



UNIVERSIDAD DE CUENCA
Facultad de Ciencias Agropecuarias
Carrera de Ingeniería Agronómica

**Evaluación de la regeneración natural y suelos afectados por un incendio
en plantaciones de *Pinus patula* en la granja Irquis, Azuay-Ecuador**

Trabajo de Titulación previa
a la obtención del título de
Ingeniera Agrónoma

Autoras:

Sandra Isabel Quito Fernández

C.I: 0104867395

Correo electrónico: sandra-1994.27@hotmail.com

Johanna Gerardina Serrano Arévalo

C.I: 0105404685

Correo electrónico: jhois-@outlook.es

Director:

Ing. Fernando Gerardo Bermúdez. PhD.

C.I: 0101628055

Cuenca- Ecuador

04-mayo-2022



RESUMEN

Los incendios forestales en el Ecuador han influido cambios en la vegetación y las propiedades del suelo. El presente estudio se evalúa la regeneración natural y las propiedades físicas y químicas del suelo afectado por un incendio en plantaciones de *Pinus patula* en la granja Irquis, Azuay-Ecuador. Se instalaron 12 parcelas, 6 en el área quemada y 6 en el área no quemada. Para la regeneración natural se registró especies herbáceas y leñosas con la riqueza, abundancia, dominancia e índices de Shannon y Simpson se aplicó pruebas de medias de Kruskal Wallis ($P < 0,05$). Para las características físicas y químicas del suelo se tomó muestras a profundidades de 0-15 cm y 15-30 cm para su análisis. Se realizó correlaciones de Spearman ($P < 0,05$), con variables dependientes (riqueza, abundancia, dominancia e índices de Simpson y Shannon), entre variables independientes (parámetros físicos y químicos del suelo). Los resultados registraron valores similares en la riqueza. La dominancia fue mayor en el área quemada. El índice de Valor de Importancia (IVI) fue la especie de *Pinus patula* en el área quemada. Las propiedades químicas del suelo como el P, K, Ca, Cu, C, que presento correlaciones en los índices de riqueza y abundancia en el área quemada, mientras que en el área no quemada N, P, Fe, Cu esta correlacionado con el índice de riqueza, dominancia, Simpson y Shannon. Se concluye que la regeneración natural puede ser una estrategia efectiva para la conservación de la diversidad florística, en cambio, el suelo es afectado en sus propiedades físicas y químicas provocando la erosión.

Palabras claves: Bosque de *Pinus patula*. Regeneración natural. Propiedades físicas y químicas. Especies herbáceas y leñosas.



ABSTRACT

Forest fires in Ecuador have influenced changes in vegetation and soil properties. The present study evaluates the natural regeneration and the physical and chemical properties of the soil affected by a fire in *Pinus patula* plantations in the Irquis farm, Azuay-Ecuador. 12 plots were installed, six in the burned area and six in the unburned area. For natural regeneration, herbaceous and woody species were recorded with the richness, abundance, dominance and Shannon and Simpson indices, Kruskal Wallis mean tests ($P < 0.05$) were applied. For the physical and chemical characteristics of the soil, samples were taken at depths of 0-15 cm and 15-30 cm for analysis. Spearman correlations ($P < 0.05$) were performed, with dependent variables (richness, abundance, dominance and Simpson and Shannon indices), between independent variables (physical and chemical parameters of the soil). The results recorded similar values in wealth. Dominance was higher in the burned area. The Importance Value Index (IVI) was the species of *Pinus patula* in the burned area. The chemical properties of the soil such as P, K, Ca, Cu, C, which presented correlations in the indexes of richness and abundance in the burned area, while in the non-burned area N, P, Fe, Cu is correlated with the wealth index, dominance, Simpson and Shannon. It is concluded that natural regeneration can be an effective strategy for the conservation of floristic diversity; however, the soil is affected in its physical and chemical properties causing erosion.

Keywords: *Pinus patula* forest. Natural regeneration. Physical and chemical properties. Herbaceous and woody species.



TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	14
2. OBJETIVOS E HIPÓTESIS	16
2.1. Objetivo general.....	16
2.2. Objetivos específicos	16
2.3. Hipótesis	16
3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	17
3.1. Incendios Forestales	17
3.2. Efectos de los incendios forestales en suelos	17
3.3. Riqueza florística bajo las plantaciones forestales.....	19
3.4. Relación de la vegetación en los incendios forestales.....	19
4. MATERIALES Y MÉTODOS	21
4.1. Ubicación y descripción del área de estudio	21
4.2. Selección de los sitios de investigación y muestreo	23
4.3. Metodología para evaluar el estado de la cobertura vegetal y la regeneración natural de las especies vegetales en el área quemada en el bosque, en comparación con áreas no afectadas.....	23
4.3.1. Cobertura vegetal.....	24
4.3.2. Regeneración natural.....	24
4.4. Metodología para determinar las características físicas y químicas de los suelos en el área quemada y no quemada	25
4.5. Análisis estadístico.....	27
5. RESULTADOS	28
5.1. Evaluación del estado de la cobertura vegetal y la regeneración natural de las especies vegetales en comparación al área quemada y no quemada	28
5.1.1. Cobertura vegetal.....	28
5.1.2. Regeneración vegetal.....	28
5.2. Determinación de las características físicas y químicas del suelo en el área quemada y no quemada	35
5.2.1. Análisis de suelo	35
5.2.2. Determinación de las variables del área quemada a profundidad de 0-15 cm	36
5.2.3. Determinación de las variables del área quemada a profundidad de 15-30 cm.....	39
5.2.4. Determinación de las variables del área no quemada a profundidad de 0-15 cm.....	42
5.2.5. Determinación de las variables del área no quemada a profundidad de 15-30 cm.....	45
6. DISCUSIÓN	48



7. CONCLUSIONES.....51

8. RECOMENDACIONES52

9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS53

10. ANEXOS58

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Parámetros, métodos y unidades estudiadas25

Tabla 2. Valores (medianas), para la riqueza, abundancia y dominancia e índices de Simpson y Shannon, para las especies herbáceas + leñosas en las diferentes áreas de estudio29

Tabla 3. Valores (medianas), para la riqueza, abundancia y dominancia e índices de Simpson y Shannon, para las especies herbáceas en las diferentes áreas de estudio30

Tabla 4. Valores (medianas), para la riqueza, abundancia y dominancia e índices de Simpson y Shannon para las especies leñosas en las diferentes áreas de estudio31

Tabla 5. Valores del Índice de valor de importancia (IVI) de las especies herbáceas y leñosas de las diferentes áreas de estudio.....31

Tabla 6. Valores de (medias) de las propiedades físicas y químicas del suelo a diferentes profundidades de 0-15 cm y 15-30 cm35

Tabla 7. Texturas y color del suelo en húmedo y seco en las diferentes subparcelas en el área quemada a una profundidad de 0-15cm36

Tabla 8. Análisis de correlación de Spearman de variables dependientes (riqueza, abundancia, dominancia e índices de Simpson y Shannon) con variables independientes (biomasa, cobertura vegetal y propiedades físicas y químicas del suelo) en especies (herbáceas + leñosas) identificadas ...37

Tabla 9. Texturas y color del suelo en húmedo y seco en las diferentes subparcelas en el área quemada a profundidad de 15 a 30 cm.....39

Tabla 10. Análisis de correlación de Spearman de variables dependientes (riqueza, abundancia, dominancia e índices de Simpson y Shannon) con variables independientes (biomasa, cobertura vegetal y propiedades físicas y químicas del suelo) en especies (herbáceas + leñosas) identificadas. ...40

Tabla 11. Texturas y color del suelo en húmedo y seco en las diferentes subparcelas en el área no quemada a profundidad de 0-15 cm42

Tabla 12. Análisis de correlación de Spearman de variables dependientes (riqueza, abundancia, dominancia e índices de Simpson y Shannon) con variables independientes (biomasa, cobertura vegetal y propiedades físicas y químicas del suelo) en especies (herbáceas + leñosas) identificadas ...43

Tabla 13. Texturas y color del suelo en húmedo y seco en las diferentes subparcelas en el área no quemada a profundidad de 15-30 cm45

Tabla 14. Análisis de correlación de Spearman de variables dependientes (riqueza, abundancia, dominancia e índices de Simpson y Shannon) con variables independientes (biomasa, cobertura vegetal y propiedades físicas y químicas del suelo) en especies (herbáceas + leñosas) identificadas ...46

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de ubicación del sitio de estudio (Granja de Irquis)22



Figura 2. Diseño de la parcela con un radio de 18m, con 3 Subparcela (Sp) de 10mx10m 23
Figura 3. Cobertura vegetal del área quemada y área no quemada 28
Figura 4. Agrupamiento de las especies y familias en las áreas de estudio 29

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Inventario de las especies vegetales de las áreas de estudios con la abundancia y forma de vida 58
Anexo 2. Inventario de las especies por parcela 60
Anexo 3. Área de estudio Granja Irquis de la Universidad de Cuenca 61
Anexo 4. Instalación de parcelas en los sitios de muestreo..... 61
Anexo 5. Recolección de muestras vegetales 62
Anexo 6. Recolección de muestras de suelo 62
Anexo 7. Determinación de las propiedades físicas del suelo..... 63
Anexo 8. Determinación de las propiedades químicas del suelo 64



ABREVIATURAS Y SIMBOLOGÍA

CV: Cobertura vegetal

Fr%: Frecuencia relativa

Ab%: Abundancia absoluta

IVI: Índice de valor de importancia

Abu-T: Abundancia total (herbáceas y leñosas)

Riq-T: Riqueza total (herbáceas + leñosas)

Dom-T: Dominancia total (herbáceas + leñosas)

I-Sha-T: Índice de Shannon total (herbáceas y leñosas)

I-Sim-T: Índice de Simpson total (herbáceas y leñosas)

AQ: Área quemada

ANQ: Área no quemada

P: Diferencia significativa

m. s. n. m: metros sobre el nivel del mar

Sp: Subparcela.



Cláusula de licencia y autorización para publicación en el Repositorio Institucional

Sandra Isabel Quito Fernández, en calidad de autor/a y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación “Evaluación de la regeneración natural y suelos afectados por un incendio en plantaciones de *Pinus patula* en la granja Irquis, Azuay-Ecuador.”, de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN reconozco a favor de la Universidad de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Asimismo, autorizo a la Universidad de Cuenca para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el repositorio institucional, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 04 de mayo de 2022

Sandra Isabel Quito Fernández

C.I: 0104867395



Cláusula de Propiedad Intelectual

Sandra Isabel Quito Fernández, autor/a del trabajo de titulación "Evaluación de la regeneración natural y suelos afectados por un incendio en plantaciones de *Pinus patula* en la granja Irquis, Azuay-Ecuador" certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor/a.

Cuenca, 04 de mayo de 2022

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Sandra', written over a horizontal line.

Sandra Isabel Quito Fernández

C.I: 0104867395



Cláusula de licencia y autorización para publicación en el Repositorio Institucional

Johanna Gerardina Serrano Arévalo, en calidad de autor/a y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación "Evaluación de la regeneración natural y suelos afectados por un incendio en plantaciones de *Pinus patula* en la granja Irquis, Azuay-Ecuador.", de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN reconozco a favor de la Universidad de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Asimismo, autorizo a la Universidad de Cuenca para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el repositorio institucional, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 04 de mayo de 2022

Johanna Gerardina Serrano Arévalo

C.I: 0105404685



Cláusula de Propiedad Intelectual

Johanna Gerardina Serrano Arévalo, autor/a del trabajo de titulación "Evaluación de la regeneración natural y suelos afectados por un incendio en plantaciones de *Pinus patula* en la granja Irquis, Azuay-Ecuador" certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor/a.

Cuenca, 04 de mayo de 2022

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Johanna S", written over a horizontal line.

Johanna Gerardina Serrano Arévalo

C.I: 0105404685



AGRADECIMIENTO

Queremos expresar nuestra gratitud a Dios, a la Universidad de Cuenca y a todos nuestros profesores por sus valiosas enseñanzas para culminar nuestros estudios de pregrado y a todas aquellas personas que estuvieron presentes en la realización de esta investigación, de manera especial agradecerle al Dr. Fernando Bermúdez nuestro director de tesis por sus conocimientos compartidos, paciencia, tiempo y dedicación para lograr el desarrollo de esta tesis. Así mismo, agradecer a la Ing. Jessica Merecí y al Ing. Mateo López por su amistad y apoyo en este proceso. A nuestro tribunal de tesis Dra. Ximena Palomeque y al Ing. Oswaldo Jadán por la colaboración brindada en nuestra investigación. Especialmente a todos nuestros amigos por el apoyo incondicional en esta etapa.

Sandra Quito Fernández, Johanna Serrano Arévalo



DEDICATORIAS

Dedico a mis padres especialmente a mi madre Rosa Fernández por apoyarme y por ser ejemplo de superación, humildad y sacrificio. A mis hermanos Fabricio, Enith mi cuñada Miriam, sobrinos y a mi tío Joselito. Por siempre brindarme su apoyo incondicional para lograr cumplir este objetivo.

SANDRA

La familia siempre será un pilar importante en la formación de las personas, por esto dedicó este trabajo de tesis a mis padres Juan y Eliza quienes con su amor, paciencia y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir un sueño más, gracias por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo y valentía, de no temer las adversidades porque Dios está conmigo siempre. A mis hermanos Jonnathan y Michael por su cariño y apoyo incondicional, durante todo este proceso, por estar conmigo en todo momento y principalmente a Dios por brindarme la oportunidad de tener a estos seres tan maravillosos que han fomentado en mis tantos principios y valores.

JOHANNA



1. INTRODUCCIÓN

Los ecosistemas naturales han sufrido transformaciones por diversas actividades humanas como deforestación, minería, agricultura, y el aumento de incendios forestales. Estos cambios han alterado la dinámica que rige el funcionamiento de los ecosistemas, actuando como agentes modificadores a escala local y global. Esto ha resultado en la degradación de diversos ecosistemas como páramo, bosques andinos, humedales y de las comunidades biológicas que los sustenta (Jara et al.). Las consecuencias son el cambio climático, pérdida de biodiversidad, falta de seguridad alimentaria, pobreza y aparición de nuevas enfermedades (Gualán Bermeo & Orbe Reyes, 2019).

El fuego es un disturbio que implica la pérdida de biomasa (Mollocana Lara et al., 2021). El mismo produce efectos en las propiedades físicas y químicas en las diferentes capas dependiendo de la intensidad del fuego. Además, altera el ciclo de nutrientes por la combustión del mantillo y la materia orgánica, incrementado la disponibilidad de nutrientes mientras otros son volatilizados (Urretavizcaya, 2010). Los cambios de las propiedades físicas del suelo producen una menor capacidad de infiltración y son responsables del incremento de escorrentía y erosión (Ubeda & Sala, 1996). Las propiedades químicas del suelo cambian debido al aporte de carbonatos, cationes básicos y óxidos procedentes de las cenizas. Se ha observado un aumento de Ph y en las cantidades de nitrógeno (Bodí et al., 2012).

La presencia del fuego tiene tanto impactos negativos como la desaparición de la cubierta vegetal, y el ennegrecimiento del suelo, estas modificaciones producen cambios microclimáticos en la humedad edáfica, temperatura y radiación solar que afecta a la recuperación del ecosistema (Pérez & Trejo, 2003).

También existen impactos positivos los cuales van desde favorecer al desarrollo de especies existentes en el bosque por la apertura del dosel por donde penetra la luz solar (Domínguez Céspedes, 2017). El fuego también quema la materia orgánica que cubre el suelo, y ayuda para la germinación y el establecimiento de nuevas plántulas tal como ocurre en los bosques temperados (Flores Rodríguez et al., 2021).



En el último informe de incendios forestales a nivel nacional, emitido por la Secretaria de Gestión de Riesgos. En enero del 2020 se han registrado 2.336 eventos ocasionando pérdidas de 27,904,91 hectáreas de cobertura vegetal en las provincias de Loja, Pichincha, Chimborazo y Azuay. Poseen grandes extensiones de plantaciones de especies introducidas de pino (*Pinus radiata*, *Pinus patula*), eucalipto (*Eucalyptus* sp) y ciprés (*Cupressus* sp) (Jorgensen & Leon-Yanez, 1999).

En base a las consideraciones mencionadas este estudio, tuvo como objetivo evaluar los efectos de los incendios forestales sobre la vegetación y las propiedades físicas y químicas del suelo.



2. OBJETIVOS E HIPÓTESIS

2.1. Objetivo general

- Evaluación de la regeneración natural y suelos afectados por un incendio en plantaciones de *Pinus patula* en la granja Irquis Azuay-Ecuador.

2.2. Objetivos específicos

- Evaluar el estado de la cobertura vegetal y la regeneración natural de las especies vegetales en el área quemada en el bosque, en comparación con áreas no afectadas.
- Determinar las características físicas y químicas de los suelos en el área quemada y no quemada.

2.3. Hipótesis

- Los incendios forestales disminuyen la regeneración natural afectando sus propiedades físicas y químicas del suelo

3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

3.1. Incendios Forestales

Los incendios forestales se han convertido en un problema ambiental de gran relevancia y gravedad en las últimas décadas a nivel mundial (Alvarado Barros & Muñoz Gómez). En Ecuador se estima que cada año existe una superficie de 300 millones de hectáreas que sufren daños (Espinoza, 2017), produciendo pérdidas de flora y fauna, deteriora de la capacidad de infiltración y degradación que presentan los suelos y disminuye el hábitat de vida silvestre (Manríquez Zapata, 2019).

3.2. Efectos de los incendios forestales en suelos

Los efectos del fuego dependen de la interacción de su comportamiento y las características del sitio como: las especies, la edad de la vegetación y el tipo de suelo, además de su variabilidad en el tiempo y en el espacio. La frecuencia, intensidad y duración varía en el tiempo; la extensión y distribución varían en el espacio. Adicionalmente, factores como las condiciones climatológicas, los combustibles y la topografía juegan un papel importante en el origen y alcance del fuego (Chingal Huaca & Anrango Torres, 2019).

Según Tuquerres Ulcuango (2013), menciona que la incidencia del fuego en el suelo modifica las propiedades físicas y químicas, en función de la intensidad y la duración del mismo. Se degrada la estructura del suelo, se incrementa la erosionalidad y disminuye la fertilidad, llevando los suelos a un nivel de pobreza de nutrientes.

Uno de los efectos más negativos para el medio ambiente que ocasiona el fuego en el suelo es el incremento de los procesos de erosión. A este proceso contribuyen de manera decisiva la erosividad por las precipitaciones, la topografía, la cubierta vegetal y la propia susceptibilidad de los suelos frente a los procesos erosivos. En base a la reducción de la cubierta vegetal el suelo se queda desprotegido para el impacto de las gotas de lluvia reduciendo la capacidad de almacenamiento de agua, lo que favorece el desprendimiento de las partículas del suelo acelerando la erosión (Capulín Grande et al., 2010).



En el suelo, las propiedades físicas que se modifican en un incendio son: el color y la capacidad de retener humedad a consecuencia de la pérdida de la cubierta forestal; el color oscuro de un suelo incendiado absorbe mayor cantidad de radiación solar, lo que favorece el incremento de la temperatura superficial. La textura es afectada cuando la temperatura del suelo alcanza 400 °C momento que su hidratación disminuye y la estructura cristalina comienza a colapsar como resultado las partículas se vuelve más gruesa aumentando el riesgo de erosión. La densidad aparente aumenta por el colapso de los agregados y la obstrucción de los poros del suelo por las cenizas (Pascual Granged, 2011).

Las propiedades químicas del suelo son alteradas por la rápida liberación de nutrientes contenidos en la materia viva y en el manto de los residuos orgánicos de la vegetación de la superficie del suelo, algunos de ellos se pierden por su volatilización o lixiviación y otros se transforman en óxidos (Pérez & Trejo, 2003).

El intercambio catiónico es de mayor importancia en los suelos debido a que las plantas absorben los minerales esenciales en forma de cationes, como el Magnesio, Calcio, Fósforo y Potasio (Teixeira Roth & Sánchez Infantas, 2006).

El pH mientras más ácido sea el suelo, mayor capacidad de intercambio aniónico, por lo tanto, el pH se ve disminuido después del incendio al presentar menor acidez, debido al contenido de cenizas (Cuesta & Giraldo, 2013). Según Cárdenas Ortiz and Zapata Flores (2015), manifiesta que las cenizas aportan carbonato, óxidos y cationes básicos, la conductividad eléctrica y la salinidad aumenta notablemente por la incorporación y solubilización de las mismas. También se ha reportado que generan un incremento notable en los nutrientes del suelo Nitrógeno, Magnesio, Fosforo, Sodio, Calcio y Potasio siendo para los ecosistemas unos de los factores más importantes en el crecimiento de la vegetación (Cervera Beasse, 2019).



3.3. Riqueza florística bajo las plantaciones forestales

La diversidad y la composición florística son los atributos más importantes para diferenciar o caracterizar cada comunidad vegetal. La diversidad florística que tiene Ecuador es muy importante y según los últimos datos registrados en el Catálogo de Plantas Vasculares del Ecuador, se ha registrado 18.198 especies de plantas vasculares. De las cuales 17.683 son nativas y aproximadamente 5.400 son consideradas como especies endémicas para el Ecuador (Jorgensen & Leon-Yanez, 1999).

3.4. Relación de la vegetación en los incendios forestales

La relación de la vegetación en los incendios forestales se centra en la modificación en su estructura, composición y servicios ecosistémicos (Anchaluisa & Suárez, 2013). Asimismo, las distintas especies vegetales presentes en los ecosistemas responden de forma diferente al fuego, dependiendo de sus habilidades para tolerarlo y de los mecanismos de regeneración que poseen (Jaksic & Fariña, 2015). Si estas adaptaciones están ausentes en gran parte de las especies que componen la comunidad, el impacto sobre el ecosistema puede cambiar la dinámica y composición de la vegetación (Valenzuela & Bueno, 2012).

Las especies leñosas pueden soportar un incendio y recuperarse, sin embargo, las especies herbáceas ven dificultades en su crecimiento, debido a la competencia por la humedad y luz con especies leñosas (Mataix Solera, 2000).

La regeneración natural permite comprender mecanismos de cambios en la composición florística y estructural. La composición florística está dada por la heterogeneidad de las plantas que se logran identificar en la vegetación, lo que equivale a demostrar la riqueza de las especies vegetales (Salcedo Bautista, 2021).

La capacidad de regeneración determina en gran medida la variabilidad espacial y temporal de los paisajes. El fuego produce cambios en los índices de abundancia, riqueza y diversidad de las especies herbáceas y leñosas. Por la presencia de cenizas que contienen elementos esenciales que nos ayudan



para el rebrote y germinación de las especies en los primeros meses, facilita la infiltración de agua y reducción de pérdida de suelo (Zamora, 2002).

Existen dos mecanismos por los que el bosque se regeneran después de un incendio: la diseminación y germinación de semillas, y la formación de rebrotes. La relación de la vegetación y los incendios forestales se centra en la modificación en su estructura, composición y servicios ecosistémicos (Díaz-Hernández et al., 2021).

Los incendios forestales pueden causar la muerte de los árboles y elimina la cubierta vegetal, facilitando a la regeneración natural por los claros que se forman en los bosques o plantaciones. Algunas especies se favorecen por la apertura del dosel por donde penetra la luz la cual beneficia a la germinación y rebrote de individuos de las especies preexistentes o presentes en el banco de semillas del suelo, dependiendo de las condiciones edafoclimáticas (Alanís-Rodríguez et al., 2012).

En las especies de pinos el fuego, promueve la apertura de los conos serótinicos para la liberación de la semilla lo que propicia una regeneración abundante de la misma especie (Flores Rodríguez et al., 2021).

El fuego puede afectar los tejidos meristemáticos con capacidad regenerativa que tienen algunas especies de plantas, localizados en sus ramas, troncos, cuello de la raíz y en el sistema radicular, lo que impide o dificulta su regeneración. El grado de impacto depende de la clase de incendio, de su intensidad y severidad y el tipo de ecosistema, siendo mayor en aquellos más secos. El tipo de regeneración vegetativa más común se da a partir de raíces en especies leñosas y así disminuyen la capacidad de regeneración vegetativa (Mendoza et al., 2021).



4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Ubicación y descripción del área de estudio

El área de estudio se encuentra ubicado en el Ecuador, provincia del Azuay, cantón Cuenca dentro de la parroquia Victoria del Portete, en la hacienda de Irquis (perteneciente a la Universidad de Cuenca, Facultad de Ciencias Agropecuarias). La granja está situada a 23 km de la vía Cuenca-Girón, a una altura entre 2700-3100 m.s.n.m. con temperaturas que oscilan entre 7 °C-25 °C y una precipitación media anual de 1000 a 2000 mm (Zeas, 2015). El Bosque afectado por el fuego, tiene una superficie de 11,75 Ha. El área estudiada se encuentra dentro de las siguientes coordenadas UTM: X: 714648 m y Y: 9656762 m.

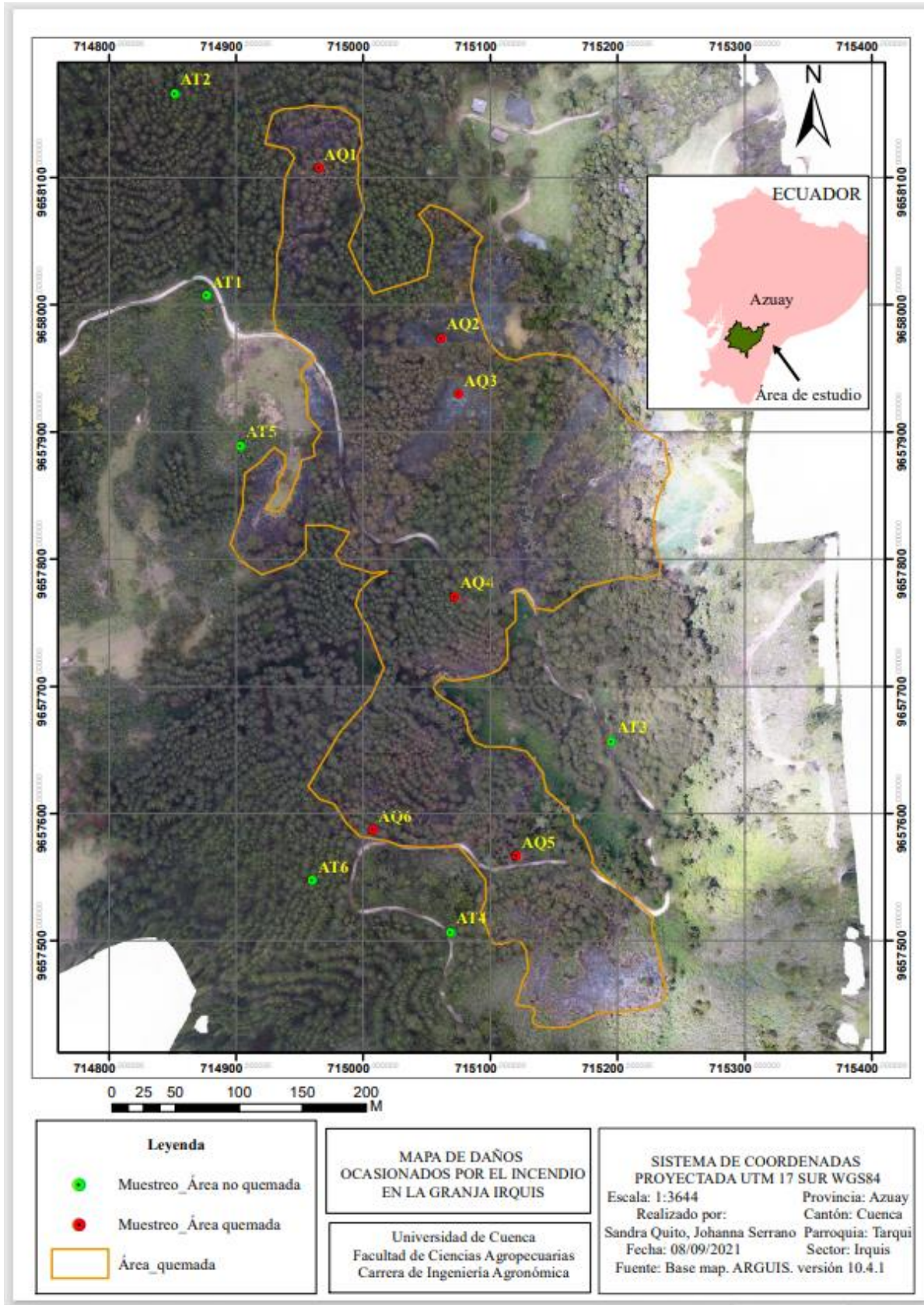


Figura 1. Mapa de ubicación del sitio de estudio (Granja de Irquis)

4.2. Selección de los sitios de investigación y muestreo

Para cumplir con los objetivos, se instalaron un total de 12 parcelas, (6 parcelas en el área quemada y 6 parcelas en el área no quemada o testigo). La distribución de las 6 parcelas en el área quemada se realizó según la ortofotografía generado por el departamento de Geomática de la Facultad de Ciencias Agropecuarias en octubre del año 2018, la incidencia de la quema no fue homogénea, es por ello que se identificó los sitios de mayor afección y se procedió a distribuir. En el área no quemada se distribuyó de manera aleatoria el 08 de marzo del 2021.

Las parcelas que se instalaron tiene la forma circular de 1000 m², con un radio de 18 m. Como referencia para medir dicho radio se tomó un árbol central en cada unidad de muestreo. En cada parcela se ubicaron 3 subparcelas de 100 m² (10x10). Para el muestro de la regeneración y de suelos.

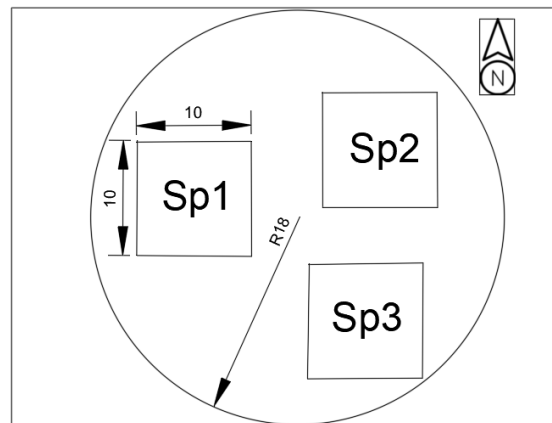


Figura 2. Diseño de la parcela con un radio de 18m, con 3 Subparcela (Sp) de 10mx10m

4.3. Metodología para evaluar el estado de la cobertura vegetal y la regeneración natural de las especies vegetales en el área quemada en el bosque, en comparación con áreas no afectadas



4.3.1. Cobertura vegetal

La cobertura vegetal, se determinó con el densitómetro esférico con un espejo cóncavo subdividido por una cuadrícula que consta de 24 cuadros, a cada cuadro se asumió cuatro sub-cuadros y se asignó un (1) para cada cuadro, se realizó una lectura por parcela dirección del norte (N), sur (S), este (E) y oeste (W); los valores obtenidos se promediaron y se multiplicaron por la constante (1.04).

4.3.2. Regeneración natural

Se contabilizaron el número de individuos de las especies leñosas y herbáceas. Se recolectó una muestra vegetal (rama en buenas condiciones) de cada especie, considerando taxonómicamente los individuos de las leñosas $\leq 1,2$ cm de DAP y las herbáceas vasculares (se excluyó musgos y líquenes), con su respectivo código. Las muestras recolectadas, fueron colocadas en la prensa de madera, y se identificó en el laboratorio de hidrofísica de suelos 1, de la Facultad de Ciencias Agropecuarias.

4.3.2.1. Índice de Valor de Importancia

El Índice de Valor de Importancia (IVI), se utilizó los valores de la frecuencia relativa y abundancia relativa de las especies, que se obtuvo calculando la cobertura vegetal de cada especie en relación a la sumatoria de las coberturas de todas las especies.

$$IVI = Fr\% + Ab\%$$

Dónde:

IVI: Índice de valor de importancia

Fr%: Frecuencia relativa

Ab%: Abundancia relativa

4.4. Metodología para determinar las características físicas y químicas de los suelos en el área quemada y no quemada

En cada sub-parcela se tomaron muestras inalteradas de suelo, 2 a una profundidad de 0-15 cm y 2 de 15-30 cm. Adicionalmente, se extrajo 1 Kg de suelo, el mismo fue llevado al laboratorio de hidrofísica 1 de suelos de la Facultad de Ciencias Agropecuaria, Universidad de Cuenca. Se analizaron los siguientes parámetros densidad aparente (D_a), densidad real (D_r), textura, capacidad de campo (CC), punto de marchitez (PM), agua útil (AU), conductividad hidráulica, pH, conductividad eléctrica (CE), materia orgánica (MO), Nitrógeno (N), Fosforo (P), Potasio (K), Microelementos y Carbono (C). Los análisis de macronutrientes y micronutrientes del suelo se realizaron en el laboratorio de la Agencia Ecuatoriana de Aseguramiento de la Calidad de Agro (Agro-calidad).

Tabla 1. Parámetros, métodos y unidades estudiadas

Parámetros a estudiar	Método	Unidades	Autor
Densidad aparente	Cilindro	$g\text{-cm}^3$	(Villaseñor Ortiz, 2016).
Densidad real	Picnómetro	$g\text{-cm}^3$	(Villaseñor Ortiz, 2016).
Textura	Boyucos	%	(Espinoza et al., 2018).
Color	Tabla Munsell	Escala de valor de chroma	(Salazar Carranza, 2019).
Capacidad de campo	Extractores de presión	cm^3	(López Pérez, 2016).
Punto de marchitez	Extractores de presión	cm^3	(López Pérez, 2016).
Agua útil	Extractores de presión	cm^3	(López Pérez, 2016).



Conductividad hidráulica	Pozo invertido/Hinidisk	cm-h ¹	(García-Sinovas et al., 2001).
Ph	Potenciómetro	cm ³	(Calva & Espinosa, 2017).
Conductividad eléctrica	Conductímetro	ds-cm	(Sghirla Magno, 2011).
Materia orgánica	Incineración	%	(Blanco-Sepulveda, 2000).
Nitrógeno	Volumétrico	%	(DEL AGRO–AGROCALIDAD, 2015).
Fosforo	Colorimétrico	mg-kg	(DEL AGRO–AGROCALIDAD, 2015).
Potasio	Absorción atómica	cmol-kg	(DEL AGRO–AGROCALIDAD, 2015).
Calcio	Absorción atómica	cmol-kg	(DEL AGRO–AGROCALIDAD, 2015).
Magnesio	Absorción atómica	cmol-kg	(DEL AGRO–AGROCALIDAD, 2015).
Hierro	Absorción atómica	mg-kg	(DEL AGRO–AGROCALIDAD, 2015).
Manganeso	Absorción atómica	mg-kg	(DEL AGRO–AGROCALIDAD, 2015).
Cobre	Absorción atómica	mg-kg	(DEL AGRO–AGROCALIDAD, 2015).
Zinc	Absorción atómica	mg-kg	(DEL AGRO–AGROCALIDAD, 2015).
Carbono	Combustión seco	%	(López Pérez, 2016).



4.5. Análisis estadístico

Se aplicó índices de diversidad Shannon, Simpson; abundancia, dominancia de las especies (herbáceas + leñosas, herbáceas y leñosas) mediante el programa de Past3.

Para la comparación de índices de biodiversidad de las áreas en estudio se aplicó la prueba de medianas de Kruskal Wallis con un valor de significancia de ($P < 0,05$) en el programa de Infostat versión 2020, se utilizó esta prueba por no tener normalidad en los datos correspondiente a las diferentes variables evaluadas.

Se realizó correlaciones de Spearman bajo ($P < 0,05$) considerando el total (herbáceas + leñosas) entre los parámetros de vegetación: riqueza, abundancia, dominancia e índices de Shannon y Simpson (variables dependientes) cobertura arbórea y parámetros físicos y químicos del suelo (variables independientes).

5. RESULTADOS

5.1. Evaluación del estado de la cobertura vegetal y la regeneración natural de las especies vegetales en comparación al área quemada y no quemada

5.1.1. Cobertura vegetal

El área quemada presentó un promedio de 26,91 %, mientras en el área no quemada con 76,66 % (figura 3), de las 12 parcelas de estudio (6 del área quemada y 6 del área no quemada).

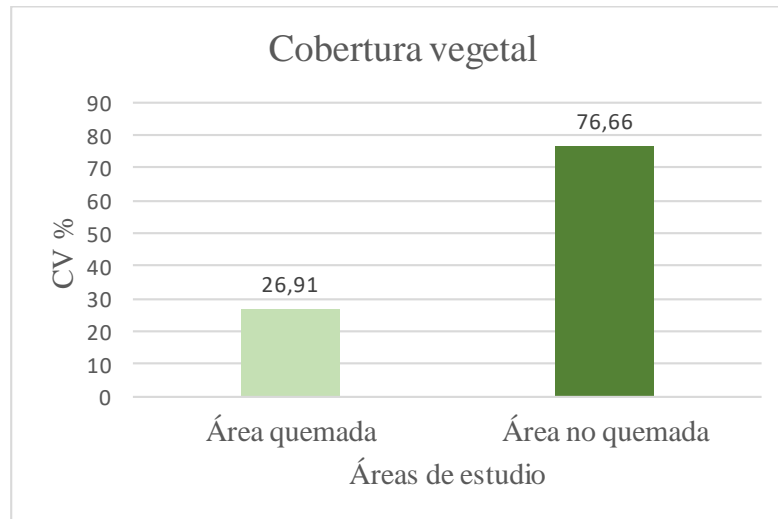


Figura 3. Cobertura vegetal del área quemada y área no quemada

5.1.2. Regeneración vegetal

En el área de estudio se identificaron 34 especies en la área quemada y 43 especies en el área no quemada agrupadas en 23 familias (Figura 4). Sin embargo, por la similitud ciertas especies se obtuvo un total de 58 especies en toda el área de estudio. En cuanto a la abundancia se registraron 3961 individuos en la área quemada y 1317 individuos en el área no quemada (Anexo 1).

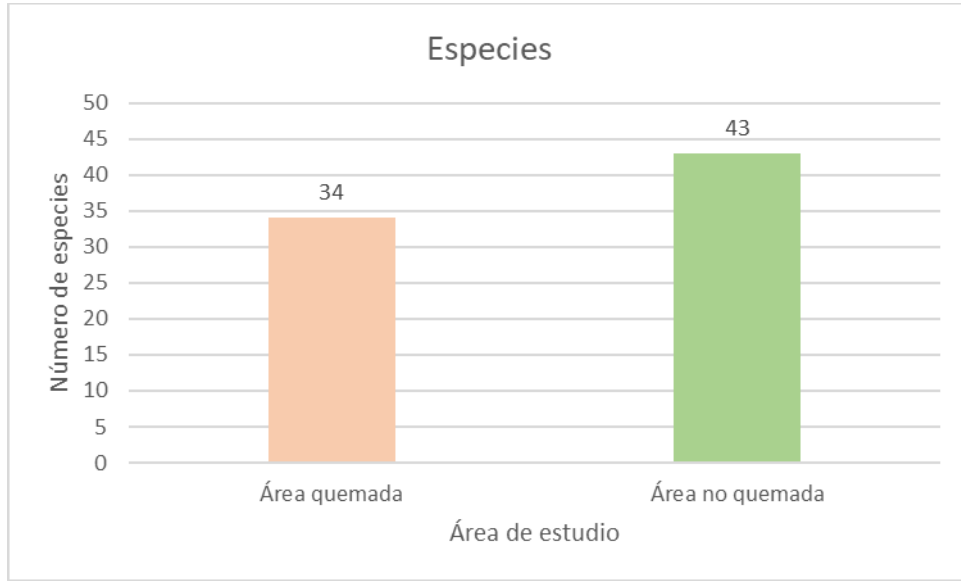


Figura 4. Agrupamiento de las especies y familias en las áreas de estudio

5.1.2.1. Especies totales (herbáceas + leñosas)

En el área quemada se registró una riqueza con una mediana de 18,50, en comparación del área no quemada con una mediana de 15,50, presento diferencias estadísticamente significativas ($P=0,0346$) (Tabla 2). El índice de Simpson indica diferencias estadísticamente significativas de ($P=0,0022$) se puede decir que coincide con el tipo de vegetación (Tabla 2). Con respecto a la abundancia en el área quemada presento una mediana de 0,67, mientras que en el área no quemada presento una mediana 0,49 no se obtuvo diferencias significativas (Tabla 2). En el índice Shannon y abundancia no presento diferencias significativas (Tabla 2), según la prueba Kruskal- Wallis.

Tabla 2. Valores (medianas), para la riqueza, abundancia y dominancia e índices de Simpson y Shannon, para las especies herbáceas + leñosas en las diferentes áreas de estudio

Herbáceas + Leñosas	AQ	ANQ	P
Riqueza	18,50 b	15,50 a	0,0346
Abundancia	665,50	205,00	0,0649
Dominancia	0,67	0,49	0,3939
Simpson	1,34b	0,73 a	0,0022
Shannon	3,06	3,28	0,5887

AQ: Área quemada, ANQ: Área no quemada, P-value=Diferencia significativa.

5.1.2.2. Especies herbáceas

En el área quemada se registró una mayor riqueza con una mediana de 10,00 en comparación del área no quemada con una mediana de 7,00 presentó estadísticamente significancia ($P=0,0152$) (Tabla 3). Con respecto a la abundancia en el área quemada se obtuvo una mediana de 175,00 mientras que, en el área no quemada con una mediana de 111,50 no presentaron diferencias significativas (Tabla 3), En los índices de Simpson y Shannon y en la dominancia no registraron diferencias significativas (Tabla 3), según la prueba de Kruskal-Wallis.

Tabla 3. Valores (medianas), para la riqueza, abundancia y dominancia e índices de Simpson y Shannon, para las especies herbáceas en las diferentes áreas de estudio

Herbáceas	AQ	ANQ	P
Riqueza	10,00 b	7,00 a	0,0152
Abundancia	175,00	111,50	0,1797
Dominancia	0,22	0,28	0,8777
Simpson	0,78	0,72	0,9372
Shannon	1,8	1,5	0,4848

AQ: Área quemada, ANQ: Área no quemada, P-value=Diferencia significativa.

5.1.2.3. Especies Leñosas

En el área quemada y no quemada se registró una similitud de medianas de 9,00 y no presentaron significancia (Tabla 4). Con respecto a la abundancia en el área se obtuvo una mediana de 407,50 mientras que, en el área no quemada con una mediana de 91,00, presentó diferencias significativas ($P=0,0152$) (Tabla 4). En la dominancia e índices de Simpson y Shannon no presentaron diferencias significativas (Tabla 4), realizadas mediante la prueba de Kruskal-Wallis.

Tabla 4. Valores (medianas), para la riqueza, abundancia y dominancia e índices de Simpson y Shannon para las especies leñosas en las diferentes áreas de estudio

Leñosas	AQ	ANQ	P
Riqueza	9,00	9,00	0,6364
Abundancia	407,50 b	91,00 a	0,026
Dominancia	0,45	0,24	0,1905
Simpson	0,55	0,76	0,1905
Shannon	1,18	1,73	0,2403

AQ: Área quemada, ANQ: Área no quemada, P-value=Diferencia significativa

5.1.2.4. Índice de valor de importancia

En el área quemada, las especies que presentaron mayor índice de valor de importancia (IVI) fueron *Pinus patula* (IVI=47,17), *Pteridium aquilinum* (IVI=22,43) y *Baccharis latifolia* (IVI=10,23), mientras en el área no quemada fueron *Cortadeira nitida* (Kunth) Pilg (IVI=20,23), *Dendropanax arboreus* (IVI=13,85) y *Miconia aspergillar* (IVI=13,63) (Tabla 5).

Tabla 5. Valores del Índice de valor de importancia (IVI) de las especies herbáceas y leñosas de las diferentes áreas de estudio

Nombre científico	ÁREA QUEMADA			ÁREA NO QUEMADA		
	AR	FR	IVI	AR	FR	IVI
HERBÁCEAS						
<i>Asplenium aff. Raddianum</i>				1,44	1,03	2,47
<i>Asplenium cuneatum</i>	0,03	0,88	0,91	0,23	1,03	1,26
<i>Calceolaria hyssopifolia</i> Kunth	0,71	2,65	3,36	1,67	2,06	3,73
<i>Chusquea delicatula</i> Hitch				0,53	1,03	1,56
<i>Cortadeira nitida</i> (Kunth) Pilg.	2,35	4,42	6,77	14,05	6,19	20,23



<i>Dioscorea</i> sp	1,31	2,65	3,97	5,24	5,15	10,39
<i>Elaphoglossum lingua</i>				1,90	1,03	2,93
<i>Elleanthus myrosmatic</i>				0,53	1,03	1,56
<i>Epidendrum bifalce</i>				2,13	1,03	3,16
<i>Epidendrum schistochilum</i>				0,15	1,03	1,18
<i>Niphidium crassifolium</i>	0,71	2,65	3,36	4,18	4,12	8,30
<i>Oncidium hyphaematicum</i>				2,51	1,03	3,54
<i>Peperomia</i> sp.	0,05	0,88	0,94	1,75	3,09	4,84
<i>Pleurothallis coriacardia</i>	0,28	0,88	1,16	1,90	3,09	4,99
<i>Polypodium murorum</i>				7,59	3,09	10,69
<i>Puya aequatorialis</i>				0,08	1,03	1,11
<i>Solanum aureum</i>	0,43	2,65	3,08	3,72	3,09	6,81
<i>Solanum nigrum</i> L.	1,24	2,65	3,89	0,08	1,03	1,11
<i>Tillandsia complanata</i> Benth.				7,29	4,12	11,41
<i>Achyrocline alata</i>	3,64	4,42	8,06			
<i>Alternanthera porrigens</i>	1,74	2,65	4,40			
<i>Calamagrostis macrophylla</i>	1,57	3,54	5,11			
<i>Chenopodium ambrosioides</i>	2,07	5,31	7,38			
<i>Paspalum bonplandianum</i>	1,41	2,65	4,07			
<i>Phytolacca Americana</i>	1,89	5,31	7,20			
<i>Pteridium aquilinum</i>	17,12	5,31	22,43			
<i>Solanum caripense</i>	0,68	2,65	3,34			
LEÑOSAS						



<i>Acacia dealbata</i>				0,38	1,03	1,41
<i>Alnus acuminata</i>				1,82	5,15	6,98
<i>Aristeguietia cacalioides</i>				0,91	1,03	1,94
<i>Aristeguietia persicifolia</i>	0,35	0,88	1,24	0,08	1,03	1,11
<i>Baccharis latifolia</i>	4,92	5,31	10,23	0,08	1,03	1,11
<i>Barnadesia arborea</i>				0,61	1,03	1,64
<i>Cestrum auricalatum</i> L' Hér.				0,46	1,03	1,49
<i>Dendropanax arboreus.</i>				7,67	6,19	13,85
<i>Ferreyranthus verbascifolius</i>	1,44	3,54	4,98	2,20	3,09	5,29
<i>Gynoxis chagalensis</i> Hieron.	1,46	1,77	3,23	0,23	1,03	1,26
<i>Gynoxys buxifolia</i>	1,06	1,77	2,83	0,46	2,06	2,52
<i>Luma apiculata</i>				0,08	1,03	1,11
<i>Macleania rupestris</i>				3,04	4,12	7,16
<i>Miconia aspergillaris</i>	0,76	2,65	3,41	7,44	6,19	13,63
<i>Morella parvifolia</i>	0,25	3,54	3,79	0,23	1,03	1,26
<i>Myrcianthes rhopaloides</i>				0,23	2,06	2,29
<i>Oreopanax ecuadorensis</i>				0,08	1,03	1,11
<i>Physalis peruviana</i>	0,23	1,77	2,00	1,90	1,03	2,93
<i>Piper barbatum</i>				1,06	1,03	2,09
<i>Podocarpus sprucei</i>				0,68	3,09	3,78
<i>Rubus ulmifolius</i>	0,48	3,54	4,02	6,76	4,12	10,88
<i>Vallea stipularis</i>				0,61	1,03	1,64
<i>Viburnum triphyllum</i> Benth	1,06	4,42	5,49	5,62	4,12	9,74



<i>Weinmannia fagaroides</i>				0,46	2,06	2,52
<i>Cupressus macrocarpa</i>	3,43	1,77	5,20			
<i>Jungia rugose</i>	0,86	1,77	2,63			
<i>Maytenus verticillata</i>	3,64	5,31	8,95			
<i>Miconia sp</i>	0,03	0,88	0,91			
<i>Oreocallis grandiflora</i>	0,20	1,77	1,97			
<i>Pinus patula</i>	41,86	5,31	47,17			
<i>Salvia corrugate</i>	0,76	1,77	2,53			
TOTAL	100	100	200	100	100	200

AR: Abundancia relativa, FR: Frecuencia relativa, IVI: Índice de valor de importancia.

5.2. Determinación de las características físicas y químicas del suelo en el área quemada y no quemada

5.2.1. Análisis de suelo

En el área quemada (AQ) y no quemada (ANQ), a profundidad entre 0-15 cm, presenta diferencias significativas en los parámetros como la densidad aparente (Da) (P=0,0001), capacidad de campo (CC) (P=0,0043) y pH (P=0,0082) (Tabla 6).

A profundidad de 15-30 cm, hubo diferencias estadísticas significativas en la capacidad de campo (CC) (P=0,0122) y pH (P=0,0001) (Tabla 6).

Tabla 6. Valores de (medias) de las propiedades físicas y químicas del suelo a diferentes profundidades de 0-15 cm y 15-30 cm

Parámetros	ÁREAS DE ESTUDIO					
	ÁREA QUEMADA 0-15 cm	ÁREA NO QUEMADA 0-15 cm	P	ÁREA QUEMADA 15-30 cm	ÁREA NO QUEMADA 15-30 cm	P
Da	0,80 b	1,14 a	0,0001	1,12	1,19	0,2177
Dr	2,04	1,92	0,0576	2,06	1,97	0,2975
CC	0,43 a	0,33 b	0,0043	0,43 a	0,32 b	0,0122
PM	0,16	0,13	0,0809	0,17	0,13	0,0607
AU	0,5	0,21	0,2401	0,47	0,2	0,2457
Conductividad hidráulica	0,66	0,72	0,1072	0,69	0,71	0,5726
pH	6,04 b	6,67 a	0,0082	0,08 b	6,63 a	0,0001
CE	0,08	0,08	0,8133	0,08	0,08	0,4137
MO	10,81	9,81	0,5327	8,94	8,08	0,6187
N	0,39	0,34	0,5765	0,28	0,22	0,5271
P	11,8	7,38	0,0636	8,15	6,93	0,3122
K	0,82	0,99	0,6361	0,58	0,83	0,3750
Ca	11,26	13,91	0,3417	8,11	11,05	0,1953
Mg	2,93	2,99	0,9269	3,02	3,09	0,9065
Fe	668,57	571,4	0,7964	823,28	634,28	0,5654
Mn	48,47	32,13	0,4141	20,06	19,14	0,8973
Cu	3,68	3,74	0,9586	4,3	3,57	0,5354
C	6,27	5,69	0,5326	5,19	4,69	0,6191

Da= Densidad aparente, Dr= Densidad real, CC= Capacidad de campo, PM= Punto de marchitez, AU= Agua útil, CE= Conductividad eléctrica, MO= Materia Orgánica, N= Nitrógeno, P= Fosforo, K= Potasio, Ca= Calcio, Mg= Magnesio, Fe= Hierro, Mn= Manganeso, Cu= Cobre, Zn= Zinc, C= Carbono, P-value= Diferencia significativa. Letras diferentes indican diferencias estadísticas.

5.2.2. Determinación de las variables del área quemada a profundidad de 0-15 cm

5.2.2.1. Descripción de textura y color de los suelos (0-15 cm)

En el área quemada se representa diferentes clases textuales (franco arcilloso limoso, arcilloso, franco limoso, arcilloso limoso, franco, franco arcilloso) con diferentes colores en húmedo dominando el color negro y seco el color gris. (Tabla 7).

Tabla 7. Texturas y color del suelo en húmedo y seco en las diferentes subparcelas en el área quemada a una profundidad de 0-15cm

	AQ1			AQ2			AQ3			AQ4			AQ5			AQ6		
	Sp1	Sp2	Sp3	Sp1	Sp2	Sp3	Sp1	Sp2	Sp3	Sp1	Sp2	Sp3	Sp1	Sp2	Sp3	Sp1	Sp2	Sp3
Color humedo (0-15)	Marron oscuro	Gris muy oscuro	Negro	Gris parduzco claro	Marrón	Marrón oscuro	Negro	Negro	Negro	Negro	Negro	Negro	Marrón muy oscuro	Marrón grisáceo muy oscuro	Marrón grisáceo muy oscuro	Gris muy oscuro	Marrón grisáceo muy oscuro	Negro
Color seco (0-15)	Marrón	Marrón oscuro	Negro	Gris claro	Marrón pálido	Marrón	Negro	Negro	Negro	Gris oscuro	Marrón grisáceo oscuro	Gris	Gris oscuro	Gris muy oscuro	Marrón grisáceo oscuro	Gris	Gris oscuro	Gris
Textura (0-15)	Franco Arcilloso Limosa	Arcillosa	Franco Arcillosa Limosa	Franco Limosa	Franco Limosa	Franco Limosa	Arcillosa	Arcillosa Limosa	Franco Arcillosa Limosa	Franco	Franco Limosa	Franco Limosa	Franco Arcillosa Limosa	Franco Arcillosa	Franco Arcillosa Limosa	Franco Limosa	Franco limosa	Franco limosa

AQ= Área quemada, Sp1= Subparcela 1, Sp2= Subparcela 2, Sp3= Subparcela 3



5.2.2.2. Análisis de correlación de Spearman (0-15 cm)

En el área quemada de total (herbáceas + leñosas). La riqueza se correlacionó negativamente con la densidad real (Dr), Potasio (K) y Calcio (Ca) y positivamente con el Cobre (Cu) (Tabla 8).

Tabla 8. Análisis de correlación de Spearman de variables dependientes (riqueza, abundancia, dominancia e índices de Simpson y Shannon) con variables independientes (biomasa, cobertura vegetal y propiedades físicas y químicas del suelo) en especies (herbáceas + leñosas) identificadas



	Biomasa	Cob.A%	Da (0-15)	Dr (0-15)	CC (0-15)	PM (0-15)	AU (0-15)	Conductividad hidráulica (0-15)	pH (0-15)	CE (0-15)	MO (0-15)	N (0-15)	P (0-15)	K (0-15)	Ca (0-15)	Mg (0-15)	Fe (0-15)	Mn (0-15)	Cu (0-15)	C (0-15)	Riq-T	Abu-T	Dom-T	I-Sim-T	I-Sha-T
Biomasa	1	0,23	0,57	0,34	0,28	0,96	0,57	0,49	0,06	0,51	0,41	0,75	0,04	0,22	0,08	0,85	0,95	0,11	0,28	0,41	0,5	0,41	0,85	0,85	0,95
Cob.A%	0,58	1	0,01	0,17	0,17	0,18	0,39	0,59	0,29	0,92	0,91	0,66	0,08	0,78	0,42	0,91	0,58	0,96	0,23	0,91	0,61	0,91	0,66	0,66	0,83
Da (0-15)	0,26	0,9	1	0,22	0,34	0,08	0,11	0,19	0,57	0,56	0,34	0,22	0,28	0,95	0,65	0,48	0,85	0,57	0,28	0,34	0,66	0,48	0,41	0,41	0,57
Dr (0-15)	0,43	0,64	0,54	1	0,04	0,12	0,28	0,38	0,18	0,38	0,48	0,95	0,41	0,11	0,08	0,75	0,65	0,48	0,04	0,48	0,04	0,18	0,48	0,48	0,65
CC (0-15)	-0,49	-0,64	-0,43	-0,94	1	0,2	0,57	0,74	0,14	0,14	0,95	0,57	0,34	0,18	0,11	0,34	0,85	0,65	0,05	0,95	0,10	0,14	0,41	0,41	0,57
PM (0-15)	-0,03	-0,63	-0,75	-0,7	0,61	1	0,23	0,21	0,42	0,95	0,17	0,78	0,74	0,66	0,58	1	0,96	0,26	0,08	0,17	0,21	0,91	0,58	0,58	0,42
AU (0-15)	-0,26	0,43	0,71	0,49	-0,26	-0,58	1	0	0,57	0,38	0,11	0,08	0,75	0,85	0,95	0,41	0,48	0,11	0,48	0,11	0,62	0,75	0,85	0,85	0,75
Conductividad hidráulica (0-15)	0,35	-0,28	-0,62	-0,44	0,18	0,6	-0,97	1	0,61	0,33	0,03	0,08	0,61	0,78	0,96	0,38	0,35	0,08	0,53	0,03	0,51	0,78	0,96	0,96	0,96
pH (0-15)	0,83	0,52	0,26	0,6	-0,66	-0,41	-0,26	0,26	1	0,3	0,85	0,41	0,08	0,14	0,06	0,85	0,95	0,34	0,08	0,85	0,15	0,34	0,65	0,65	0,48
CE (0-15)	0,34	0,05	-0,3	0,44	-0,68	-0,03	-0,44	0,49	0,51	1	0,3	0,03	0,75	0,47	0,38	0,03	0,51	0,85	0,38	0,3	0,46	0,07	0,27	0,27	0,47
MO (0-15)	0,37	-0,06	-0,43	-0,31	0,03	0,64	-0,71	0,85	0,09	0,51	1	0,18	0,48	0,57	0,85	0,22	0,14	0,14	0,41	0,03	0,32	0,65	0,57	0,57	0,41
N (0-15)	0,14	-0,23	-0,54	-0,03	-0,26	0,14	-0,77	0,77	0,37	0,85	0,6	1	0,95	0,95	0,85	0,06	0,28	0,57	0,85	0,18	0,91	0,34	0,65	0,65	0,95
P (0-15)	0,94	0,75	0,49	0,37	-0,43	-0,17	-0,14	0,26	0,77	0,17	0,31	0,03	1	0,48	0,18	0,75	0,65	0,14	0,34	0,48	0,70	0,85	0,48	0,48	0,65
K (0-15)	0,54	0,14	0,03	0,71	-0,6	-0,23	0,09	-0,15	0,66	0,37	-0,26	0,03	0,31	1	0,04	0,75	0,14	0,85	0,08	0,57	0,01	0,08	0,48	0,48	0,75
Ca (0-15)	0,77	0,41	0,2	0,77	-0,71	-0,29	0,03	-0,03	0,83	0,44	-0,09	0,09	0,6	0,94	1	0,85	0,34	0,57	0,06	0,85	0,04	0,11	0,65	0,65	0,85
Mg (0-15)	0,09	0,06	0,31	-0,14	0,43	0	0,37	-0,44	-0,09	-0,85	-0,54	-0,83	0,14	0,14	0,09	1	0,14	0,75	0,85	0,22	0,96	0,34	0,28	0,28	0,41
Fe (0-15)	0,03	0,29	0,09	-0,2	-0,09	0,03	-0,31	0,47	-0,03	0,34	0,66	0,49	0,2	-0,66	-0,43	-0,66	1	0,75	0,57	0,14	0,26	0,57	0,85	0,85	0,95
Mn (0-15)	0,71	0,03	-0,26	-0,31	0,2	0,55	-0,71	0,77	0,43	0,1	0,66	0,26	0,66	0,09	0,26	0,14	0,14	1	0,65	0,14	0,66	0,95	0,57	0,57	0,75
Cu (0-15)	-0,49	-0,58	-0,49	-0,94	0,89	0,75	-0,31	0,32	-0,77	-0,44	0,37	-0,09	-0,43	-0,77	-0,83	0,09	0,26	0,2	1	0,41	0,01	0,22	0,85	0,85	0,85
C (0-15)	0,37	-0,06	-0,43	-0,31	0,03	0,64	-0,71	0,85	0,09	0,51	1	0,6	0,31	-0,26	-0,09	-0,54	0,66	0,66	0,37	1	0,32	0,65	0,57	0,57	0,41
Riq-T	-0,35	-0,26	-0,23	-0,84	0,72	0,6	-0,26	0,34	-0,67	-0,38	0,49	-0,06	-0,2	-0,9	-0,84	-0,03	0,55	0,23	0,93	0,49	1	0,17	0,74	0,74	0,91
Abu-T	-0,37	0,06	0,31	-0,6	0,66	-0,06	0,14	-0,15	-0,43	-0,78	-0,2	-0,43	-0,09	-0,77	-0,71	0,43	0,26	-0,03	0,54	-0,2	0,64	1	0,08	0,08	0,18
Dom-T	0,09	0,23	0,37	-0,31	0,37	-0,29	-0,09	0,03	0,2	-0,54	-0,26	-0,2	0,31	-0,31	-0,2	0,49	0,09	0,26	0,09	-0,26	0,17	0,77	1	0,03	0,04
I-Sim-T	-0,09	-0,23	-0,37	0,31	-0,37	0,29	0,09	-0,03	-0,2	0,54	0,26	0,2	-0,31	0,31	0,2	-0,49	-0,09	-0,26	-0,09	0,26	-0,17	-0,77	-1	1	0,04
I-Sha-T	-0,03	-0,12	-0,26	0,2	-0,26	0,41	0,14	-0,03	-0,31	0,37	0,37	0,03	-0,2	0,14	0,09	-0,37	0,03	-0,14	0,09	0,37	0,06	-0,6	-0,94	0,94	1

Los colores diferentes representan el grado de relación entre variables. Valores positivos indican correlación positiva (>0) y valores negativos indican correlación negativa (<0). Valores sobre la diagonal corresponden a probabilidades y valores bajo la diagonal corresponden a valores de r cuadrado. CV%= Cobertura vegetal, Da= densidad aparente, Dr= densidad real, CC= Capacidad de campo, PM= punto de marchitez, AU= agua útil, CE= conductividad eléctrica, MO= materia orgánica, N= Nitrógeno, P= Fosforo, K= Potasio, Ca= Calcio, Mg= Magnesio, Fe= Hierro, Mn= Manganeso, Cu= Cobre, C= Carbono, Riq-T= riqueza de totales (herbáceas + leñosas), Abu-T= abundancia de totales (herbáceas + leñosas), Dom-T= dominancia de totales (herbáceas + leñosas), I-Sim-T= índice de Simpson de totales (herbáceas + leñosas), I-Sha-T= índice de Shannon de totales (herbáceas + leñosas).

5.2.3. Determinación de las variables del área quemada a profundidad de 15-30 cm

5.2.3.1. Descripción de textura y color de los suelos (15-30 cm)

En el área quemada se representa diferentes clases textuales (arcillosa limoso, franco arcilloso, franco limoso, arcilloso, franco, franco arcilloso limoso, franco) con diferentes colores en húmedo dominando el color negro y seco el color gris (Tabla 9).

Tabla 9. Texturas y color del suelo en húmedo y seco en las diferentes subparcelas en el área quemada a profundidad de 15 a 30 cm.

	AQ1			AQ2			AQ3			AQ4			AQ5			AQ6		
	Sp1	Sp2	Sp3	Sp1	Sp2	Sp3	Sp1	Sp2	Sp3	Sp1	Sp2	Sp3	Sp1	Sp2	Sp3	Sp1	Sp2	Sp3
Color humedo (15-30)	Marrón grisáceo muy oscuro	Negro	Negro	Marrón grisáceo	Marrón grisáceo oscuro	Marrón	Negro	Negro	Negro	Negro	Negro	Negro	Negro	Marrón grisáceo muy oscuro	Marrón grisáceo muy oscuro	Gris muy oscuro	Marrón grisáceo muy oscuro	Negro
Color seco (15-30)	Marrón	Gris muy oscuro	Gris muy oscuro	Blanco	Marrón muy pálido	Marrón amarillo claro	Negro	Negro	Negro	Gris oscuro	Gris	Marrón grisáceo	Marrón grisáceo oscuro	Marrón	Gris	Gris	Gris	Gris
Textura (15-30)	Arcillosa Limosa	Franco Arcillosa	Arcillosa Limosa	Franco Limosa	Franco Limosa	Franco Arcillosa	Arcillosa	Franco Arcillosa Limosa	Arcillosa	Franco Limosa	Franco Limosa	Franco	Franco Arcillosa Limosa	Franco Arcillosa	Franco Arcillosa	Franco Limosa	Franco limosa	Franco limosa

AQ= Área quemada, Sp1= Subparcela 1, Sp2= Subparcela 2, Sp3= Subparcela 3



5.2.3.2. Análisis de correlación de Spearman (15-30 cm)

En el área quemada de total (herbáceas + leñosas). La riqueza se correlacionó negativamente con el Potasio (K) y Calcio (Ca) y positivamente con el Carbono (C). En la abundancia se correlacionó negativamente con el Potasio (K) (Tabla 10).

Tabla 10. Análisis de correlación de Spearman de variables dependientes (riqueza, abundancia, dominancia e índices de Simpson y Shannon) con variables independientes (biomasa, cobertura vegetal y propiedades físicas y químicas del suelo) en especies (herbáceas + leñosas) identificadas.

	Biomasa	Cob.A%	Da (15-30)	Dr (15-30)	CC (15-30)	PM (15-30)	AU (15-30)	Conductividad hidráulica (0-15)	pH (15-30)	CE (15-30)	MO (15-30)	N (15-30)	P (15-30)	K (15-30)	Ca (15-30)	Mg (15-30)	Fe (15-30)	Mn (15-30)	Cu (15-30)	C (15-30)	Riq-T	Abu-T	Dom-T	I-Sim-T	I-Sha-T
Biomasa	1	0,23	0,57	0,34	0,35	0,41	0,28	0,06	0,18	0,57	0,95	0,26	0,85	0,41	0,22	0,8	0,95	0,1	0,34	0,95	0,5	0,41	0,85	0,85	0,95
Cob.A%	0,58	1	0,01	0,08	0,16	0,46	0,5	0,74	0,91	0,44	0,12	0,89	0,42	0,83	0,78	0,8	0,58	1	0,17	0,12	0,61	0,91	0,66	0,66	0,83
Da (15-30)	0,26	0,9	1	0,11	0,32	0,18	0,14	0,85	0,57	0,13	0,05	0,35	0,57	0,57	0,95	0,9	0,85	0,6	0,22	0,05	0,66	0,48	0,41	0,41	0,57
Dr (15-30)	0,43	0,75	0,71	1	0,02	0,14	0,48	0,95	0,48	0,85	0,22	0,54	0,14	0,41	0,22	0,9	0,85	0,6	0,05	0,22	0,07	0,57	0,75	0,75	0,57
CC (15-30)	-0,5	-0,65	-0,5	-0,9	1	0,26	0,66	0,91	0,58	1	0,35	0,76	0,17	0,23	0,15	0,7	0,91	0,6	0	0,35	0,06	0,17	0,50	0,50	0,66
PM (15-30)	0,37	-0,38	-0,6	-0,7	0,55	1	0,06	0,11	0,48	0,33	0,11	0,05	0,22	0,95	0,85	0,7	0,85	0,1	0,18	0,11	0,35	0,95	0,95	0,95	0,85
AU (15-30)	-0,5	0,35	0,66	0,31	-0,23	-0,83	1	0,08	0,08	0,02	0,05	0,02	0,85	0,48	0,65	1	0,85	0,1	0,48	0,05	0,91	0,48	0,95	0,95	0,85
Conductividad hidráulica (15-30)	0,83	0,17	-0,1	0,03	0,06	0,71	-0,77	1	0,14	0,33	0,34	0,12	0,65	0,65	0,48	0,5	0,95	0	0,85	0,34	0,91	0,85	0,41	0,41	0,48
pH (15-30)	0,6	0,06	-0,3	0,31	-0,29	0,31	-0,77	0,66	1	0,02	0,18	0,17	0,28	0,28	0,34	0,6	0,75	0,2	0,65	0,18	0,42	0,34	0,75	0,75	0,48
CE (15-30)	0,29	-0,4	-0,7	-0,1	0	0,49	-0,88	0,49	0,88	1	0,02	0,13	0,57	0,33	0,57	0,6	0,85	0,3	0,85	0,02	0,71	0,33	0,85	0,85	0,85
MO (15-30)	0,03	-0,7	-0,9	-0,5	0,46	0,71	-0,89	0,43	0,6	0,88	1	0,12	0,85	0,65	0,95	0,8	0,85	0,2	0,22	0,03	0,7	0,65	0,95	0,95	0,85
N (15-30)	0,55	-0,07	-0,5	-0,3	0,16	0,81	-0,87	0,7	0,64	0,69	0,7	1	0,96	0,96	0,91	0,5	0,32	0	0,58	0,12	0,55	0,66	0,91	0,91	0,83
P (15-30)	0,09	0,41	0,26	0,66	-0,64	-0,54	0,09	-0,2	0,49	0,29	-0,09	0,03	1	0,75	0,85	0,1	0,28	0,5	0,22	0,85	0,42	0,57	0,95	0,95	0,75
K (15-30)	0,37	-0,12	-0,3	0,37	-0,58	-0,03	-0,31	0,2	0,49	0,49	0,2	0,03	0,14	1	0,04	0,7	0,18	1	0,18	0,65	0,04	0,05	0,28	0,28	0,57
Ca (15-30)	0,54	0,14	0,03	0,54	-0,67	-0,09	-0,2	0,31	0,43	0,29	-0,03	-0,06	0,09	0,94	1	0,4	0,14	0,9	0,11	0,95	0,01	0,08	0,48	0,48	0,75
Mg (15-30)	0,14	-0,12	0,09	-0,1	0,23	0,2	0,03	0,31	-0,26	-0,3	-0,14	-0,32	-0,77	0,2	0,37	1	0,06	0,7	0,85	0,75	0,74	0,75	0,57	0,57	0,65
Fe (15-30)	0,03	0,29	0,09	-0,1	0,06	0,09	-0,09	-0,03	0,14	0,1	0,09	0,49	0,49	-0,6	-0,7	-0,8	1	0,8	0,65	0,85	0,26	0,57	0,85	0,85	0,95
Mn (15-30)	0,71	0,03	-0,3	-0,3	0,26	0,89	-0,83	0,94	0,54	0,49	0,54	0,84	-0,31	0,03	0,09	0,2	0,14	1	0,48	0,22	0,66	0,95	0,57	0,57	0,75
Cu (15-30)	-0,4	-0,64	-0,5	-0,9	0,99	0,6	-0,31	0,09	-0,2	0,1	0,54	0,29	-0,54	-0,6	-0,7	0,1	0,2	0,3	1	0,22	0,04	0,18	0,48	0,48	0,65
C (15-30)	0,03	-0,7	-0,9	-0,5	0,46	0,71	-0,89	0,43	0,6	0,88	1	0,7	-0,09	0,2	-0	-0,1	0,09	0,5	0,54	1	0,7	0,65	0,95	0,95	0,85
Riq-T	-0,4	-0,26	-0,2	-0,8	0,79	0,46	-0,06	-0,06	-0,41	-0,2	0,2	0,31	-0,41	-0,84	-0,9	-0,2	0,55	0,2	0,84	0,2	1	0,17	0,74	0,74	0,91
Abu-T	-0,4	0,06	0,31	-0,3	0,64	-0,03	0,31	-0,09	-0,43	-0,5	-0,2	-0,23	-0,26	-0,89	-0,8	0,1	0,26	-0	0,6	-0,2	0,64	1	0,08	0,08	0,18
Dom-T	0,09	0,23	0,37	0,14	0,35	0,03	-0,03	0,37	0,14	-0,1	-0,03	-0,06	-0,03	-0,49	-0,3	0,3	0,09	0,3	0,31	-0	0,17	0,77	1	0,03	0,04
I-Sim-T	-0,1	-0,23	-0,4	-0,1	-0,35	-0,03	0,03	-0,37	-0,14	0,1	0,03	0,06	0,03	0,49	0,31	-0,3	-0,1	-0,3	-0,31	0,03	-0,17	-0,77	-1	1	0,04
I-Sha-T	-0	-0,12	-0,3	-0,3	-0,23	0,09	0,09	-0,31	-0,31	-0,1	-0,09	0,12	-0,14	0,26	0,14	-0,2	0,03	-0,1	-0,2	-0,1	0,06	-0,6	-0,94	0,94	1

Los colores diferentes representan el grado de relación entre variables. Valores positivos indican correlación positiva (>0) y valores negativos indican correlación negativa (<0). Valores sobre la diagonal corresponden a probabilidades y valores bajo la diagonal corresponden a valores de r cuadrado. Cob.A% = cobertura arbórea, Da = densidad aparente, Dr= densidad real, CC= capacidad de campo, PM= punto de marchitez, AU= agua útil, CE= conductividad eléctrica, MO = materia orgánica, N = Nitrógeno, P = Fosforo, K = Potasio, Ca = Calcio, Mg = Magnesio, Fe = Hierro, Mn = Manganeseo, Cu= Cobre, C= Carbono, Riq-T= de riqueza de totales (herbáceas + leñosas), Abu-T= de abundancia de totales (herbáceas + leñosas), Dom-T= dominancia de totales (herbáceas + leñosas), I-Sim-T= índice de Simpson de totales (herbáceas + leñosas), I-Sha-T= índice de Shannon de totales (herbáceas + leñosas).

5.2.4. Determinación de las variables del área no quemada a profundidad de 0-15 cm

5.2.4.1. Descripción de textura y color de los suelos (0-15 cm)

En el área no quemada se representa diferentes clases textuales (franco, franco arcillosa, arcilloso limosa, franco arenosa, arcilloso, franco arcillosa limosa, franco limosa) con diferentes colores en húmedo dominando el color marrón y seco el color gris (Tabla 11).

Tabla 11. Texturas y color del suelo en húmedo y seco en las diferentes subparcelas en el área no quemada a profundidad de 0-15 cm

	ANQ1			ANQ2			ANQ3			ANQ4			ANQ5			ANQ6		
	Sp1	Sp2	Sp3	Sp1	Sp2	Sp3	Sp1	Sp2	Sp3	Sp1	Sp2	Sp3	Sp1	Sp2	Sp3	Sp1	Sp2	Sp3
Color húmedo (0-15)	Marrón muy oscuro	Marrón grisáceo	Gris muy oscuro	Negro	Negro	Negro	Marrón grisáceo muy oscuro	Negro	Negro	Marrón muy oscuro	Marrón muy oscuro	Marrón muy oscuro	Negro	Negro	Marrón muy oscuro	Marrón grisáceo oscuro	Marrón grisáceo oscuro	Marrón muy oscuro
Color seco (0-15)	Gris muy oscuro	Gris	Gris oscuro	Marrón muy oscuro	Negro	Marrón grisáceo oscuro	Gris parduzco claro	Gris	Gris oscuro	Gris oscuro	Gris oscuro	Gris muy oscuro	Negro	Gris muy oscuro	Marrón grisáceo muy oscuro	Gris parduzco claro	Marrón grisáceo	Gris oscuro
Textura (0-15)	Franco	Franco Arcillosa	Franco Arcillosa Limosa	Franco Arcillosa	Arcillosa Limosa	Arcillosa Limosa	Franco Arenosa	Arcillosa	Franco Arcillosa Limosa	Franco Arcillosa Limosa	Franco Arcillosa Limosa	Franco Arcillosa	Franco	Franco	Franco Limosa	Franco Limosa	Franco Limosa	Franco Arcillosa Limosa

ANQ= Área no quemada, Sp1= Subparcela 1, Sp2= Subparcela 2, Sp3= Subparcela 3



5.2.4.2. Análisis de correlación de Spearman (0-15 cm)

En el área no quemada de total (herbáceas + leñosas). La riqueza se correlacionó positivamente con la densidad aparente (da). La dominancia se correlaciona positivamente con el Hierro (Fe). El índice de Simpson se correlacionó negativamente con el Hierro (Fe). El índice de Shannon se correlacionó negativamente con el Hierro (Fe) (Tabla 12).

Tabla 12. Análisis de correlación de Spearman de variables dependientes (riqueza, abundancia, dominancia e índices de Simpson y Shannon) con variables independientes (biomasa, cobertura vegetal y propiedades físicas y químicas del suelo) en especies (herbáceas + leñosas) identificadas

	Biomasa	Cob.A%	Da (0-15)	Dr (0-15)	CC (0-15)	PM (0-15)	AU (0-15)	Conductividad hidráulica (0-15)	pH (0-15)	CE (0-15)	MO (0-15)	N (0-15)	P (0-15)	K (0-15)	Ca (0-15)	Mg (0-15)	Fe (0-15)	Mn (0-15)	Cu (0-15)	C (0-15)	Riq-T	Abu-T	Dom-T	I-Sim-T	I-Sha-T
Biomasa	1	0,18	0,03	0,08	0,15	0,66	0,35	0,08	0,57	0,03	0,18	0,57	0,57	0,65	0,95	0,41	0,57	0,57	0,95	0,18	0,12	0,85	0,41	0,70	0,22
Cob.A%	-0,6	1	0,18	0,75	0,83	0,91	0,7	0,14	0,05	0,57	0,95	0,95	0,48	0,11	0,22	0,85	0,22	0,65	0,22	0,95	0,77	0,48	0,28	0,57	0,34
Da (0-15)	1	-0,6	1	0,08	0,15	0,66	0,35	0,08	0,57	0,03	0,18	0,57	0,57	0,65	0,95	0,41	0,57	0,57	0,95	0,18	0,12	0,85	0,41	0,70	0,22
Dr (0-15)	0,77	-0,14	0,77	1	0,05	0,58	0,29	0,18	0,85	0,02	0,04	0,28	0,28	0,75	0,85	0,18	0,41	0,34	0,85	0,04	0,02	0,75	0,22	0,31	0,11
CC (0-15)	-0,67	0,12	-0,67	-0,81	1	0,15	0,87	0,17	0,96	0,12	0,01	0,04	0,26	0,87	0,74	0,01	0,66	0,05	0,74	0,01	0,36	0,42	0,66	0,80	0,35
PM (0-15)	-0,23	0,06	-0,23	-0,29	0,66	1	0,16	0,15	0,91	0,98	0,42	0,17	0,12	0,62	0,46	0,05	0,5	0,32	0,46	0,42	0,95	0,32	0,78	0,96	0,46
AU (0-15)	-0,46	0,2	-0,46	-0,52	0,09	-0,65	1	0,91	0,78	0,09	0,46	0,83	0,7	0,96	0,74	0,7	0,96	0,91	0,74	0,46	0,19	0,29	0,54	0,49	0,66
Conductividad hidráulica (0-15)	-0,77	0,66	-0,77	-0,6	0,64	0,67	-0,06	1	0,41	0,38	0,28	0,41	0,11	0,18	0,28	0,18	0,14	0,75	0,28	0,28	0,29	0,85	0,18	0,42	0,08
pH (0-15)	0,26	-0,89	0,26	-0,09	0,03	0,06	-0,14	-0,37	1	0,87	0,75	0,75	0,48	0,08	0,11	0,85	0,22	0,75	0,11	0,75	0,77	0,57	0,34	0,57	0,57
CE (0-15)	-0,85	0,29	-0,85	-0,88	0,7	-0,01	0,75	0,44	-0,09	1	0,06	0,45	0,78	1	0,87	0,45	0,82	0,38	0,87	0,06	0,09	0,87	0,53	0,62	0,38
MO (0-15)	-0,6	-0,03	-0,6	-0,94	0,9	0,41	0,38	0,49	0,14	0,79	1	0,11	0,22	0,85	0,75	0,08	0,48	0,14	0,75	0,03	0,12	0,85	0,34	0,42	0,18
N (0-15)	-0,26	0,03	-0,26	-0,49	0,84	0,64	-0,12	0,37	-0,14	0,38	0,71	1	0,18	0,65	0,34	0,04	0,57	0,05	0,34	0,11	0,95	0,22	0,75	0,87	0,57
P (0-15)	-0,26	0,31	-0,26	-0,49	0,55	0,7	-0,2	0,71	-0,31	0,15	0,54	0,6	1	0,08	0,06	0,08	0,05	0,65	0,06	0,22	0,52	0,75	0,08	0,12	0,06
K (0-15)	0,2	-0,71	0,2	0,14	-0,09	-0,26	0,03	-0,6	0,77	0	-0,09	-0,2	-0,77	1	0,04	0,48	0,04	0,57	0,04	0,85	0,77	0,28	0,06	0,10	0,11
Ca (0-15)	0,03	-0,54	0,03	0,09	-0,17	-0,38	0,17	-0,49	0,71	0,09	-0,14	-0,43	-0,83	0,94	1	0,28	0,05	0,95	0,03	0,75	0,95	0,57	0,11	0,16	0,18
Mg (0-15)	0,37	-0,09	0,37	0,6	-0,9	-0,81	0,2	-0,6	0,09	-0,38	-0,77	-0,94	-0,77	0,31	0,49	1	0,34	0,08	0,28	0,08	0,69	0,34	0,48	0,65	0,28
Fe (0-15)	-0,26	0,54	-0,26	-0,37	0,23	0,35	0,03	0,66	-0,54	0,12	0,31	0,26	0,89	-0,94	-0,89	-0,43	1	0,65	0,05	0,48	0,44	0,22	0,04	0,02	0,05
Mn (0-15)	0,26	0,2	0,26	0,43	-0,81	-0,49	0,06	-0,14	-0,14	-0,44	-0,66	-0,89	-0,2	-0,26	-0,03	0,77	0,2	1	0,95	0,14	0,95	0,08	0,57	0,57	0,85
Cu (0-15)	-0,03	0,54	-0,03	-0,09	0,17	0,38	-0,17	0,49	-0,71	-0,09	0,14	0,43	0,83	-0,94	-1	-0,49	0,89	0,03	1	0,75	0,95	0,57	0,11	0,16	0,18
C (0-15)	-0,6	-0,03	-0,6	-0,94	0,9	0,41	0,38	0,49	0,14	0,79	1	0,71	0,54	-0,09	-0,14	-0,77	0,31	-0,66	0,14	1	0,12	0,85	0,34	0,42	0,18
Riq-T	0,7	-0,15	0,7	0,88	-0,46	-0,03	-0,62	-0,52	-0,15	-0,75	-0,7	-0,03	-0,33	0,15	-0,03	0,21	-0,39	-0,03	0,03	-0,7	1	0,29	0,17	0,18	0,08
Abu-T	0,09	-0,31	0,09	0,14	0,41	0,49	-0,52	-0,09	0,26	-0,09	0,09	0,54	-0,14	0,49	0,26	-0,43	-0,54	-0,77	-0,26	0,09	0,52	1	0,11	0,08	0,22
Dom-T	-0,37	0,49	-0,37	-0,54	0,23	0,14	0,32	0,6	-0,43	0,32	0,43	0,14	0,77	-0,83	-0,71	-0,31	0,94	0,26	0,71	0,43	-0,64	-0,71	1	0	0,04
I-Sim-T	0,21	-0,29	0,21	0,5	-0,13	-0,03	-0,36	-0,41	0,29	-0,26	-0,41	-0,09	-0,71	0,74	0,65	0,24	-0,88	-0,29	-0,65	-0,41	0,63	0,77	-0,97	1	0,02
I-Sha-T	0,54	-0,43	0,54	0,71	-0,46	-0,38	-0,23	-0,77	0,26	-0,44	-0,6	-0,26	-0,83	0,71	0,6	0,49	-0,89	-0,09	-0,6	-0,6	0,76	0,54	-0,94	0,88	1

Los colores diferentes representan el grado de relación entre variables. Valores positivos indican correlación positiva (>0) y valores negativos indican correlación negativa (<0). Valores sobre la diagonal corresponden a probabilidades y valores bajo la diagonal corresponden a valores de r cuadrado. CV% = cobertura vegetal, Da = densidad aparente, Dr= densidad real, CC= capacidad de campo, PM= punto de marchitez, AU= agua útil, CE= conductividad eléctrica, MO = materia orgánica, N = Nitrógeno, P = Fosforo, K = Potasio, Ca = Calcio, Mg = Magnesio, Fe = Hierro, Mn = Manganeso, Cu= Cobre, C= Carbono, Riq-T= riqueza de totales (herbáceas + leñosas), Abu-T= abundancia de totales (herbáceas + leñosas), Dom-T= dominancia de totales (herbáceas + leñosas), I-Sim-T= índice de Simpson de totales (herbáceas + leñosas), I-Sha-T= índice de Shannon de totales (herbáceas + leñosas).

5.2.5. Determinación de las variables del área no quemada a profundidad de 15-30 cm

5.2.5.1. Descripción de textura y color de los suelos (15-30 cm)

En el área no quemada se representa diferentes clases textuales (franco arcilloso limoso, franco limoso, arcillosa arcilloso limoso, franco arcilloso) con diferentes colores en húmedo dominando el color marrón y en seco el color gris (Tabla 13).

Tabla 13. Texturas y color del suelo en húmedo y seco en las diferentes subparcelas en el área no quemada a profundidad de 15-30 cm

	ANQ1			ANQ2			ANQ3			ANQ4			ANQ5			ANQ6		
	Sp1	Sp2	Sp3	Sp1	Sp2	Sp3	Sp1	Sp2	Sp3	Sp1	Sp2	Sp3	Sp1	Sp2	Sp3	Sp1	Sp2	Sp3
Color húmedo (15-30)	Marrón grisáceo	Marrón oscuro	Marrón grisáceo muy oscuro	Gris muy oscuro	Negro	Marrón muy oscuro	Marrón amarillento oscuro	Negro	Negro	Gris muy oscuro	Marrón muy oscuro	Negro	Negro	Negro	Marrón muy oscuro	Marrón muy oscuro	Marrón muy oscuro	Marrón muy oscuro
Color seco (15-30)	Gris parduzco claro	Gris rosáceo	Gris oscuro	Marrón grisáceo muy oscuro	Marrón grisáceo muy oscuro	Marrón grisáceo oscuro	Gris parduzco claro	Gris oscuro	Gris oscuro	Marrón grisáceo oscuro	Gris oscuro	Gris oscuro	Marrón grisáceo muy oscuro	Marrón grisáceo muy oscuro	Marrón grisáceo oscuro	Gris	Gris oscuro	Gris oscuro
Textura (15-30)	Franco Arcillosa Limosa	Franco Limosa	Arcillosa	Arcillosa Limosa	Arcillosa Limosa	Arcillosa	Franco Arenosa	Franco Limosa	Franco Limosa	Franco Arcillosa Limosa	Franco Arcillosa	Franco Arcillosa	Franco	Franco	Franco Arcillosa	Franco Arcillosa Limosa	Franco Limosa	Franco Arcillosa Limosa

AT= Área no quemada, Sp1= Sub parcela 1, Sp2= Sub parcela 2, Sp3= Sub parcela 3



5.2.5.2. Análisis de correlación de Spearman (15-30 cm)

En el área no quemada de total (herbáceas + leñosas). La riqueza se correlacionó negativamente con Nitrogeno (N) y Fosforo (P). La dominancia se correlacionó negativamente con pH y positivamente con el Hierro (Fe). El índice de Simpson se correlacionó negativamente con el Hierro (Fe) y positivamente con el pH y Calcio (Ca) (Tabla 14).

Tabla 14. Análisis de correlación de Spearman de variables dependientes (riqueza, abundancia, dominancia e índices de Simpson y Shannon) con variables independientes (biomasa, cobertura vegetal y propiedades físicas y químicas del suelo) en especies (herbáceas + leñosas) identificadas

	Biomasa	Cob.A%	Da (15-30)	Dr (15-30)	CC (15-30)	PM (15-30)	AU (15-30)	Conductividad hidráulica (15-30)	pH (15-30)	CE (15-30)	MO (15-30)	N (15-30)	P (15-30)	K (15-30)	Ca (15-30)	Mg (15-30)	Fe (15-30)	Mn (15-30)	Cu (15-30)	C (15-30)	Riq-T	Abu-T	Dom-T	I-Sim-T	I-Sha-T
Biomasa	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	0	0	1	0	1	0
Cob.A%	-0,6	1	0,22	0,22	0,96	0,61	0,53	0,46	0,41	0,29	0,85	0,75	0,15	0,11	0,41	0,48	0,41	0,41	0,22	0,85	0,77	0,48	0,28	0,57	0,34
Da (15-30)	0,83	-0,5	1	0,48	0,04	0,06	0,82	0,01	0,75	0,19	0,28	0,14	0,12	0,41	0,41	0,18	0,75	0,65	0,48	0,28	0,36	0,65	0,41	0,74	0,18
Dr (15-30)	0,26	0,54	0,31	1	0,15	0,49	0,31	0,26	0,65	0,73	0,08	0,11	0,83	0,41	0,95	0,57	0,85	0,06	0,57	0,08	0,29	0,48	0,95	0,87	0,57
CC (15-30)	-0,5	0,03	-0,8	-0,7	1	0,03	0,69	0,08	0,96	0,55	0,17	0,2	0,55	0,91	0,58	0,23	0,83	0,35	0,78	0,17	0,55	0,29	0,83	1,00	0,42
PM (15-30)	-0,4	0,26	-0,8	-0,4	0,85	1	0,54	0,23	0,38	0,93	0,19	0,38	0,55	0,28	0,12	0,02	0,87	0,74	0,19	0,19	0,72	0,61	0,38	0,54	0,19
AU (15-30)	-0,4	-0,3	-0,1	-0,5	0,21	-0,3	1	0,45	0,08	0,25	0,96	0,49	0,76	0,06	0,08	0,25	0,61	0,45	0,02	0,96	0,46	0,61	0,35	0,35	0,61
Conductividad hidráulica (15-30)	-0,9	0,38	-0,9	-0,6	0,76	0,58	0,39	1	0,96	0,07	0,17	0,01	0,05	0,74	0,66	0,35	0,5	0,35	0,87	0,17	0,09	0,91	0,42	0,61	0,17
pH (15-30)	-0	-0,4	0,14	-0,2	0,03	-0,4	0,77	-0	1	0,55	0,48	0,75	0,5	0,05	0,05	0,08	0,14	0,48	0,06	0,48	0,60	0,14	0,05	0,02	0,08
CE (15-30)	-0,9	0,52	-0,6	-0,2	0,31	0,05	0,56	0,78	0,31	1	0,68	0,16	0,08	0,95	0,73	0,91	0,59	0,51	0,73	0,68	0,25	1,00	0,82	0,98	0,64
MO (15-30)	-0,4	-0,1	-0,5	-0,8	0,64	0,62	-0	0,64	-0,3	0,22	1	0,06	0,46	0,57	0,18	0,11	0,22	0,08	0,41	0,03	0,23	0,95	0,22	0,25	0,14
N (15-30)	-0,8	0,14	-0,7	-0,7	0,61	0,44	0,35	0,9	-0,1	0,65	0,83	1	0,08	0,75	0,48	0,28	0,18	0,14	0,85	0,06	0,02	0,75	0,22	0,31	0,11
P (15-30)	-0,9	0,67	-0,7	-0,1	0,31	0,31	0,16	0,81	-0,4	0,75	0,38	0,75	1	0,35	0,54	0,42	0,15	0,91	0,66	0,46	0,04	0,32	0,12	0,24	0,07
K (15-30)	0,2	-0,7	0,37	-0,4	-0,1	-0,5	0,79	-0,2	0,89	0,03	-0,3	-0,1	-0,5	1	0,05	0,08	0,18	0,48	0,04	0,57	0,77	0,28	0,06	0,10	0,11
Ca (15-30)	0,09	-0,4	0,37	0,03	-0,3	-0,7	0,77	-0,2	0,89	0,19	-0,6	-0,3	-0,3	0,89	1	0,04	0,18	0,95	0,04	0,18	0,69	0,48	0,06	0,06	0,08
Mg (15-30)	0,26	-0,3	0,6	0,26	-0,6	-0,9	0,56	-0,5	0,77	0,06	-0,7	-0,5	-0,4	0,77	0,94	1	0,28	0,75	0,06	0,11	0,52	0,75	0,08	0,12	0,06
Fe (15-30)	-0,4	0,37	-0,1	-0,1	-0,1	0,09	-0,3	0,35	-0,7	0,28	0,54	0,6	0,67	-0,6	-0,6	-0,5	1	0,65	0,28	0,22	0,12	0,08	0,05	0,01	0,08
Mn (15-30)	0,26	0,37	0,2	0,83	-0,5	-0,2	-0,4	-0,5	-0,3	-0,3	-0,8	-0,7	-0,1	-0,3	0,03	0,14	-0,2	1	0,75	0,08	0,52	0,41	0,95	0,96	0,85
Cu (15-30)	-0	0,54	-0,3	0,26	0,14	0,62	-0,9	0,09	-0,8	-0,2	0,37	0,09	0,23	-0,9	-0,9	-0,8	0,49	0,14	1	0,41	0,95	0,57	0,11	0,16	0,18
C (15-30)	-0,4	-0,1	-0,5	-0,8	0,64	0,62	-0	0,64	-0,3	0,22	1	0,83	0,38	-0,3	-0,6	-0,7	0,54	-0,8	0,37	1	0,23	0,95	0,22	0,25	0,14
Riq-T	0,7	-0,2	0,46	0,52	-0,3	-0,2	-0,4	-0,7	0,27	-0,6	-0,6	-0,9	-0,8	0,15	0,21	0,33	-0,7	0,33	0,03	-0,6	1	0,29	0,17	0,18	0,08
Abu-T	0,09	-0,3	-0,2	-0,3	0,52	0,26	0,26	0,06	0,66	0	0,03	-0,1	-0,5	0,49	0,31	0,14	-0,8	-0,4	-0,3	0,03	0,52	1	0,11	0,08	0,22
Dom-T	-0,4	0,49	-0,4	-0	0,12	0,44	-0,5	0,41	-0,9	0,12	0,54	0,54	0,7	-0,8	-0,8	-0,8	0,89	0,03	0,71	0,54	-0,6	-0,7	1	0	0,04
I-Sim-T	0,21	-0,3	0,18	0,09	0	-0,3	0,47	-0,3	0,88	0,02	-0,6	-0,5	-0,6	0,74	0,79	0,71	-0,9	0,03	-0,7	-0,6	0,63	0,77	-1	1	0,02
I-Sha-T	0,54	-0,4	0,6	0,26	-0,4	-0,6	0,26	-0,6	0,77	-0,3	-0,7	-0,7	-0,8	0,71	0,77	0,83	-0,8	0,09	-0,6	-0,7	0,76	0,54	-0,9	0,88	1

Los colores diferentes representan el grado de relación entre variables. Valores positivos indican correlación positiva (>0) y valores negativos indican correlación negativa (<0). Valores sobre la diagonal corresponden a probabilidades y valores bajo la diagonal corresponden a valores de r cuadrado. CV% = cobertura vegetal, Da = densidad Aparente, Dr= densidad real, CC= capacidad de campo, PM= punto de marchitez, AU= agua útil, CE= conductividad eléctrica, MO = materia orgánica, N = Nitrógeno, P = Fosforo, K = Potasio, Ca = Calcio, Mg = Magnesio, Fe = Hierro, Mn = Manganeso, Cu= Cobre, C= Carbono, Riq-T= riqueza de totales (herbáceas + leñosas), Abu-T= abundancia de totales (herbáceas + leñosas, Dom-T= dominancia de totales (herbáceas + leñosas), I-Sim-T= índice de Simpson de totales (herbáceas + leñosas), I-Sha-T= índice de Shannon de totales (herbáceas + leñosas)



6. DISCUSIÓN

La cobertura vegetal presentó en el área quemada un porcentaje de 26,91 % de la superficie aproximada. Este porcentaje es bajo en comparación al área no quemada que ocupa el 76,66 %. Lo antes mencionado coincide con lo planteado por Morales Sánchez (2021), que las especies tienen diferentes mecanismos de respuesta al fuego: rebrotadoras y las no rebrotadoras o germinadoras.

En los resultados de las especies (herbáceas + leñosas) la riqueza demostró similitud en las áreas de estudio, la abundancia es mayor en el área quemada en comparación del área no quemada y el índice de Simpson presentó diferencias significativas. Según estudios realizados por Verzino et al. (2005), concuerdan con los resultados presentes, puesto que, al encontrarse geográficamente cercano, sus aspectos fenológicos, geomorfológicos y climáticos serán similares en su composición florística, por tanto, una explicación en la riqueza es que el fuego no afectó intensamente la vegetación, o tuvo una capacidad rápida de regenerarse. En un estudio realizado por Chávez Guerrero (2016), presentó alta abundancia de especies debido a que la quema influye en el comportamiento de la copa del árbol y una entrada de luz solar para el rebrote y germinación de las especies y por la presencia de las cenizas que contienen elementos esenciales que facilitan el crecimiento de especies. Estudios similares Neri et al. (2016), indicaron que el índice de Simpson no muestra diferencias significativas, lo que determina como comunidades igualmente inequitativas dominadas por pocas especies.

En las especies herbáceas la riqueza y la abundancia fueron mayores en el área quemada. En un estudio realizado por Mena Lojan and Ortega Avilés (2020), presentó una mayor riqueza en los sitios quemados debido a que las especies del ciclo anual responden más



rápidamente y tienden a ocupar los espacios claros producidos por los incendios. Las especies herbáceas son más abundantes debido a que muchos de ellos aprovechan los nutrientes acumulados luego de la quema.

El índice de valor de importancia (IVI) en el área quemada registra *Pinus patula* como la especie más resaltante en comparación de las otras especies que presenta valores menores. Según Alanís-Rodríguez et al. (2010), menciona que la regeneración de pino después de un incendio se puede atribuir simplemente, a la liberación de las semillas, debido a que las altas temperaturas deshidratan los tejidos de los conos y favorecen su liberación.

El pH presentó diferencia significativa, en el área quemada se determinó una disminución en comparación del área no quemada. Según Calabuig et al. (1999), indica que los valores no fueron prácticamente modificados por el fuego, la incorporación de las cenizas producido por la quema de vegetación aumenta el pH debido a que estas contienen óxidos, hidróxidos y carbonatos. Sin embargo, por acción de la lluvia estos valores tienden a disminuir ya que los cationes que conforman la ceniza son disueltos. Solo se detectaron diferencias estadísticamente significativas en la capa superficial del suelo.

En el área quemada la densidad aparente presentó una disminución de sus valores frente al área no quemada también mostró diferencia significativa a profundidad de 0-15 cm. Según Pérez García et al. (2009), menciona que la densidad aparente es menor en suelos no quemados debido a la presencia de materiales orgánicos provenientes de la vegetación del lugar.

La capacidad de campo presentó diferencias significativas tanto a profundidades de 0-15 cm y 15-30 cm, en las áreas de estudio. Estudios similares Hernández et al. ,manifiestan que



existe un aumento de capacidad de campo en base a la MO y contenido de cenizas después de efectuada la quema.

Los parámetros de las propiedades químicas del suelo como K, Ca, P, Cu, C, Dr, están correlaciones con la riqueza y abundancia en el área quemada. Según Cuesta and Giraldo (2013), indica que los nutrientes fundamentales como el Fosforo, Magnesio, Calcio, y parcialmente el potasio pueden ser devueltos por las cenizas, de forma que tras el incendio puede haber un aumento de fertilidad, efímero pero crucial, para la regeneración vegetal.

En el área quemada a profundidad de 0-15 cm la riqueza se correlaciono con Dr, K y Ca negativamente y Cu positivamente, mientras que, a profundidad de 15-30 cm, la riqueza se correlaciono negativamente con K, Ca y positivamente con Cu, asimismo la abundancia se correlaciono con K positivamente. En cambio, en el área no quemada a profundidad de 0-15 cm, la riqueza se correlaciono positivamente con Dr, la dominancia se correlaciono positivamente con Fe, el índice de Simpsons y Shannon se correlaciono negativamente con Fe. A profundidad de 15-30 cm la riqueza se correlaciono negativamente con N y P, la dominancia se correlaciono negativamente con pH y positivamente con Fe. El índice de Simpsons se correlaciono negativamente con el Fe y positivamente con pH. Según, Mancilla et al. (2009), determina que la presencia del Nitrógeno es una de las formas predominantes en los suelos del páramo. En los bosques la mayoría del fosforo reciclado es a partir de la descomposición de la hojarasca. Las variables químicas del suelo como el Calcio es un macronutriente esencial para la planta puedan absorber otros nutrientes. El Magnesio participa en todas las reacciones químicas del metabolismo de las plantas especialmente en los procesos de fosforilación y energía. El Hierro aporta al metabolismo celular y permite el desarrollo foliar adecuando de las plantas en estado inicial y crecimiento (Lillo et al., 2011).



7. CONCLUSIONES

Los resultados se pueden concluir que la cobertura vegetal presentó en el área quemada un porcentaje de 26,91 % en comparación al área no quemada que ocupa el 76,66 %. En el área quemada se registró 34 especies y 43 en el área no quemada respectivamente, agrupados en 23 familias. Sin embargo, por su similitud en ciertas especies se obtuvo un total de 58 especies identificadas en toda el área de estudio. En la riqueza de las especies herbáceas y leñosas se registró una similitud por estar relacionado con la estructura del ecosistema mientras que, el índice de abundancia es mayor en el área quemada porque las plantas tienden a una rebrote y germinación más rápida por los espacios producidos por el fuego y aprovechan de los nutrientes acumulados por las cenizas.

El Índice de Valor de Importancia (IVI) en el área quemada registró a *Pinus patula* como la especie más resaltante en comparación a otras especies a causa de altas temperaturas los conos tienden a abrirse y dispersar la mayor de semillas. En cambio, en el área quemada sobresale *Cortadeira nitida* (Kunth) Pilg.

Las propiedades físicas del suelo presentaron diferencias significativas para pH, Da y CC en el área de estudio, en comparación a las propiedades químicas del suelo como el P, K, Ca, Cu, C, que presento correlaciones con la riqueza y abundancia en el área quemada, mientras que en el área no quemada N, P, Fe, Cu esta correlacionado con la riqueza, dominancia, con los índices de Simpson y Shannon.

Por lo tanto, los resultados obtenidos en el presente estudio muestran que los incendios pueden ser una estrategia positiva para la regeneración natural por favorecer a la restauración y conservación de la diversidad florística de los ecosistemas. El suelo es afectado en la propiedades físicas y químicas dando como resultado la erosión.



8. RECOMENDACIONES

Establecer parcelas permanentes de muestreo para evaluar periódicamente los parámetros de regeneración natural y el cambio de las propiedades físicas y químicas a lo largo del tiempo. Con estas prácticas académicas se generaría información específica dentro de las zonas Andinas, en el sur del Ecuador.

Estos problemas, entre otros, deberían ser objeto de nuevos estudios ampliando más investigaciones dirigidas a la riqueza florística en plantaciones forestales haciendo un énfasis en las especies leñosas y herbáceas ya que estas servirán para la formación de los nuevos bosques.

9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alanís-Rodríguez, E., Aguirre-Calderón, O., Jiménez-Pérez, J., Pando-Moreno, M., Treviño-Garza, E. J., Aranda-Ramos, R., & Canizales-Velázquez, P. A. (2010). Efecto de la severidad del fuego sobre la regeneración asexual de especies leñosas de un ecosistema mixto (Pinus-Quercus) en el Parque Ecológico Chipinque, México. *Interciencia*, 35(9), 690-695.
- Alanís-Rodríguez, E., Jiménez-Pérez, J., Valdecantos-Dema, A., González-Tagle, M. A., Aguirre-Calderón, Ó. A., & Treviño-Garza, E. J. (2012). Composición y diversidad de la regeneración natural en comunidades de Pinus-Quercus sometidas a una alta recurrencia de incendios en el noreste de México. *Revista mexicana de biodiversidad*, 83(4), 1208-1214.
- Alvarado Barros, A. F., & Muñoz Gómez, L. N. Evaluación de la regeneración natural y su relación con la altitud y cobertura de dosel en plantaciones no manejadas de pinus patula en zonas alto andinas, en la provincia del Azuay.
- Anchaluisa, S., & Suárez, E. (2013). Efectos del fuego sobre la estructura, microclima y funciones ecosistémicas de plantaciones de eucalipto (*Eucalyptus globulus*; Myrtaceae) en el Distrito Metropolitano de Quito, Ecuador. *ACI Avances en Ciencias e Ingenierías*, 5(2).
- Blanco-Sepulveda, R. (2000). Propuesta metodológica para la aplicación del análisis de las propiedades físicas edáficas a la evaluación del suelo para usos ganaderos.
- Bodí, M. B., Cerdà, A., Mataix-Solera, J., & Doerr, S. H. (2012). Efectos de los incendios forestales en la vegetación y el suelo en la cuenca mediterránea: revisión bibliográfica. *Boletín de la asociación de Geógrafos Españoles*.
- Calabuig, L., Tárrega García-Mares, R., & Marcos Porras, E. M. (1999). Alteraciones producidas por un incendio forestal en el suelo de una repoblación de *Pinus radiata*.
- Calva, C., & Espinosa, J. (2017). Efecto de la aplicación de cuatro materiales de encalado en control de la acidez de un suelo de Loreto, Orellana. *Siembra*, 4(1), 110-120.
- Capulín Grande, J., Mohedano Caballero, L., & Razo Zarate, R. (2010). Cambios en el suelo y vegetación de un bosque de pino afectado por incendio. *Terra Latinoamericana*, 28(1), 79-87.



- Cárdenas Ortiz, D. A., & Zapata Flores, E. M. (2015). *Determinación experimental de los cambios en las propiedades físico químicas en dos diferentes tipos de suelos expuestos a distintas temperaturas simulando incendios forestales*
- Cervera Beasse, J. N. (2019). *Evolución del incendio forestal de Carcaixent: dos años después* [Universitat Politècnica de València].
- Chávez Guerrero, P. A. (2016). *Regeneración natural en un bosque interandino de Eucalyptus globulus Labill. afectado por incendios forestales* [PUCE].
- Chingal Huaca, M. C., & Anrango Torres, S. A. (2019). *Zonificación de cobertura vegetal propensa a incendios en el cantón Ibarra, provincia de Imbabura*
- Cuesta, J. R., & Giraldo, I. O. (2013). Efectos de los incendios forestales en las propiedades del suelo. Estado del arte. *Cuaderno Activa*, 5, 59-67.
- DEL AGRO–AGROCALIDAD, C. (2015). Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca.
- Díaz-Hernández, D., Rodríguez-Laguna, R., Rodríguez-Trejo, D. A., Acevedo-Sandoval, A., & Maycotte-Morales, C. C. (2021). Dinámica de la regeneración de *Pinus montezumae* posterior a un incendio ya quema prescrita. *Botanical Sciences*, 99(1), 58-66.
- Domínguez Céspedes, H. D. (2017). Estudio de las propiedades físicas y químicas del suelo producidas por la quema controlada de vegetación en el municipio de Cumaribo, departamento del Vichada.
- Espinoza, I. D. N., Zenteno, M. D. C., Chávez, J. C., Moreiral, V. N., Solarte, K. E. A., & Intriago, F. L. M. (2018). Propiedades físicas del suelo en diferentes sistemas agrícolas en la provincia de Los Ríos, Ecuador. *Temas agrarios*, 23(2), 177-187.
- Espinoza, V. M. (2017). Diseño de un modelo de gestión sostenible para la prevención de incendios forestales en plantaciones de pino en la comunidad Ganquis provincia de Chimborazo.
- Flores Rodríguez, A. G., Flores Garnica, J. G., González Eguiarte, D. R., Gallegos Rodríguez, A., Zarazúa Villaseñor, P., Mena Munguía, S., Lomelí Zavala, M. E., & Ruíz Guzmán, E. (2021). Regeneración natural de pino y encino bajo diferentes niveles de perturbación por incendios forestales. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 12(65), 3-25.



- García-Sinovas, D., Regalado, C., Muñoz-Carpena, R., & Álvarez-Benedí, J. (2001). Comparación de los permeámetros de Guelph y Philip-Dunne para la estimación de la conductividad hidráulica saturada del suelo. *Temas de Investigación en Zona no Saturada*, 31-36.
- Gualán Bermeo, A. Y., & Orbe Reyes, K. A. (2019). *Plan de reforestación de zonas afectadas por incendios forestales nivel 2 en la Comunidad Pesillo-cantón Cayambe*
- Hernández, A., Rodríguez, N., Notario, J., Arbelo, C., & Rodríguez-Rodríguez, A. Evaluación de los cambios producidos en el suelo a corto y medio plazo debido a un incendio forestal en el pinar de Tenerife (Islas Canarias, España).
- Jaksic, F., & Fariña, J. (2015). Wildland fires, succession and ecological restoration in context. *Anales del Instituto de la Patagonia*,
- Jara, R. F., Burgos, M. E. D., Vidal-Abarca, M. R., Alonso, M. L. S., & Schneider, V. D. Plantaciones e incendios forestales: antítesis a la conservación de los servicios ecosistémicos.
- Jorgensen, P. M., & Leon-Yanez, S. (1999). *Catálogo de las plantas vasculares del Ecuador* (Vol. 75). Missouri Botanical Garden St Louis, USA.
- Lillo, A., Ramírez, H., Reyes, F., Ojeda, N., & Alvear, M. (2011). Actividad biológica del suelo de bosque templado en un transecto altitudinal, Parque Nacional Conguillío (38° S), Chile. *Bosque (Valdivia)*, 32(1), 46-56.
- López Pérez, M. A. (2016). *Determinación de la confiabilidad de los métodos de ollas isobáricas y centrífugas para la determinación de capacidad de campo y punto de marchitez permanente* [Quito: UCE].
- Mancilla, G., Valdovinos, C., Azocar, M., Jorquera, P., & Figueroa, R. (2009). Efecto del reemplazo de la vegetación nativa de ribera sobre la comunidad de macroinvertebrados bentónicos en arroyos de climas templados, Chile central. *Hidrobiológica*, 19(3), 193-203.
- Manríquez Zapata, H. M. (2019). Especies forestales afectadas en incendios ocurridos en Amazonas: Un análisis de la información fiscal de los casos de Chachapoyas y Luya. *Arnaldoa*, 26(3), 965-976.
- Mataix Solera, J. (2000). *Alteraciones físicas, químicas y biológicas en suelos afectados por incendios forestales: contribución a su conservación y regeneración*.



- Mena Lojan, L. F., & Ortega Avilés, A. A. (2020). *Determinación del producto para quemas experimentales simulando incendios forestales con diferentes intensidades, en suelos extraídos de las zonas: Parque Metropolitano "Guangüiltagua", "Cerro Ungüü y Páramo de Paquiestancia-Cayambe", a nivel de laboratorio*
- Mendoza, Z. A., Niveló, L. G., Díaz, N. J., & Tamayo, J. P. (2021). Monitoreo de la sucesión de especies vegetales leñosas bajo una plantación de *Pinus radiata* D. Don, en el parque universitario "Francisco Vivar Castro", provincia de Loja, Ecuador. *South Florida Journal of Development*, 2(1), 1018-1039.
- Mollocana Lara, J. G., Álvarez Mendoza, C. I., & Jaramillo Coronel, L. J. (2021). Evaluación de información relacionada con combustibles en el Distrito Metropolitano de Quito para el modelado y simulación de incendios forestales, caso de estudio: Incendio del cerro Atacazo. *LA GRANJA. Revista de Ciencias de la Vida*, 34(2), 45-62.
- Morales Sánchez, M. E. (2021). *Efectos del tipo de restauración en la riqueza y cobertura vegetal de tres estados de conservación en los páramos de Cotopaxi y Antisana* Quito: UCE].
- Neri, A. V., Fernández-Méndez, F., Velasco-Salcedo, V. M., Guerrero-Contecha, J., & Galvis, M. (2016). Recuperación ecológica de áreas afectadas por un incendio forestal en la microcuenca Tintales (Boyacá, Colombia).
- Pascual Granged, A. J. (2011). *Efectos a corto y largo plazo del fuego sobre algunas propiedades del suelo: Incendios naturales e incendios experimentales bajo condiciones de campo y laboratorio.*
- Pérez García, C. A., López Blanco, J., & Vela Correa, G. (2009). Influencia del relieve en las propiedades de un suelo afectado por incendio en el volcán El Pelado, Centro de México. *Investigaciones geográficas*(69), 7-20.
- Pérez, G. S., & Trejo, D. R. (2003). Efecto de la calidad de planta en la supervivencia y crecimiento de *Pinus patula* en un área quemada. *Revista Chapingo. Serie ciencias forestales y del ambiente*, 9(1), 34-43.
- Salazar Carranza, L. F. (2019). *Caracterización y georreferenciación espacial de las propiedades físicas en los suelos eutríc fluvisols de uso agropecuario en la finca experimental La María del cantón Mocache*



- Salcedo Bautista, C. R. (2021). 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.
- Sghirla Magno, S. F. (2011). *Propuesta metodológica para la elaboración del mapa de conductividad eléctrica de los suelos de la República del Ecuador* Quito, 2011.].
- Teixeira Roth, V., & Sánchez Infantas, E. (2006). Patrones poblacionales de las principales especies herbáceas en la Reserva Nacional de Lachay. *Ecología Aplicada*, 5(1-2), 23-27.
- Tuquerres Ulcuango, B. P. (2013). *Inventario florístico en el sector Ukshapamba, del bosque nativo de la comunidad de Paquiestancia, Cayambe-Ecuador, 2008*
- Ubeda, X., & Sala, M. (1996). Cambios en la física del suelo e incrementos de la escorrentía y la erosión tras un incendio forestal.
- Urretavizcaya, M. F. (2010). Propiedades del suelo en bosques quemados de *Austrocedrus chilensis* en Patagonia, Argentina. *Bosque (Valdivia)*, 31(2), 140-149.
- Valenzuela, N. V. U., & Bueno, M. F. C. (2012). Incendios forestales: principales consecuencias económicas y ambientales en Chile. *Revista Interamericana de Ambiente y Turismo-RIAT*, 7(1), 18-24.
- Verzino, G., Joseau, J., Dorado, M., Gellert, E., Rodríguez Reartes, S., & Nóbile, R. (2005). Impacto de los incendios sobre la diversidad vegetal, Sierras de Córdoba, Argentina. *Ecología Aplicada*, 4(1-2), 25-34.
- [Record #52 is using a reference type undefined in this output style.]
- Zamora, R. (2002). La restauración ecológica: una asignatura pendiente. *Ecosistemas*, 11(1).
- Zeas, D. L. G. (2015). *“OPTIMIZACIÓN DEL RENDIMIENTO DE AVENA (Avena sativa L. VARIEDAD INIAP-82) BAJO TRES NIVELES DE ENCALADO EN LA GRANJA IRQUIS” UNIVERSIDAD DE CUENCA*].

10. ANEXOS

Anexo 1. Inventario de las especies vegetales de las áreas de estudios con la abundancia y forma de vida

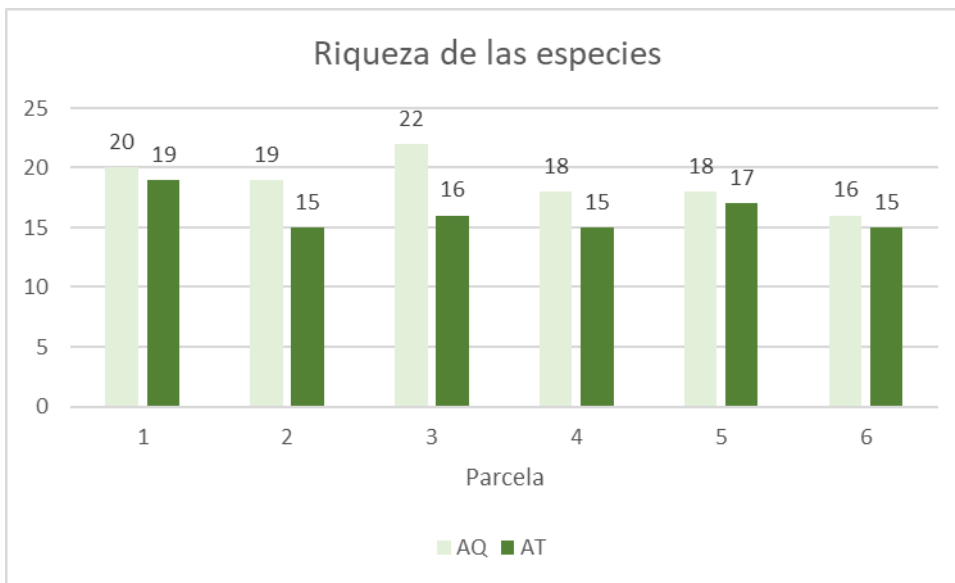
	Nombre científico	ABUNDANCIA		Forma de vida
		Área quemada	Área no quemada	
1	<i>Acacia dealbata</i>	-	5	Leñosa
2	<i>Achyrocline alata</i>	144	-	Herbácea
3	<i>Alnus acuminata</i> Kunth	-	24	Leñosa
4	<i>Alternanthera porrigens</i>	69	-	Herbácea
5	<i>Aristeguetia cacalioides</i>	-	12	Leñosa
6	<i>Aristeguetia persicifolia</i>	14	1	Leñosa
7	<i>Asplenium aff. Raddianum</i>	-	19	Herbácea
8	<i>Asplenium cuneatum</i>	1	3	Herbácea
9	<i>Baccharis latifolia</i>	195	1	Leñosa
10	<i>Barnadesia arborea</i>	-	8	Leñosa
11	<i>Calamagrostis macrophylla</i>	62	-	Herbácea
12	<i>Calceolaria hyssopifolia</i> Kunth	28	22	Herbácea
13	<i>Cestrum auricalatum</i> L' Hér.	-	6	Leñosa
14	<i>Chenopodium ambrosioides</i>	82	-	Herbácea
15	<i>Chusquea delicatula</i> Hitch	-	7	Herbácea
16	<i>Cortadeira nitida</i> (Kunth) Pilg.	93	185	Herbácea
17	<i>Cupressus macrocarpa</i>	136	-	Leñosa
18	<i>Dendropanax arboreus</i>	-	101	Leñosa
19	<i>Dioscorea</i> sp	52	69	Herbácea
20	<i>Elaphoglossum lingua</i>	-	25	Herbácea
21	<i>Elleanthus myrosmatic</i>	-	7	Herbácea



22	<i>Epidendrum bifalce</i>	-	28	Herbácea
23	<i>Epidendrum schistochilum</i>	-	2	Herbácea
24	<i>Ferreyranthus verbascifolius</i>	57	29	Leñosa
25	<i>Gynoxis chagalensis</i> Hieron.	58	3	Leñosa
26	<i>Gynoxys buxifolia</i>	42	6	Leñosa
27	<i>Jungia rugose</i>	34	-	Leñosa
28	<i>Luma apiculate</i>	-	1	Leñosa
29	<i>Macleania rupestris</i>	-	40	Leñosa
30	<i>Maytenus verticillata</i>	144	-	Leñosa
31	<i>Miconia aspergillaris</i>	30	98	Leñosa
32	<i>Miconia</i> sp	1	-	Leñosa
33	<i>Morella parvifolia</i>	10	3	Leñosa
34	<i>Myrcianthes rhopaloides</i>	-	3	Leñosa
35	<i>Niphidium crassifolium</i>	28	55	Herbácea
36	<i>Oncidium hyphaematicum</i>	-	33	Herbácea
37	<i>Oreocallis grandiflora</i>	8	-	Leñosa
38	<i>Oreopanax ecuadorensis</i>	-	1	Leñosa
39	<i>Paspalum bonplandianum</i>	56	-	Herbácea
40	<i>Peperomia</i> sp	2	23	Herbácea
41	<i>Physalis peruviana</i>	9	25	Leñosa
42	<i>Phytolacca americana</i>	75	-	Herbácea
43	<i>Pinus patula</i>	1658	-	Leñosa
44	<i>Piper barbatum</i>	-	14	Leñosa
45	<i>Pleurothallis coriacardia</i>	11	25	Herbácea
46	<i>Podocarpus sprucei</i>	-	9	Leñosa
47	<i>Polypodium murorum</i>	-	100	Herbácea
48	<i>Pteridium aquilinum</i>	678	-	Herbácea

49	<i>Puya aequatorialis</i>	-	1	Herbácea
50	<i>Rubus ulmifolius</i>	19	89	Leñosa
51	<i>Salvia corrugate</i>	30	-	Leñosa
52	<i>Solanum aureum</i>	17	49	Herbácea
53	<i>Solanum caripense</i>	27	-	Herbácea
54	<i>Solanum nigrum</i> L.	49	1	Leñosa
55	<i>Tillandsia complanata</i> Benth.	-	96	Herbácea
56	<i>Vallea stipularis</i>	-	8	Leñosa
57	<i>Viburnum triphyllum</i> Benth	42	74	Leñosa
58	<i>Weinmannia fagaroides</i>	-	6	Leñosa
	TOTAL	3961	1317	

Anexo 2. Inventario de las especies por parcela



Área de estudio Granja Irquis de la Universidad de Cuenca.

Anexo 3. Área de estudio Granja Irquis de la Universidad de Cuenca



Anexo 4. Instalación de parcelas en los sitios de muestreo



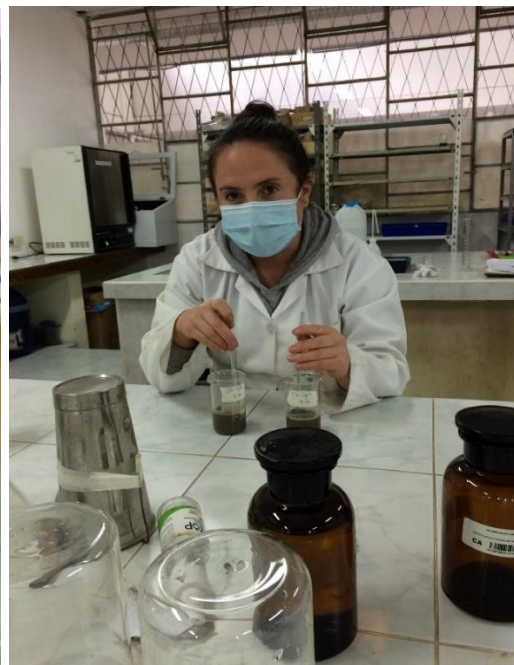
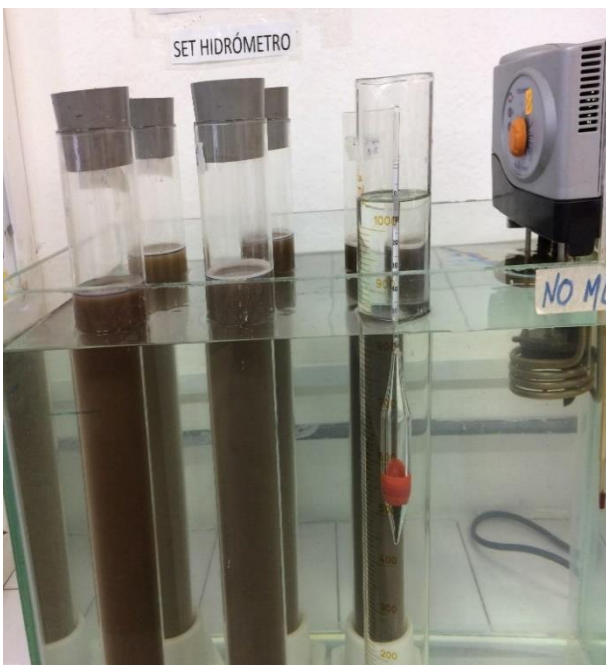
Anexo 5. Recolección de muestras vegetales



Anexo 6. Recolección de muestras de suelo



Anexo 7. Determinación de las propiedades físicas del suelo



Anexo 8. Determinación de las propiedades químicas del suelo

 AGROCALIDAD AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL FITO Y ZOOSANITARIO	LABORATORIO DE SUELOS, FOLIARES Y AGUAS Vía Interoceánica Km. 14½ y Eloy Alfaro, Granja del MAGAP, Tumbaco - Quito Teléf.: 023828860 Ext. 2080	PGT/SFA/09-FO01
	INFORME DE ANÁLISIS DE SUELO	Rev. 5 Hoja 1 de 2

 Informe N°: LN-SFA-E21-1183
 Fecha emisión Informe: 20/08/2021

DATOS DEL CLIENTE

 Persona o Empresa solicitante¹: Sandra Quito

 Dirección¹: Universidad de Cuenca

 Provincia¹: Azuay

 Cantón¹: Cuenca

 Teléfono¹: 0982925168

 Correo Electrónico¹:

sandra.quitof@ucuenca.edu.ec

N° Orden de Trabajo: 01-2021-0168

N° Factura/Documento: 003-001-5577

DATOS DE LA MUESTRA:

Tipo de muestra ¹ : Suelo	Conservación de la muestra: Lugar fresco y seco	
Cultivo ¹ : Pino		
Provincia ¹ : Azuay	Coordenadas ¹ :	X: ----
Cantón ¹ : Cuenca		Y: ----
Parroquia ¹ : Victoria Portete		Altitud: ----
Muestreado por ¹ : Sandra Quito		
Fecha de muestreo ¹ : ----	Fecha de inicio de análisis: 06-08-2021	
Fecha de recepción de la muestra: 06-08-2021	Fecha de finalización de análisis: 20-08-2021	

RESULTADOS DEL ANÁLISIS

CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA ¹	PARÁMETRO ANALIZADO	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO
SFA-21-1215	ZQ1-(0-15)	pH a 25 °C	Electrométrico PEE/SFA/06 EPA 9045D	---	4,99
		Materia Orgánica	Volumétrico PEE/SFA/09	%	7,53
		Nitrógeno	Volumétrico PEE/SFA/09	%	0,38
		Fósforo	Colorimétrico PEE/SFA/11	mg/kg	19,1
		Potasio	Absorción Atómica PEE/SFA/12	cmol/kg	0,22
		Calcio	Absorción Atómica PEE/SFA/12	cmol/kg	8,85
		Magnesio	Absorción Atómica PEE/SFA/12	cmol/kg	3,17
		Hierro	Absorción Atómica PEE/SFA/13	mg/kg	1042,5
		Manganeso	Absorción Atómica PEE/SFA/13	mg/kg	56,94
		Cobre	Absorción Atómica PEE/SFA/13	mg/kg	3,92
		Zinc	Absorción Atómica PEE/SFA/13	mg/kg	< 1,60

 AGROCALIDAD AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL FITO Y ZOOSANITARIO	LABORATORIO DE SUELOS, FOLIARES Y AGUAS Vía Interoceánica Km. 14½ y Eloy Alfaro, Granja del MAGAP, Tumbaco - Quito Teléf.: 023828860 Ext. 2080	PGT/SFA/09-FO01
		Rev. 5
	INFORME DE ANÁLISIS DE SUELO	Hoja 1 de 2

Informe N°: LN-SFA-E21-1184
 Fecha emisión Informe: 20/08/2021

DATOS DEL CLIENTE

Persona o Empresa solicitante¹: Sandra Quito

Dirección¹: Universidad de Cuenca

Provincia¹: Azuay

Cantón¹: Cuenca

Teléfono¹: 0982925168

Correo Electrónico¹:
 sandra.quitof@ucuenca.edu.ec

N° Orden de Trabajo: 01-2021-0168

N° Factura/Documento: 003-001-5577

DATOS DE LA MUESTRA:

Tipo de muestra ¹ : Suelo	Conservación de la muestra: Lugar fresco y seco	
Cultivo ¹ : Pino		
Provincia ¹ : Azuay	Coordenadas ¹ :	X: ----
Cantón ¹ : Cuenca		Y: ----
Parroquia ¹ : Victoria Portete		Altitud: ----
Muestreado por ¹ : Sandra Quito		
Fecha de muestreo ¹ : ----	Fecha de inicio de análisis: 06-08-2021	
Fecha de recepción de la muestra: 06-08-2021	Fecha de finalización de análisis: 20-08-2021	

RESULTADOS DEL ANÁLISIS

CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA ¹	PARÁMETRO ANALIZADO	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO
SFA-21-1216	ZQ1-(15-30)	pH a 25 °C	Electrométrico PEE/SFA/06 EPA 9045D	---	4,56
		Materia Orgánica	Volumétrico PEE/SFA/09	%	5,07
		Nitrógeno	Volumétrico PEE/SFA/09	%	0,25
		Fósforo	Colorimétrico PEE/SFA/11	mg/kg	7,8
		Potasio	Absorción Atómica PEE/SFA/12	cmol/kg	0,11
		Calcio	Absorción Atómica PEE/SFA/12	cmol/kg	5,55
		Magnesio	Absorción Atómica PEE/SFA/12	cmol/kg	2,81
		Hierro	Absorción Atómica PEE/SFA/13	mg/kg	1175,0
		Manganeso	Absorción Atómica PEE/SFA/13	mg/kg	20,17
		Cobre	Absorción Atómica PEE/SFA/13	mg/kg	4,55
		Zinc	Absorción Atómica PEE/SFA/13	mg/kg	< 1,60