

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA
AMBIENTAL



**“EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD Y TIEMPO DE REGENERACIÓN DE
LA VEGETACIÓN HERBÁCEA IMPACTADA POR EL INCENDIO
FORESTAL EN EL CAÑÓN DEL RÍO CHONTA (SANGAL) – CAJAMARCA”**

T E S I S

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AMBIENTAL

PRESENTADO POR LA BACHILLER
CARMEN ROSA SALCEDO BAUTISTA

ASESOR
Ing. M Sc. MANUEL ROBERTO RONCAL RABANAL

CAJAMARCA - PERÚ

2021



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
Fundada por Ley N° 14015 del 13 de febrero de 1,962
"Norte de la Universidad Peruana"

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
Secretaría Académica

-----000-----

ACTA DE SUSTENTACIÓN VIRTUAL DE TESIS

En la ciudad de Cajamarca, a los cuatro días del mes de marzo del año dos mil veintiuno, se reunieron en la Plataforma Virtual de la Universidad Nacional de Cajamarca, a través del Google Meet, los miembros del Jurado, designados por el Consejo de Facultad de Ciencias Agrarias, según Resolución de Consejo de Facultad N° 613-2019-FCA-UNC, de fecha 24 de diciembre del 2019, con el objeto de evaluar la sustentación del trabajo de Tesis titulado: **"EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD Y TIEMPO DE REGENERACIÓN DE LA VEGETACIÓN HERBÁCEA IMPACTADA POR EL INCENDIO FORESTAL EN EL CAÑÓN DEL RÍO CHONTA (SANGAL) CAJAMARCA"**, ejecutado(a) por la Bachiller en Ciencias Ambientales doña **Carmen Rosa Salcedo Bautista**, para optar el Título Profesional de **INGENIERO AMBIENTAL**.

A las *siete* (07) horas y *cinco* (05) 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. Concluido 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 expedito para que inicie los trámites y se le otorgue el Título Profesional de Ingeniero Ambiental.

A las *ocho* (08) horas y *treintaicinco* (35) minutos del mismo día, el Presidente del Jurado dio por concluido el acto.

Dr. Edín Alva Plasencia
PRESIDENTE

Ing. Luis Dávila Estela
VOCAL

Ing. N. Honorio Sangay Martos
SECRETARIO

Ing. M. Sc. Manuel Roncal Rabanal
ASESOR

DEDICATORIA

A mi padre Pedro Salcedo Mejía
por ser mi guía, por confiar en mí,
por apoyarme siempre en mis
estudios. A mi madre Evarista
Bautista Atalaya por su paciencia,
sus enseñanzas e inculcarme buenos
principios y valores, así como a mis
hermanos por su apoyo
incondicional.

AGRADECIMIENTO

A mis padres Pedro Salcedo Mejía y Evarista Bautista Atalaya por ser las personas más importantes en mi vida y en mi desarrollo profesional. También a toda mi familia y amistades que me apoyaron y siguen apoyando, y por ello seguir creciendo en mis objetivos personales y profesionales.

A mis hermanos Gilmer Salcedo Bautista y María Editha Salcedo Bautista, por su apoyo en el trabajo de campo.

A mi docente y asesor Ing. Manuel Roberto Roncal Rabanal, por sus buenos consejos y por su apoyo para guiarme en el trabajo de campo y en la redacción del informe de tesis.

Al señor Alejandro Carrascal Carranza por su apoyo en el trabajo de campo.

A mis amigos Cesáreo Cueva Infante y Ericxs Leónides Cueva Infante, por su colaboración en el trabajo de campo y en el muestreo de especies.

Blgo. Luis Felipe García Llatas, por su colaboración en la identificación de especies vegetales.

ÍNDICE DE CONTENIDO

Dedicatoria	iii
Agradecimiento.....	iv
Índice de contenido	v
Índice de tablas	vii
Índice de figuras.....	vii
Índice de anexos	viii
Resumen	ix
Abstract	x
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Formulación del problema	2
1.2 Objetivo de la investigación	2
CAPÍTULO II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	3
2.1 Antecedentes.....	3
2.2 Bases teóricas	5
2.2.1 Vegetación.....	5
2.2.2 Vegetación herbácea	6
2.2.3 Cobertura vegetal.....	6
2.2.4 Importancia ambiental de la vegetación.....	7
2.2.5 Incendios registrados en Perú.....	7
2.2.6 Incendios forestales.....	8
2.2.7 Componentes del ambiente de fuego	9
2.2.8 Tipos de incendios	9
2.2.9 Causas más comunes de incendios forestales	10
2.2.10 Efectos y consecuencias de los incendios forestales	10
2.2.11 Resiliencia de un ecosistema después de un incendio	13
2.2.12 Capacidad de regeneración vegetativa.....	14
2.2.13 Evaluación de regeneración natural.....	15
2.2.14 Métodos para el estudio de vegetación	15
2.2.15 Métodos para evaluación de vegetación herbácea.....	16
2.2.16 Medición de Diversidad de Especies	17
2.2.17 Índices de Diversidad.....	17
2.3 Definición de términos básicos	20

CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS	22
3.1 Ubicación	22
3.1.1 Características climáticas del área de estudio	22
3.2 Materiales	24
3.2.1 Materiales y equipos en campo	24
3.2.2 Materiales y equipos en gabinete.....	24
3.3 Metodología.....	25
3.3.1 Trabajo de campo	25
3.3.2 Trabajo de laboratorio o herbario	27
3.3.3 Trabajo de gabinete.....	28
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	30
4.1 Vegetación herbácea	30
4.1.1 Número de individuos y Cobertura vegetal por estrato	36
4.1.2 Número de especies y familias registradas en cada estrato.....	38
4.2 Análisis de índices de diversidad alfa.....	39
4.3 Análisis de índices de diversidad beta	42
4.4 Comparaciones estadísticas basadas en la distribución t - Student	43
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	46
5.1 Conclusiones.....	46
5.2 Recomendaciones	46
CAPÍTULO VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	47
CAPÍTULO VII. ANEXOS.....	54

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Escala de coberturas Braun- Blanquet (Matteucci y Colma, 1982)	17
Tabla 2. Abundancia de especies herbáceas registradas durante cada mes monitoreo en el Cañón del río Chonta - Cajamarca.	33
Tabla 3. Nivel de significación estadística en los índices de Margalef.	43
Tabla 4. Nivel de significación estadística de los valores del índice de Simpson.	44
Tabla 5. Nivel de significación estadística de los valores del índice de Shannon.	44

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Incendios forestales en la sierra peruana de 1973 al 2011 (Manta 2017).	7
Figura 2. Número de incendios registrados del 2002 al 2017 (INDECI, MINAM).	8
Figura 3. Incendios por departamento del 2002 a 2017 (CENEPRED 2018).	8
Figura 4. Proceso de regeneración vegetativa (Solera <i>et al.</i> 2009).	15
Figura 5. Mapa de ubicación del área de estudio.	23
Figura 6. Ubicación de parcelas en el área de cobertura quemada y sin quemar.	26
Figura 7. Número de individuos registrados en cada estrato del área de cobertura quemada y sin quemar.	37
Figura 8. Porcentajes de cobertura vegetal en escala Braun- Blanquet de cada estrato del área de cobertura quemada y sin quemar.	37
Figura 9. Número de especies registradas en cada estrato del área de cobertura quemada y sin quemar.	38
Figura 10. Número de familias registradas en cada estrato del área de cobertura quemada y sin quemar.	38
Figura 11. Análisis de riqueza de especies herbáceas mediante el índice Margalef del área de cobertura quemada y sin quemar.	40
Figura 12. Análisis de dominancia de especies mediante índice de Simpson del área de cobertura quemada y sin quemar.	40
Figura 13. Distribución y uniformidad de especies (índice de Shannon), del área de cobertura quemada y sin quemar.	41
Figura 14. Análisis del índice de similitud Jaccard en el área de cobertura quemada y sin quemar.	42
Figura 15. Análisis del índice de similitud Sorensen en el área de cobertura quemada y sin quemar.	42

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Registro fotográfico de especies de flora herbácea.	55
Anexo 2. Registro fotográfico de instalación de parcelas en el área de cobertura quemada.	61
Anexo 3. Registro fotográfico del monitoreo en el mes de noviembre.	62
Anexo 4. Registro fotográfico de las parcelas en el estrato ‘A’.....	63
Anexo 5. Registro fotográfico de las parcelas en el estrato ‘B’.....	64
Anexo 6. Registro fotográfico de las parcelas en el estrato ‘C’.....	65
Anexo 7. Registro fotográfico de los monitoreos en área de cobertura sin quemar.....	66
Anexo 8. Coordenadas y altitud de las parcelas de estudio.	69
Anexo 9. Montaje de muestras.....	70
Anexo 10. Etiquetado de muestras.	71
Anexo 11. Fotografía panorámica del área de cobertura quemada en noviembre del 2018.....	71
Anexo 12. Fotografía panorámica del área de cobertura quemada en marzo del 2019..	72
Anexo 13. Fotografía panorámica del área de cobertura quemada en abril del 2019. ...	72

RESUMEN

Se determinó la capacidad y tiempo de regeneración de la vegetación herbácea impactada por el incendio forestal en el cañón del río Chonta (Sangal) Cajamarca. Para ello se delimitó el área en tres estratos, teniendo como referencia la altitud se tomaron las cotas diferenciadas cada 150 metros, en cada estrato se ubicaron cinco parcelas permanentes de un metro cuadrado. Los monitoreos se realizaron durante los meses de noviembre y diciembre del 2018; enero, febrero, marzo, abril y agosto del 2019. Los datos colectados de vegetación herbácea se analizaron mediante los porcentajes de cobertura y con índices de diversidad. Se identificaron 55 especies distribuidas en 25 familias; las herbáceas que crecieron con mayor abundancia de individuos, fueron: *Pappobolus cajamarcensis*, *Coreopsis oblanceolata*, *Stevia andina*, *Cyperus* sp., *Euphorbia* sp., *Festuca* sp., *Stipa ichu* y *Linum polygaloides*. Los porcentajes de cobertura vegetal fueron: en diciembre esporádicos con valores que van de 1% a 2%, enero y febrero raros con valores que van de 5.4% a 10.6%, marzo dispersos con valores que van de 30% a 35%, abril y agosto interrumpidos con valores que van 50% a 64%. Los índices de diversidad Margalef, tuvo valore de 5 y 6.6 que indican alta riqueza, Simpson de 0.17 a 0.06 baja dominancia y Shannon de 1.79 a 3.25 diversidad media de especies.

Palabras claves: regeneración herbácea, incendio forestal, capacidad de regeneración

ABSTRACT

The capacity and regeneration time of the herbaceous vegetation impacted by the forest fire in the Chonta (Sangal) Cajamarca river canyon was determined. For this, the area was delimited into three strata, taking the altitude as a reference, the different heights were taken every 150 meters, in each stratum five permanent plots of one square meter were located. The monitoring was carried out during the months of November and December 2018; January, February, March, April and August 2019. The data collected on herbaceous vegetation were analyzed using the percentages of coverage and with diversity indices. 55 species distributed in 25 families were identified; the herbaceous plants that grew with the highest abundance of individuals were: *Pappobolus cajamarcensis*, *Coreopsis oblanceolata*, Andean *Stevia*, *Cyperus* sp., *Euphorbia* sp., *Festuca* sp., *Stipa ichu* and *Linum polygaloides*. The percentages of vegetation cover were: sporadic in December with values ranging from 1% to 2%, January and February rare with values ranging from 5.4% to 10.6%, scattered March with values ranging from 30% to 35%, April and August interrupted with values ranging from 50% to 64%. The Margalef diversity indices, had values of 5 and 6.6 that indicate high richness, Simpson from 0.17 to 0.06 low dominance and Shannon from 1.79 to 3.25 medium diversity of species.

Keywords: herbaceous regeneration, forest fire, regeneration capacity

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

El Perú se caracteriza por sus ecosistemas ricos en diversidad florística y endemismos, con un estimado de 19,000 especies de angiospermas, gimnospermas y helechos que equivale aproximadamente al 20% de la flora de Sudamérica. La diversidad florística y endemismos es tan amplia que aún se encuentran especies nuevas (Sagástegui *et al.* 2003). Sin embargo, a consecuencia de las diversas actividades que realiza el hombre para su subsistencia, el medio natural se transforma; los incendios forestales son eventos que se están convirtiendo en grandes destructores de la vegetación, generando diversas consecuencias negativas en el ambiente y en quienes los habitan.

En los últimos años, la vegetación ha sido considerada importante para nuestro planeta debido a los beneficios que proporcionan los ecosistemas, actuando como reguladora, purificadora del aire o siendo parte de los ciclos de producción primaria, (López *et al.* 2012, citado por Pacheco 2019). Por tal motivo, estudiar los impactos que genera el hombre sobre los ecosistemas se ha convertido en una necesidad para, buscar soluciones y generar desarrollo sostenible.

Durante las tres últimas décadas los incendios forestales se han convertido en un problema ambiental prioritario ya que ha reducido y modificado la vegetación (Reátegui 1996), como menciona Castillo (2010), el fuego es un factor que ha influido en los ecosistemas naturales a lo largo del tiempo, cuyos efectos en el ambiente se ve reflejado en el cambio climático, pérdida de cobertura vegetal, pérdida de biodiversidad, procesos de erosión y daños económicos (Llerena 1991). Los incendios con mayor frecuencia se originan por la quema de pastizales y limpieza de malezas en las actividades agrícolas, la regeneración de la vegetación perdida dependerá de la intensidad, recurrencia y duración del incendio.

Se estima que la ocurrencia de incendios forestales en el Perú en los últimos cinco años ha afectado 93 365,80 hectáreas y destruido 94 239,90 hectáreas con cobertura vegetal (INDECI 2016). Siendo Cajamarca uno de los departamentos afectados por los incendios forestales, entre los cuales se encuentra el incendio ocurrido en el cañón del río Chonta (Sangal) el 08 de septiembre del año 2018, el cual alberga gran diversidad de vegetación y es hábitat del colibrí endémico (*Taphrolesia griseiventris*), esto representaría un riesgo, ya que la vegetación es el principal factor ambiental para conservar y mantener el equilibrio de la biodiversidad en particular cuando se trata de endemismos, en el ámbito ecológico la vegetación es el hábitat de las diferentes especies de fauna, además cumple

un papel importante en la cadena trófica siendo el elemento primario para el desarrollo de la vida. Desde otra perspectiva la vegetación es el componente fundamental para la belleza escénica, como también para los servicios ambientales. Sin embargo los incendios forestales traen consecuencias negativas que destruyen o modifican la estabilidad de los diversos ecosistemas.

La importancia ambiental de realizar estudios en regeneración de vegetación luego de un incendio, permitirá generar conocimientos de la capacidad de resiliencia que tienen las especies vegetales frente al fuego, con ello predecir la recuperación natural de los ecosistemas perturbados para realizar planes de restauración en áreas afectadas, con el fin de retornar a las condiciones similares previo a la perturbación del ecosistema. Por otro lado los conocimientos obtenidos, permitirán tener sustento para crear conciencia de los efectos ambientales causados por los incendios forestales y proponer soluciones con el propósito de lograr el desarrollo sostenible.

1.1 Formulación del problema de investigación

¿Cuál es la capacidad y tiempo de regeneración de la vegetación herbácea impactada por el incendio forestal en el Cañón del río Chonta (Sangal) - Cajamarca?

1.2 Objetivo de investigación

Determinar la capacidad y tiempo de regeneración de la vegetación herbácea impactada por el incendio forestal en el Cañón del río Chonta (Sangal) – Cajamarca.

CAPÍTULO II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 Antecedentes

Batista (2013) en su trabajo su objetivo de estudio fue evaluar la regeneración post-incendio en la Reserva Biológica Uyuca –México, mediante la evaluación de la riqueza, la composición florística y la diversidad. Se establecieron 66 parcelas temporales; 22 por tratamiento, 11 parcelas de 1m² cada una para herbáceas y plántulas de árboles; y 11 de 25 m² cada una para los arbustos y los bejucos. Se determinó que la diversidad y la riqueza de las herbáceas y las plántulas son diferentes entre Q1 y Q2 ($t=0.02$, $P<0.02$; $X^2=0.04$, $P<0.05$). La diversidad de los arbustos y los bejucos fue similar entre los tres tratamientos. Las herbáceas y las plántulas de los árboles tienen una mayor diversidad y riqueza en Q1, mientras que los arbustos y los bejucos fueron un poco más diversos en Q3. Se registraron 3 073 individuos pertenecientes a 79 especies de 36 familias. ASTERACEAE y FABACEAE fueron las familias más comunes.

Aponte *et al.* (2017) en su trabajo de investigación dieron a conocer los cambios en la cobertura, densidad, crecimiento y diversidad de especies vegetales durante los primeros 155 días posteriores a un incendio ocurrido en los Humedales de Ventanilla. Para evaluar el área, se establecieron 51 parcelas de un metro cuadrado. En ellas se anotó: a) el número de tallos que sobrevivió al incendio por especie, b) la longitud de los nuevos rebrotes por especie, c) el estadio fenológico de cada tallo, y d) la cobertura vegetal obtenida mediante estimación visual. La recuperación de las especies dominantes ante los efectos del fuego fue diferencial. A lo largo del estudio, la única especie que entró en floración fue *Americanus*, la cual se encontró en floración a partir del día 31. Los valores del índice de Shannon Wiener y Simpson muestran que la diversidad alfa parece haber alcanzado su valor más alto en el tiempo evaluado y empieza a decrecer. Se identificaron dos estudios importantes posteriores al incendio para *Americanus*: a) el estadio de sobreviviente, b) el estadio de crecimiento. La especie *Americanus* ha mostrado tener una gran capacidad para recuperarse en los primeros estadios ante este tipo de impacto antrópico, alcanzando una cobertura promedio de 82%.

Clavo *et al.* (2007) en su trabajo de investigación en la región Ucayali afirman que es una de las más afectadas por los procesos de deforestación y degradación a causa principalmente de actividades agropecuarias y extractivas. El estudio es caracterizar la composición florística y la dinámica post-quema en parcelas afectadas por el fuego. Las

parcelas de evaluación se localizaron en los tres tipos principales de vegetación invasora que resultan de diferentes intensidades y continuidad de incendios. En un periodo de 62 meses se realizaron seis mediciones para evaluar la diversidad florística a través del método del transecto y en el caso de herbáceas, del método de Botanal. Se encontró que la mayor diversidad de especies se presentó en áreas con dominancia inicial de *Baccharis floribunda*, mientras que en áreas dominadas inicialmente por *Imperata brasiliensis* se tuvo la menor diversidad. POACEAE fue la familia con mayor diversidad de especies en todas las parcelas. La cobertura de los tres tipos de lugares degradados estuvo dominada por las herbáceas con el 87%.

Pacheco (2019), la investigación analizó el efecto del fuego sobre las comunidades vegetales y el sustrato afectado. Para el estudio se establecieron las zonas perjudicadas, determinándose la superficie de matorrales y pastizales que fueron afectados. Seguidamente, se hizo una búsqueda intensiva de todas las especies de plantas, tanto dentro como fuera del área afectada, recolectando un ejemplar de cada especie para su identificación. Se analizó el estado de las raíces *in situ*, describiendo características de humedad y flexibilidad, así como la presencia de rebrotes para identificar signos de vida; además de recolectar muestras de suelo; el suelo extraído en campo, fue llevado a gabinete para realizar pruebas de germinación y al laboratorio LABINVSERV para sus análisis fisicoquímicos. En la zona de los matorrales se determinaron 20 especies fuera de la zona afectada y seis dentro; en pastizales, fueron 11 fuera de la zona afectada y cuatro dentro. Las observaciones *in situ* de las raíces mostraron una posibilidad de recuperación de la comunidad vegetal en el estrato arbustivo, ya que de un total de 80 raíces el 43% presentaron rebrotes en matorrales y un 54% en pastizales; además se tomó como dato adicional el contenido hídrico y flexibilidad, presentando un 68% de ellas un contenido hídrico mayor al 60% en matorrales y un 77% en pastizales; en cuanto a la flexibilidad, las raíces presentes en los matorrales presentaron un 67.5% de flexibilidad alta, y un 77.5% en pastizales. En las pruebas de germinación se identificaron siete especies en las muestras de pastizales y cinco en las de matorrales. El análisis fisicoquímico de las muestras de suelo en pastizales y matorrales muestran que tanto el pH y K disminuyen con respecto al área no quemada, no obstante, la conductividad, N total, P y materia orgánica aumentan, siendo el aumento del N el más resaltante. En el análisis físico se observa un cambio en la estructura del suelo dentro del área incendiada con respecto a la no afectada.

Alva y Manosalva (2019), realizó una investigación en efecto del fuego en las propiedades químicas del suelo en el Cañón de Sangal, Cajamarca, tres meses después de un incendio forestal. La evaluación se realizó en seis condiciones de estudio generadas por la combinación de parcelas sin quemar, parcialmente quemadas y completamente quemadas y las profundidades de muestreo de 0 - 10 cm y de 10 - 20 cm. Se observó un mayor efecto del fuego en los 10 cm superiores del suelo, registrándose una alta significación estadística en la conductividad eléctrica, materia orgánica, nitrógeno total, magnesio cambiante; significación estadística en el potasio disponible y capacidad de intercambio catiónico, concentraciones que se incrementaron en las parcelas quemadas. No se registraron diferencias significativas en el pH, textura y en disponibilidad de calcio total, fósforo disponible, calcio, potasio y sodio cambiante entre las condiciones de estudio. Con relación al color del suelo, en parcelas afectadas por el fuego, el matiz Munsell no varió, el brillo disminuyó ligeramente y la intensidad se mantuvo. Los cambios en las propiedades del suelo fueron causados principalmente por el incremento de la temperatura en el incendio, incorporación de cenizas al suelo por la combustión y condiciones climáticas post-fuego.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Vegetación

La vegetación juega un papel muy importante en el mantenimiento de la biodiversidad, debido a que constituye fuentes de alimentación, anidación y refugio permanente o temporal, para mamíferos, aves, reptiles, anfibios, insectos y muchos otros grupos de invertebrados. La causa fundamental de la extinción de especies es la destrucción de su hábitat (Pérez *et al.* 2005).

Flora y vegetación

El objeto de estudio de la flora son las especies vegetales. La flora es el conjunto de especies presentes en un lugar o área. La vegetación está conformada por comunidades, composición florística y estructura. La comunidad vegetal es la estructura que las especies ocupan el espacio disponible, así como también por el aspecto propio que presenta el conjunto como componente de un paisaje que pueden estar conformadas por especies leñosas, arborescentes, arbustivas, espinosas, caducifolias y herbáceas (Hernández 2000).

2.2.2 Vegetación herbácea

Son aquellas plantas cuyos tallos, independientemente de su tamaño, no han desarrollado estructuras leñosas por lo que su consistencia es blanda, tierna y flexible. Las plantas herbáceas se dividen en tres grupos:

Plantas anuales: Son plantas herbáceas que completan su ciclo de vida en un único periodo de vegetación activa. Estas especies germinan, crecen, florecen, dan frutos o semillas, alcanzan su madurez y mueren. Se caracterizan por liberar muchas semillas para garantizar su supervivencia.

Plantas bianuales: La diferencia de este tipo de plantas con las anteriores, es que completan su ciclo vital durante dos temporadas, dedican la primera a crecer y desarrollarse, y en la segunda florecen, dan frutos o semillas.

Plantas perennes o vivaces: A diferencia de las plantas anuales y bianuales, las perennes o vivaces florecen y dan semilla varias veces a lo largo de su vida. Estas plantas suelen perder la parte aérea, pero las raíces sobreviven. Si bien esta denominación se emplea para plantas y arbustos pequeños, también los arbustos más grandes y los árboles forman parte de este conjunto. En general, son especies resistentes, con buena capacidad para resistir los climas adversos. Estas plantas se dividen, a su vez, en dos grupos: las de hoja perenne, que se mantienen durante varias temporadas, y las de hoja caduca, cuyas hojas se renuevan en cada año (Serra 2008).

2.2.3 Cobertura vegetal

Toda cobertura vegetal tiene su propia estructura y composición florística. La que puede ser valorizada en tres diferentes ámbitos: productivo, protección y ecológico. Desde el punto de vista productivo se refiere al conjunto de especies maderables, medicinales, ornamentales, fibras, frutos silvestres que son usadas para el hombre para satisfacer sus necesidades. En el aspecto protección, la vegetación cumple las funciones de proteger fuentes hídricas, evitar la erosión, en la captura de CO₂. En el ámbito ecológico facilita el hábitat de las diferentes especies de flora y fauna; además cumple un papel fundamental en la cadena trófica siendo el elemento primario de la vida. Desde otra perspectiva la vegetación es el componente fundamental para la belleza escénica, servicio ambiental, aspecto fundamental para el futuro económico de los países poseedores de una rica biodiversidad (Aguirre 2013).

2.2.4 Importancia ambiental de la vegetación

Sánchez *et al.* (2003), citado por Fernández (2018), menciona que los árboles, la espesa vegetación arbustiva y herbácea, absorben el agua rápidamente; las raíces de los árboles también contribuyen con la formación y fijación de los suelos, mejoran la fertilidad por los compuestos nitrogenados que se forman en muchas especies o bien por la descomposición de ramas, hojas, flores y frutos al formar el mantillo, que más tarde se convierte en suelo; además proporcionan hábitat y alimento a la fauna silvestre.

2.2.5 Incendios registrados en Perú

De acuerdo a Manta (2017), la base de datos de registros de incendios forestales en la sierra peruana es desde el año 1973 hasta el 2011.

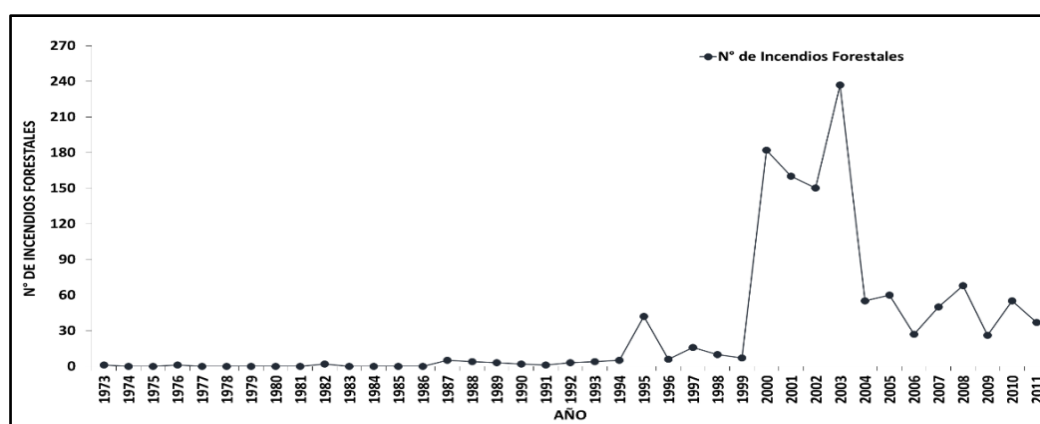


Figura 1. Incendios forestales en la sierra peruana de 1973 al 2011 (Manta 2017).

La data examinada muestra una tendencia de aumento en los registros anuales de incendios forestales (Figura 1). Asimismo, también se identificó que la mayoría de incendios se han generado entre los meses de julio a noviembre, este dato se asocia a la temporada seca, donde el fuego es utilizado en el manejo de prácticas agropecuarias y cambios de uso del suelo (Manta 2004 y Manta 2017).

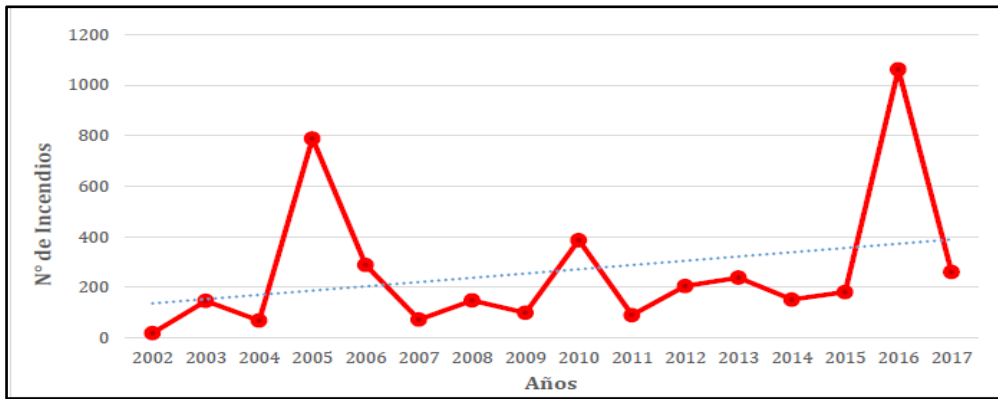


Figura 2. Número de incendios registrados del 2002 al 2017 (INDECI, MINAM).

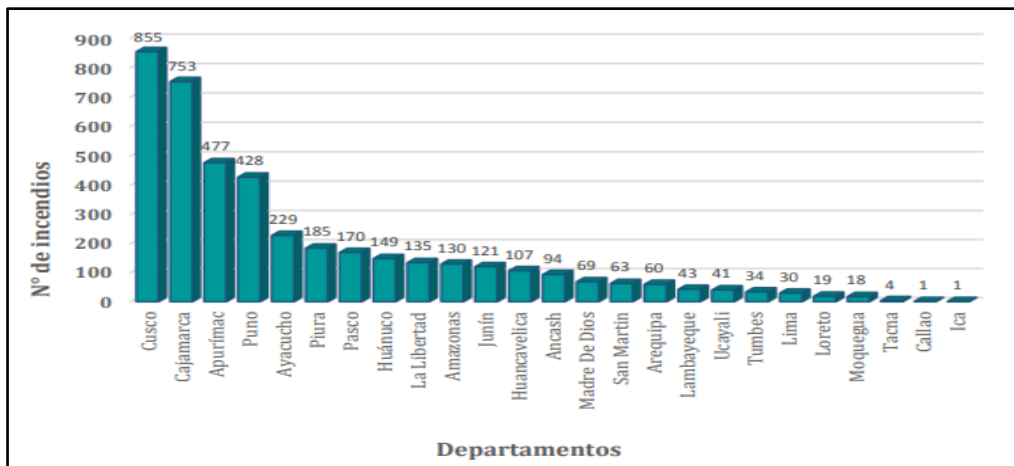


Figura 3. Incendios por departamento del 2002 a 2017 (CENEPRED 2018).

Al organizar las frecuencias de incendios forestales por departamentos, dio como resultado que los departamentos con mayores registros de incendios forestales son: Cusco, Cajamarca, Apurímac, Puno y Ayacucho durante el periodo de 2002 al 2017 (CENEPRED 2018).

2.2.6 Incendios forestales

De acuerdo a Salas y Cocero (2004), citado por Lara *et al.* (2008) los incendios forestales se definen como el fuego que se propaga, sin control, en un sistema forestal y cuya quema no cumple funciones ni objetivos de gestión, por lo que requiere trabajos de extinción. Es un suceso no deseado en el que se producen una serie de consecuencias económicas y ecológicas calificadas como daños y perjuicios.

2.2.7 Componentes del ambiente de fuego

Tiempo atmosférico

Según Villers (2006), el clima es incontrolable y difícil de predecir a pesar que tiene una gran influencia en la conducta del fuego. La temperatura, dirección y velocidad del viento son los factores que modulan el inicio y propagación del incendio. En un área donde los combustibles son abundantes y secos, altas temperaturas y un día ventoso son condiciones favorables y potenciales para la ocurrencia de incendios forestales extremos.

Combustible forestal

El combustible forestal es toda la vegetación presente en el área, así como las ramas caídas, hojas secas, hierbas secas, troncos secos, entre otros. Para dar lugar a un incendio forestal dependerá de la cantidad disponible de estos (Aguirre 2016).

Topografía

El más importante de estos factores es la pendiente de la ladera, ya que los cambios en la pendiente producen efectos directos en el comportamiento del fuego. El grado de inclinación afecta la disponibilidad del combustible y la velocidad de propagación de del incendio forestal, mientras más pronunciada sea la pendiente mayor será el grado de precalentamiento al que pueden estar sometidos los combustibles y a la vez mayor la velocidad de propagación (SENAMHI 2018).

2.2.8 Tipos de incendios

Malen (2019) manifiesta que dependiendo en donde ocurre el fuego, los incendios pueden definirse como:

- **Incendios de Superficie**

Ocurre al ras del suelo este tipo de incendio consume cualquier tipo de material combustible que se encuentre situado encima de la superficie del terreno y por debajo de las hojas de los árboles quemando, hierbas, pastos, matorrales y vegetación mayor.

- **Incendio subterráneo**

Ocurre debajo de la superficie del suelo quemando raíces, materia orgánica, humus y turba. Solo se detecta por la emisión de humos, ya que normalmente arde sin llama.

- **Incendios de Copa**

Fuego que se propaga en las ramas altas y en las copas de árboles el fuego puede alcanzar velocidades muy altas en días de viento. Es el más destructivo y peligroso, consume toda la vegetación.

2.2.9 Causas más comunes de incendios forestales

Según Vellozas *et al.* (2010), la causalidad de los incendios a nivel mundial, se observa que el 80% es causado por el hombre, ya sea de forma intencionada o por negligencia. Así como: quemas con fines agrícolas, quemas para la obtención de pastos, trabajos forestales, hogueras, fumadores irresponsables, quema de basura.

Quemas agrícolas

En América del Sur, las quemas agrícolas suponen entre el 35 y 40 % de los incendios intencionados cada año. Estas se realizan para eliminar los restos (rastros) de las cosechas y así facilitar la preparación del suelo para la siembra de la siguiente temporada. Si bien facilitan la preparación del terreno para plantar, pero no benefician en nada al suelo, más bien contribuyen a su progresivo empobrecimiento. Las quemas agrícolas, desde el punto de vista agronómico no son necesarias y que incluso son ambientalmente negativas, al deteriorar progresivamente la calidad edáfica del suelo.

Quemas para la obtención de pastos

Las quemas en zonas de pastoreo se producen para favorecer el desarrollo de pastos luego de la eliminación de pajonales o vegetación leñosa, normalmente matorral espeso, en zonas a las que el ganado no puede acceder debido al desarrollo de esa vegetación. En algunos lugares están asociados a zonas de ganadería extensiva de ovinos, vacunos y hasta caprinos. Luego de un incendio el rebrote de tallos y el desarrollo de herbáceas que aprovechan la fertilidad temporal del suelo, promoviendo buen pasto para el ganado.

2.2.10 Efectos y consecuencias de los incendios forestales

Según CONAFOR (2010), el problema de los incendios forestales, tanto por su magnitud como por sus consecuencias, se integra a un círculo en el que diversos fenómenos influyen como causa-efecto, unos de otros, entre ellos la pérdida de biodiversidad, la erosión de suelos, la desertificación, la contaminación y cambios en el clima. Según Vellozas *et al.* (2010), las pérdidas económicas, pérdida de vidas humanas y viviendas, son otras de las consecuencias.

Efectos sobre la vegetación

Los incendios son eventos que traen consecuencias negativas para los ecosistemas, como pérdida de biodiversidad, modificación del paisaje, reducción del área de captación de agua de lluvia, migración o muerte de fauna silvestre, contaminación del aire por humo y degradación de suelos por efecto de escorrentía con un alto potencial erosivo (Rodríguez 1996).

El impacto del fuego sobre la cubierta vegetal dependerá del tipo de incendio, intensidad y frecuencia, modificando las condiciones físicas del medio, circunstancia que provocará cambios en la presencia, distribución y densidad de las especies vegetales (CONAFOR 2010). Además, la pérdida de la flora asociada al bosque, muchas veces de formaciones vegetales primarias, lo que generan, cambios en la composición del bosque y de la disponibilidad de frutos que conlleva a la disminución de las especies. La disminución de las áreas boscosas favorece el aumento de la radiación solar entrante. Además, cambios de la composición florística del bosque o comunidad (Sobuco 2013).

Efectos sobre la fauna

El efecto inmediato de los incendios forestales sobre la fauna es la muerte de aquellos animales que no pueden escapar del fuego, como: insectos, invertebrados, vertebrados menores, crías con escasa movilidad, así como grandes herbívoros y carnívoros atrapados entre el fuego. Otra consecuencia es la migración, definitiva o de larga duración, de la fauna que habita el espacio incendiado y la ruptura de la cadena trófica por ausencia de estrato vegetal. En roedores que se resguardan bajo la superficie del suelo, en ocasiones a bastante profundidad, éste resulta un excelente aislante que ofrece protección física frente al fuego (Vellozas *et al.* 2010). Las aves es una de las especies más afectadas por los incendios, el fuego puede afectar indirectamente, pero en gran medida a las rapaces, por alterar su hábitat y disminuir la disponibilidad de presas. La vegetación es una parte muy importante de su hábitat, que producto de las llamas es alterado, al desaparecer el hábitat de la fauna silvestre, se desequilibran las cadenas alimenticias y muchos procesos de la vida se ven truncados (CONAFOR 2010).

Efectos sobre el suelo

Los incendios tienen consecuencias sobre el suelo, que dependerán de la intensidad del calentamiento. Durante un fuego intenso se pueden alcanzar temperaturas en la superficie del suelo que puede llegar a 1000 °C en incendios de bosques de coníferas, a 500-700 °C

en incendios de matorrales y a 200 °C en incendios de pastizales (Martínez *et al.* 1991, citado por, Rosero y Osorio 2013).

Todo tipo de vegetación tiene entre sus múltiples funciones evitar que el agua de lluvia impacte directamente contra el suelo, exponiendo al suelo a la erosión por viento y lluvia; por otra parte, al no haber vegetación, el agua de lluvia no es retenida, lo que evita su filtración al subsuelo y la formación de los mantos freáticos (Vellozas *et al.* 2010). Tras un incendio forestal podremos encontrarnos con un escenario heterogéneo, que una vez evaluado requiera la actuación del hombre en algunas zonas concretas dependiendo de la gravedad de los efectos en el suelo y la vegetación o por el riesgo potencial de erosión. Los cambios producidos suelen ser más graves cuanto más intenso ha sido el incendio con respecto al suelo; el calor consume parte de la materia orgánica y puede alterar la estabilidad de agregados (Solera *et al.* 2009).

En el suelo descubierto tras el incendio y frecuentemente ennegrecido por una combustión incompleta, y por tanto un poder de reflexión generalmente muy inferior al de una superficie cubierta de vegetación, aumentan la temperatura y la evaporación, al tiempo que disminuyen la absorción y retención de agua, la porosidad, la aireación y la capacidad de infiltración (Solera y Guerrero 2007).

Efectos sobre el ciclo hidrológico

Como consecuencia de la pérdida de suelo, se altera drásticamente el ciclo hídrico, la infiltración disminuye rápidamente en relación directa con la profundidad del suelo y es muy superior en suelos forestales que en los agrícolas. La permeabilidad está definida por los grandes poros a través de los cuales el agua puede moverse por acción de la gravedad. Una cubierta arbórea con tapiz natural no perturbado mantiene la máxima infiltración, la infiltración es mayor en masas arbóreas adultas que en las jóvenes (Vellozas *et al.* 2010).

Efectos económicos y sociales de los incendios forestales

En términos económicos, la pérdida de productos forestales merma el potencial comercial. La evaluación de daños incluye las pérdidas materiales en productos y en servicios, es decir, los valores monetarios y no monetarios que proporcionan los bosques; madera afectada, costos de reforestación, costos de rehabilitación, incluidos suelos, ríos, valores ecológicos, históricos, políticos, escénicos y los costos del combate de incendios, que incluyen al personal, junto con los recursos materiales y financieros (CONAFOR 2010).

2.2.11 Resiliencia de un ecosistema después de un incendio

Según Rubio *et al.* 2013 el concepto de resiliencia va asociado a la dinámica de ecosistemas y no existe una definición que permita cuantificarlo de una manera estandarizada por ello en la literatura podemos encontrar diferentes aproximaciones, como la resiliencia es la capacidad del ecosistema para retornar a las condiciones previas a la perturbación por el fuego; la vegetación tiene una elevada capacidad de resiliencia después de un incendio forestal debido a la capacidad de algunas especies para rebrotar, como también por la resistencia de las semillas al fuego (Lloret 2004). Díaz (2003), manifiesta que la capacidad de germinación y de rebrote de las especies permite predecir la recuperación de la vegetación luego de un incendio, la resiliencia está condicionada por la aptitud de la especie de persistir en una amplia gama de condiciones de variabilidad ambiental, tolerando por ejemplo diferentes valores de temperatura y un cierto grado de humedad.

Capacidad rebrotadora: son poblaciones de especies capaces de sobrevivir y volver a crecer tras el fuego, que habitan en las distintas áreas climáticas. La estrategia rebrotadora se basa en la existencia de yemas adventicias que son capaces de resistir las altas temperaturas y de diferenciarse tras el paso del fuego, dando lugar a nuevos tallos y hojas. Es evidente que las plantas rebrotadoras en general sufren una pérdida de órganos fotosintetizadores. Sobre todo, es importante destacar que no todos los individuos de las poblaciones afectadas por el fuego consiguen sobrevivir y rebrotar. Por tanto, a pesar de su capacidad de rebrote, la dinámica de las poblaciones de estas especies pueden verse muy afectadas por el fuego. Se pueden analizar los factores que determinan la capacidad de rebrotar después del fuego, así como los que determinan el establecimiento de nuevos individuos. La capacidad de rebrotar dependerá de las características anatómicas y fisiológicas de la propia especie, del estado de los individuos antes del incendio, de las características del incendio y de las condiciones del medio (López y Castell 1992).

Capacidad de germinación: el fuego causa la muerte de los individuos de las especies incapaces de rebrotar. Sin embargo, en muchas de dichas especies las semillas suponen un potencial de establecimiento de nuevos individuos, justo cuando las condiciones son más apropiadas por la mayor disponibilidad de agua, nutrientes y luz. Las especies que poseen esta estrategia han recibido el nombre de especies germinadoras. Para ello las semillas deben sobrevivir al fuego ya sea en los propios frutos o en el suelo. El suelo es un buen aislante del fuego, pero las semillas que se encuentran en la planta tienen pocas

posibilidades de sobrevivir al fuego si no están protegidas por algún tipo de estructura aislante. Así como también las condiciones posteriores al incendio determinan el éxito de las poblaciones germinadoras. Después del fuego, los recursos disponibles para las especies se ven incrementados, ya sea debido a la fertilización por las cenizas, al aumento del espacio disponible y de la luz que llega al suelo, o a la disminución de la demanda de recursos por parte de la vegetación superviviente. En particular, el tamaño de las plántulas y las probabilidades de sobrevivir aumentan con respecto a las zonas no incendiadas (Lloret 2004).

2.2.12 Capacidad de regeneración vegetativa

El fuego al eliminar la vegetación, mitiga la competencia creando condiciones de luz y temperaturas óptimas, para el desarrollo herbáceo en la siguiente estación de crecimiento (Fernández *et al.* 2010, citado por Sandoval 2016). La capacidad de regeneración después de una perturbación determina en gran medida la variabilidad espacial y temporal de los paisajes, aunque los patrones y procesos ecológicos que la conforman son usualmente estudiados a escala local en zonas quemadas concretas (Díaz 2003). Una perturbación de fuego produce cambios en abundancia, riqueza y diversidad de las especies herbáceas, principalmente las anuales, ya que luego de un incendio se origina rápidamente una gran colonización de lugares abiertos por parte de las hierbas anuales, con aproximadamente un incremento de un 30% en número de especies en relación a sectores no afectados por el fuego (Armesto *et al.* 2009, citado por Sandoval 2016).

Durante los primeros años tras un incendio, la regeneración de la vegetación obedece a estrategias específicas de cada especie, la intensidad del fuego y las condiciones climáticas del lugar (Vellozas *et al.* 2010). Según Solera *et al.* (2009) la evolución de las zonas incendiadas se caracteriza por la presencia de cenizas durante las primeras semanas después del incendio, seguido de un progresivo rebrote y germinación en los primeros meses, que alcanza una cubierta de herbáceas y de matorral que facilitará la infiltración del agua y reducirá la pérdida de suelo. Todo ello conducirá finalmente a una cubierta de matorral o bosque. Según Quintanilla y Castro (1998) después de un incendio, gran parte de la vegetación que es quemada tiende a regenerarse al poco tiempo, aunque no se restablezca la misma estructura y fisonomía del paisaje anterior después del disturbio de fuego, pero debido a las propiedades morfológicas y fisiológicas de las plantas, ellas pueden volver a restablecerse.

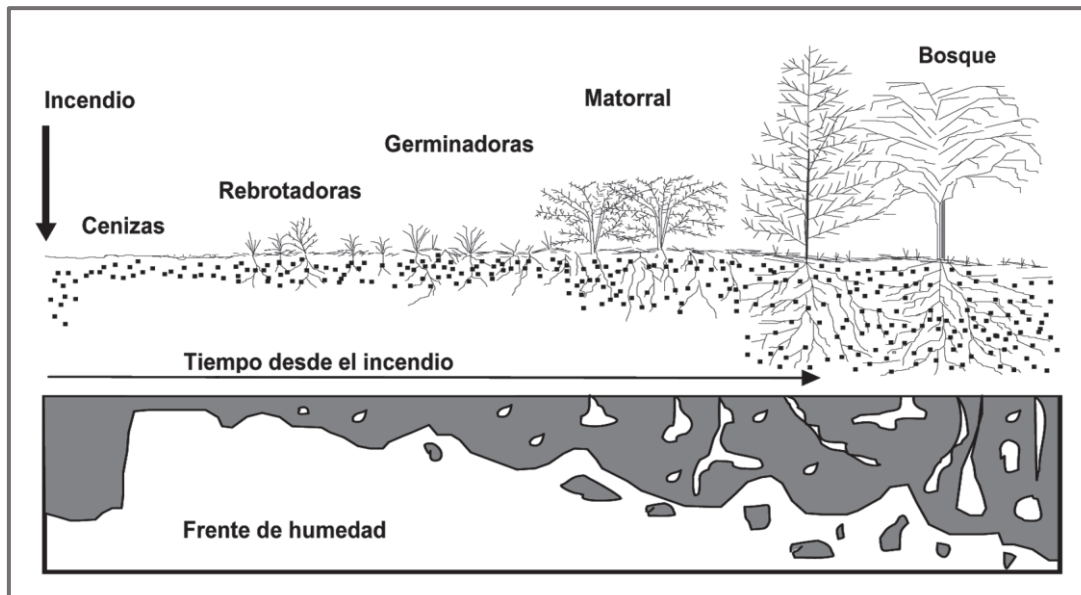


Figura 4. Proceso de regeneración vegetativa (Solera *et al.* 2009).

2.2.13 Evaluación de regeneración natural

Es el proceso mediante el cual, a través del tiempo, se establecen o modifican la composición y estructura de la vegetación en determinado lugar. El estudio de la regeneración natural permite comprender los mecanismos de cambios en la composición florística y estructural (Gómez y Burley 1991, citado por Pacheco 2019). Según Aguirre (2013) la regeneración natural estudia la composición florística dentro de la misma parcela o transecto de muestreo. Se realiza en unidades de registro de diferentes tamaños, dependiendo de la categoría a evaluar. El muestreo se realiza en forma sistemática y en forma específica para las especies, contabilizando todos los individuos de interés, agrupados en categorías. La composición florística está dada por la heterogeneidad de plantas que se logran identificar en una determinada categoría de vegetación. Lo que equivale a demostrar la riqueza de especies vegetales de un determinado tipo de vegetación. Se expresa mediante la suma de todas las especies diferentes que se han registrado en cada uno de los transectos o parcelas.

2.2.14 Métodos para el estudio de vegetación

Matteucci y Colma (1982) mencionan que en la mayoría de los estudios de vegetación no es operativo medir todos los individuos de una comunidad, por ello se deben realizar muestreos de los mismos y estimar el valor de los parámetros de la población. En todo muestreo hay que seguir una serie de etapas y pasos, como:

- a) La selección de la zona de estudio.
- b) Determinación del método para situar las unidades de muestreo (muestra).
- c) Selección del tamaño de la muestra, es decir, del número de unidades muestrales
- e) Determinación del tamaño y la forma de la unidad de muestra.

2.2.15 Métodos para evaluación de vegetación herbácea

Tamaño mínimo de la unidad muestral

El tamaño mínimo requerido para la unidad muestral en vegetación herbácea mediante parcelas permanentes es de 1m², el tamaño mínimo de la unidad muestral se basa en el criterio del área mínima de la comunidad y con el método de parcelas se hacen muestreos más homogéneos en comparación a los transectos (Matteucci y Colma, 1982).

Tamaño mínimo de la muestra

El tamaño de la muestra se refiere al número de unidades muestrales o parcelas mínimamente requeridas para realizar el inventario en cualquier metodología propuesta. Estas unidades muestrales serán distribuidas en los tipos de vegetación resultantes de la subdivisión de las unidades del Mapa Nacional de Cobertura Vegetal, de manera proporcional al tamaño de la superficie total a evaluar.

Para el cálculo del tamaño mínimo de la muestra, se utilizará la siguiente ecuación (versión modificada de la ecuación propuesta en los “Lineamientos para elaborar el Plan General de Manejo Forestal”) para concesiones forestales con fines maderables, aprobado por la Resolución Jefatural n.º 109-2003-INRENA (MINAM 2010).

$$N = a + b(S)$$

Dónde:

N = número de unidades muestrales

S = superficie total a evaluar

a, b = constantes que varían según nivel de detalle del inventario:

$a = 10; b = 0.0001$Nivel de Reconocimiento

$a = 15; b = 0.0005$Nivel Semidetallado

$a = 20; b = 0.0010$Nivel Detallado

Método del cuadrado para evaluar cobertura vegetal

El método del cuadrado o cuadrante ha sido utilizado con mucha frecuencia en comunidades vegetales para medir la abundancia donde las estimaciones de densidad resulta difícil por la ausencia de límites netos visibles entre los individuos, como sucede en los pastizales, en el caso de plantas macollantes y espinosas. Se determina la cobertura vegetal en la proporción de terreno ocupado por la proyección perpendicular de las partes aéreas de los individuos de las especies consideradas. Se expresa en porcentaje de la superficie total en la escala de coberturas Braun-Blanquet. El método consiste en colocar un cuadrado de 1m² sobre la vegetación, obteniendo la evaluación visual de cobertura en porcentaje (Matteucci y Colma, 1982 y Mostacedo 2000).

Tabla 1. Escala de coberturas Braun-Blanquet (Matteucci y Colma, 1982)

Braun –Blanquet	
Continuo	mayor de 75%
Interrumpido	50% a 75%
Disperso	25 % a 50%
Raro	15% a 25%
Muy raro	5 % a 15%
Esporádico	1% a 5%
Ausente	menos 1%

2.2.16 Medición de Diversidad de Especies

El número de especies es la medida más frecuente utilizada para mostrar la riqueza biológica de una zona. La biodiversidad no depende sólo de la riqueza de especies sino también de la dominancia relativa de cada una de ellas. Las especies, en general, se distribuyen según jerarquías de abundancias, desde algunas especies muy abundantes hasta algunas muy raras. Cuanto mayor es el grado de dominancia de algunas especies y de rareza de las demás, menor es la biodiversidad de la comunidad. Entender el problema de la biodiversidad implica, entonces, discutir el problema de la rareza biológica. La conservación de la biodiversidad es principalmente un problema vinculado al comportamiento ecológico de las especies raras (Moreno 2001).

2.2.17 Índices de Diversidad

La diversidad se puede definir como el número de especies en una unidad de área, tiene dos componentes principales la riqueza (número de especies) y la equitatividad (número

de individuos de una sola especie). Generalmente en las evaluaciones biológicas se usan índices de diversidad que responden a la riqueza de especies y a la distribución de los individuos entre las especies, la estimación se realiza a través de diferentes índices de diversidad (Magurran 1988).

A) Diversidad alfa

La diversidad alfa se expresa a través del número total de especies presentes en un determinado lugar, sin tomar en cuenta el valor de importancia o abundancia de las mismas, cada uno ligado al tipo de información que se desea analizar, si las dos variables respuesta que se están analizando son: número de especies (riqueza específica) y datos estructurales (abundancias), este parámetro permite identificar áreas naturales con determinados valores de diversidad biológica con el fin de determinar su potencial ecológico. La diversidad dentro de una misma comunidad en un mismo hábitat, mide la formación que encierra cualquier sistema en base a la proporción de cobertura de cada una las especies en una determinada área (Magurran 1988).

El índice de Margalef (D_{Mg})

Según Moreno (2001) (D_{Mg}) el índice de Margalef, es una forma sencilla de medir la biodiversidad ya que proporciona datos de riqueza de especies de la vegetación. Mide el número de especies por número de individuos especificados o la cantidad de especies por área en una muestra desarrollada (Campos y Duval 2014). En los análisis del índice de Margalef, de acuerdo a los valores de referencia son: inferiores a 2 son considerados de baja riqueza específica y por encima de 5 alta riqueza específica (Moreno 2001).

$$D_{Mg} = \frac{S-1}{LnN}$$

S= número de especies.

N=número total de individuos.

El índice de dominancia de Simpson (D_{Si})

El índice de dominancia Simpson, evaluamos la probabilidad de encontrar dos individuos que, tomados al azar de una muestra, sea de la misma especie, tomando en cuenta la repetitividad de la especie dominante sin considerar las demás especies (Moreno 2001), también indica la relación existente entre riqueza y abundancia de individuos por especie. Toman en cuenta la representatividad de las especies con mayor valor de importancia sin evaluar la contribución del resto de las especies, toma valores entre 0 y 1, cuando los

valores se aproximan a la unidad, la dominancia es alta, por el contrario, si los valores se acercan a cero dominancia es baja (Moreno 2001).

Su expresión es:

$$P_i = \frac{n_i}{N}$$

$$D_{Si} = \sum_{i=1}^S p_i^2$$

D_{Si} = índice de dominancia Simpson

n_i = número de individuos de la especie i

N = número total de individuos para todas las especies en la comunidad

P_i : abundancia proporcional de la especie; representa la probabilidad de que un individuo de la especie i esté presente en la muestra, siendo entonces la sumatoria de P_i igual a 1

El índice de Shannon (H')

El índice de Shannon toma en cuenta los dos componentes de la diversidad: número de especies y equidad o uniformidad de la distribución del número de individuos en cada especie; de acuerdo con esto, un mayor número de especies incrementan la diversidad y mayor uniformidad, los valores de interpretación son: de 0 - 1.35 diversidad baja, 1.36 - 3.5 diversidad media y mayores a 3.5 diversidad alta (López *et al.* 1989). Este índice relaciona el número de especies con la proporción de individuos pertenecientes a cada una de ellas presente en la muestra. Además, mide la uniformidad de la distribución de los individuos entre las especies (Moreno 2001, MINAM 2010).

Según Shannon-Wiener (1949) su fórmula es:

$$H' = - \sum_{i=1}^S (P_i \cdot \ln P_i)$$

B) Diversidad beta

Según Matteucci y Colma (1982) y Aguirre (2013), la diversidad beta expresa el grado en que dos comunidades son semejantes por las especies presentes en ellas, mide la diversidad de dos o más hábitats, mediante la similitud o comparabilidad y se calcula a través de los índices cualitativos de Jaccard y Sorensen, toma valores de 0 a 1 se interpretan de acuerdo a los valores que van de: 0 a 0,33 no parecidos; 0,34 a 0,66 medianamente parecidos y 0,67 a 1 muy parecidos.

Índice de similitud de Jaccard (I_J)

Tiene en cuenta la relación entre número de especies comunes y el total de especies encontradas en las muestras que se comparan. El intervalo de valores para este índice va de 0 cuando no hay especies compartidas entre ambos sitios, hasta 1 cuando los dos sitios tienen la misma composición de especies. Este índice mide diferencias en la presencia o ausencia de especies (Moreno 2001).

$$I_J = \frac{c}{a+b-c}$$

Donde:

a = número de especies presentes en el sitio A

b = número de especies presentes en el sitio B

c = número de especies presentes en ambos sitios A y B

Índice de similitud de Sorensen (I_S)

Es muy similar al coeficiente de similitud de Jaccard para datos cualitativos, sin embargo, en este no se relaciona con las especies, sino con la abundancia. Relaciona el doble del número de especies comunes con la suma de especies de las dos muestras comparadas (Matteucci y Colma 1982).

$$I_S = \frac{2c}{a+b}$$

2.3 Definición de términos básicos

Cobertura vegetal: la cobertura es el área que ocupa la parte aérea de las plantas en la superficie, se expresa como porcentaje de la superficie total de la parcela de muestreo o unidad muestral. Método utilizado para medir la abundancia de especies vegetales, donde debido al tamaño y forma de los individuos resulta difícil estimar la densidad (Matteucci y Colma, 1982).

Ecosistema: conjunto de comunidades que conviven en un mismo hábitat y tiempo (Begon *et al.* 1999).

Estado de plántula: es el crecimiento vegetativo que da comienzo con la germinación de la semilla, comprende el crecimiento del embrión, a medida que la planta aumenta de tamaño mediante el alargamiento del tallo y la raíz. Esta fase termina cuando las plantas desarrollan sus primeras hojas verdaderas (Lloret 2004).

Herbáceo: se consideran a las formaciones de vegetación donde predominan las hierbas. Los grupos de hierbas pueden estar entremezclados con pequeños arbustos o Sufrútices (Serra 2018).

Sufrútices: plantas que están entre herbáceas y arbustivas, que tienen tejidos leñosos en la parte basal y son herbáceas en la parte superior de sus ramas (Matteucci y Colma, 1982).

Sucesión secundaria: se inicia como consecuencia de una perturbación catastrófica (Begon *et al.* 1999).

Resiliencia: capacidad del ecosistema para retornar a las condiciones previas a la perturbación, las que están condicionadas por las aptitudes de las especies para persistir a la variabilidad de condiciones ambientales (Díaz 2003).

Resistencia ambiental: son todos los factores que limitan el crecimiento de la población, impuestos por el entorno vivo y no vivo (Begon *et al.* 1999).

Población: conjunto de individuos de la misma especie que viven en un mismo hábitat y tiempo, ocupan un espacio generalmente heterogéneo en cuanto a la disponibilidad de recursos (Morlans 2004).

Potencial biótico: capacidad máxima en la cual una población puede crecer en un determinado espacio y tiempo. Principal factor que determina el crecimiento poblacional (Morlans 2004).

CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Ubicación

La investigación se desarrolló en el cañón del río Chonta (Sangal), circunscrita entre los distritos de Baños del Inca y la Encañada en la provincia de Cajamarca, geográficamente situada en los paralelos 7° 04' 58"; 7° 06' 20" de latitud sur y los meridianos 78°24' 23"; 78°23' 28" de longitud oeste con una altitud que va desde: 2880 a 3330 msnm. La vía de acceso es por carretera afirmada, a una distancia aproximada de 22 kilómetros partiendo la ciudad de Cajamarca hasta la zona de estudio.

3.1.1 Características climáticas del área de estudio

Presenta un clima moderado y húmedo con épocas de lluvia entre los meses de octubre a abril y estiaje entre mayo a setiembre. Con temperatura promedio mensual de 13.1 °C, máxima de 21.3 °C y mínima de - 6.9 °C, la precipitación promedio anual es de 1,176 mm, siendo el 70% entre octubre y abril (SENAMHI 2018). El área se caracteriza por tener zonas rocosas y acantiladas, en las que alberga diversidad de vegetación herbácea y arbustiva.

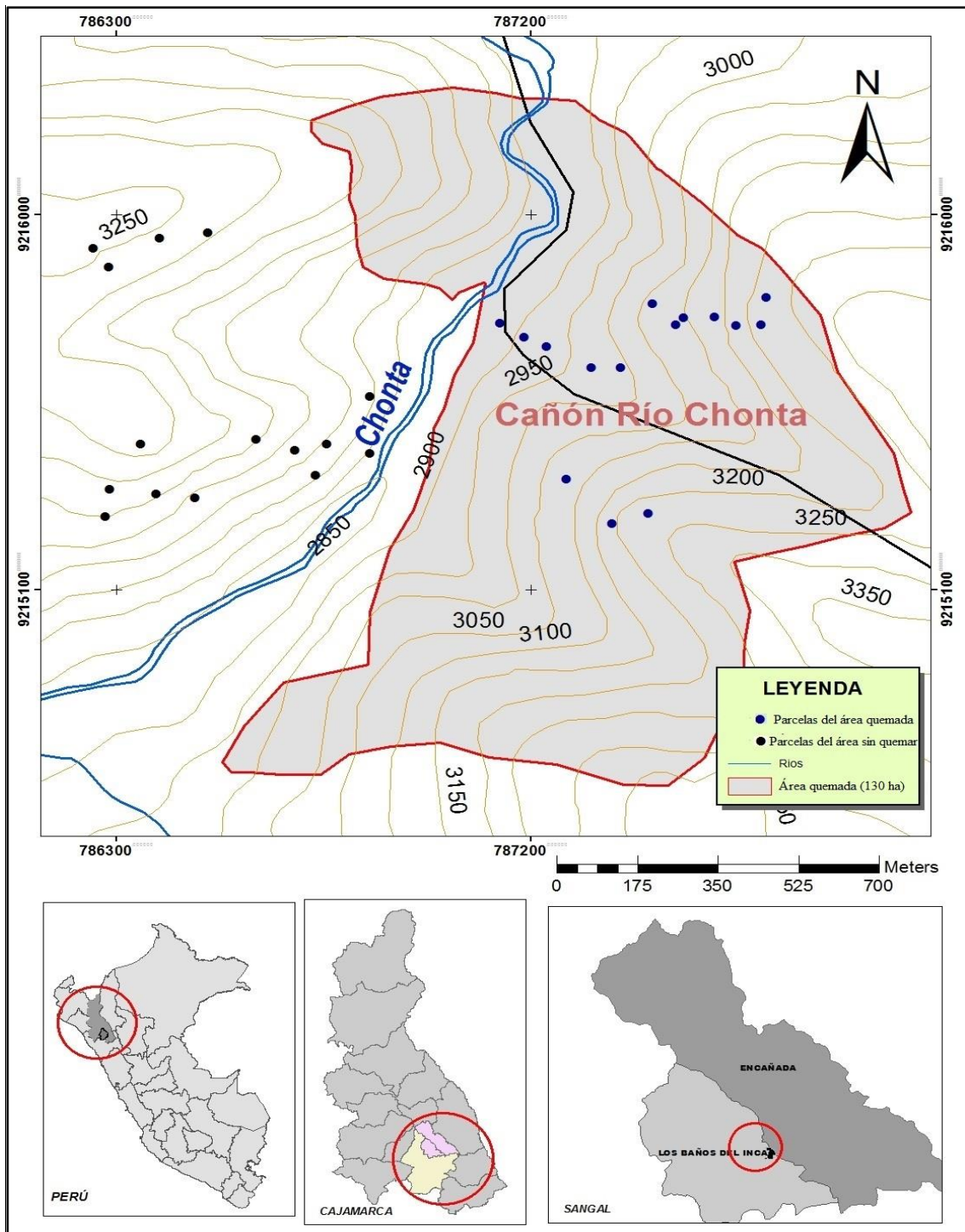


Figura 5. Mapa de ubicación del área de estudio.

3.2 Materiales

3.2.1 Materiales y equipos en campo

- GPS Garmin
- Cámara fotográfica
- Lápiz
- Lapicero
- Borrador
- Tajador
- Libreta de campo
- Ficha de registros de campo
- Clavos
- Martillo
- Pabilo
- Wincha
- Cuadro de madera de 1m²
- Periódico
- Prensa botánica
- Cartón corrugado
- Tijera podadora
- Espátula

3.2.2 Materiales y equipos en gabinete

- Lapicero
- Papel bond A4
- Cartulinas folcote
- Tijera
- Impresora
- Laptop Toshiba
- Memoria USB

3.3 Metodología

3.3.1 Trabajo de campo

a. Definición de estratos y establecimiento de parcelas

Tanto en el área de cobertura quemada y sin quemar se definió tres estratos a los cuales se delimitó teniendo como referencia la altitud, las cotas referenciales para delimitar los estratos se tomó cada 150 metros. En cada uno de los estratos se estableció de manera aleatoria cinco parcelas permanentes de un metro cuadrado. Para el cálculo del número de parcelas o tamaño mínimo de las unidades muestrales, se utilizó la siguiente ecuación:

$$N = a + b(S)$$

Dónde:

N = número de unidades muestrales

S = superficie total a evaluar

a, b = constantes que varían según nivel de detalle del inventario

$a = 15; b = 0.0005$Nivel Semidetallado

Ubicación de Parcelas

Como se muestra en la Figura 6 se ubicó cinco parcelas permanentes en cada uno de los estratos, las cotas referenciales entre estratos fueron las siguientes:

- Estrato “A” (2880 a 3030 msnm)
- Estrato “B” (3030 a 3180 msnm)
- Estrato “C” (3180 a 3330 msnm).

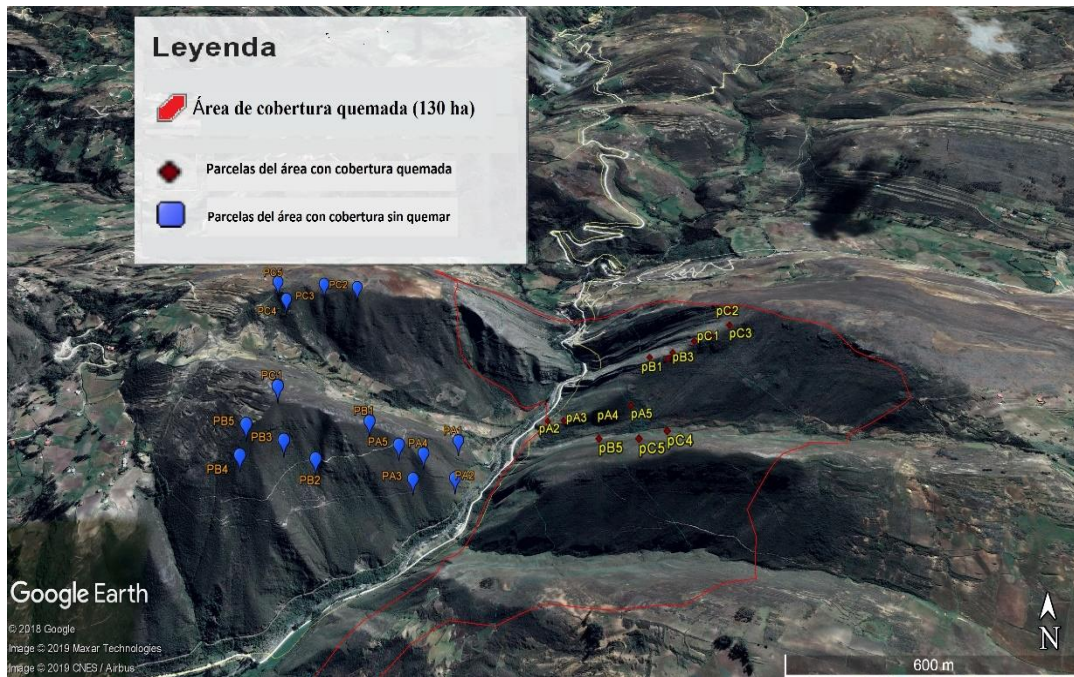


Figura 6. Ubicación de parcelas en el área de cobertura quemada y sin quemar.

b. Monitoreos de vegetación herbácea

Luego del incendio forestal que ocurrió el 08 de septiembre del 2018, se realizó los monitoreos de la vegetación herbácea en los meses de noviembre y diciembre del mismo año, además se hizo evaluaciones durante los meses de enero, febrero, marzo, abril y agosto del 2019. Se evaluó la vegetación herbácea con algunas excepciones de sufrutices en el área de cobertura quemada y en el área de cobertura sin quemar.

Evaluación de la vegetación herbácea en estado de plántula

Para la evaluación de la vegetación herbácea en estado de plántula se realizó monitoreos en cada parcela establecida; mediante el conteo y colecta de individuos con características diferentes, utilizando nombres comunes, características de las hojas y registros fotográficos, que ayudaron en la identificación de especies cuando se encontraban en estado de floración o cuando sus características fenotípicas ayudaron a determinarlas; ya que durante los primeros meses en las zona quemada no se pudo identificar especies debido a su condición fisiológica de plántula por que no presentaban características diferenciadas. La toma de muestras se hizo en sitios aledaños a las parcelas permanentes de un metro cuadrado, con la finalidad de no perjudicar la información de la cobertura vegetal.

Evaluación de cobertura vegetal

Para la evaluación de cobertura vegetal se utilizó el método del cuadrado, el cual consistió en colocar un cuadro de madera de un metro cuadrado superpuesto a la parcela establecida, determinando la cobertura por proporción del área ocupada por la proyección perpendicular de las partes aéreas de los individuos considerados en el estudio, obteniendo el porcentaje visual expresada en base al área total, con la escala de coberturas de Braun – Blanquet.

c. Colecta botánica de muestras herbáceas

La colecta botánica fue de plantas con flores o frutos, se tomó tres muestras de cada especie registrada para ello se utilizó tijera podadora y espátula; para incluir raíces, bulbos, rizomas o tubérculos de ser necesario. Posteriormente las muestras fueron procesadas de acuerdo a los protocolos de herborización propuesta por Rodríguez y Rojas (2006), que consistió en el prensado y secado de las mismas, en el herbario “Carlos Casanova Lenti” de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental de la facultad de ciencias agrarias de la Universidad Nacional de Cajamarca.

3.3.2 Trabajo de laboratorio o herbario

Herborización de la vegetación herbácea

Cada una de las muestras triplicadas fue acondicionada en una hoja de papel periódico, luego se colocó en una prensa botánica intercaladas con cartón corrugado. Se realizó el cambio de papel periódico diariamente por un periodo de dos semanas, hasta lograr el secado de las muestras. Luego se realizó el montaje de la mejor muestra de cada especie en cartulina folcote de 30 x 40 cm fijándolo con adhesivo.

La identificación de especies se realizó con apoyo de un botánico del Bosque de Protección de Pagaibamba, en algunos casos la identificación se realizó a nivel de género debido a las condiciones fenotípicas que presentó la muestra. Seguidamente se etiquetó en la esquina inferior derecha, donde la ficha botánica lleva la información básica de la planta, dando a conocer la familia, nombre científico, procedencia, altitud, fecha de colección y nombre del colector. Finalmente las muestras herborizadas se dejaron en el herbario “Carlos Casanova Lenti” de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cajamarca.

3.3.3 Trabajo de gabinete

Para el procesamiento y análisis de los datos obtenidos en campo se utilizó una hoja de cálculo (Excel), en el cual se determinó lo siguiente:

A. Análisis de los datos obtenidos en campo

Análisis de la vegetación herbácea

Para el análisis de vegetación herbácea se hizo un listado de especies identificadas para determinar el número total de individuos, especies y familias; para una mejor apreciación se ordenó de forma descendente en función a las especies que presentaron mayor abundancia, tanto en el área de cobertura quemada y sin quemar. También se determinó para cada estrato el número total de individuos, especies, familias y porcentaje de cobertura vegetal.

B. Análisis de índices de diversidad alfa

Para las evaluaciones biológicas se usaron índices de diversidad que responden a la riqueza de especies y a la distribución de los individuos entre las especies (Magurran 1988). La estimación se realizó a través de los siguientes índices de diversidad.

Índice de Margalef (D_{Mg}). Según Moreno (2001) (D_{Mg}) el índice de Margalef, es una forma sencilla de medir la biodiversidad ya que proporciona datos de riqueza de especies y se calcula con la fórmula: $D_{Mg} = \frac{S-1}{LnN}$

Índice de Simpson (D_{si}). Se tomó en cuenta la representatividad de las especies con mayor valor de importancia sin evaluar la contribución del resto de las especies, toma valores entre 0 y 1 y se calcula con la fórmula: $D_{Si} = \sum_{i=1}^S p_i^2$

Índice de Shannon (H'). Se tomó en cuenta el número de especies y uniformidad de la distribución del número de individuos, los valores de interpretación son: de 0 - 1.35 diversidad baja, 1.36 - 3.5 diversidad media y mayores a 3.5 diversidad alta (López *et al.* 1989) y se calcula con la fórmula: $H' = - \sum_{i=1}^S (P_i \cdot \ln P_i)$

C. Análisis de índices de diversidad beta

Según Matteucci y Colma (1982) la diversidad beta expresa el grado en que dos comunidades son semejantes, mediante el índice de similitud Jaccard y Sorensen se calcula con las siguientes formulas: $I_J = \frac{c}{a+b-c}$ y $I_s = \frac{2c}{a+b}$, toman valores de 0 a 1; se

interpreta de 0 a 0.33 no parecidos, 0.34 a 0.66 medianamente parecidos y 0.67 a 1 muy parecidos.

D. Comparaciones estadísticas basadas en la distribución t – Student

Se determinó la varianza y se realizó el análisis estadístico con la mínima diferencia significativa, basadas en la distribución t - Student, entre pares de monitoreos.

Niveles de significación basadas en la distribución t - Student

Existe diferencia significativa (50%) *: $T_c > T_t (0.05) = 2.064$

Existe alta diferencia significativa (99%) **: $T_c > T_t (0.01) = 2.797$

No existe diferencia significativa **NS**

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Vegetación herbácea

La vegetación herbácea empezó a crecer en el área de cobertura quemada luego del tercer mes de haber ocurrido el incendio y con el transcurso de los meses el área perturbada fue colonizada con especies herbáceas, etapa donde se presentó la fase inicial de la sucesión secundaria; como se manifestó en un estudio realizado por (Castillo 2010), que luego de un incendio la vegetación herbácea empieza a crecer a los tres meses de haber sufrido el impacto; Díaz (2003) y Vellozas *et al.* (2010), manifiestan que la capacidad de germinación y rebrote de las especies permite predecir la recuperación de la vegetación luego de un incendio, la resiliencia estaría condicionada a la intensidad del fuego ocurrido y a la aptitud de las especies para persistir a ciertas condiciones climáticas como a la temperatura y humedad.

El primer monitoreo de vegetación herbácea en el área de cobertura quemada se realizó en noviembre del 2018 y no registró vegetación debido al impacto del incendio; sin embargo en diciembre se observó la presencia de las primeras plántulas; como se aprecia en la Tabla 2, se registraron 16 especies las cuales fueron: *Cyperus sp.*, *Festuca sp.*, *Stipa ichu*, *Euphorbia sp.*, *Stevia andina*, *Stenomesson aurantiacum*, *Arracacia peruviana*, *Linum polygaloides*, *Salvia stypelos*, *Stelis velaticaulis*, *Salvia sagittata*, *Clinopodium sericeum*, *Thalictrum podocarpum*, *Bromelia sp.*, *Perezia pungens*; como se sustenta en términos de ecología, la dinámica de poblaciones vegetales luego de pasar por una situación catastrófica tiene la capacidad de regenerarse mediante dispersión de semillas, esporas u órganos que quedan enterrados en el suelo en estado latente hasta que se presente condiciones favorables para su germinación o rebrote (Begon *et al.* 1999 y Ramírez 2005). Así mismo Lloret (2004) menciona que la vegetación tiene la capacidad para regenerarse después de un incendio, puesto que la mayoría de las especies pueden rebrotar o germinar; además se asocian a otras propiedades funcionales de las especies, como la utilización y almacenamiento de agua y nutrientes, todo ello determinaría un rol diferente en la sucesión post-incendio.

En la Tabla 2 se aprecia que: en el área de cobertura quemada se registró 55 especies distribuidas en 25 familias y en el área de cobertura sin quemar 47 especies distribuidas en 21 familias; de las cuales 41 especies se encontraron en ambas áreas y de estas las que presentaron mayor capacidad de regeneración frente al fuego fueron: *Pappobolus cajamarcensis*, *Coreopsis ob lanceolata*, *Stevia andina* (ASTERACEAE); *Cyperus sp.*

(CYPERACEAE); *Euphorbia* sp. (EUPHORBIACEAE); *Festuca* sp., *Stipa ichu* (POACEAE); *Linum polygaloides* (LINACEAE); esto indica que dichas especies tienen alta capacidad de resiliencia frente a episodios de fuego. Como menciona Begon *et al.* (1999) las sucesiones secundarias como consecuencia de una perturbación tienen un cambio gradual en función a los recursos como en nutrientes y luz; en el inicio de la sucesión hay más abundancia de luz y menos nutrientes, ocurriendo lo contrario en la etapa más avanzada de la sucesión donde aparecen la mayor cantidad de especies competitivas en las diferentes circunstancias ambientales. El ritmo de crecimiento y su tamaño final de las poblaciones dependerá de la capacidad de carga (k) del ecosistema; el tamaño de las poblaciones no se mantiene estático siendo la abundancia un parámetro relevante para conocer los cambios de las poblaciones en el tiempo, las medidas sucesionales determinarán el patrón de crecimiento en cada población. Cuando una población ha alcanzado su nivel máximo tiende a mantenerse en el mismo nivel durante un largo tiempo o aumenta lentamente con una mejor adaptación al medio (Morlans 2004).

Por otro lado 14 especies solo se registraron en el área de cobertura quemada y estas son: *Alternanthera macbridei*, *Arracacia peruviana*, *Daucus montanus*, *Philibertia solanoides*, *Viguiera* sp., *Tagetes multiflora*, *Coreopsis sherffii*, *Hieracium* sp., *Draba* sp., *Commelina tuberosa*, *Sisyrinchium trinerve*, *Hesperoxiphion niveum*, *Pelexia* sp., *Polypodium polypodioides*; lo que indica la presencia de nuevas especies herbáceas en el área perturbada por el incendio, donde generalmente estas especies que son capaces de aprovechar eventos de perturbación para regenerarse y expandir sus poblaciones. Batista (2013), menciona que luego de un incendio la regeneración natural, consiste en la renovación de vegetación ya sea con las mismas o diferentes especies, que responden rápidamente a las condiciones del medio ocupando el área impactada en los primeros meses, sin embargo estas especies tienden a ser muy inestables; como también manifiesta Castillo (2010), estas especies se ven paulatinamente disminuidas por competencia de espacio y luz.

Así mismo 6 especies solo se registraron en el área de cobertura sin quemar y estas son: *Campyloneurum angustifolium*, *Dyssodia* sp., *Gentianella utescens*, *Agrostis capillaris*, *Bomarea dulcis*, *Polypogon maritimus*; de las cuales no se evidenció regeneración en el área de cobertura quemada puesto que el fuego generó daños totales en el sistema de propagación, alterando la adaptación de las especies más susceptibles. Las especies vegetales responden de forma diferente al fuego dependiendo de sus habilidades para

tolerarlo y de los mecanismos de regeneración que posean; en especies carentes de adaptaciones, resistencia o tolerancia al fuego; los incendios incluso cuando su intensidad es baja pueden causar alta mortalidad. Si la adaptación es ausente en gran parte de las especies que componen la comunidad, el impacto sobre el ecosistema puede cambiar drásticamente la dinámica y composición de la vegetación junto con el resto de la cadena trófica. Así que, el mantenimiento de las poblaciones y comunidad en general depende exclusivamente de la resistencia de las semillas en el suelo, de la capacidad de rebrote de las plantas y de la recolonización del sitio desde sectores no afectados (Lloret y Vilà 2003, citado por Jaksic y Fariña 2015).

Así también en la Tabla 2 se observa que en el área de cobertura quemada el incremento es paulatino de especies e individuos durante cada intervalo de tiempo teniendo en: diciembre (16 especies), enero (28 especies), febrero (43 especies), marzo (49 especies) y abril (50 especies); sin embargo en agosto solo se registró (29 especies), restando 26 especies con respecto a los meses anteriores de las cuales tenemos: *Alternanthera macbridei*, *Daucus montanus*, *Tagetes multiflora*, *Viguiera* sp., *Coreopsis sherffii*, *Hieracium peruanum*, *Draba* sp., *Commelina tuberosa*, *Sisyrinchium chilense*, *Hesperoxiphion niveum*, *Polypodium polypodioides*, *Pelexia* sp., *Chrysactinium acaule*, *Onoseris speciosa*, *Coreopsis killipii*, *Perezia pungens*, *Achyrocline satureioides*, *Silene thysanodes*, *Dioscorea weberbaueri*, *Ennealophus foliosus*, *Sisyrinchium trinerve*, *Salvia oppositiflora*, *Masdevallia* sp., *Epidendrum secundum*, *Oxalis peduncularis*, *Thalictrum podocarpum*; de acuerdo a Morláns (2004), las poblaciones con estrategias de selección “r” crecen hasta que se produce un exceso en el número de individuos y luego de esta fase se produce una desaceleración hasta que finalmente el tamaño de la población se estabiliza o también algún cambio ambiental desfavorable incide en la población, momento donde los recursos se tornan insuficientes y hay elevada mortalidad llegando la población a niveles inferiores al límite de carga del ecosistema; como también Begon *et al.* (1999) menciona que las plantas anuales muestran una estrategia reproductora oportunista, estas se reproducen una sola vez, dejando gran número de semillas y las plantas progenitoras mueren poco después sólo sobreviven las semillas. Así mismo también manifiesta Serra (2008), en épocas de estiaje las especies herbáceas anuales disminuyen, por falta de humedad pierden sus hojas y ramas o en otros casos termina su ciclo vegetativo en un corto periodo de tiempo, que rebrotan o germina con la llegada del periodo de lluvias.

Tabla 2. Abundancia de especies herbáceas registradas durante cada mes monitoreo en el Cañón del río Chonta - Cajamarca.

Familia	Nombre científico	Nombre común	Número de individuos								
			Área de cobertura quemada						Área de cobertura sin quemar		
			Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	Ago	Nov	Feb	Abr
ASTERACEAE	<i>Pappobolus cajamarcensis</i> Panero	“Sigues”	0	10	32	125	155	124	20	16	29
ASTERACEAE	<i>Coreopsis oblanceolata</i> S.F.Blake		0	10	39	87	102	130	72	306	358
CYPERACEAE	<i>Cyperus</i> sp.	“Cortadera”	38	56	69	76	93	89	57	69	52
EUPHORBIACEAE	<i>Euphorbia</i> sp.	“Lentejilla”	13	17	33	59	79	41	4	18	116
POACEAE	<i>Festuca</i> sp.	“Hierba de toro”	21	30	46	70	77	71	43	118	91
POACEAE	<i>Stipa ichu</i> (Ruiz & Pav) Kunth	“Paja”	19	20	31	57	59	48	68	95	116
LINACEAE	<i>Linum polygaloides</i> Planch.	“Canchalagua”	2	14	29	48	58	15	2	12	31
ASTERACEAE	<i>Stevia andina</i> B.L.Rob.	“Cawaquewua”	12	29	37	46	55	15	1	8	6
LAMIACEAE	<i>Clinopodium sericeum</i> (C.Presl ex Benth.)	“Romero”	1	9	22	28	27	29	56	19	70
LAMIACEAE	<i>Salvia styphelos</i> Epling	“Salvia rugosa”	2	2	14	23	26	25	69	76	53
CALCEOLARIACEAE	<i>Calceolaria reichlinii</i> Edwin	“Romero blanco”	0	8	21	23	24	18	18	18	9
RUBIACEAE	<i>Arcytophyllum ericoides</i> (Willd. ex Roem. & Schult.) Standl.		0	2	13	26	23	25	44	35	25
RUBIACEAE	<i>Galium hypocarpium</i> (L.) Endl. ex Griseb.	“Arañaquewua”	0	5	9	15	24	2	4	4	14
IRIDACEAE	<i>Ennealophus foliosus</i> (Kunth) Ravenna		0	7	11	32	35	0	7	0	5
ASTERACEAE	<i>Chrysactinium acaule</i> (Kunth) Wedd.		0	2	9	19	23	0	12	14	5
AMARANTHACEAE	<i>Alternanthera porrigens</i> (Jacq.) Kuntze	“Moradilla”	0	0	1	7	15	11	18	9	29
ASTERACEAE	<i>Coreopsis poloe</i> Sagást. & Zapata		0	1	5	10	13	6	0	1	0
AMARYLIDACEAE	<i>Stenomesson aurantiacum</i> (Kunth) Herb.		7	11	9	13	12	1	2	11	0
ASTERACEAE	<i>Achyrocline celosioides</i> (Kunth) DC.	“Tabardillo”	0	1	2	7	11	5	1	17	5
OROBANCHACEAE	<i>Lamourouxia sylvatica</i> Kunth	“Doguito”	0	2	6	10	11	1	2	5	7

CARYOPHYLLACEAE	<i>Silene thysanodes</i> Fenzl		0	0	1	8	11	0	0	0	7
POACEAE	<i>Pennisetum</i> sp.		0	0	3	6	8	13	31	10	0
ASPLEMACEAE	<i>Asplenium triphyllum</i> C. Presl		0	0	4	5	7	1	11	12	3
DIOSCOREACEAE	<i>Dioscorea weberbaueri</i> R.Knuth		0	1	2	6	7	0	3	1	0
ASTERACEAE	<i>Onoseris speciosa</i> Kunth		0	0	2	4	6	0	4	0	5
RANUNCULACEAE	<i>Thalictrum podocarpum</i> Kunth		1	1	2	2	6	0	4	4	0
ASTERACEAE	<i>Coreopsis killipii</i> Sherff	“Cadillo”	0	0	3	1	6	0	0	7	19
ORCHIDACEAE	<i>Stelis velaticaulis</i> (Rchb.f.) Pridgeon & M.W.Chase	“Cucharilla”	2	2	3	5	5	5	9	20	22
ASTERACEAE	<i>Hieracium peruanum</i> Fr.	“Chicoria”	0	0	0	3	5	0	0	0	0
BORAGINACEAE	<i>Lithospermum rodriguezii</i> Weigend & Nürk		0	0	1	1	4	7	14	14	24
LAMIACEAE	<i>Salvia sagittata</i> Ruiz & Pav.	“Salvia”	2	2	2	4	4	2	15	6	6
APIACEAE	<i>Arracacia peruviana</i> (H.Wolff) Constance		4	5	5	6	4	1	0	0	0
LAMIACEAE	<i>Salvia oppositiflora</i> Ruiz & Pav.	“Salva roja”	0	0	2	0	4	0	1	1	14
ASTERACEAE	<i>Tagetes multiflora</i> Kunth	“Chincho”	0	0	0	2	4	0	0	0	0
BRASSICACEAE	<i>Draba</i> sp.		0	1	0	0	4	0	0	0	0
ASTERACEAE	<i>Schistocarpha</i> sp.		0	0	0	5	3	3	5	5	14
ASTERACEAE	<i>Coreopsis senaria</i> S.F.Blake & Sherff		0	0	0	2	3	2	3	0	19
IRIDACEAE	<i>Sisyrinchium trinerve</i> Baker		0	0	0	3	3	0	0	0	0
AMARANTHACEAE	<i>Alternanthera macbridei</i> Standl.	“Pestañita”	0	0	1	1	3	0	0	0	0
POLYPODIACEAE	<i>Polypodium polypodioides</i> (L.) Watt		0	0	1	1	3	0	0	0	0
IRIDACEAE	<i>Sisyrinchium chilense</i> Hook.		0	0	1	0	3	0	2	0	0
APOCYNACEAE	<i>Philibertia solanoides</i> Kunth.	“Albaca”	0	0	1	2	2	2	0	0	0
ASTERACEAE	<i>Cronquistianthus</i> sp.		0	0	1	1	2	2	22	9	20
OXALIDACEAE	<i>Oxalis peduncularis</i> Kunth	“Oca ”	0	1	1	3	2	0	5	0	0
APIACEAE	<i>Daucus montanus</i> Humb. & Bonpl. ex Schult.	“Culantrillo”	0	0	0	3	2	0	0	0	0

BROMELIACEAE	<i>Bromelia</i> sp.	“Tuyo”	1	1	1	1	1	2	25	7	2	
ASTERACEAE	<i>Viguiera</i> sp.	“Suncho”	0	0	3	2	1	0	0	0	0	
ASTERACEAE	<i>Perezia pungens</i> Less.		1	0	0	0	1	0	1	1	4	
COMMELINACEAE	<i>Commelina tuberosa</i> L.	“azulina”	0	0	0	1	1	0	0	0	0	
IRIDACEAE	<i>Hesperoxiphion niveum</i> (Ravenna) Ravenna		0	0	0	1	1	0	0	0	0	
ORCHIDACEAE	<i>Pelexia</i> sp.		0	0	0	2	0	0	0	0	0	
ASTERACEAE	<i>Achyrocline satureioides</i> (Lam.) DC.	“Ishpingo blanco”	0	0	1	0	0	0	23	1	9	
ORCHIDACEAE	<i>Masdevallia</i> sp.		0	0	1	0	0	0	3	0	0	
ORCHIDACEAE	<i>Epidendrum secundum</i> Jacq.	“Cucharilla”	0	0	1	0	0	0	0	0	2	
ASTERACEAE	<i>Coreopsis sherffii</i> S.F.Blake	“Cadillo”	0	0	0	1	0	0	0	0	0	
POLYPODIACEAE	<i>Campyloneurum angustifolium</i> (Sw.) Fée	“helecho”	0	0	0	0	0	0	15	14	3	
ASTERACEAE	<i>Dyssodia</i> sp.	“Honrada ”	0	0	0	0	0	0	2	19	2	
GENTIANACEAE	<i>Gentianella utescens</i> (Velen.) Holub		0	0	0	0	0	0	2	6	9	
POACEAE	<i>Agrostis capillaris</i> L.		0	0	0	0	0	0	5	6	2	
ALSTROEMERIACEAE	<i>Bomarea dulcis</i> (Hook.) Beauverd	“Margarita”	0	0	0	0	0	0	10	0	0	
POACEAE	<i>Polypogon maritimus</i> Willd.		0	0	0	0	0	0	3	0	7	
Número individuos			126	250	481	863	1038	696	718	994	1214	
Número especies			16	28	43	49	50	29	43	37	38	
Totales	Número especies			55				47				
	Número individuos			61				61				
	Número especies			11	18	24	25	25	16	21	19	17
	Número familias			25				21				
Número familias			27									

4.1.1 Número de individuos y Cobertura vegetal por estrato

En la Figura 7 se observa que en el estrato “A” se registró menor abundancia, en “B” abundancia media y en “C” mayor abundancia de individuos. Además se observa que en este último, los monitoreos de marzo y abril registraron mayor cantidad de individuos, con respecto al área de cobertura sin quemar. Esto se sustenta de acuerdo a lo que menciona Fernández *et al.* (2010), citado por Sandoval (2016), que el fuego elimina la vegetación, mitiga la competencia creando condiciones de luz y temperaturas óptimas para el desarrollo herbáceo.

En la Figura 8 se aprecia los porcentajes de cobertura en escala Braun-Blanquet, en el área de cobertura quemada se presentaron de la siguiente manera: en noviembre ausente, diciembre esporádicos con valores que van de 1% a 2%, enero y febrero muy raros con valores que van de 5.4% a 10.6%, marzo dispersos con valores que van de 30% a 35%, abril y agosto interrumpidos con valores que van de 50% a 64%. Además en los tres últimos meses se observó los más altos porcentajes de cobertura lo cual se relaciona con la mayor intensidad de precipitaciones (Manta 2004 y SENAMHI 2018); mientras que en el área de cobertura sin quemar los porcentajes fueron continuos con valores que van de 88% a 93%.

Por otro lado se observa en las Figuras 7 y 8, que en los estratos del área de cobertura quemada ocurrió un incremento en cada intervalo de tiempo, tanto en el número de individuos como en el porcentaje de cobertura hasta un cierto límite, luego se produjo una disminución de los mismos; en términos ecológicos este efecto se produce luego de una fase de crecimiento rápido que conlleva a una desaceleración hasta que finalmente el tamaño de la población se estabiliza, todo ecosistema presenta una determinada capacidad de carga (k), cuando el crecimiento de la población va acercándose al límite de capacidad de carga va oponiéndose una resistencia ambiental que puede definirse como la suma de factores limitantes que restringen el crecimiento, ajustando su velocidad de crecimiento según la resistencia que opone el ambiente poblacional, la etapa de aceleración se produce cuando el número de individuos está lejos de la capacidad de carga considerando el potencial biótico de las poblaciones con estrategias “ r ”, las que se caracterizan por su incremento masivo de individuos (Morlans 2004 y Ramírez 2005). Todas las especies tienen la capacidad de incrementar su población cuando las condiciones son ideales, la principal característica de un incremento muy rápido en cada intervalo de tiempo tiene lugar en los factores abióticos de resistencia ambiental que pueden ser: humedad, luz,

salinidad, pH y nutrientes. Es decir, en los estadios tempranos del crecimiento de las plantas son más vulnerables por la falta de nutrientes o agua; por lo tanto si una población crece, permanece estable o disminuye es el resultado de un balance dinámico entre su potencial biótico y la resistencia ambiental (Begon *et al.* 1999).

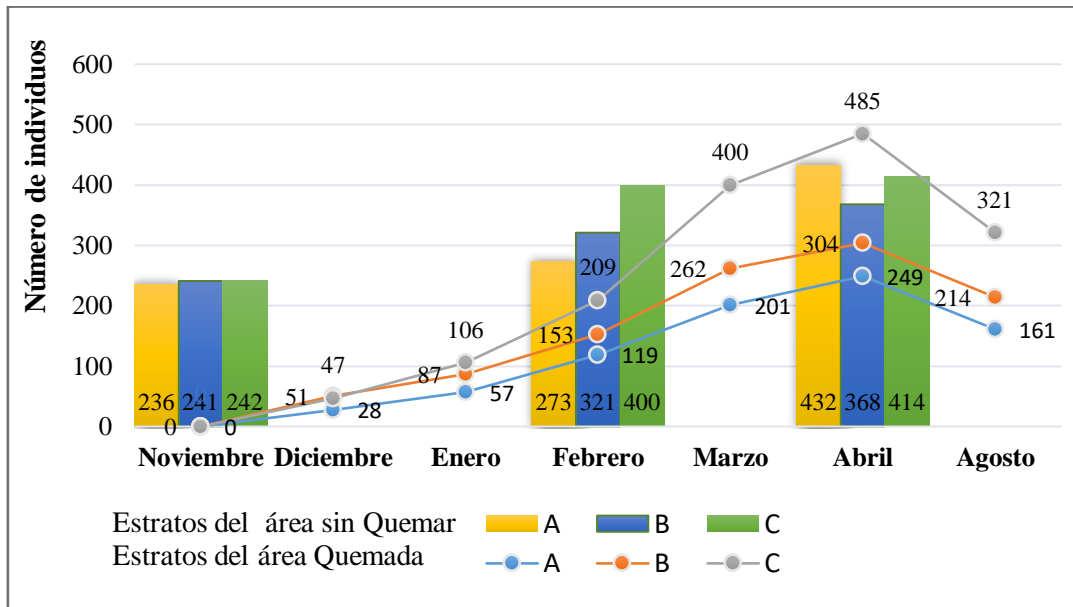


Figura 7. Número de individuos registrados en cada estrato del área de cobertura quemada y sin quemar.

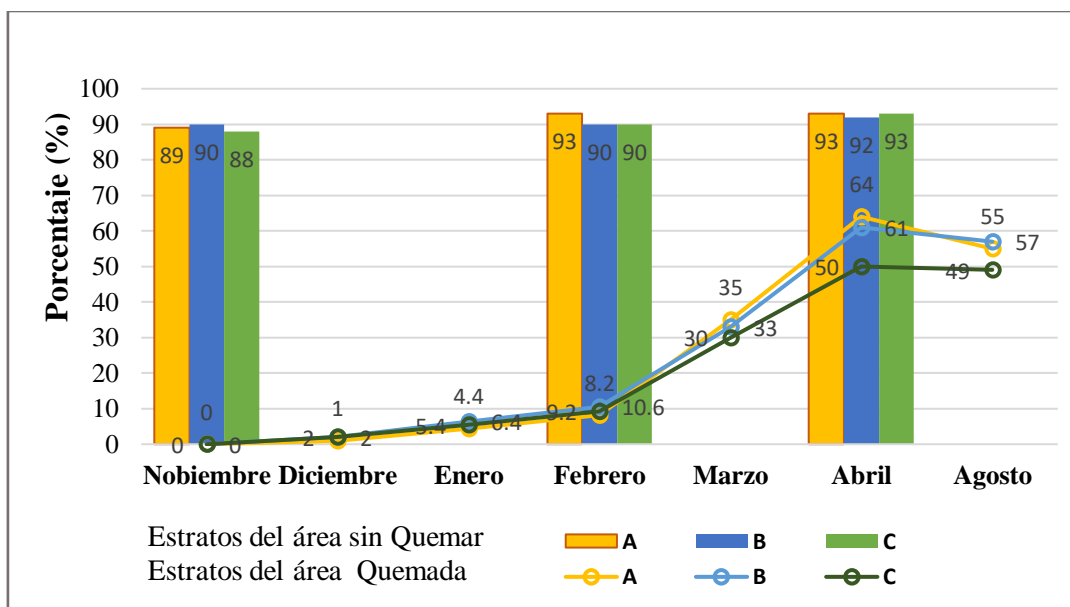


Figura 8. Porcentajes de cobertura vegetal en escala Braun-Blanquet de cada estrato del área de cobertura quemada y sin quemar.

4.1.2 Número de especies y familias registradas en cada estrato

En las Figuras 9 y 10 se observa que el estrato “B” del área de cobertura quemada registró mayor número de especies y familias. Además, en los monitoreos de marzo y abril, el número de especies es mayor con respecto al área de cobertura sin quemar, demostrando así la presencia de nuevas especies herbáceas en el área de cobertura quemada. Como mencionan Quintanilla y Castro (1998) y Sandoval (2016), el desarrollo de especies herbáceas en áreas quemadas es alto tanto por la liberación de semillas retenidas por las plantas, germinación de las semillas transportadas de fuentes vecinas y de las que permanecían bajo el suelo.

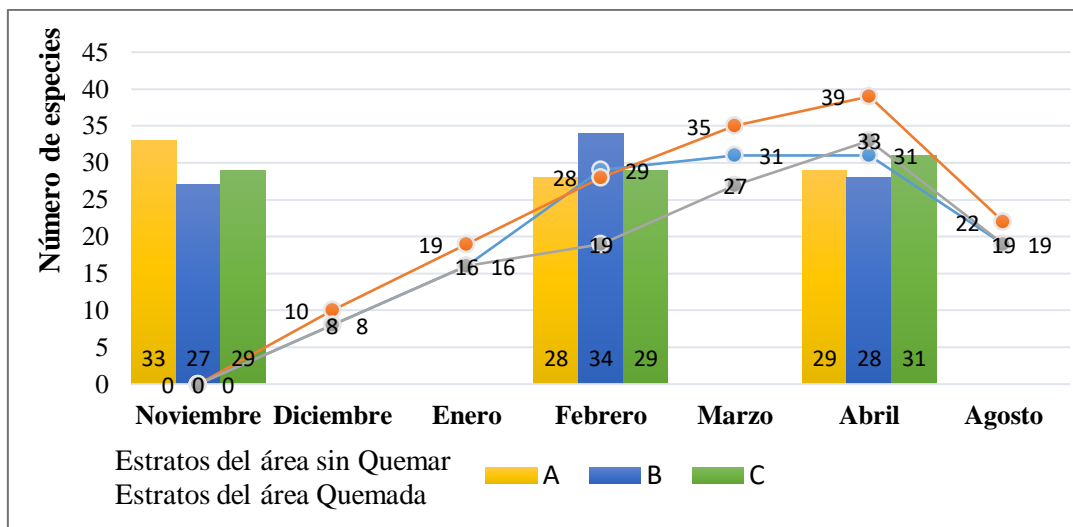


Figura 9. Número de especies registradas en cada estrato del área de cobertura quemada y sin quemar.

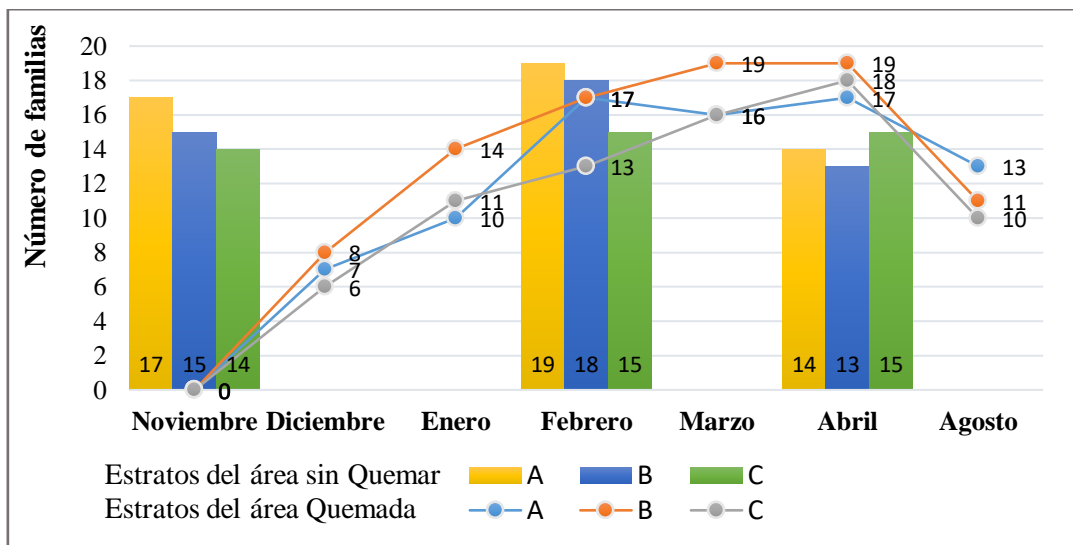


Figura 10. Número de familias registradas en cada estrato del área de cobertura quemada y sin quemar.

De acuerdo a los resultados ya mencionados se demuestra que a los seis meses de acción del fuego, la vegetación herbácea logra recuperarse tanto en abundancia de individuos, especies, familias y también en cobertura vegetal. Según Vellozas *et al.* (2010), esto se relaciona directamente con las condiciones climáticas y además como mencionan Osorio (2013), Alva y Manosalva (2019) y Casas (2019), la acumulación de cenizas procedentes del incendio incrementa el pH del suelo, ya que contienen gran cantidad de carbonato de potasio ($\text{CO}_3 \text{K}_2$), calcio (Ca), magnesio (Mg) y potasio (K); elementos que se encuentran de forma soluble en el suelo. Dichos elementos disminuyen el grado de acidez y elevan el nivel de algunos nutrientes del suelo que son limitantes para el crecimiento de la vegetación, como consecuencia de este efecto, se mejora el nivel de nutrientes asimilable por las plantas (Sabuco 2013).

Del mismo modo concuerda con lo mencionado por Solera *et al.* (2009), las zonas quemadas se caracterizan por la presencia de cenizas después del incendio, seguido de un progresivo rebrote y germinación de la vegetación herbácea, en los primeros meses. Según Quintanilla y Castro (1998), después de un incendio, la vegetación que fue quemada tiende a regenerarse, aunque no se restablezca la misma estructura del paisaje, pero debido a las propiedades morfológicas y fisiológicas de las plantas vuelven a restablecerse.

4.2 Análisis de índices de diversidad alfa

En la Figura 11 se observa que en el área de cobertura quemada los monitoreos de diciembre, enero y agosto presentaron índices de baja riqueza, con valores que van de 1.8 a 4 y en los monitoreos marzo y abril presenta índices de alta riqueza, con valores que van de 5 a 6.6. Por otro lado los estratos del área de cobertura sin quemar presentaron índices de alta riqueza con valores que van de 5 a 5.9. De acuerdo a lo mencionado se demuestra que en los meses de marzo y abril la vegetación herbácea alcanza la mayor capacidad de regeneración con respecto a la riqueza de especies.

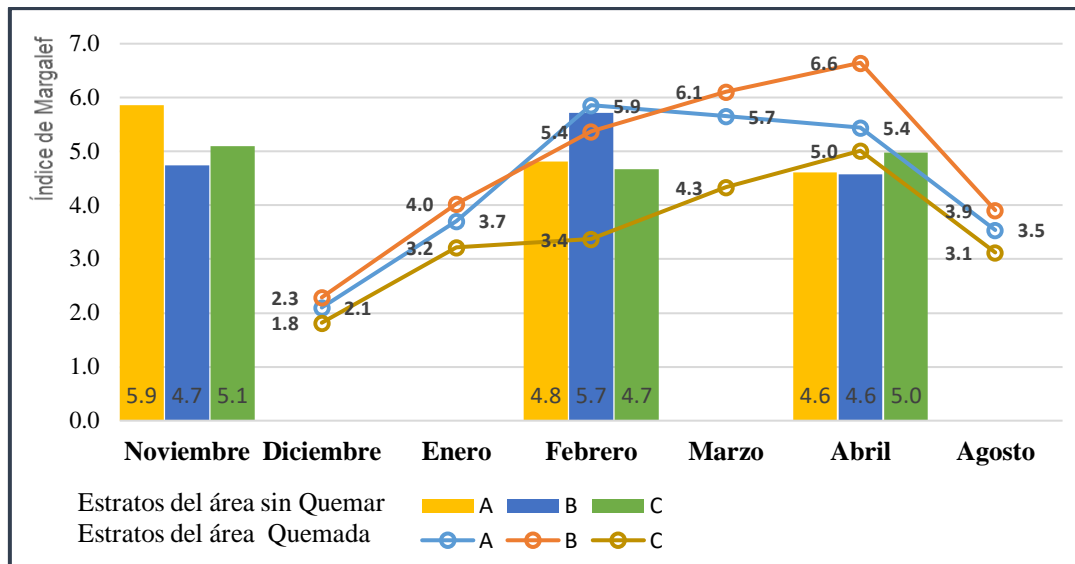


Figura 11. Análisis de riqueza de especies herbáceas mediante el índice Margalef del área de cobertura quemada y sin quemar.

En la Figura 12 se observa que en los estratos del área de cobertura sin quemar presentaron baja dominancia, con valores que van de 0.17 a 0.06; del mismo modo en el área de cobertura quemada, con valores que van de 0.22 a 0.05, los cuales fueron disminuyendo en cada mes de monitoreo, sin embargo, en agosto vuelve a incrementarse; como ya se mencionó anteriormente esto indica que en época de estiaje ciertas especies se marchitaron o terminó su ciclo vegetativo y al encontrar menor cantidad de especies la dominancia aumenta.

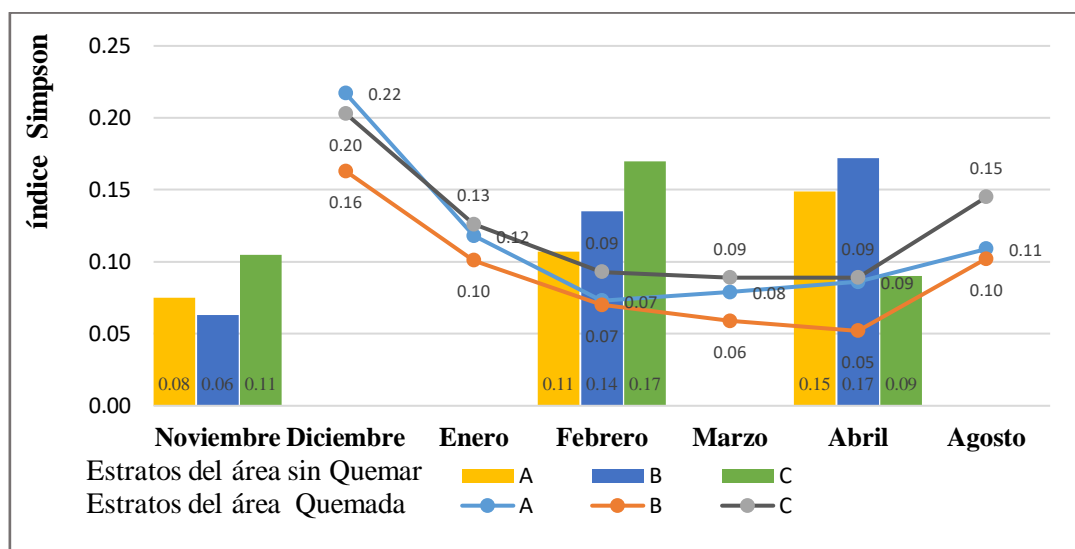


Figura 12. Análisis de dominancia de especies mediante índice de Simpson del área de cobertura quemada y sin quemar.

En la Figura 13 se observa que en los estratos del área de cobertura quemada y sin quemar presentan diversidad media, con valores que van de 1.79 a 3.25. Por otro lado también se aprecia que en los monitoreos de febrero, marzo y abril la diversidad es mayor con respecto al área de cobertura sin quemar, esto demuestra que en estos meses la vegetación herbácea logró recuperarse en diversidad y uniformidad de especies.

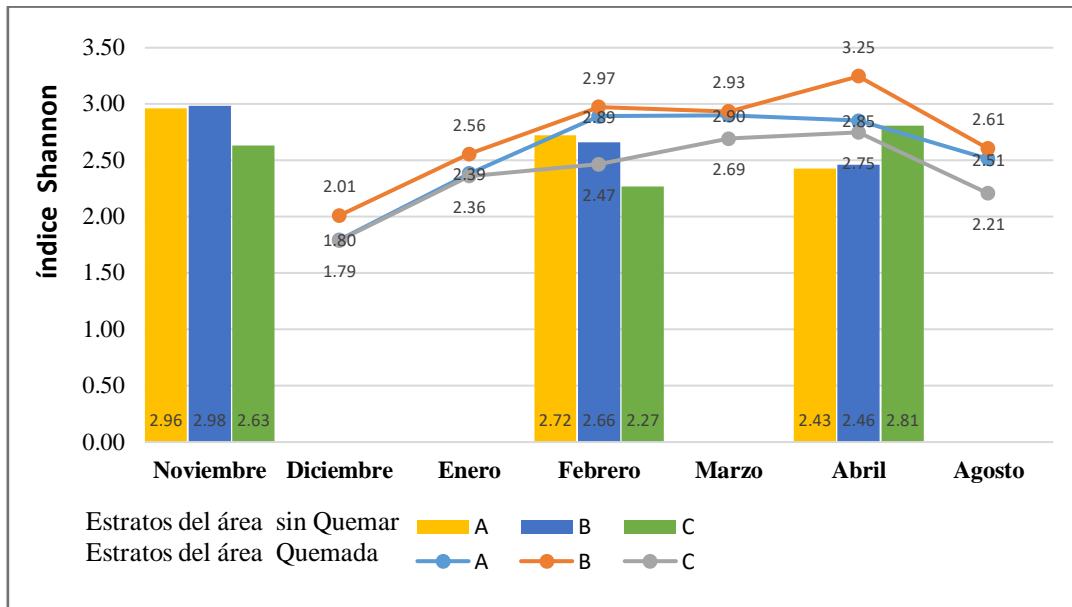


Figura 13. Distribución y uniformidad de especies (índice de Shannon), del área de cobertura quemada y sin quemar.

Los resultados de índices de diversidad demostraron que en seis meses de estudio la vegetación herbácea se recuperó en riqueza, uniformidad y diversidad de especies. Estudios realizados por Clavo *et al.* (2007) y Batista (2013), indican que la vegetación herbácea tiene alta diversidad y riqueza de especies, las cuales son las primeras en iniciar la recuperación del ecosistema, en los primeros meses luego de ocurrir un incendio. Por otro lado menciona Armesto *et al.* (2009), citado por Sandoval (2016), que una perturbación de fuego produce cambios en abundancia, riqueza y diversidad de las especies herbáceas, principalmente las anuales, ya que luego de un incendio se origina rápidamente una gran colonización de lugares abiertos por parte de las hierbas anuales, con un incremento aproximado del 30% de especies en relación a los sectores no afectados por el fuego.

4.3 Análisis de índices de diversidad beta

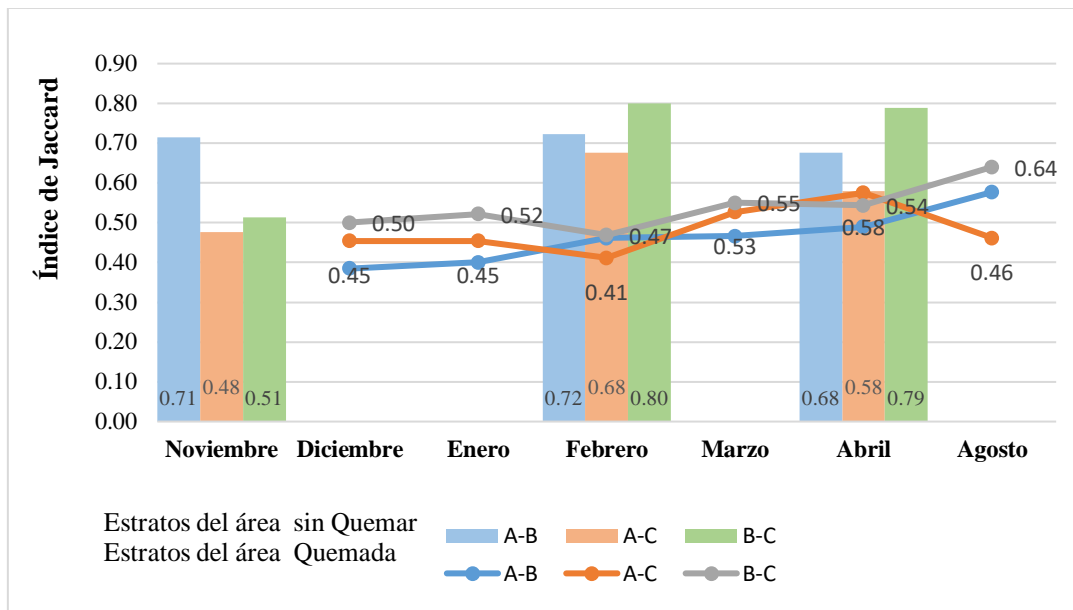


Figura 14. Análisis del índice de similitud Jaccard en el área de cobertura quemada y sin quemar.

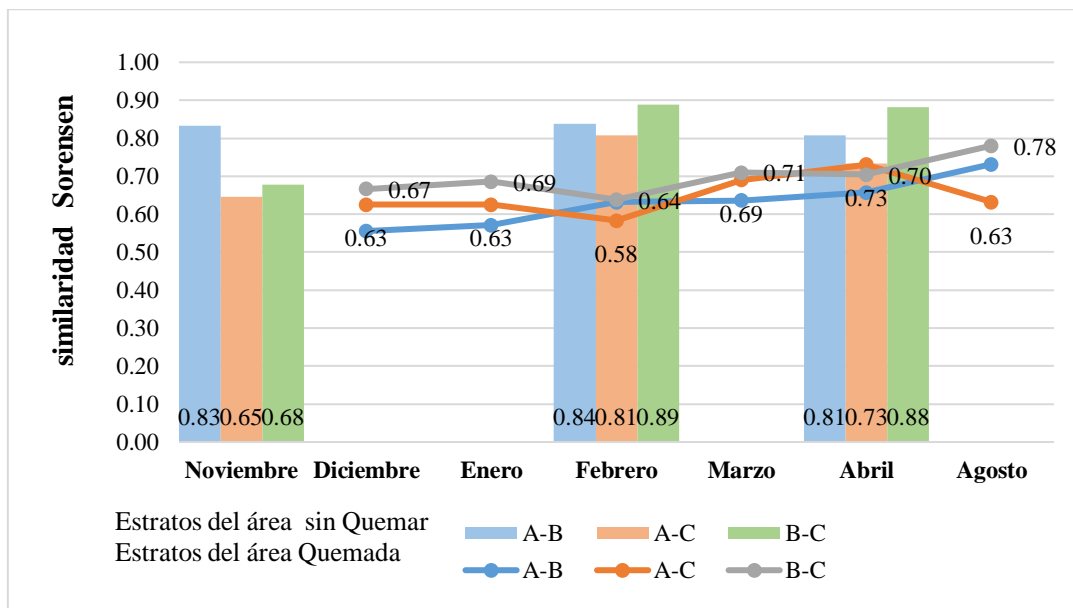


Figura 15. Análisis del índice de similitud Sorensen en el área de cobertura quemada y sin quemar.

En la Figura 14 se observa el análisis del índice Jaccard, donde los estratos del área de cobertura quemada son medianamente parecidos, con valores que van de 0.41 a 0.64 y muy similares en el área de cobertura sin quemar, con valores que van de 0.68 a 0.80.

En la Figura 15 se observa que el área de cobertura quemada presenta estratos muy parecidos, con valores que van de 0.63 a 0.78, al igual que el área de cobertura sin quemar, con valores que van de 0.68 a 0.88.

De acuerdo a los valores obtenidos en los índices de similitud sea aprecia que la composición de especies en el área de cobertura quemada es más inestable con respecto al área de cobertura sin quemar; como manifiesta Jaksic y Fariña (2015) las perturbaciones por incendios pueden dar lugar a un nuevo ecosistema o restringir la persistencia del ecosistema original en el tiempo. La alteración del ecosistema se caracteriza por las pérdidas de sus características originales en su composición, estructura y función que mantiene el equilibrio en la dinámica de poblaciones, a través del proceso de sucesión se recupera la capacidad de los ecosistemas con comunidades en estados relativamente inestables, los proceso de sucesión facilitan la recuperación espontánea de los componentes biológicos y ecológicos en un ecosistema natural. Esto determina la resiliencia de un ecosistema, para que este pueda integrarse dentro de un paisaje más amplio dentro del contexto ecológico.

4.4 Comparaciones estadísticas basadas en la distribución t - Student

Los coeficientes de variación obtenidos en los índices de Margalef (14%), Simpson (19%) y Shannon (6%), porcentajes que indican buena precisión alcanzada en el estudio.

Tabla 3. Nivel de significación estadística en los índices de Margalef.

	Área de Cobertura Quemada					Área de Cobertura sin Quemar		
	Ene	Feb	Mar	Abr	Ago	Nov	Feb	Abr
Dic	-3.210**	-5.668**	-6.687**	-7.359**	-2.951**	-6.414**	-6.080**	-5.376**
Ene		-2.459*	-3.477**	-4.149**	0.258 ^{NS}	-3.204**	-2.870**	-2.166*
Feb			-1.018 ^{NS}	-1.691 ^{NS}	2.717*	-0.745 ^{NS}	-0.412 ^{NS}	0.293 ^{NS}
Mar				-0.672 ^{NS}	3.736**	0.273 ^{NS}	0.607 ^{NS}	1.311 ^{NS}
Abr					4.408**	0.945 ^{NS}	1.279 ^{NS}	1.983 ^{NS}
Ago						-3.463**	-3.129**	-2.425*
Nov							0.334 ^{NS}	1.038 ^{NS}
Feb								0.704 ^{NS}

En la Tabla 3 se observa los resultados del análisis de mínima diferencia significativa, en los índices de Margalef, donde se observa que no existe diferencia significativa en los meses de febrero, marzo y abril, en relación a los monitoreos del área de cobertura sin quemar. Esto indica que en estos meses la riqueza de especies herbáceas no varía en número.

Tabla 4. Nivel de significación estadística de los valores del índice de Simpson.

	Área de Cobertura Quemada					Área de Cobertura sin Quemar		
	Ene	Feb	Mar	Abr	Ago	Nov	Feb	Abr
Dic	4.527**	6.595**	6.766**	6.762**	4.307**	6.468**	3.260**	3.285**
Ene		2.068 ^{NS}	2.239*	2.235*	-0.220 ^{NS}	1.941 ^{NS}	-1.267 ^{NS}	-1.242 ^{NS}
Feb			0.171 ^{NS}	0.167 ^{NS}	-2.288*	-0.127 ^{NS}	-3.335**	-3.310**
Mar				-0.004 ^{NS}	-2.459*	-0.298 ^{NS}	-3.506**	-3.481**
Abr					-2.455*	-0.294 ^{NS}	-3.502**	-3.502**
Ago						2.162*	-1.046 ^{NS}	-1.022 ^{NS}
Nov							-3.208**	-3.183**
Feb								0.025 ^{NS}

En la Tabla 4 se muestra los resultados estadísticos de los valores de dominancia Simpson, donde se observa, que no existe diferencia significativa en los meses de enero, febrero, marzo y abril, en relación al monitoreo de noviembre del área de cobertura sin quemar.

Tabla 5. Nivel de significación estadística de los valores del índice de Shannon.

	Área de Cobertura Quemada					Área de Cobertura sin Quemar		
	Ene	Feb	Mar	Abr	Ago	Nov	Feb	Abr
Dic	-4.195**	-6.731**	-7.206**	-7.995**	-4.253**	-7.317**	-5.060**	-5.177**
Ene		-2.536*	-3.011**	-3.799**	-0.057 ^{NS}	-3.122**	-0.865 ^{NS}	-0.982 ^{NS}
Feb			-0.475 ^{NS}	-1.263 ^{NS}	2.479*	-0.586 ^{NS}	1.671 ^{NS}	1.554 ^{NS}
Mar				-0.789 ^{NS}	2.953**	-0.111 ^{NS}	2.046 ^{NS}	2.029 ^{NS}
Abr					3.742**	0.678 ^{NS}	2.935**	2.817*
Ago						-3.064**	-0.807 ^{NS}	-0.925 ^{NS}
Nov							2.257*	2.140*
Feb								-0.117 ^{NS}

En la Tabla 5 se muestra los resultados del análisis de la mínima diferencia significativa, de los índices de Shannon, donde se observa que en los monitoreos de marzo y abril no existe diferencia significativa, en relación a los monitoreos del área de cobertura sin quemar. Esto indica que en los meses mencionados las especies herbáceas alcanzaron uniformidad de distribución similar al área de cobertura sin quemar.

Con lo expuesto anteriormente, se demuestra que a los seis meses de acción del fuego la vegetación herbácea alcanza su mayor capacidad de regeneración, además el estudio realizado por Alva y Manosalva (2019), demuestra que el incendio ocurrido en el Cañón del río Chonta (Sangal), no generó efectos negativos en las propiedades del suelo, por el contrario, incrementó la disponibilidad de los siguientes elementos: conductividad eléctrica (C.E.), materia orgánica (M.O), nitrógeno (N), magnesio (Mg^{2+}), potasio disponible (K) y capacidad de intercambio catiónico (CIC). Como consecuencia de este efecto aumentó la disponibilidad de nutrientes para las plantas, favorecieron el rápido desarrollo de la vegetación herbácea y se refleja claramente en los resultados obtenidos en el presente estudio de regeneración. De acuerdo a estos resultados afirmamos que el incendio ocurrido en septiembre en el año 2018 fue de baja intensidad. Según Neary *et al.* (1999) y Solera *et al.* (2002), citados por Casas (2019), estos resultados son característicos de incendios con baja intensidad; ya que estos, generan pequeños impactos promoviendo la vegetación herbácea.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

El tiempo de regeneración de la vegetación herbácea en el cañón del río Chonta fue progresivo, registrándose en noviembre cero especies, diciembre (16 especies), enero (28 especies), febrero (43 especies), marzo (49 especies) y abril (50 especies)

Las especies identificadas con mayor abundancia de individuos en el área de cobertura quemada y sin quemar fueron: *Pappobolus cajamarcensis*, *Coreopsis oblanceolata*, *Stevia andina* (ASTERACEAE); *Cyperus* sp. (CYPERACEAE); *Euphorbia* sp. (EUPHORBIACEAE); *Festuca* sp., *Stipa ichu* (POACEAE), *Linum polygaloides* (LINACEAE).

Los porcentajes de cobertura vegetal fueron en noviembre ausente, diciembre esporádicos con valores que van de 1% a 2%, enero y febrero muy raros con valores que van de 5.4% a 10.6%, marzo dispersos con valores que van de 30% a 35%, abril y agosto interrumpidos con valores que van 50% a 64%.

Los índices de diversidad Margalef, tuvo valores de 5 y 6.6 que indican alta riqueza, Simpson de 0.17 a 0.06 baja dominancia y Shannon de 1.79 a 3.25 diversidad media de especies.

Luego del incendio ocurrido en septiembre del 2018 en el Cañón del río Chonta (Sangal)-Cajamarca, a los seis meses la capacidad de regeneración herbácea fue más del cincuenta por ciento, respecto a las condiciones iniciales.

5.2 Recomendaciones

Realizar estudios a través del tiempo, para complementar estudios en regeneración natural de vegetación arbustiva.

Complementar la regeneración natural con estudios de dispersión de semillas para realizar prácticas de restauración.

CAPÍTULO VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguirre Mendoza, Z. 2013. Guía de métodos para medir la biodiversidad. Área agropecuaria y de recursos naturales renovables. Ecuador. 83 p
- Aguirre Briones, F. 2016. Manual de formación de incendios forestales para cuadrillas (en línea). Consultado el 09 agosto. 2019. Disponible en:
https://www.aragon.es/documents/20127/674325/MANUAL_INCENDIOS_CUADRILLAS.pdf/7a477952-318e-3110-a2df-94692725ab98
- Alva Mendoza, D M y Manosalva Caruajulca, H I 2019. Efecto del fuego en las propiedades químicas del suelo en el Cañón De Sangal. Tesis Ing. Cajamarca. Perú. Universidad Privada del Norte. 90 p.
- Aponte, H *et al.* 2017. Primeros estadios en la regeneración natural de la vegetación post-incendio en los humedales de ventanilla (en línea). Perú. Consultado el 05 octubre. 2019. Disponible en:
<http://www.scielo.org.pe/pdf/ecol/v16n1/a04v16n1.pdf>
- Batista Montenegro, A E. 2013. Regeneración natural en sitios impactados por incendios en la Reserva Biológica Uyuca (en línea). Honduras. Consultado el 06 noviembre. 2018. Disponible en:
<https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/1718/1/IAD-2013-T005.pdf>
- Begon, M *et al.* 1999. Ecología: Individuos, Poblaciones y Comunidades. Ed. Omega. Barcelona.
- Campos M, Duval, V. 2014. Diversidad y valor de importancia para la conservación de la vegetación natural. Argentina. Universidad Nacional del Sur.
- Casas Terrones, M J. 2019. Efectos del incendio forestal en las propiedades físicas y químicas del suelo en Huacraruco. Tesis Ing. Cajamarca. Perú. Universidad Nacional de Cajamarca. 102 p.
- Castillo, M. 2003. Incendios forestales y medio ambiente: una síntesis global (en línea). Consultado el 28 septiembre. 2018. Disponible en:
<http://www.keneamazon.net/Documents/Publications/Virtual-Library/Economia-Desarrollo/29.pdf>.

- Castillo Soto, M. 2010. Daños y efectos del fuego sobre vegetación nativa en paisajes costeros de Chile central estudio de caso (en línea). Consultado el 28 octubre. 2019. Disponible en:
[file:///C:/Users/Carmen/Downloads/Dialnet-DanosYEfectosDelFuegoEnIncendiosDeVegetacionNativa-3633941%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Carmen/Downloads/Dialnet-DanosYEfectosDelFuegoEnIncendiosDeVegetacionNativa-3633941%20(1).pdf)
- Clavo Peralta, S M 2007. Composición florística post-quema en áreas degradadas por la agricultura en la región Ucayali (en línea). Perú. Consultado el 09 agosto. 2019. Disponible en:
http://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/inia/563/1/Clavo.Composicion_floristica_port-quema.pdf.
- CENEPRED. (Caracterización del peligro por incendios forestales). 2018 Caracterización del peligro por incendios forestales (en línea). Consultado el 08 octubre. 2019. Disponible en:
https://cenepred.gob.pe/web/wp.content/uploads/2018/10/SUSCEPTIBILIDAD_PELIGRO_INCENDIO-FORESTAL.pdf
- CONAFOR (Comisión Nacional Forestal). 2010. Guía práctica para comunicadores. Incendios forestales (en línea). México. Consultado el 19 septiembre. 2018. Disponible en:
<http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/10/236Gu%C3%ADa%20pr%C3%A1ctica%20para%20comunicadores%20-%20Incendios%20Forestales.pdf>
- Dávila, L. s.f. Manual de Dendrología. Universidad nacional de Cajamarca. Perú
- Díaz Delgado, R. 2003. Efecto de la recurrencia de los incendios sobre la resiliencia post-incendio de las comunidades vegetales de Cataluña a partir de imágenes de satélite (en línea). Consultado el 10 octubre. 2019. Disponible en:
http://www.ebd.csic.es/ricardo/publi/Diaz-Delgado_2003.pdf
- Fernández Cruzado, A. 2018. Caracterización de la vegetación herbácea y arbustiva, en la Jalca del Distrito de la Libertad de Pallán. Tesis Ing. Cajamarca. Perú. Universidad Nacional de Cajamarca. 89 p.

- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2016. Los bosques y el cambio climático en el Perú (en línea). Consultado el 19 septiembre. 2018. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-i5184s.pdf>
- Hernández J. 2000. Manual de Métodos y Criterios para la Evaluación y Monitoreo de la Flora y la Vegetación. 37 p
- INDECI (instituto nacional de defensa civil). 2016. INFORME DE EMERGENCIA N° 834 COEN (en línea). Lima. Consultado el 21 septiembre. 2018. Disponible en: <https://www.indeci.gob.pe/objetos/alerta/MjUyOA==/20161129100805.pdf>
- Jaksic, FM y Fariña, JM. 2015. Incendios, sucesión y restauración ecológica en contexto.
- Manta, M 2004. Los incendios forestales en el Perú: Grave problema por resolver (en línea). Consultado el 02 octubre. 2019. Disponible en: http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:http://cedinfor.lamolna.edu.pe/Separatas%2520FCF/Proteccion%2520Forestal/3SimposioBrasil-Per_.PDF
- Manta, M. 2017: Contribución al conocimiento de la prevención de los incendios forestales en la sierra peruana. Perú. Editorial UNALM.
- Morláns, M C. 2004. Introducción a la ecología de poblaciones. Conservación y Gestión del Medio Natural. Área de Ecología.
- Lara Porras, AM. 2000. Diseño Estadístico de Experimentos, Análisis de la Varianza y Temáticas Relacionadas. España. Editorial Universitario.
- López, JF *et al.* 1989. Manual de ecología. México. 2 ed. Editorial Trillas.
- López -Soria, L. y C. Castell. 1992. Supervivencia comparativa después de un incendio en especies leñosas del Mediterráneo. 91: 493-499.
- Lara Vilar, H *et al.* 2008. Empleo de técnicas de regresión logística para la obtención de modelos de riesgo humano de incendio forestal a escala regional (en línea). España. Consultado el 26 agosto. 2019. Disponible en: https://digital.csic.es/bitstream/10261/23686/1/BoletinAGE_2008.pdf
- Llerena, C. 1991. Contaminación atmosférica, efecto invernadero y cambios climáticos: sus impactos forestales. Revista Forestal. 135 p.

- Lloret, F. 2004. Régimen de incendios y regeneración. Ecología del bosque mediterráneo en un mundo cambiante. Ministerio de Medio Ambiente. Valladolid. Madrid. 101-126 p.
- Magurran, A. 1988. Diversidad Ecológica y su Medición. Ed. Vedral. Barcelona, España. 39 p.
- Malen, M. 2019. Predicción de la evolución de los incendios forestales. Tesis. 163p (En línea). Barcelona. Consultado el 01 octubre. 2019. Disponible en: https://ddd.uab.cat/pub/tesis/2011/hdl_10803_5776/mmd1de1.pdf
- Matteucci, S y Colma, A. 1982. Metodología para el estudio de la vegetación (en línea). Venezuela. 86 p. Consultado el 5 octubre 2018. Disponible en: https://aprobioma.files.wordpress.com/2011/03/metod_para_el_estudio_de_la_vegetacion_archivo1.pdf
- MINAM (Ministerio del Ambiente). 2010. Guía de evaluación de la flora silvestre (en línea). Lima. Perú. 1 ed. Consultado el 5 octubre 2018. Disponible en: https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/311719/gu%C3%ADa_de_evaluaci%C3%B3n_de_flora_silvestre_versi%C3%B3n_setiembre_2010.pdf
- Moreno, C. 2001. Manuales y Tesis SEA. Métodos para medir la biodiversidad (en línea). México. 1. ed. Editorial CYTED, ORCYT/UNESCO & SEA. Consultado el 20 septiembre. 2018. Disponible en: <http://entomologia.rediris.es/sea/manytes/metodos.pdf>
- Mostacedo, B. 2000. Manual de Métodos Básicos de Muestreo y Análisis en Ecología Vegetal. (En línea). Bolivia. Consultado el 19 septiembre. 2019. Disponible en: <http://www.bio-nica.info/biblioteca/mostacedo2000ecologiavegetal.pdf>
- Pacheco Isasi, A E. 2019. Efecto del fuego sobre las comunidades vegetales de pastizales y matorrales en el Anexo de Totorani, Distrito de Polobaya, Arequipa, Octubre-Diciembre, 2018. Tesis Blgo. Arequipa. Perú. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. 87p.
- Pérez, A *et al.* 2005 vegetación terrestre (en línea). México. Consultado el 05 octubre. 2019. Disponible en:

https://www.researchgate.net/profile/Ana_Hanan_Alipi/publication/299293510_Vegetacion_Terrestre/links/56f0ad8f08ae70bdd6c95049/Vegetacion-Terrestre.pdf

- Quintanilla V y R Castro. 1998. Seguimiento de las cubiertas vegetales post-incendios forestales en la zona mediterránea costera de Chile (en línea). Perú. Consultado el 29 agosto. 2019. Disponible en:
<https://ebuah.uah.es/dspace/bitstream/handle/10017/1069/Seguimiento%20de%20las%20Cubiertas%20Vegetales%20PostIncendios%20Forestales%20en%20la%20Zona%20Mediterranea.pdf>
- Ramírez González, A. 2005. Ecología aplicada. Diseño y análisis estadístico. Bogotá.
- Reátegui, F. 1996. Monitoreo continuo de los procesos de deforestación en la Amazonía peruana. Tesis. Perú. 84 p
- Rodríguez, EF y Rojas, RP. 2006. El herbario, administración y manejo de colecciones botánicas. Trad. R Vásquez. 2 ed. Perú. Missouri Botanical Garden (MO). 72 p
- Rodríguez Trejo *et al.* 1996. Educación e Incendios Forestales. 2. ed. México. Editorial Mundi Prensa.
- Rosero, J y Osorio, G. 2013. Efectos de los incendios forestales en las propiedades del suelo (en línea). Consultado el 05 octubre. 2019. Disponible en:
<file:///C:/Users/Carmen/Downloads/130-Texto%20del%20art%C3%ADculo-240-1-10-20141125.pdf>
- Rubio, E *et al.* 2013. Propuesta de definición de la resiliencia de masas forestales frente a incendios mediante el uso de imágenes de satélite (en línea). Consultado el 05 octubre. 2019. Disponible en:
<https://www.congresoforestal.es/actas/doc/6CFE/6CFE01-013.pdf>
- Sagástegui, A *et al.* 2003. Diversidad Florística del Norte del Perú. Bosques Montanos. Trujillo: tomo II. Edit. Graficart.
- Sabuco Cárdenas, P. 2013. La problemática de los incendios forestales y bases para su teledetección (en línea). Perú. Consultado el 25 agosto. 2019. Disponible en:
<file:///D:/cursos%20UNC/tesis/temas/regeneracion%20pos%20inendios/sabuco.pdf>

- Sandoval Subiabre, NE. 2016. Capacidad de regeneración natural del bosque esclerófilo de Chile después de distintas frecuencias de incendios (en línea). Tesis Ing. Chile. Universidad Austral. 81 p. Consultado el 25 octubre. 2018. Disponible en:
<http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2016/fifs218c/doc/fifs218c.pdf>
- Santa Cruz Cervera *et al.* 2019. Inventario de la flora de angiospermas del distrito Pulán, Cajamarca, Perú. Consultado el 25 agosto. 2019. Disponible en:
http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2413-32992019000100008
- SERFOR (Sistema Nacional de Gestión Forestal y de Fauna Silvestre). 2017. exhorta a la población a evitar los incendios forestales (en línea). Perú. Consultado el 18 septiembre. 2018. Disponible en:
<https://www.serfor.gob.pe/noticias/serfor-exhorta-a-la-poblacion-a-evitar-los-incendios-forestales>
- Serra, MT. 2008. Apuntes prácticos de Flora y vegetación (en línea). Universidad de Chile. Facultad de ciencias forestales. Chile. Consultado el 16 septiembre. 2018. Disponible en:
https://www.academia.edu/12365089/Apuntes_practicos_de_Flora_y_vegetacion_aplicados_en_la_R.N_Rio_Clarillo_RM_Chile
- SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología). 2018. Estudio de condiciones atmosféricas favorables a los incendios forestales (en línea). Lima. Perú. Consultado el 19 septiembre. 2018. Disponible en:
<https://www.senamhi.gob.pe/load/file/01401SENA-45.pdf>
- Solera, JM y Guerrero, C. 2007. Grupo de Edafología Ambiental. Incendios Forestales, Suelos y Erosión Hídrica (en línea). Universidad Miguel Hernández. España. Consultado el 5 octubre 2018. Disponible en:
https://www.researchgate.net/profile/Jorge_Mataix_Solera/publication/229187257_Efectos_de_los_incendios_forestales_en_las_propiedades_edaficas/links/0fcfd500835635e07c000000.pdf

- Solera, JM *et al.* 2009 Infiltración, estabilidad de agregados y erosión de suelos afectados por incendios forestales (en línea). España. Consultado el 5 octubre 2018. Disponible en:
<file:///C:/Users/Carmen/Downloads/Cerdetal..LibroFuegoredIncendios2009.pdf>
- Solla Gullón, F.2001. Evaluación del aporte de cenizas de madera como fertilizante de un suelo ácido mediante un ensayo en laboratorio (en línea). Consultado el 05 octubre. 2019. Disponible en:
http://www.inia.es/GCONTREC/PUB/solla_1161156613093.pdf
- Vasquez, R y Rojas, R. 2016. Clave para identificar grupos de familias de Gymnospermae y angiospermae del Perú.
- Vellozas, T *et al.* 2010. Incendios forestales y su afectación al medio ambiente, prevención y combate (en línea). Monografía. Uruguay. Consultado el 5 octubre 2018. Disponible en:
<http://www.imes.edu.uy/new/wp.content/uploads/2017/05/PUBLICAS/Monografia%204885%2010.pdf>
- Villers Ruiz, M. 2006. Incendios forestales (en línea). Consultado el 09 agosto. 2019. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/644/64408110.pdf>

CAPÍTULO VII. ANEXOS

Anexo 1. Registro fotográfico de especies de flora herbácea.



(Cyperus)
CYPERACEAE



(Achyrocline satureioides)
ASTERACEAE



(Salvia styphelos)
LAMIACEAE



(Coreopsis killipii)
ASTERACEAE



(Clinopodium sericeum)
LAMIACEAE



(Pappobolus cajamarcensis)
ASTERACEAE



(Viguiera)
ASTERACEAE



(Stelis velaticaulis)
ORCHIDACEAE



(Bomarea dulcis)
ALSTROEMERIACEAE



(Hieracium)
ASTERACEAE



(Arcytophyllum ericoides)
RUBIACEAE



(Euphorbia sp.)
EUPHORBIACEAE

Continúa



(Gentianella utescens)
GENTIANACEAE



(Alternanthera porrigens)
AMARANTHACEAE



(Lamourouxia sylvatica)
OROBANCHACEAE



(Perezia pungens)
ASTERACEAE



(Oxalis peduncularis)
OXALIDACEAE



(Stenomesson aurantiacum)
AMARYLIDACEAE

Continúa



(Bromelia sp.)
BROMELIACEAE



(Linum Polygaloides)
LINACEAE



(Epidendrum secundum)
ORCHIDACEAE



(Calceolaria reichlinii)
CALCEOLARIACEAE



(Ennealophus foliosus)
IRIDACEAE



(alternanthera macbridei)
AMARANTHACEAE

Continúa



(*Commelina tuberosa*)
COMMELINACEAE



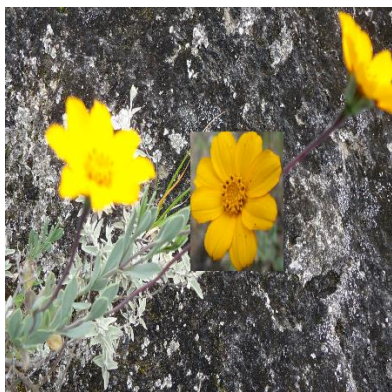
(*Arracacia peruviana*)
APIACEAE



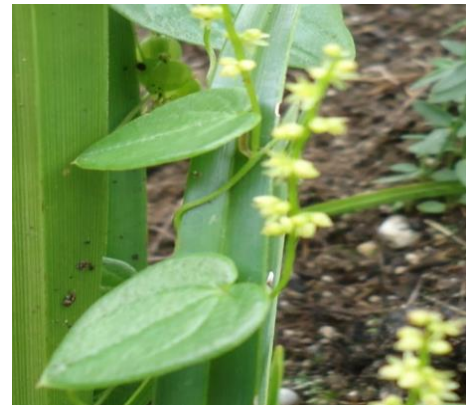
(*Thalictrum podocarpum*)
RANUNCULACEAE



(*Polypodium polypodioides*)
POLYPODIACEAE



(*Coreopsis oblanceolata*)
ASTERACEAE



(*Dioscorea weberbaueri*)
DIOSCOREACEAE

Continúa



(*Coreopsis poloe*)
ASTERACEAE



(*Stevia andina*)
ASTERACEAE



(*Philibertia solanoides*)
APOCYNACEAE



(*Coreopsis senaria*)
ASTERACEAE



(*Dyssodia*)
ASTERACEAE



(*Onoseris speciosa*)
ASTERACEAE

Anexo 2. Registro fotográfico de instalación de parcelas en el área de cobertura quemada.





Anexo 3. Registro fotográfico del monitoreo en el mes de noviembre.



Noviembre

Anexo 4. Registro fotográfico de las parcelas en el estrato 'A'.



Diciembre



Enero



Febrero



Marzo



Abril



Agosto

Anexo 5. Registro fotográfico de las parcelas en el estrato 'B'.



Diciembre



Enero



Febrero



Marzo



Abril



Agosto

Anexo 6. Registro fotográfico de las parcelas en el estrato 'C'.



Diciembre



Enero



Febrero



Marzo



Abril



Agosto

Anexo 7. Registro fotográfico de los monitoreos en área de cobertura sin quemar.







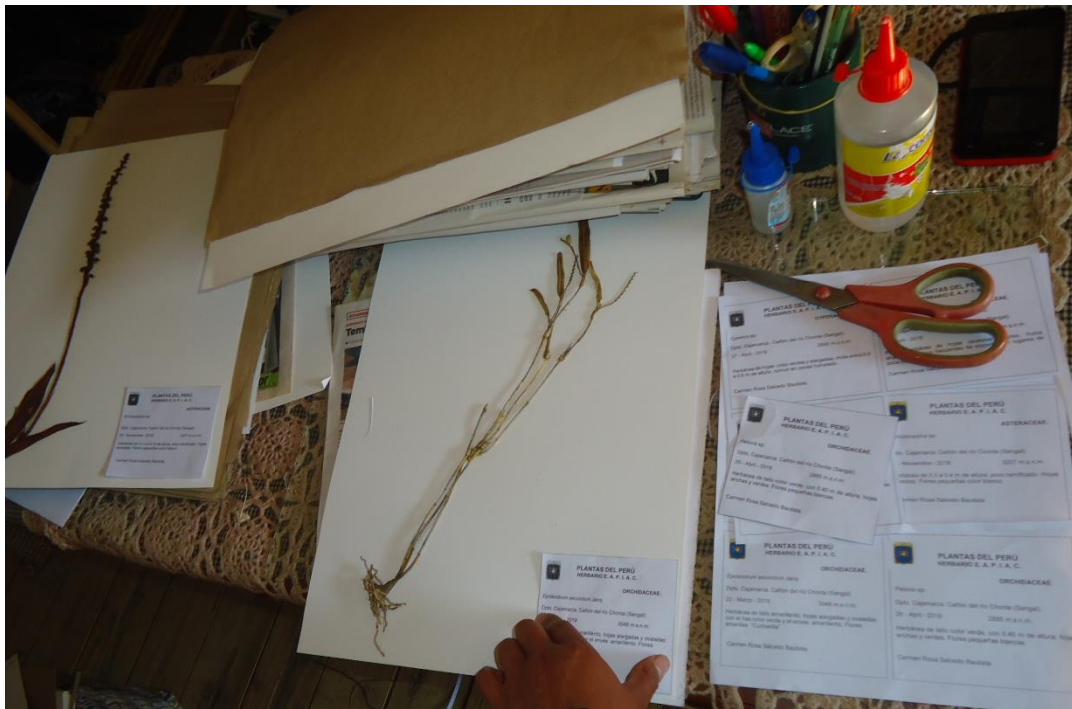
Anexo 8. Coordenadas y altitud de las parcelas de estudio.

Parcela	Monitoreo permanente			monitoreo de control 1			monitoreo de control 2			Monitoreo de control 3		
	Este	Norte	altitud	Este	Norte	altitud	Este	Norte	altitud	Este	Norte	Altitud
pA1	787134	9215741	2885	786829	9215413	2898	786703	9215334	2922	786851	9215565	2915
pA2	787186	9215707	2911	786766	9215380	2917	786600	9215275	2945	786850	9215428	2892
pA3	787234	9215684	2939	786744	9215436	2966	786647	9215352	2964	786732	9215375	2946
pA4	787331	9215635	2968	786724	9215511	3004	786663	9215397	2989	786757	9215450	2963
pA5	787395	9215634	3021	786641	9215415	3016	786682	9215454	3020	786688	9215436	3004
pB1	787516	9215737	3119	786566	9215423	3063	786662	9215504	3043	786603	9215462	3071
pB2	787465	9215787	3124	786466	9215398	3106	786612	9215461	3068	786470	9215322	3048
pB3	787533	9215755	3152	786406	9215386	3136	786520	9215444	3104	786386	9215330	3106
pB4	787599	9215756	3164	786299	9215310	3123	786450	9215458	3147	786276	9215276	3102
pB5	787277	9215367	3118	786319	9215371	3162	786400	9215435	3161	786284	9215342	3149
pC1	787646	9215736	3196	787060	9214667	3207	786478	9215957	3192	786353	9215451	3190
pC2	787712	9215802	3235	787123	9214631	3235	786414	9215958	3209	786498	9215959	3188
pC3	787701	9215737	3244	787152	9214262	3259	786337	9215961	3224	786393	9215945	3210
pC4	787456	9215284	3214	786934	9214127	3276	786262	9215949	3214	786282	9215876	3199
pC5	787377	9215259	3190	786800	9214117	3221	786170	9215892	3235	786249	9215921	3231

Anexo 9. Montaje de muestras.



Anexo 10. Etiquetado de muestras.



Anexo 11. Fotografía panorámica del área de cobertura quemada en noviembre del 2018.



Anexo 12. Fotografía panorámica del área de cobertura quemada en marzo del 2019.



Anexo 13. Fotografía panorámica del área de cobertura quemada en abril del 2019.

