar | Parcela | Código del árbol | CARBONO Observado (Tm C) | Carbono estimado con RNA(Tm C) | Biomasa Observada (Tm) | Biomasa Estimada con Modelos Matemáticos | | | | | |
|-------|-----------|------------------|--------------------------|--------------------------------|------------------------|--|----------|----------|----------|----------|----------|
| | | | | | | Modelo 1 | Modelo 2 | Modelo 3 | Modelo 4 | Modelo 5 | Modelo 6 |
| | | SI-II34 | 0.02447 | 0.022778 | 0.04893 | 0.02615 | 0.03059 | 0.02458 | 0.02775 | 0.02863 | 0.03784 |
| | | SI-II35 | 0.00932 | 0.010731 | 0.01864 | 0.01126 | 0.01336 | 0.00958 | 0.00876 | 0.00909 | 0.01186 |
| | | SI-II36 | 0.02006 | 0.018769 | 0.04012 | 0.02522 | 0.02090 | 0.02367 | 0.01677 | 0.01763 | 0.02470 |
| | | SI-II37 | 0.02751 | 0.021481 | 0.05502 | 0.03197 | 0.03059 | 0.03019 | 0.02775 | 0.02863 | 0.03784 |
| | | SI-II38 | 0.02682 | 0.028282 | 0.05364 | 0.05989 | 0.05643 | 0.05614 | 0.05928 | 0.05718 | 0.06504 |
| | parcela 3 | SI-II39 | 0.03797 | 0.034137 | 0.07594 | 0.07129 | 0.05643 | 0.06641 | 0.05928 | 0.05718 | 0.06504 |
| | | SI-II40 | 0.02986 | 0.031468 | 0.05972 | 0.03919 | 0.03168 | 0.03704 | 0.02901 | 0.02986 | 0.03917 |
| | | SI-II41 | 0.01013 | 0.009738 | 0.02026 | 0.01495 | 0.01763 | 0.01341 | 0.01322 | 0.01391 | 0.01953 |
| | | SI-II42 | 0.01899 | 0.015603 | 0.03797 | 0.03115 | 0.02548 | 0.02941 | 0.02188 | 0.02284 | 0.03123 |
| | | SI-II43 | 0.00625 | 0.005894 | 0.01251 | 0.01364 | 0.01612 | 0.01207 | 0.01162 | 0.01220 | 0.01696 |
| | | SI-II44 | 0.00279 | 0.006102 | 0.00557 | 0.01095 | 0.01612 | 0.00926 | 0.01162 | 0.01220 | 0.01696 |
| | | SI-II45 | 0.00853 | 0.008585 | 0.01706 | 0.01633 | 0.01612 | 0.01483 | 0.01162 | 0.01220 | 0.01696 |
| | | SI-II46 | | 0.015614 | 0.02420 | 0.03115 | 0.02548 | 0.02941 | 0.02188 | 0.02284 | 0.03123 |

| Lugar | Parcela | Código del árbol | CARBONO Observado (Tm C) | Carbono estimado con RNA(Tm C) | Biomasa Observada (Tm) | Biomasa Estimada con Modelos Matemáticos | | | | | |
|-------|---------|------------------|--------------------------|--------------------------------|------------------------|--|----------|----------|----------|----------|----------|
| | | | | | | Modelo 1 | Modelo 2 | Modelo 3 | Modelo 4 | Modelo 5 | Modelo 6 |
| | | | 0.01210 | | | | | | | | |
| | | SI-II47 | 0.01448 | 0.021542 | 0.02897 | 0.08141 | 0.06424 | 0.07542 | 0.06927 | 0.06557 | 0.07204 |
| | | SI-II48 | 0.04306 | 0.041651 | 0.08611 | 0.10712 | 0.07258 | 0.09792 | 0.08013 | 0.07441 | 0.07911 |
| | | SI-II49 | 0.02766 | 0.030703 | 0.05532 | 0.04338 | 0.04115 | 0.04096 | 0.04031 | 0.04045 | 0.04993 |
| | | SI-II50 | 0.02147 | 0.019637 | 0.04294 | 0.05113 | 0.05949 | 0.04814 | 0.06317 | 0.06048 | 0.06783 |
| | | SI-II51 | 0.00457 | 0.005354 | 0.00915 | 0.01003 | 0.01470 | 0.00828 | 0.01014 | 0.01059 | 0.01441 |
| | | SI-II52 | 0.02276 | 0.022568 | 0.04552 | 0.04985 | 0.03989 | 0.04696 | 0.03878 | 0.03905 | 0.04857 |
| | | SI-II53 | 0.02650 | 0.024131 | 0.05299 | 0.03082 | 0.02953 | 0.02909 | 0.02651 | 0.02743 | 0.03651 |
| | | SI-II54 | 0.03830 | 0.039780 | 0.07660 | 0.04863 | 0.03392 | 0.04584 | 0.03165 | 0.03237 | 0.04184 |
| | | SI-II55 | 0.03354 | 0.032880 | 0.06708 | 0.04063 | 0.03279 | 0.03839 | 0.03031 | 0.03110 | 0.04050 |
| | | SI-II56 | 0.01798 | 0.015833 | 0.03595 | 0.02150 | 0.02090 | 0.02001 | 0.01677 | 0.01763 | 0.02470 |
| | | SI-II57 | 0.02067 | 0.018053 | 0.04134 | 0.02439 | 0.02358 | 0.02286 | 0.01974 | 0.02068 | 0.02861 |
| | | SI-II58 | 0.02538 | 0.024373 | 0.05077 | 0.03115 | 0.02548 | 0.02941 | 0.02188 | 0.02284 | 0.03123 |

| Lugar | Parcela | Código del árbol | CARBONO Observado (Tm C) | Carbono estimado con RNA(Tm C) | Biomasa Observada (Tm) | Biomasa Estimada con Modelos Matemáticos | | | | | |
|---------------|-----------|------------------|--------------------------|--------------------------------|------------------------|--|----------|----------|----------|----------|----------|
| | | | | | | Modelo 1 | Modelo 2 | Modelo 3 | Modelo 4 | Modelo 5 | Modelo 6 |
| | | SI-II59 | 0.04015 | 0.043335 | 0.08030 | 0.05215 | 0.03624 | 0.04908 | 0.03440 | 0.03498 | 0.04452 |
| | | SI-II60 | 0.02538 | 0.024371 | 0.05077 | 0.03115 | 0.02548 | 0.02941 | 0.02188 | 0.02284 | 0.03123 |
| | | SI-II61 | 0.02067 | 0.018051 | 0.04134 | 0.02439 | 0.02358 | 0.02286 | 0.01974 | 0.02068 | 0.02861 |
| | | SI-II62 | 0.05869 | 0.056700 | 0.11738 | 0.08152 | 0.04917 | 0.07552 | 0.05015 | 0.04928 | 0.05813 |
| | | SI-II63 | 0.09448 | 0.094055 | 0.18896 | 0.13736 | 0.08147 | 0.12384 | 0.09187 | 0.08371 | 0.08626 |
| | | SI-II64 | 0.01338 | 0.007952 | 0.02676 | 0.01633 | 0.01612 | 0.01483 | 0.01162 | 0.01220 | 0.01696 |
| San Isidro II | parcela 1 | SI-II65 | 0.00164 | 0.001665 | 0.00329 | 0.00781 | 0.00937 | 0.00587 | 0.00481 | 0.00470 | 0.00306 |
| | | SI-II66 | 0.00292 | 0.003543 | 0.00583 | 0.00797 | 0.01040 | 0.00606 | 0.00581 | 0.00581 | 0.00556 |
| | | SI-II67 | 0.00336 | 0.006583 | 0.00673 | 0.01169 | 0.01273 | 0.01004 | 0.00812 | 0.00838 | 0.01060 |
| | | SI-II68 | 0.00126 | 0.001882 | 0.00251 | 0.00758 | 0.00988 | 0.00562 | 0.00530 | 0.00524 | 0.00431 |
| | | SI-II69 | 0.00229 | 0.001652 | 0.00458 | 0.00568 | 0.00798 | 0.00348 | 0.00351 | 0.00325 | -0.00066 |
| | | SI-II70 | 0.00147 | 0.004266 | 0.00294 | 0.01429 | 0.01686 | 0.01273 | 0.01241 | 0.01304 | 0.01824 |
| | | SI-II71 | | 0.000647 | 0.00609 | 0.00699 | 0.00842 | 0.00497 | 0.00392 | 0.00370 | 0.00058 |

| Lugar | Parcela | Código del árbol | CARBONO Observado (Tm C) | Carbono estimado con RNA(Tm C) | Biomasa Observada (Tm) | Biomasa Estimada con Modelos Matemáticos | | | | | |
|-------|-----------|------------------|--------------------------|--------------------------------|------------------------|--|----------|----------|----------|----------|----------|
| | | | | | | Modelo 1 | Modelo 2 | Modelo 3 | Modelo 4 | Modelo 5 | Modelo 6 |
| | | | 0.00305 | | | | | | | | |
| | | SI-II72 | 0.02498 | 0.024919 | 0.04995 | 0.03115 | 0.02548 | 0.02941 | 0.02188 | 0.02284 | 0.03123 |
| | | SI-II73 | 0.01684 | 0.016778 | 0.03367 | 0.03267 | 0.02090 | 0.03086 | 0.01677 | 0.01763 | 0.02470 |
| | | SI-II74 | 0.00440 | 0.005532 | 0.00880 | 0.04360 | 0.03059 | 0.04117 | 0.02775 | 0.02863 | 0.03784 |
| | parcela 2 | SI-II75 | 0.01643 | 0.016417 | 0.03286 | 0.03197 | 0.03059 | 0.03019 | 0.02775 | 0.02863 | 0.03784 |
| | | SI-II76 | 0.06270 | 0.062435 | 0.12540 | 0.13111 | 0.07785 | 0.11852 | 0.08707 | 0.07994 | 0.08339 |
| | | SI-II77 | 0.02785 | 0.026229 | 0.05570 | 0.00652 | 0.01040 | 0.00444 | 0.00581 | 0.00581 | 0.00556 |
| | | SI-II78 | 0.00238 | 0.002380 | 0.00477 | 0.00626 | 0.00888 | 0.00415 | 0.00435 | 0.00419 | 0.00182 |
| | | SI-II79 | 0.00211 | 0.002642 | 0.00423 | 0.00781 | 0.00937 | 0.00587 | 0.00481 | 0.00470 | 0.00306 |
| | | SI-II80 | 0.00361 | 0.002844 | 0.00722 | 0.00795 | 0.00888 | 0.00603 | 0.00435 | 0.00419 | 0.00182 |
| | | SI-II81 | 0.00226 | 0.002894 | 0.00452 | 0.00494 | 0.00842 | 0.00262 | 0.00392 | 0.00370 | 0.00058 |
| | | SI-II82 | 0.00845 | 0.008316 | 0.01691 | 0.01563 | 0.01841 | 0.01411 | 0.01406 | 0.01480 | 0.02082 |
| | | SI-II83 | 0.00191 | 0.001984 | 0.00382 | 0.00797 | 0.01040 | 0.00606 | 0.00581 | 0.00581 | 0.00556 |

| Lugar | Parcela | Código del árbol | CARBONO Observado (Tm C) | Carbono estimado con RNA(Tm C) | Biomasa Observada (Tm) | Biomasa Estimada con Modelos Matemáticos | | | | | |
|-------|-----------|------------------|--------------------------|--------------------------------|------------------------|--|----------|----------|----------|----------|----------|
| | | | | | | Modelo 1 | Modelo 2 | Modelo 3 | Modelo 4 | Modelo 5 | Modelo 6 |
| | | SI-II84 | 0.00282 | 0.002920 | 0.00564 | 0.00967 | 0.01152 | 0.00789 | 0.00691 | 0.00704 | 0.00807 |
| | | SI-II85 | 0.00249 | 0.002349 | 0.00499 | 0.00570 | 0.00888 | 0.00351 | 0.00435 | 0.00419 | 0.00182 |
| | | SI-II86 | 0.00747 | 0.007387 | 0.01494 | 0.01800 | 0.01922 | 0.01652 | 0.01494 | 0.01572 | 0.02211 |
| | | SI-II87 | 0.00272 | 0.003003 | 0.00544 | 0.01018 | 0.01212 | 0.00844 | 0.00750 | 0.00769 | 0.00933 |
| | | SI-II88 | 0.00369 | 0.006039 | 0.00737 | 0.00570 | 0.00888 | 0.00351 | 0.00435 | 0.00419 | 0.00182 |
| | parcela 3 | SI-II89 | 0.01061 | 0.008574 | 0.02122 | 0.01778 | 0.02090 | 0.01629 | 0.01677 | 0.01763 | 0.02470 |
| | | SI-II90 | 0.00661 | 0.008574 | 0.01322 | 0.01778 | 0.02090 | 0.01629 | 0.01677 | 0.01763 | 0.02470 |
| | | SI-II91 | 0.00428 | 0.003965 | 0.00856 | 0.00797 | 0.01152 | 0.00605 | 0.00691 | 0.00704 | 0.00807 |
| | | SI-II92 | 0.00266 | 0.002893 | 0.00531 | 0.00725 | 0.01040 | 0.00525 | 0.00581 | 0.00581 | 0.00556 |
| | | SI-II93 | 0.00227 | 0.002479 | 0.00454 | 0.00568 | 0.00798 | 0.00348 | 0.00351 | 0.00325 | -0.00066 |
| | | SI-II94 | 0.00325 | 0.003166 | 0.00650 | 0.00626 | 0.00888 | 0.00415 | 0.00435 | 0.00419 | 0.00182 |
| | | SI-II95 | 0.00276 | 0.004591 | 0.00551 | 0.01241 | 0.01470 | 0.01080 | 0.01014 | 0.01059 | 0.01441 |
| | | SI-II96 | | 0.006952 | 0.01325 | 0.01545 | 0.01336 | 0.01393 | 0.00876 | 0.00909 | 0.01186 |

| Lugar | Parcela | Código del árbol | CARBONO Observado (Tm C) | Carbono estimado con RNA(Tm C) | Biomasa Observada (Tm) | Biomasa Estimada con Modelos Matemáticos | | | | | |
|----------|-----------|------------------|--------------------------|--------------------------------|------------------------|--|----------|----------|----------|----------|----------|
| | | | | | | Modelo 1 | Modelo 2 | Modelo 3 | Modelo 4 | Modelo 5 | Modelo 6 |
| | | | 0.00662 | | | | | | | | |
| | | SI-II97 | 0.03250 | 0.032382 | 0.06500 | 0.03434 | 0.03279 | 0.03245 | 0.03031 | 0.03110 | 0.04050 |
| | | SI-II98 | 0.00315 | 0.002899 | 0.00631 | 0.00725 | 0.01040 | 0.00525 | 0.00581 | 0.00581 | 0.00556 |
| | | SI-II99 | 0.00266 | 0.002916 | 0.00533 | 0.01383 | 0.01212 | 0.01226 | 0.00750 | 0.00769 | 0.00933 |
| | | SI-II100 | 0.00694 | 0.005836 | 0.01387 | 0.01335 | 0.01336 | 0.01177 | 0.00876 | 0.00909 | 0.01186 |
| | | SI-II101 | 0.00856 | 0.007650 | 0.01712 | 0.01306 | 0.01152 | 0.01147 | 0.00691 | 0.00704 | 0.00807 |
| | | SI-II102 | 0.01200 | 0.012031 | 0.02399 | 0.08141 | 0.06424 | 0.07542 | 0.06927 | 0.06557 | 0.07204 |
| Yanuyacu | parcela 1 | YP1 | 0.00271 | 0.004000 | 0.00542 | 0.01383 | 0.01212 | 0.01226 | 0.00750 | 0.00769 | 0.00933 |
| | | YP2 | 0.00503 | 0.005483 | 0.01007 | 0.01809 | 0.01540 | 0.01660 | 0.01086 | 0.01138 | 0.01568 |
| | | YP3 | 0.00155 | 0.001543 | 0.00310 | 0.00590 | 0.00716 | 0.00374 | 0.00277 | 0.00243 | -0.00313 |
| | | YP4 | 0.00494 | 0.004170 | 0.00989 | 0.01335 | 0.01336 | 0.01177 | 0.00876 | 0.00909 | 0.01186 |
| | | YP5 | 0.00295 | 0.002891 | 0.00590 | 0.00870 | 0.01040 | 0.00685 | 0.00581 | 0.00581 | 0.00556 |
| | | YP6 | 0.05119 | 0.051124 | 0.10238 | 0.06768 | 0.04115 | 0.06317 | 0.04031 | 0.04045 | 0.04993 |

| Lugar | Parcela | Código del árbol | CARBONO Observado (Tm C) | Carbono estimado con RNA(Tm C) | Biomasa Observada (Tm) | Biomasa Estimada con Modelos Matemáticos | | | | | |
|-------|-----------|------------------|--------------------------|--------------------------------|------------------------|--|----------|----------|----------|----------|----------|
| | | | | | | Modelo 1 | Modelo 2 | Modelo 3 | Modelo 4 | Modelo 5 | Modelo 6 |
| | | YP7 | 0.00630 | 0.005480 | 0.01261 | 0.01754 | 0.01336 | 0.01605 | 0.00876 | 0.00909 | 0.01186 |
| | | YP8 | 0.00503 | 0.004794 | 0.01007 | 0.01476 | 0.01152 | 0.01322 | 0.00691 | 0.00704 | 0.00807 |
| | | YP9 | 0.00420 | 0.004174 | 0.00841 | 0.01335 | 0.01336 | 0.01177 | 0.00876 | 0.00909 | 0.01186 |
| | | YP10 | 0.03445 | 0.034436 | 0.06891 | 0.04849 | 0.05643 | 0.04570 | 0.05928 | 0.05718 | 0.06504 |
| | | YP11 | 0.00092 | 0.000946 | 0.00184 | 0.00515 | 0.00716 | 0.00287 | 0.00277 | 0.00243 | -0.00313 |
| | parcela 2 | YP12 | 0.00286 | 0.003525 | 0.00572 | 0.00918 | 0.01095 | 0.00736 | 0.00634 | 0.00641 | 0.00682 |
| | | YP13 | 0.00170 | 0.001958 | 0.00340 | 0.00515 | 0.00716 | 0.00287 | 0.00277 | 0.00243 | -0.00313 |
| | | YP14 | 0.00488 | 0.004819 | 0.00976 | 0.01632 | 0.01922 | 0.01482 | 0.01494 | 0.01572 | 0.02211 |
| | | YP15 | 0.00805 | 0.007985 | 0.01610 | 0.01778 | 0.02090 | 0.01629 | 0.01677 | 0.01763 | 0.02470 |
| | | YP16 | 0.00245 | 0.002464 | 0.00490 | 0.00515 | 0.00716 | 0.00287 | 0.00277 | 0.00243 | -0.00313 |
| | | YP17 | 0.00132 | 0.001878 | 0.00264 | 0.00590 | 0.00716 | 0.00374 | 0.00277 | 0.00243 | -0.00313 |
| | | YP18 | 0.00376 | 0.002849 | 0.00751 | 0.00739 | 0.00888 | 0.00541 | 0.00435 | 0.00419 | 0.00182 |
| | | YP19 | | 0.002850 | 0.00751 | 0.00739 | 0.00888 | 0.00541 | 0.00435 | 0.00419 | 0.00182 |

| Lugar | Parcela | Código del árbol | CARBONO Observado (Tm C) | Carbono estimado con RNA(Tm C) | Biomasa Observada (Tm) | Biomasa Estimada con Modelos Matemáticos | | | | | |
|----------|-----------|------------------|--------------------------|--------------------------------|------------------------|--|----------|----------|----------|----------|----------|
| | | | | | | Modelo 1 | Modelo 2 | Modelo 3 | Modelo 4 | Modelo 5 | Modelo 6 |
| | | | 0.00376 | | | | | | | | |
| | | YP20 | 0.00227 | 0.002813 | 0.00455 | 0.00959 | 0.00988 | 0.00780 | 0.00530 | 0.00524 | 0.00431 |
| | | YP21 | 0.00292 | 0.002686 | 0.00585 | 0.01383 | 0.01212 | 0.01226 | 0.00750 | 0.00769 | 0.00933 |
| | | YP22 | 0.01495 | 0.014893 | 0.02990 | 0.07129 | 0.05643 | 0.06641 | 0.05928 | 0.05718 | 0.06504 |
| | | YP23 | 0.00760 | 0.007629 | 0.01519 | 0.03807 | 0.03624 | 0.03599 | 0.03440 | 0.03498 | 0.04452 |
| | | YP24 | 0.02286 | 0.022800 | 0.04572 | 0.10758 | 0.06424 | 0.09832 | 0.06927 | 0.06557 | 0.07204 |
| | parcela 3 | YP25 | 0.00416 | 0.003957 | 0.00832 | 0.00825 | 0.00988 | 0.00635 | 0.00530 | 0.00524 | 0.00431 |
| | | YP26 | 0.00284 | 0.002833 | 0.00569 | 0.00712 | 0.01152 | 0.00512 | 0.00691 | 0.00704 | 0.00807 |
| | | YP27 | 0.00552 | 0.005542 | 0.01105 | 0.01003 | 0.01470 | 0.00828 | 0.01014 | 0.01059 | 0.01441 |
| | | YP28 | 0.00653 | 0.006562 | 0.01305 | 0.04011 | 0.07258 | 0.03790 | 0.08013 | 0.07441 | 0.07911 |
| | | YP29 | 0.00532 | 0.005298 | 0.01064 | 0.01201 | 0.01212 | 0.01037 | 0.00750 | 0.00769 | 0.00933 |
| | | YP30 | 0.00166 | 0.001760 | 0.00333 | 0.00515 | 0.00716 | 0.00287 | 0.00277 | 0.00243 | -0.00313 |
| Mochenta | parcela 1 | MP1 | 0.00275 | 0.002443 | 0.00550 | 0.00661 | 0.00798 | 0.00454 | 0.00351 | 0.00325 | -0.00066 |

| Lugar | Parcela | Código del árbol | CARBONO Observado (Tm C) | Carbono estimado con RNA(Tm C) | Biomasa Observada (Tm) | Biomasa Estimada con Modelos Matemáticos | | | | | |
|-------|-----------|------------------|--------------------------|--------------------------------|------------------------|--|----------|----------|----------|----------|----------|
| | | | | | | Modelo 1 | Modelo 2 | Modelo 3 | Modelo 4 | Modelo 5 | Modelo 6 |
| | | MP2 | 0.00156 | 0.002165 | 0.00311 | 0.00754 | 0.00798 | 0.00558 | 0.00351 | 0.00325 | -0.00066 |
| | | MP3 | 0.00397 | 0.004277 | 0.00793 | 0.01016 | 0.01040 | 0.00841 | 0.00581 | 0.00581 | 0.00556 |
| | | MP4 | 0.00486 | 0.004276 | 0.00973 | 0.01016 | 0.01040 | 0.00841 | 0.00581 | 0.00581 | 0.00556 |
| | | MP5 | 0.07794 | 0.077805 | 0.15589 | 0.13480 | 0.09089 | 0.12166 | 0.10452 | 0.09345 | 0.09348 |
| | | MP6 | 0.01674 | 0.016753 | 0.03348 | 0.02615 | 0.03059 | 0.02458 | 0.02775 | 0.02863 | 0.03784 |
| | | MP7 | 0.01137 | 0.011417 | 0.02274 | 0.01778 | 0.02090 | 0.01629 | 0.01677 | 0.01763 | 0.02470 |
| | parcela 2 | MP8 | 0.06022 | 0.060113 | 0.12045 | 0.09223 | 0.07258 | 0.08495 | 0.08013 | 0.07441 | 0.07911 |
| | | MP9 | 0.00259 | 0.001751 | 0.00519 | 0.00568 | 0.00798 | 0.00348 | 0.00351 | 0.00325 | -0.00066 |
| | | MP10 | 0.00090 | 0.001750 | 0.00180 | 0.00568 | 0.00798 | 0.00348 | 0.00351 | 0.00325 | -0.00066 |
| | | MP11 | 0.00446 | 0.004447 | 0.00891 | 0.01021 | 0.01336 | 0.00847 | 0.00876 | 0.00909 | 0.01186 |
| | | MP12 | 0.04434 | 0.044257 | 0.08868 | 0.15993 | 0.24594 | 0.14287 | 0.33097 | 0.24029 | 0.18618 |
| | parcela 3 | MP13 | 0.14720 | 0.147020 | 0.29440 | 0.23741 | 0.15872 | 0.20676 | 0.20004 | 0.16034 | 0.13844 |
| | | MP14 | | 0.003101 | 0.00783 | 0.00652 | 0.01040 | 0.00444 | 0.00581 | 0.00581 | 0.00556 |

| Lugar | Parcela | Código del árbol | CARBONO Observado (Tm C) | Carbono estimado con RNA(Tm C) | Biomasa Observada (Tm) | Biomasa Estimada con Modelos Matemáticos | | | | | |
|-------|---------|------------------|--------------------------|--------------------------------|------------------------|--|----------|----------|----------|----------|----------|
| | | | | | | Modelo 1 | Modelo 2 | Modelo 3 | Modelo 4 | Modelo 5 | Modelo 6 |
| | | | 0.00392 | | | | | | | | |
| | | MP15 | 0.00825 | 0.007940 | 0.01649 | 0.01109 | 0.02267 | 0.00941 | 0.01872 | 0.01964 | 0.02730 |
| | | MP16 | 0.00315 | 0.003267 | 0.00630 | 0.00725 | 0.01040 | 0.00525 | 0.00581 | 0.00581 | 0.00556 |
| | | MP17 | 0.00313 | 0.004390 | 0.00626 | 0.01015 | 0.01612 | 0.00840 | 0.01162 | 0.01220 | 0.01696 |
| | | MP18 | 0.00343 | 0.002958 | 0.00685 | 0.00550 | 0.01040 | 0.00328 | 0.00581 | 0.00581 | 0.00556 |
| | | MP19 | 0.01564 | 0.015672 | 0.03129 | 0.01462 | 0.02177 | 0.01308 | 0.01773 | 0.01862 | 0.02600 |

Anexo 3: Nombre de las estaciones para obtener los datos meteorológicos

| Lugar | Variable climática | Estación | Longitud [°] | Latitud [°] | Altitud [m] | Nombre de la estación | País |
|--------------|-------------------------|----------|--------------|-------------|-------------|-----------------------|------|
| EL ALMENDRAL | Temperatura media (°C) | 1 | -78.9 | -5.65 | 700 | JAEN | PERU |
| | | 2 | -78.76 | -5.45 | 760 | SHUMBA-ALTO | PERU |
| | | 3 | -79.45 | -5.23 | 1552 | HUANCABAMB A | PERU |
| | | 4 | -78.33 | -4.9 | 240 | IMAZITA | PERU |
| | | 5 | -77.83 | -6.21 | 2540 | CHACHAPOYA S | PERU |
| | | 6 | -77.8 | -6.21 | 1834 | CHACHAPOYA S-BAJA | PERU |
| | | 7 | -79.3 | -6.78 | 220 | BEBEDERO | PERU |
| | | 8 | -78.46 | -7.13 | 2622 | CAJAMARCA | PERU |
| | | 9 | -80.01 | -5.2 | 110 | PABUR-HDA.PIURA | PERU |
| | | 10 | -79.88 | -6.68 | 27 | LAMBAYEQUE | PERU |
| | Temperatura máxima (°C) | 1 | -79.45 | -5.23 | 1552 | HUANCABAMB A | PERU |
| | | 2 | -77.83 | -6.21 | 2540 | CHACHAPOYA | PERU |

| Lugar | Variable climática | Estación | Longitud [°] | Latitud [°] | Altitud [m] | Nombre de la estación | País |
|-------|-------------------------|----------|--------------|-------------|-------------|-----------------------|---------|
| | | | | | | S | |
| | | 3 | -78.46 | -7.13 | 2622 | CAJAMARCA | PERU |
| | | 4 | -79.88 | -6.68 | 27 | LAMBAYEQUE | PERU |
| | | 5 | -79.83 | -6.78 | 30 | CHICLAYO | PERU |
| | | 6 | -79.25 | -4.2 | 1600 | MALACATOS | ECUADOR |
| | | 7 | -79.43 | -7.31 | 130 | LIMON-CARRO | PERU |
| | | 8 | -79.55 | -4.3 | 1950 | CARIAMANGA | ECUADOR |
| | | 9 | -78.95 | -4.06 | 970 | ZAMORA | ECUADOR |
| | | 10 | -76.96 | -6.03 | 833 | MOYOBAMBA | PERU |
| | Temperatura mínima (°C) | 1 | -79.45 | -5.23 | 1552 | HUANCABAMB A | PERU |
| | | 2 | -77.83 | -6.21 | 2540 | CHACHAPOYA S | PERU |
| | | 3 | -78.46 | -7.13 | 2622 | CAJAMARCA | PERU |
| | | 4 | -79.88 | -6.68 | 27 | LAMBAYEQUE | PERU |
| | | 5 | -79.83 | -6.78 | 30 | CHICLAYO | PERU |
| | | 6 | -79.25 | -4.2 | 1600 | MALACATOS | ECUADOR |
| | | 7 | -79.43 | -7.31 | 130 | LIMON-CARRO | PERU |

| Lugar | Variable climática | Estación | Longitud [°] | Latitud [°] | Altitud [m] | Nombre de la estación | País |
|-------|-------------------------|----------|--------------|-------------|-------------|-----------------------|---------|
| | | 8 | -79.55 | -4.3 | 1950 | CARIAMANGA | ECUADOR |
| | | 9 | -78.95 | -4.06 | 970 | ZAMORA | ECUADOR |
| | | 10 | -76.96 | -6.03 | 833 | MOYOBAMBA | PERU |
| | Precipitación (mm) | 1 | -78.9 | -5.65 | 700 | JAEN | PERU |
| | | 2 | -78.76 | -5.45 | 760 | SHUMBA-ALTO | PERU |
| | | 3 | -78.96 | -6.45 | 2201 | HUAMBOS | PERU |
| | | 4 | -79.45 | -5.23 | 1552 | HUANCABAMBA | PERU |
| | | 5 | -78.33 | -4.9 | 240 | IMAZITA | PERU |
| | | 6 | -77.83 | -6.21 | 2540 | CHACHAPOYAS | PERU |
| | | 7 | -77.8 | -6.21 | 1834 | CHACHAPOYAS-BAJA | PERU |
| | | 8 | -79.3 | -6.78 | 220 | BEBEDERO | PERU |
| | | 9 | -78.46 | -7.13 | 2622 | CAJAMARCA | PERU |
| | | 10 | -78.5 | -7.2 | 2536 | A-WEBERBAUER | PERU |
| | Evapotranspiración (mm) | 1 | -79.45 | -5.23 | 1552 | HUANCABAMBA | PERU |

| Lugar | Variable climática | Estación | Longitud [°] | Latitud [°] | Altitud [m] | Nombre de la estación | País |
|-------|--------------------|---------------------------|--------------|-------------|-------------|------------------------|-----------------|
| | | 2 | -77.83 | -6.21 | 2540 | CHACHAPOYAS | PERU |
| | | 3 | -78.46 | -7.13 | 2622 | CAJAMARCA | PERU |
| | | 4 | -79.88 | -6.68 | 27 | LAMBAYEQUE | PERU |
| | | 5 | -79.83 | -6.78 | 30 | CHICLAYO | PERU |
| | | 6 | -79.43 | -7.31 | 130 | LIMON-CARRO | PERU |
| | | 7 | -79.55 | -4.3 | 1950 | CARIAMANGA | ECUADOR |
| | | 8 | -76.96 | -6.03 | 833 | MOYOBAMBA | PERU |
| | | 9 | -79.2 | -4.03 | 2040 | LOJA-LA-ARGELIA | ECUADOR |
| | | 10 | -79.93 | -4.36 | 430 | MACARA-J.M.-VELASCO-I. | ECUADOR |
| | | Velocidad del viento (km) | 1 | -79.45 | -5.23 | 1552 | HUANCABAMB A |
| | 2 | | -77.83 | -6.21 | 2540 | CHACHAPOYAS | PERU |
| | 3 | | -78.46 | -7.13 | 2622 | CAJAMARCA | PERU |
| | 4 | | -79.88 | -6.68 | 27 | LAMBAYEQUE | PERU |
| | 5 | | -79.83 | -6.78 | 30 | CHICLAYO | PERU |
| | 6 | | -79.25 | -4.2 | 1600 | MALACATOS | ECUADOR |

| Lugar | Variable climática | Estación | Longitud [°] | Latitud [°] | Altitud [m] | Nombre de la estación | País |
|--------------|-------------------------|----------|--------------|-------------|-------------|-----------------------|---------|
| | | 7 | -79.43 | -7.31 | 130 | LIMON-CARRO | PERU |
| | | 8 | -79.55 | -4.3 | 1950 | CARIAMANGA | ECUADOR |
| | | 9 | -78.95 | -4.06 | 970 | ZAMORA | ECUADOR |
| | | 10 | -76.96 | -6.03 | 833 | MOYOBAMBA | PERU |
| SAN ISIDRO I | Temperatura media (°C) | 1 | -78.9 | -5.65 | 700 | JAEN | PERU |
| | | 2 | -78.76 | -5.45 | 760 | SHUMBA-ALTO | PERU |
| | | 3 | -79.45 | -5.23 | 1552 | HUANCABAMBA | PERU |
| | | 4 | -78.33 | -4.9 | 240 | IMAZITA | PERU |
| | | 5 | -77.83 | -6.21 | 2540 | CHACHAPOYAS | PERU |
| | | 6 | -77.8 | -6.21 | 1834 | CHACHAPOYAS-BAJA | PERU |
| | | 7 | -79.3 | -6.78 | 220 | BEBEDERO | PERU |
| | | 8 | -80.01 | -5.2 | 110 | PABUR-HDA.PIURA | PERU |
| | | 9 | -79.88 | -6.68 | 27 | LAMBAYEQUE | PERU |
| | 10 | -78.46 | -7.13 | 2622 | CAJAMARCA | PERU | |
| | Temperatura máxima (°C) | 1 | -79.45 | -5.23 | 1552 | | PERU |

| Lugar | Variable climática | Estación | Longitud [°] | Latitud [°] | Altitud [m] | Nombre de la estación | País |
|-------|--------------------------------|----------|--------------|-------------|-------------|-----------------------|---------|
| | | | | | | HUANCABAMB A | |
| | | 2 | -77.83 | -6.21 | 2540 | CHACHAPOYA S | PERU |
| | | 3 | -79.88 | -6.68 | 27 | LAMBAYEQUE | PERU |
| | | 4 | -78.46 | -7.13 | 2622 | CAJAMARCA | PERU |
| | | 5 | -79.83 | -6.78 | 30 | CHICLAYO | PERU |
| | | 6 | -79.25 | -4.2 | 1600 | MALACATOS | ECUADOR |
| | | 7 | -79.55 | -4.3 | 1950 | CARIAMANGA | ECUADOR |
| | | 8 | -78.95 | -4.06 | 970 | ZAMORA | ECUADOR |
| | | 9 | -79.2 | -4.03 | 2040 | LOJA-LA- ARGELIA | ECUADOR |
| | | 10 | -79.43 | -7.31 | 130 | LIMON- CARRO | PERU |
| | Temperatura mínima (°C) | 1 | -79.45 | -5.23 | 1552 | HUANCABAMB A | PERU |
| | | 2 | -77.83 | -6.21 | 2540 | CHACHAPOYA S | PERU |
| | | 3 | -79.88 | -6.68 | 27 | LAMBAYEQUE | PERU |
| | | 4 | -78.46 | -7.13 | 2622 | CAJAMARCA | PERU |

| Lugar | Variable climática | Estación | Longitud [°] | Latitud [°] | Altitud [m] | Nombre de la estación | País |
|-------|--------------------|----------|--------------|-------------|-------------|-----------------------|---------|
| | | 5 | -79.83 | -6.78 | 30 | CHICLAYO | PERU |
| | | 6 | -79.25 | -4.2 | 1600 | MALACATOS | ECUADOR |
| | | 7 | -79.55 | -4.3 | 1950 | CARIAMANGA | ECUADOR |
| | | 8 | -78.95 | -4.06 | 970 | ZAMORA | ECUADOR |
| | | 9 | -79.2 | -4.03 | 2040 | LOJA-LA-ARGELIA | ECUADOR |
| | | 10 | -79.43 | -7.31 | 130 | LIMON-CARRO | PERU |
| | Precipitación (mm) | 1 | -78.9 | -5.65 | 700 | JAEN | PERU |
| | | 2 | -78.76 | -5.45 | 760 | SHUMBA-ALTO | PERU |
| | | 3 | -78.96 | -6.45 | 2201 | HUAMBOS | PERU |
| | | 4 | -79.45 | -5.23 | 1552 | HUANCABAMB A | PERU |
| | | 5 | -78.33 | -4.9 | 240 | IMAZITA | PERU |
| | | 6 | -77.83 | -6.21 | 2540 | CHACHAPOYA S | PERU |
| | | 7 | -77.8 | -6.21 | 1834 | CHACHAPOYA S-BAJA | PERU |
| | | 8 | -79.3 | -6.78 | 220 | BEBEDERO | PERU |

| Lugar | Variable climática | Estación | Longitud [°] | Latitud [°] | Altitud [m] | Nombre de la estación | País |
|-------|-----------------------------------|----------|--------------|-------------|-------------|----------------------------|---------|
| | | 9 | -79.88 | -6.68 | 27 | LAMBAYEQUE | PERU |
| | | 10 | -78.46 | -7.13 | 2622 | CAJAMARCA | PERU |
| | Potencial evapotranspiración (mm) | 1 | -79.45 | -5.23 | 1552 | HUANCABAMB A | PERU |
| | | 2 | -77.83 | -6.21 | 2540 | CHACHAPOYA S | PERU |
| | | 3 | -79.88 | -6.68 | 27 | LAMBAYEQUE | PERU |
| | | 4 | -78.46 | -7.13 | 2622 | CAJAMARCA | PERU |
| | | 5 | -79.83 | -6.78 | 30 | CHICLAYO | PERU |
| | | 6 | -79.55 | -4.3 | 1950 | CARIAMANGA | ECUADOR |
| | | 7 | -79.2 | -4.03 | 2040 | LOJA-LA- ARGELIA | ECUADOR |
| | | 8 | -79.43 | -7.31 | 130 | LIMON- CARRO | PERU |
| | | 9 | -79.93 | -4.36 | 430 | MACARA-J.M.- VELASCO-I. | ECUADOR |
| | | 10 | -76.96 | -6.03 | 833 | MOYOBAMBA | PERU |
| | Velocidad del viento | 1 | -79.45 | -5.23 | 1552 | HUANCABAMB A | PERU |
| | | 2 | -77.83 | -6.21 | 2540 | CHACHAPOYA S | PERU |

| Lugar | Variable climática | Estación | Longitud [°] | Latitud [°] | Altitud [m] | Nombre de la estación | País | | |
|-------|--------------------|----------------------|-------------------------------|-------------|-------------|-----------------------|---------|-------------|------|
| | | 3 | -79.88 | -6.68 | 27 | LAMBAYEQUE | PERU | | |
| | | 4 | -78.46 | -7.13 | 2622 | CAJAMARCA | PERU | | |
| | | 5 | -79.83 | -6.78 | 30 | CHICLAYO | PERU | | |
| | | 6 | -79.25 | -4.2 | 1600 | MALACATOS | ECUADOR | | |
| | | 7 | -79.55 | -4.3 | 1950 | CARIAMANGA | ECUADOR | | |
| | | 8 | -78.95 | -4.06 | 970 | ZAMORA | ECUADOR | | |
| | | 9 | -79.2 | -4.03 | 2040 | LOJA-LA-ARGELIA | ECUADOR | | |
| | | 10 | -79.43 | -7.31 | 130 | LIMON-CARRO | PERU | | |
| | | SAN ISIDRO II | Temperatura media (°C) | 1 | -78.9 | -5.65 | 700 | JAEN | PERU |
| | | | | 2 | -78.76 | -5.45 | 760 | SHUMBA-ALTO | PERU |
| 3 | -79.45 | | | -5.23 | 1552 | HUANCABAMB A | PERU | | |
| 4 | -78.33 | | | -4.9 | 240 | IMAZITA | PERU | | |
| 5 | -77.83 | | | -6.21 | 2540 | CHACHAPOYA S | PERU | | |
| 6 | -77.8 | | | -6.21 | 1834 | CHACHAPOYA S-BAJA | PERU | | |

| Lugar | Variable climática | Estación | Longitud [°] | Latitud [°] | Altitud [m] | Nombre de la estación | País |
|-------------------------|-------------------------|----------|--------------|-------------|-------------|-----------------------|---------|
| | | 7 | -79.3 | -6.78 | 220 | BEBEDERO | PERU |
| | | 8 | -80.01 | -5.2 | 110 | PABUR-HDA.PIURA | PERU |
| | | 9 | -78.46 | -7.13 | 2622 | CAJAMARCA | PERU |
| | | 10 | -79.88 | -6.68 | 27 | LAMBAYEQUE | PERU |
| | Temperatura máxima (°C) | 1 | -79.45 | -5.23 | 1552 | HUANCABAMB A | PERU |
| | | 2 | -77.83 | -6.21 | 2540 | CHACHAPOYA S | PERU |
| | | 3 | -78.46 | -7.13 | 2622 | CAJAMARCA | PERU |
| | | 4 | -79.88 | -6.68 | 27 | LAMBAYEQUE | PERU |
| | | 5 | -79.83 | -6.78 | 30 | CHICLAYO | PERU |
| | | 6 | -79.25 | -4.2 | 1600 | MALACATOS | ECUADOR |
| | | 7 | -79.55 | -4.3 | 1950 | CARIAMANGA | ECUADOR |
| | | 8 | -78.95 | -4.06 | 970 | ZAMORA | ECUADOR |
| | | 9 | -79.2 | -4.03 | 2040 | LOJA-LA- ARGELIA | ECUADOR |
| | | 10 | -79.43 | -7.31 | 130 | LIMON- CARRO | PERU |
| Temperatura mínima (°C) | 1 | -79.45 | -5.23 | 1552 | HUANCABAMB | PERU | |

| Lugar | Variable climática | Estación | Longitud [°] | Latitud [°] | Altitud [m] | Nombre de la estación | País |
|-------|---------------------------|----------|--------------|-------------|-------------|-----------------------|---------|
| | | | | | | A | |
| | | 2 | -77.83 | -6.21 | 2540 | CHACHAPOYAS | PERU |
| | | 3 | -78.46 | -7.13 | 2622 | CAJAMARCA | PERU |
| | | 4 | -79.88 | -6.68 | 27 | LAMBAYEQUE | PERU |
| | | 5 | -79.83 | -6.78 | 30 | CHICLAYO | PERU |
| | | 6 | -79.25 | -4.2 | 1600 | MALACATOS | ECUADOR |
| | | 7 | -79.55 | -4.3 | 1950 | CARIAMANGA | ECUADOR |
| | | 8 | -78.95 | -4.06 | 970 | ZAMORA | ECUADOR |
| | | 9 | -79.2 | -4.03 | 2040 | LOJA-LA-ARGELIA | ECUADOR |
| | | 10 | -79.43 | -7.31 | 130 | LIMON-CARRO | PERU |
| | Precipitación (mm) | 1 | -78.9 | -5.65 | 700 | JAEN | PERU |
| | | 2 | -78.76 | -5.45 | 760 | SHUMBA-ALTO | PERU |
| | | 3 | -78.96 | -6.45 | 2201 | HUAMBOS | PERU |
| | | 4 | -79.45 | -5.23 | 1552 | HUANCABAMB A | PERU |
| | | 5 | -78.33 | -4.9 | 240 | IMAZITA | PERU |
| | | 6 | -77.83 | -6.21 | 2540 | | PERU |

| Lugar | Variable climática | Estación | Longitud [°] | Latitud [°] | Altitud [m] | Nombre de la estación | País |
|-------|-------------------------|----------|--------------|-------------|-------------|------------------------|---------|
| | | | | | | CHACHAPOYAS | |
| | | 7 | -77.8 | -6.21 | 1834 | CHACHAPOYAS-BAJA | PERU |
| | | 8 | -79.3 | -6.78 | 220 | BEBEDERO | PERU |
| | | 9 | -78.46 | -7.13 | 2622 | CAJAMARCA | PERU |
| | | 10 | -79.88 | -6.68 | 27 | LAMBAYEQUE | PERU |
| | Evapotranspiración (mm) | 1 | -79.45 | -5.23 | 1552 | HUANCABAMBA | PERU |
| | | 2 | -77.83 | -6.21 | 2540 | CHACHAPOYAS | PERU |
| | | 3 | -78.46 | -7.13 | 2622 | CAJAMARCA | PERU |
| | | 4 | -79.88 | -6.68 | 27 | LAMBAYEQUE | PERU |
| | | 5 | -79.83 | -6.78 | 30 | CHICLAYO | PERU |
| | | 6 | -79.55 | -4.3 | 1950 | CARIAMANGA | ECUADOR |
| | | 7 | -79.2 | -4.03 | 2040 | LOJA-LA-ARGELIA | ECUADOR |
| | | 8 | -79.43 | -7.31 | 130 | LIMON-CARRO | PERU |
| | | 9 | -79.93 | -4.36 | 430 | MACARA-J.M.-VELASCO-I. | ECUADOR |
| | | 10 | -76.96 | -6.03 | 833 | MOYOBAMBA | PERU |

| Lugar | Variable climática | Estación | Longitud [°] | Latitud [°] | Altitud [m] | Nombre de la estación | País |
|----------|---------------------------|----------|--------------|-------------|-------------|-----------------------|---------|
| | Velocidad del viento (km) | 1 | -79.45 | -5.23 | 1552 | HUANCABAMB A | PERU |
| | | 2 | -77.83 | -6.21 | 2540 | CHACHAPOYA S | PERU |
| | | 3 | -78.46 | -7.13 | 2622 | CAJAMARCA | PERU |
| | | 4 | -79.88 | -6.68 | 27 | LAMBAYEQUE | PERU |
| | | 5 | -79.83 | -6.78 | 30 | CHICLAYO | PERU |
| | | 6 | -79.25 | -4.2 | 1600 | MALACATOS | ECUADOR |
| | | 7 | -79.55 | -4.3 | 1950 | CARIAMANGA | ECUADOR |
| | | 8 | -78.95 | -4.06 | 970 | ZAMORA | ECUADOR |
| | | 9 | -79.2 | -4.03 | 2040 | LOJA-LA- ARGELIA | ECUADOR |
| | | 10 | -79.43 | -7.31 | 130 | LIMON- CARRO | PERU |
| MOCHENTA | Temperatura media (°C) | 1 | -78.9 | -5.65 | 700 | JAEN | PERU |
| | | 2 | -78.76 | -5.45 | 760 | SHUMBA- ALTO | PERU |
| | | 3 | -79.45 | -5.23 | 1552 | HUANCABAMB A | PERU |
| | | 4 | -78.33 | -4.9 | 240 | IMAZITA | PERU |

| Lugar | Variable climática | Estación | Longitud [°] | Latitud [°] | Altitud [m] | Nombre de la estación | País |
|-------|-------------------------|----------|--------------|-------------|-------------|-----------------------|---------|
| | | 5 | -77.83 | -6.21 | 2540 | CHACHAPOYAS | PERU |
| | | 6 | -77.8 | -6.21 | 1834 | CHACHAPOYAS-BAJA | PERU |
| | | 7 | -79.3 | -6.78 | 220 | BEBEDERO | PERU |
| | | 8 | -80.01 | -5.2 | 110 | PABUR-HDA.PIURA | PERU |
| | | 9 | -79.88 | -6.68 | 27 | LAMBAYEQUE | PERU |
| | | 10 | -78.46 | -7.13 | 2622 | CAJAMARCA | PERU |
| | | 1 | -79.45 | -5.23 | 1552 | HUANCABAMBA | PERU |
| | Temperatura máxima (°C) | 2 | -77.83 | -6.21 | 2540 | CHACHAPOYAS | PERU |
| | | 3 | -79.88 | -6.68 | 27 | LAMBAYEQUE | PERU |
| | | 4 | -78.46 | -7.13 | 2622 | CAJAMARCA | PERU |
| | | 5 | -79.83 | -6.78 | 30 | CHICLAYO | PERU |
| | | 6 | -79.25 | -4.2 | 1600 | MALACATOS | ECUADOR |
| | | 7 | -79.55 | -4.3 | 1950 | CARIAMANGA | ECUADOR |
| | | 8 | -78.95 | -4.06 | 970 | ZAMORA | ECUADOR |

| Lugar | Variable climática | Estación | Longitud [°] | Latitud [°] | Altitud [m] | Nombre de la estación | País |
|-------|-------------------------|----------|--------------|-------------|-------------|-----------------------|---------|
| | | 9 | -79.43 | -7.31 | 130 | LIMON-CARRO | PERU |
| | | 10 | -79.2 | -4.03 | 2040 | LOJA-LA-ARGELIA | ECUADOR |
| | | 1 | -79.45 | -5.23 | 1552 | HUANCABAMB A | PERU |
| | Temperatura mínima (°C) | 2 | -77.83 | -6.21 | 2540 | CHACHAPOYA S | PERU |
| | | 3 | -79.88 | -6.68 | 27 | LAMBAYEQUE | PERU |
| | | 4 | -78.46 | -7.13 | 2622 | CAJAMARCA | PERU |
| | | 5 | -79.83 | -6.78 | 30 | CHICLAYO | PERU |
| | | 6 | -79.25 | -4.2 | 1600 | MALACATOS | ECUADOR |
| | | 7 | -79.55 | -4.3 | 1950 | CARIAMANGA | ECUADOR |
| | | 8 | -78.95 | -4.06 | 970 | ZAMORA | ECUADOR |
| | | 9 | -79.43 | -7.31 | 130 | LIMON-CARRO | PERU |
| | | 10 | -79.2 | -4.03 | 2040 | LOJA-LA-ARGELIA | ECUADOR |
| | | 1 | -78.9 | -5.65 | 700 | JAEN | PERU |
| | Precipitación (mm) | 2 | -78.76 | -5.45 | 760 | SHUMBA-ALTO | PERU |

| Lugar | Variable climática | Estación | Longitud [°] | Latitud [°] | Altitud [m] | Nombre de la estación | País |
|-------|-------------------------|----------|--------------|-------------|-------------|-----------------------|---------|
| | | 3 | -78.96 | -6.45 | 2201 | HUAMBOS | PERU |
| | | 4 | -79.45 | -5.23 | 1552 | HUANCABAMB A | PERU |
| | | 5 | -78.33 | -4.9 | 240 | IMAZITA | PERU |
| | | 6 | -77.83 | -6.21 | 2540 | CHACHAPOYA S | PERU |
| | | 7 | -77.8 | -6.21 | 1834 | CHACHAPOYA S-BAJA | PERU |
| | | 8 | -79.3 | -6.78 | 220 | BEBEDERO | PERU |
| | | 9 | -79.88 | -6.68 | 27 | LAMBAYEQUE | PERU |
| | | 10 | -78.46 | -7.13 | 2622 | CAJAMARCA | PERU |
| | Evapotranspiración (mm) | 1 | -79.45 | -5.23 | 1552 | HUANCABAMB A | PERU |
| | | 2 | -77.83 | -6.21 | 2540 | CHACHAPOYA S | PERU |
| | | 3 | -79.88 | -6.68 | 27 | LAMBAYEQUE | PERU |
| | | 4 | -78.46 | -7.13 | 2622 | CAJAMARCA | PERU |
| | | 5 | -79.83 | -6.78 | 30 | CHICLAYO | PERU |
| | | 6 | -79.55 | -4.3 | 1950 | CARIAMANGA | ECUADOR |
| | | 7 | -79.43 | -7.31 | 130 | LIMON- | PERU |

| Lugar | Variable climática | Estación | Longitud [°] | Latitud [°] | Altitud [m] | Nombre de la estación | País | | |
|-------|---------------------------|-----------------|-------------------------------|-------------|-------------|------------------------|---------|------|------|
| | | | | | | CARRO | | | |
| | | 8 | -79.2 | -4.03 | 2040 | LOJA-LA-ARGELIA | ECUADOR | | |
| | | 9 | -79.93 | -4.36 | 430 | MACARA-J.M.-VELASCO-I. | ECUADOR | | |
| | | 10 | -76.96 | -6.03 | 833 | MOYOBAMBA | PERU | | |
| | | 1 | -79.45 | -5.23 | 1552 | HUANCABAMBA | PERU | | |
| | Velocidad del viento (km) | 2 | -77.83 | -6.21 | 2540 | CHACHAPOYAS | PERU | | |
| | | 3 | -79.88 | -6.68 | 27 | LAMBAYEQUE | PERU | | |
| | | 4 | -78.46 | -7.13 | 2622 | CAJAMARCA | PERU | | |
| | | 5 | -79.83 | -6.78 | 30 | CHICLAYO | PERU | | |
| | | 6 | -79.25 | -4.2 | 1600 | MALACATOS | ECUADOR | | |
| | | 7 | -79.55 | -4.3 | 1950 | CARIAMANGA | ECUADOR | | |
| | | 8 | -78.95 | -4.06 | 970 | ZAMORA | ECUADOR | | |
| | | 9 | -79.43 | -7.31 | 130 | LIMON-CARRO | PERU | | |
| | | 10 | -79.2 | -4.03 | 2040 | LOJA-LA-ARGELIA | ECUADOR | | |
| | | YANUYACU | Temperatura media (°C) | 1 | -78.9 | -5.65 | 700 | JAEN | PERU |

| Lugar | Variable climática | Estación | Longitud [°] | Latitud [°] | Altitud [m] | Nombre de la estación | País |
|-------|--------------------|-------------------------|--------------|-------------|-------------|-----------------------|-----------------|
| | | 2 | -78.76 | -5.45 | 760 | SHUMBA-ALTO | PERU |
| | | 3 | -79.45 | -5.23 | 1552 | HUANCABAMB A | PERU |
| | | 4 | -78.33 | -4.9 | 240 | IMAZITA | PERU |
| | | 5 | -77.83 | -6.21 | 2540 | CHACHAPOYA S | PERU |
| | | 6 | -77.8 | -6.21 | 1834 | CHACHAPOYA S-BAJA | PERU |
| | | 7 | -79.3 | -6.78 | 220 | BEBEDERO | PERU |
| | | 8 | -80.01 | -5.2 | 110 | PABUR- HDA.PIURA | PERU |
| | | 9 | -78.46 | -7.13 | 2622 | CAJAMARCA | PERU |
| | | 10 | -79.88 | -6.68 | 27 | LAMBAYEQUE | PERU |
| | | Temperatura máxima (°C) | 1 | -79.45 | -5.23 | 1552 | HUANCABAMB A |
| | 2 | | -77.83 | -6.21 | 2540 | CHACHAPOYA S | PERU |
| | 3 | | -78.46 | -7.13 | 2622 | CAJAMARCA | PERU |
| | 4 | | -79.88 | -6.68 | 27 | LAMBAYEQUE | PERU |
| | 5 | | -79.83 | -6.78 | 30 | CHICLAYO | PERU |

| Lugar | Variable climática | Estación | Longitud [°] | Latitud [°] | Altitud [m] | Nombre de la estación | País |
|-------|-------------------------|----------|--------------|-------------|-------------|------------------------|---------|
| | | 6 | -79.25 | -4.2 | 1600 | MALACATOS | ECUADOR |
| | | 7 | -79.55 | -4.3 | 1950 | CARIAMANGA | ECUADOR |
| | | 8 | -78.95 | -4.06 | 970 | ZAMORA | ECUADOR |
| | | 9 | -79.2 | -4.03 | 2040 | LOJA-LA-ARGELIA | ECUADOR |
| | | 10 | -79.93 | -4.36 | 430 | MACARA-J.M.-VELASCO-I. | ECUADOR |
| | Temperatura mínima (°C) | 1 | -79.45 | -5.23 | 1552 | HUANCABAMB A | PERU |
| | | 2 | -77.83 | -6.21 | 2540 | CHACHAPOYA S | PERU |
| | | 3 | -78.46 | -7.13 | 2622 | CAJAMARCA | PERU |
| | | 4 | -79.88 | -6.68 | 27 | LAMBAYEQUE | PERU |
| | | 5 | -79.83 | -6.78 | 30 | CHICLAYO | PERU |
| | | 6 | -79.25 | -4.2 | 1600 | MALACATOS | ECUADOR |
| | | 7 | -79.55 | -4.3 | 1950 | CARIAMANGA | ECUADOR |
| | | 8 | -78.95 | -4.06 | 970 | ZAMORA | ECUADOR |
| | | 9 | -79.2 | -4.03 | 2040 | LOJA-LA- | |

| Lugar | Variable climática | Estación | Longitud [°] | Latitud [°] | Altitud [m] | Nombre de la estación | País |
|-------|-------------------------|----------|--------------|-------------|-------------|------------------------|---------|
| | | | | | | ARGELIA | ECUADOR |
| | | 10 | -79.93 | -4.36 | 430 | MACARA-J.M.-VELASCO-I. | ECUADOR |
| | Precipitación (mm) | 1 | -78.9 | -5.65 | 700 | JAEN | PERU |
| | | 2 | -78.76 | -5.45 | 760 | SHUMBA-ALTO | PERU |
| | | 3 | -78.96 | -6.45 | 2201 | HUAMBOS | PERU |
| | | 4 | -79.45 | -5.23 | 1552 | HUANCABAMB A | PERU |
| | | 5 | -78.33 | -4.9 | 240 | IMAZITA | PERU |
| | | 6 | -77.83 | -6.21 | 2540 | CHACHAPOYA S | PERU |
| | | 7 | -77.8 | -6.21 | 1834 | CHACHAPOYA S-BAJA | PERU |
| | | 8 | -79.3 | -6.78 | 220 | BEBEDERO | PERU |
| | | 9 | -78.46 | -7.13 | 2622 | CAJAMARCA | PERU |
| | | 10 | -79.88 | -6.68 | 27 | LAMBAYEQUE | PERU |
| | Evapotranspiración (mm) | 1 | -79.45 | -5.23 | 1552 | HUANCABAMB A | PERU |
| | | 2 | -77.83 | -6.21 | 2540 | CHACHAPOYA S | PERU |

| Lugar | Variable climática | Estación | Longitud [°] | Latitud [°] | Altitud [m] | Nombre de la estación | País | |
|-------|--------------------|---------------------------|--------------|-------------|-------------|------------------------|-----------------|------|
| | | 3 | -78.46 | -7.13 | 2622 | CAJAMARCA | PERU | |
| | | 4 | -79.88 | -6.68 | 27 | LAMBAYEQUE | PERU | |
| | | 5 | -79.83 | -6.78 | 30 | CHICLAYO | PERU | |
| | | 6 | -79.55 | -4.3 | 1950 | CARIAMANGA | ECUADOR | |
| | | 7 | -79.2 | -4.03 | 2040 | LOJA-LA-ARGELIA | ECUADOR | |
| | | 8 | -79.93 | -4.36 | 430 | MACARA-J.M.-VELASCO-I. | ECUADOR | |
| | | 9 | -79.43 | -7.31 | 130 | LIMON-CARRO | PERU | |
| | | 10 | -76.96 | -6.03 | 833 | MOYOBAMBA | PERU | |
| | | Velocidad del viento (km) | 1 | -79.45 | -5.23 | 1552 | HUANCABAMB A | PERU |
| | | | 2 | -77.83 | -6.21 | 2540 | CHACHAPOYA S | PERU |
| | 3 | | -78.46 | -7.13 | 2622 | CAJAMARCA | PERU | |
| | 4 | | -79.88 | -6.68 | 27 | LAMBAYEQUE | PERU | |
| | 5 | | -79.83 | -6.78 | 30 | CHICLAYO | PERU | |
| | 6 | | -79.25 | -4.2 | 1600 | MALACATOS | ECUADOR | |
| | 7 | | -79.55 | -4.3 | 1950 | CARIAMANGA | ECUADOR | |
| | 8 | | -78.95 | -4.06 | 970 | ZAMORA | | |

| Lugar | Variable climática | Estación | Longitud [°] | Latitud [°] | Altitud [m] | Nombre de la estación | País |
|---|-------------------------------|--------------------------------|--------------|-------------|-------------|------------------------|--------------|
| | | | | | | | ECUADOR |
| | | 9 | -79.2 | -4.03 | 2040 | LOJA-LA-ARGELIA | ECUADOR |
| | | 10 | -79.93 | -4.36 | 430 | MACARA-J.M.-VELASCO-I. | ECUADOR |
| ÁREA DE CONSERVACIÓN PRIVADA "GOTAS DE AGUA" | Temperatura media (°C) | 1 | -78.9 | -5.65 | 700 | JAEN | PERU |
| | | 2 | -78.76 | -5.45 | 760 | SHUMBA-ALTO | PERU |
| | | 3 | -79.45 | -5.23 | 1552 | HUANCABAMB A | PERU |
| | | 4 | -78.33 | -4.9 | 240 | IMAZITA | PERU |
| | | 5 | -77.83 | -6.21 | 2540 | CHACHAPOYAS | PERU |
| | | 6 | -77.8 | -6.21 | 1834 | CHACHAPOYAS-BAJA | PERU |
| | | 7 | -79.3 | -6.78 | 220 | BEBEDERO | PERU |
| | | 8 | -80.01 | -5.2 | 110 | PABUR-HDA.PIURA | PERU |
| | | 9 | -78.46 | -7.13 | 2622 | CAJAMARCA | PERU |
| | | 10 | -79.88 | -6.68 | 27 | LAMBAYEQUE | PERU |
| | | Temperatura máxima (°C) | 1 | -79.45 | -5.23 | 1552 | HUANCABAMB A |

| Lugar | Variable climática | Estación | Longitud [°] | Latitud [°] | Altitud [m] | Nombre de la estación | País |
|-------|--------------------|-------------------------|--------------|-------------|-------------|-----------------------|-------------|
| | | 2 | -77.83 | -6.21 | 2540 | CHACHAPOYAS | PERU |
| | | 3 | -78.46 | -7.13 | 2622 | CAJAMARCA | PERU |
| | | 4 | -79.88 | -6.68 | 27 | LAMBAYEQUE | PERU |
| | | 5 | -79.83 | -6.78 | 30 | CHICLAYO | PERU |
| | | 6 | -79.25 | -4.2 | 1600 | MALACATOS | ECUADOR |
| | | 7 | -79.55 | -4.3 | 1950 | CARIAMANGA | ECUADOR |
| | | 8 | -78.95 | -4.06 | 970 | ZAMORA | ECUADOR |
| | | 9 | -79.2 | -4.03 | 2040 | LOJA-LA-ARGELIA | ECUADOR |
| | | 10 | -79.43 | -7.31 | 130 | LIMON-CARRO | PERU |
| | | Temperatura mínima (°C) | 1 | -79.45 | -5.23 | 1552 | HUANCABAMBA |
| | 2 | | -77.83 | -6.21 | 2540 | CHACHAPOYAS | PERU |
| | 3 | | -78.46 | -7.13 | 2622 | CAJAMARCA | PERU |
| | 4 | | -79.88 | -6.68 | 27 | LAMBAYEQUE | PERU |
| | 5 | | -79.83 | -6.78 | 30 | CHICLAYO | PERU |
| | 6 | | -79.25 | -4.2 | 1600 | MALACATOS | ECUADOR |
| | 7 | | -79.55 | -4.3 | 1950 | CARIAMANGA | ECUADOR |
| | 8 | | -78.95 | -4.06 | 970 | ZAMORA | ECUADOR |
| | 9 | | -79.2 | -4.03 | 2040 | LOJA-LA-ARGELIA | ECUADOR |

| Lugar | Variable climática | Estación | Longitud [°] | Latitud [°] | Altitud [m] | Nombre de la estación | País |
|-------|-------------------------|----------|--------------|-------------|-------------|-----------------------|---------|
| | Precipitación (mm) | 10 | -79.43 | -7.31 | 130 | LIMON-CARRO | PERU |
| | | 1 | -78.9 | -5.65 | 700 | JAEN | PERU |
| | | 2 | -78.76 | -5.45 | 760 | SHUMBA-ALTO | PERU |
| | | 3 | -78.96 | -6.45 | 2201 | HUAMBOS | PERU |
| | | 4 | -79.45 | -5.23 | 1552 | HUANCABAMBA | PERU |
| | | 5 | -78.33 | -4.9 | 240 | IMAZITA | PERU |
| | | 6 | -77.83 | -6.21 | 2540 | CHACHAPOYAS | PERU |
| | | 7 | -77.8 | -6.21 | 1834 | CHACHAPOYA S-BAJA | PERU |
| | | 8 | -79.3 | -6.78 | 220 | BEBEDERO | PERU |
| | | 9 | -78.46 | -7.13 | 2622 | CAJAMARCA | PERU |
| | 10 | -79.88 | -6.68 | 27 | LAMBAYEQUE | PERU | |
| | Evapotranspiración (mm) | 1 | -79.45 | -5.23 | 1552 | HUANCABAMBA | PERU |
| | | 2 | -77.83 | -6.21 | 2540 | CHACHAPOYAS | PERU |
| | | 3 | -78.46 | -7.13 | 2622 | CAJAMARCA | PERU |
| | | 4 | -79.88 | -6.68 | 27 | LAMBAYEQUE | PERU |
| | | 5 | -79.83 | -6.78 | 30 | CHICLAYO | PERU |
| | | 6 | -79.55 | -4.3 | 1950 | CARIAMANGA | ECUADOR |
| | | 7 | -79.2 | -4.03 | 2040 | LOJA-LA-ARGELIA | ECUADOR |
| 8 | | -79.43 | -7.31 | 130 | LIMON- | PERU | |

| Lugar | Variable climática | Estación | Longitud [°] | Latitud [°] | Altitud [m] | Nombre de la estación | País |
|-------|----------------------------------|----------|--------------|-------------|-------------|------------------------|---------|
| | | | | | | CARRO | |
| | | 9 | -79.93 | -4.36 | 430 | MACARA-J.M.-VELASCO-I. | ECUADOR |
| | | 10 | -76.96 | -6.03 | 833 | MOYOBAMBA | PERU |
| | Velocidad del viento (km) | 1 | -79.45 | -5.23 | 1552 | HUANCABAMBA | PERU |
| | | 2 | -77.83 | -6.21 | 2540 | CHACHAPOYAS | PERU |
| | | 3 | -78.46 | -7.13 | 2622 | CAJAMARCA | PERU |
| | | 4 | -79.88 | -6.68 | 27 | LAMBAYEQUE | PERU |
| | | 5 | -79.83 | -6.78 | 30 | CHICLAYO | PERU |
| | | 6 | -79.25 | -4.2 | 1600 | MALACATOS | ECUADOR |
| | | 7 | -79.55 | -4.3 | 1950 | CARIAMANGA | ECUADOR |
| | | 8 | -78.95 | -4.06 | 970 | ZAMORA | ECUADOR |
| | | 9 | -79.2 | -4.03 | 2040 | LOJA-LA-ARGELIA | ECUADOR |
| | | 10 | -79.43 | -7.31 | 130 | LIMON-CARRO | PERU |