

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO

CARRERA:
INGENIERÍA AMBIENTAL

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de:
INGENIERO AMBIENTAL

TEMA:
“ESTUDIO DEL EFECTO DE QUEMAS RECIENTES SOBRE EL
MICROCLIMA DEL SUELO EN EL PÁRAMO DE LA RESERVA ECOLÓGICA
EL ÁNGEL”, EN EL MACO DEL PROYECTO: ESTUDIO DE PAJA
(*Calamagrostis* sp) Y ACHUPALLA (*Puya hamata*) COMO ESPECIES
INDICADORAS DE LA HISTORIA DE FUEGOS RECIENTES EN EL PÁRAMO
DE LA RESERVA ECOLÓGICA LOS ILINIZAS Y LA RESERVA ECOLÓGICA
EL ÁNGEL

AUTOR:
MARIO ALEJANDRO MARCHÁN MONCAYO

TUTORA:
PATRICIA MARIBEL GUTIÉRREZ SALAZAR

Quito, marzo de 2016

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Yo Mario Alejandro Marchán Moncayo, con documento de identificación N° 1725576852, manifiesto mi voluntad y cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del trabajo de titulación intitulado: “ESTUDIO DEL EFECTO DE QUEMAS RECIENTES SOBRE EL MICROCLIMA DEL SUELO EN EL PÁRAMO DE LA RESERVA ECOLÓGICA EL ÁNGEL”, EN EL MACO DEL PROYECTO: ESTUDIO DE PAJA (*Calamagrostis* sp) Y ACHUPALLA (*Puya hamata*) COMO ESPECIES INDICADORAS DE LA HISTORIA DE FUEGOS RECIENTES EN EL PÁRAMO DE LA RESERVA ECOLÓGICA LOS ILINIZAS Y LA RESERVA ECOLÓGICA EL ÁNGEL, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Ambiental, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.



Mario Alejandro Marchán Moncayo

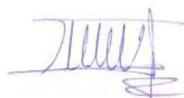
CI: 1725576852

Fecha: marzo de 2016

DECLARATORIA DE COAUTORÍA DEL DOCENTE TUTOR

Yo, declaro que bajo mi dirección y asesoría fue desarrollado el trabajo de titulación “ESTUDIO DEL EFECTO DE QUEMAS RECIENTES SOBRE EL MICROCLIMA DEL SUELO EN EL PÁRAMO DE LA RESERVA ECOLÓGICA EL ÁNGEL”, EN EL MACO DEL PROYECTO: ESTUDIO DE PAJA (*Calamagrostis* sp) Y ACHUPALLA (*Puya hamata*) COMO ESPECIES INDICADORAS DE LA HISTORIA DE FUEGOS RECIENTES EN EL PÁRAMO DE LA RESERVA ECOLÓGICA LOS ILINIZAS Y LA RESERVA ECOLÓGICA EL ÁNGEL realizado por Mario Alejandro Marchán Moncayo obteniendo un producto que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana para ser considerados como trabajo final de titulación.

Quito, marzo de 2016



Patricia Maribel Gutiérrez Salazar

CI: 1718427220

ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN	1
2	OBJETIVOS	5
2.1	Objetivo general	5
2.2	Objetivos específicos	5
3	MARCO TEÓRICO.....	6
3.1	Páramos en regiones andinas	6
3.1.1	Tipos de páramo	7
3.2	Importancia del ecosistema páramo	8
3.2.1	Servicios ambientales.....	8
3.2.2	Tipos servicios del ecosistema en el páramo	9
3.3	Microclima	10
3.3.1	Microclima del suelo.....	11
3.4	Quemas en el páramo	12
4	HIPÓTESIS	15
5	UBICACIÓN	16
5.1	Ubicación político territorial	16
5.2	Ubicación geográfica	16
5.3	Condiciones climáticas.....	17
5.4	Suelo.....	17
6	MATERIALES Y MÉTODOS	18
6.1	Materiales	18
6.2	Métodos.....	18
6.3	Atributos del microclima.....	19
6.4	Análisis de datos	20
6.5	Georreferenciación de la información.....	20
7	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	22
	CONCLUSIONES	38
	RECOMENDACIONES	39
	REFERENCIAS	40

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Áreas afectadas por los incendios registrados.....	14
Tabla 2. Categorías utilizadas para la georreferenciación de la información	20
Tabla 3. Información de los transectos que fueron evaluados en la investigación. ...	22
Tabla 4. Datos de promedio de temperatura de 16 transectos en estudio.	24
Tabla 5. Datos de las parcelas relacionadas con intensidades	27
Tabla 6. Rangos tomados del software ArcGis.....	34

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de los incendios ocurridos en la Reserva Ecológica El Ángel 2000-2008.....	16
Figura 2. Diseño de las parcelas.....	19
Figura 3. Relación entre el porcentaje de luz que llega bajo la vegetación de cada transecto y el tiempo transcurrido después de la quema.	24
Figura 4. Correlación de las variables temperatura y tiempo transcurrido para condiciones en oscuridad ($p=0,01$), oscuridad intermedia ($p=0,04$) y en exposición en luz ($p=0,031$)......	25
Figura 5. Gráfica de la primera correlación tomando en cuenta la temperatura en oscuridad	26
Figura 6. Gráfica de la segunda correlación tomando en cuenta la temperatura en oscuridad media ($p= 3,02892E-07$)......	26
Figura 7. Gráfica de la primera correlación tomando en cuenta la temperatura en luz	27
Figura 8. Representación de intensidades con respecto a la mediana de porcentaje de luz que llega bajo la vegetación.	29
Figura 9. Representación de intensidades con respecto a la mediana de temperatura en oscuridad.	29
Figura 10. Representación de las intensidades con respecto a la mediana de temperatura en oscuridad media.....	30
Figura 11. Representación de las intensidades con respecto a la mediana de temperatura en luz.	30
Figura 12. Recuperación de la vegetación según la intensidad en un mis año, disturbio ocurrido en el 2009.	31
Figura 13. Mapa de la REEA, mapa base SNAP (Sistema Nacional de Áreas Protegidas)	32
Figura 14. Mapa de la REEA, mapa base SNAP zona sureste El Voladero.....	33
Figura 15. Números en cada punto representa el transecto (A01=1), incluye los 16 transectos, los datos corresponden a la media de temperatura y mediana de porcentaje de luz que llega bajo la vegetación.....	35
Figura 16. zona sur de la REEA.....	36
Figura 17. zona sureste de la REEA.	37
Figura 18. zona suroeste de la REEA	37

Resumen

Los páramos andinos han llegado a ser un foco de conservación importante ya que albergan una alta diversidad biológica y proporcionan diversos servicios ambientales. Los disturbios en este ecosistema han crecido a través del tiempo, bien sea por la agricultura, deforestación, minería y otras actividades. Una de las amenazas que ha afectado una gran extensión de páramo son los incendios producidos por el hombre. En el presente estudio se analizó el efecto de los incendios sobre el microclima del suelo en la Reserva Ecológica El Ángel, Carchi, Ecuador para lo cual se evaluó variables como la cantidad de luz que llega bajo la vegetación y la temperatura del suelo. Se determinó que existe una correlación negativa entre el porcentaje de luz que llega al suelo y el tiempo transcurrido después de la quema, las zonas quemadas hace un año tienen 2°C (aproximadamente) más que las zonas quemadas hace 10 años, dando como resultado una relación directa entre las variables de cantidad de luz que llega bajo la vegetación y temperatura del suelo afectando de manera explícita al microclima del suelo.

Abstract

The Andean highlands have become an important focus of conservation and harboring high biodiversity and provide various environmental services. The riots in this ecosystem have grown over time, either by agriculture, deforestation, mining and other activities. One threat that has affected a large expanse of moorland fires are manmade. In the present study the effect of fires on the soil microclimate in the Ecological Reserve El Angel, Carchi, Ecuador for which variables as the amount of light reaching under vegetation and soil temperature was evaluated was analyzed. It was determined that there is a negative correlation between the percentage of light that reaches the ground and the time after burning, burned areas a year ago have 2°C (approximately) rather than burned areas 10 years ago, resulting in a relationship directly between the variables of quantity of light reaching under vegetation and soil temperature affecting explicitly soil microclimate.

1 Introducción

Los páramos andinos son ecosistemas húmedos de alta montaña que se encuentran en la cordillera de los Andes en Venezuela, Colombia, Ecuador y Perú (Luteyn, 1992). En el caso de Ecuador “el páramo cubre alrededor de 1.250.000 ha, es decir aproximadamente un 6% del territorio nacional, en otros términos, el Ecuador es el país que más páramos posee con respecto a su superficie total” (Mena & Hofstede, 2006, pág. 92). Colombia es uno de los países que goza con mayor extensión de páramos en términos globales a comparación con otros países (Mena & Hofstede, 2006).

Los páramos se extienden en una franja altitudinal aproximada desde los 3100 a 4000 m.s.n.m., conformando principalmente valles glaciares donde se ubican lagos, humedales y turberas, con predominio de vegetación de gramíneas con algunos fragmentos de arbustos y bosques de baja altura (Hofstede, Segarra, & Mena, 2003). “Los páramos están por encima de lo que es – o lo que algún día fue - el ecosistema de bosques andinos que en la actualidad se encuentra fuertemente alterados” (Mena & Hofstede, 2006, pág. 92).

“La vegetación de los páramos se ha adaptado a condiciones específicas como baja temperatura, baja presión atmosférica, alta radiación ultravioleta y fuertes vientos que generan desecamiento” (Luteyn, 1992, pág. 7).

“En el páramo existe alta biodiversidad generada por tres factores: la situación ecuatorial, la presencia de la cordillera de los Andes y otras sierras menores” (Mena & Hofstede, 2006, pág. 92).

En el Ecuador se estima la existencia de 1.500 especies y una distribución restringida de 273 especies endémicas (Medina & Mena, 2001). Los suelos de los páramos del Ecuador se han desarrollado esencialmente sobre los depósitos piroclásticos resultantes de las erupciones de los numerosos edificios volcánicos de la llamada “avenida de los volcanes” (Quantin & Zebrowski, 1997). Presentan un color negro dada la gran acumulación de materia orgánica y tienen una elevada tasa de retención del agua (Podwojewski P. , 1999).

En Sudamérica, los páramos ocupan cerca de 75,000 km² y proveen servicios ecosistémicos que benefician a más de 10 millones de personas (Buytaert, Deckers, & Wyseure, 2006a). El servicio más importante es la captura y retención del agua de las lluvias y nieblas frecuentes (Cleef, 2008). El páramo contribuye con la regulación hídrica, almacena agua en el periodo húmedo y la libera progresivamente en el periodo seco (Podwojewski P. , 1999). Debido a la importancia de los páramos Andinos o tierras altas, la conservación de este ecosistema es de alta prioridad reconocido por la Comunidad Andina De Naciones (CAN), en la Decisión 523 establecida en el año 2002. Sin embargo, “el estado de conservación del páramo puede resumirse en un mosaico de diferentes estados desde bien conservado hasta muy degradado” (Mena & Hofstede, 2006, pág. 94).

En los países parameros las principales actividades que afectan los ecosistemas son la agricultura (cultivos de papa, melloco, mashua y oca), ganadería, quema (Flores, Groten, Lugo, & Mena Vásconez, 2012) y minería (Velastegui & López, 2011). El quehacer humano ha transformado la diversidad natural del páramo hace

3000 años (Hofstede et al., 2002). “La quema es sin duda una de las actividades humanas más practicadas en los páramos y, que afecta directamente grandes superficies” (Delgado & Zarate, 2002, pág. 205). “Las razones para quemar el páramo son varias, siendo una de las principales el quitar la paja y provocar rebrotes para el ganado” (Delgado & Zarate, 2002, pág. 205), por lo que, ha contribuido a que la línea superior del bosque se establezca a menores altitudes, produciendo un proceso de paramización (García-Meneses & Ramsay, 2014).

“En el páramo muchas plantas como la paja mantienen sus hojas muertas dentro de su estructura, materia muerta y seca que se quema fácilmente” (Delgado & Zarate, 2002, pág. 206). Posteriormente a un disturbio por un incendio queda descubierto el suelo llegando a perder su capa aislante (García-Meneses & Ramsay, 2014). La quema afecta de diferente manera a las especies vegetales del páramo (Hofstede, 1995), teniendo una dinámica cambiante en la zona de incendios; principalmente cambiando el tamaño de la vegetación, produciendo una mayor exposición del suelo a la radiación, lluvia y viento; cuando se pierde la capa de plantas cambian las condiciones microclimáticas de la zona (Hofstede, 1995).

El incremento de la frecuencia y/o intensidad del disturbio puede generar daños ecológicos irreparables (García-Meneses & Ramsay, 2014). Se estima que apenas después de ocho a diez años el nivel del ecosistema se recupere por lo menos parcialmente, pero en algunos casos, el páramo recibe una nueva quema mucho antes de que se haya recuperado (Delgado & Zarate, 2002, pág. 206). Las quemas repetidas degradan el páramo y afectan el estado de salud del mismo (Delgado & Zarate, 2002).

Tanto la paja como las especies importantes ubicadas en el páramo luego de las quemadas, se ven afectadas (Hofstede R. , 2001). La importancia de evaluar cómo se altera el microclima con la presencia de las quemadas, radica en entender la dinámica del ecosistema para poder contribuir con la conservación del mismo. En el presente estudio se pretende determinar la influencia de los incendios sobre el microclima del páramo, para lo cual se considerará como variables la temperatura del suelo a 20 cm de profundidad y el porcentaje de luz que llega bajo la vegetación.

La georreferenciación también forma un punto importante en la presente investigación ya que permitirá ubicar las zonas quemadas en el páramo de El Ángel. El uso de esta técnica, como herramienta complementaria, permitirá tener mayor cobertura en información tanto temporal como espacial relacionando los datos que serán tomados en cada zona de estudio.

2 Objetivos

2.1 Objetivo general

Estudiar del efecto de quemas recientes sobre el microclima del suelo en el páramo de la Reserva Ecológica El Ángel, Carchi, Ecuador.

2.2 Objetivos específicos

- Georreferenciar los puntos donde han ocurrido incendios.
- Determinar la cantidad de luz (radiación fotosintéticamente activa) que llega al suelo en zonas que han sido afectadas por incendios.
- Determinar la temperatura del suelo a 20 cm de profundidad en zonas que han sido afectadas por incendios.
- Generar un mapa que exprese la relación entre la cantidad de luz que llega bajo la vegetación y la temperatura del suelo.

3 Marco teórico

3.1 Páramos en regiones andinas

Los páramos están constituidos por la región comprendida entre el límite del bosque continuo hasta la línea de las nieves permanentes; son praderas de clima frío carentes de árboles o con pequeños parches, ubicadas en regiones de alta montaña en el norte de los Andes, en Venezuela, Colombia y Ecuador. (Delgado & Zarate, 2002, pág. 201)

En el Ecuador los límites del páramo son complicados de establecer, ya que varía de acuerdo a factores climáticos (Hoftede, y otros, 2014). “Las regiones exteriores de las cordilleras son más húmedas y este factor favorece a que los bosques suban un poco más y, por lo que el páramo comienza más arriba que en zonas menos húmedas” (Delgado & Zarate, 2002, pág. 202).

Por otro lado las vertientes orientales son más húmedas que las occidentales; esto quiere decir que los páramos de las regiones orientales comienzan más arriba que las occidentales, otro factor que influencia mucho en los aspectos climáticos es el efecto de montaña; cuando las cordilleras son más angostas y aunque sean más bajas, se da una fuerte compresión de las masas de aire que están subiendo, esto produce un mayor enfriamiento y condensación de la humedad. (Delgado & Zarate, 2002, pág. 202)

“En el Ecuador, en la región sur, las cordilleras son más angostas y más bajas, razón por la que en la provincia de Loja los páramos comienzan por debajo de los 3000 m.s.n.m.” (Delgado & Zarate, 2002, pág. 202).

3.1.1 Tipos de páramo

“Como todo ecosistema, los páramos presentan diferencias a nivel de composición florística y también, hasta cierto punto, fisonómicas” (Delgado & Zarate, 2002, pág. 202). La región del Ecuador que presenta diferencias por las barreras geográficas y por volcanismo es la región sur considerada principalmente por su origen terciario (más antiguo) y el norte origen cuaternario (Delgado & Zarate, 2002).

Se ha determinado que existan cuatro regiones florísticas en la Sierra ecuatoriana, dividida por el valle interandino, que marca las diferencias entre este y oeste y por el nudo del Azuay y nudo Portete Tinajillas (que delimitan el valle Girón-Paute), que marcan las diferencias entre norte y sur. (Delgado & Zarate, 2002, pág. 203)

Algunas han sido las clasificaciones ecológicas que se han realizado para el Ecuador; las más importantes han sido las de Acosta Solís (1966), Harling (1979) y Cañadas (1983); presenta una clasificación de cinco tipos de páramos de los cuales cuatro existen en la subregión Norte y Centro del país (Páramo herbáceo, P. de frailejones, P. seco y P. de almohadillas) y una en la subregión sur (P. herbáceo y P. Arbustivo) (Delgado & Zarate, 2002, pág. 203).

La siguiente clasificación fue mejorada para el Proyecto Páramo estableciendo que en la región del Ecuador existe al menos 10 tipos de páramos (Paramo Arbustivo de los Andes, Páramo de Frailejones, Paramo de Pajonal, Páramo Herbáceo de Almohadillas, Páramo Herbáceo de Pajonal y Almohadillas, Páramo Pantanoso, Páramo Seco, Páramo sobre Arenales, Superpáramo, Superpáramo Azonal) (Delgado & Zarate, 2002).

3.2 Importancia del ecosistema páramo

El páramo es importante por los servicios ambientales que ofrece a los seres humanos, además posee una gran biodiversidad; su diversidad genética de la franja andina ha sido tema de discusión y de invariable preocupación por parte de las persona dedicadas a este campo y otras partes involucrados (Mena, y otros, 2011). Es un hecho conocido y citado en múltiples ocasiones que la zona del páramo es uno de los grandes centros mundiales de origen y variación de especies vegetales y animales de importancia para la humanidad (Mena, y otros, 2011). “Sin embargo de los grandes esfuerzos que se han hecho en los países de la región andina, el estado de conservación de la biodiversidad, y en especial el de la agro biodiversidad, no es el más deseable” (Mena, y otros, 2011, pág. 43). Muchas especies se han extinguido, mientras que otras se encuentran constantemente amenazadas, debido principalmente a la acción antrópica (Josse, Medina, & Mena, 2000).

3.2.1 Servicios ambientales

Los servicios ambientales son fundamentales para los sistemas que sustentan la vida en la Tierra, sus bondades son: mantienen la calidad del aire, el clima es favorable y proveen agua pura para el consumo humano (Chaparro & Chaparro, 2012). “Los servicios ecosistémicos han sido definidos en la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio como los beneficios que los seres humanos obtienen de los

ecosistemas sean económicos o culturales” (UNESCO, 2005). La circunstancia de desarrollar un cuadro favorable para el uso razonado de la biodiversidad y los recursos naturales se funda en los servicios ecosistémicos (Wallace, 2007).

3.2.2 Tipos servicios del ecosistema en el páramo

“Los servicios que prestan los ecosistemas son los beneficios que las personas obtienen de los ecosistemas, que la EM (Ecosistemas del Milenio)” (Mena, y otros, 2011, pág. 316), describe en términos de servicios de suministro, regulación, de base y culturales (Hassan, Schols, & Ash, 2005).

Los servicios ecosistémicos del páramo en base a las categorías propuestas por la EM son:

- De apoyo: Principalmente contribuye a la formación de suelo que constituye un apoyo para la agricultura (Podwojewski & Poulénard, 2000). El páramo actúa como sumidero de carbono, ya que fija el carbono en las plantas a través de la fotosíntesis y en el suelo debido a las bajas temperaturas que disminuyen la velocidad del proceso de descomposición (Hofstede R. , 2008). Otros servicios son la producción primaria, que consiste en la creación de materia orgánica en los organismos productores (como plantas y otros organismos fotosintéticos) y, la polinización, facilitada por organismos polinizadores que se han adaptado a las condiciones climáticas extremas y han encontrado hábitats dentro los páramos (Hofstede R. , 2008).

- Aprovechamiento: El recurso principal que viene de los páramos es el agua, que es el componente esencial para el desarrollo de la vida. Otros productos que se pueden obtener son alimento, madera y fibra (Hofstede R. , 2008). Gran cantidad del agua que se acumula en los páramos, debido a la baja evaporación, está disponible

para sumarse al ciclo hidrológico a través de los ríos que bajan desde los páramos (Buytaert, Íñiguez, & De Bievre, 2007). El agua que desciende desde el páramo es utilizada por comunidades urbanas y rurales (que viven cerca o a grandes distancias) para la agricultura, industria y uso doméstico (Buytaert, Íñiguez, & De Bievre, 2007)

- **Regulación:** Participan de la regulación del ciclo hidrológico y del cambio climático. Debido a las bajas temperaturas, contribuyen con la protección contra enfermedades y plagas, lo que permite que los agricultores puedan almacenar sus cosechas por ciertos períodos de tiempo (Hofstede R. , 2008).

- **Culturales:** Permite mantener la espiritualidad y la identidad de los pueblos indígenas de estas zonas. La belleza de estos paisajes ha generado un interés en el sector turístico, haciendo que se los considere como espacios recreativos. También tienen un valor cultural por que permiten el desarrollo de investigaciones, existe un interés mundial por realizar estudios en estos “laboratorios naturales” (Hofstede R. , 2008).

3.3 Microclima

Se llama microclima al clima de características diferentes a las del resto de la zona en donde se encuentra, se trata de una serie de variables atmosféricas que distinguen una zona o espacio medianamente reducido, también depende de la existencia de otra serie de variables que lo caracterizan, como por ejemplo, la temperatura, altitud-latitud, topografía, humedad, vegetación y luz, Incluso existen los microclimas artificiales. (Guerrero, 2012)

En el páramo dentro de la vegetación se generan condiciones climáticas diferentes y que favorecen el desarrollo de varias especies como insectos y otros artrópodos, es de suma importancia la conservación del mismo especialmente en grupos de meiofauna del suelo (como grupos de ácaros Oribatei y de Collembola) (Hoftede, y otros, 2014)

La vegetación también proporciona refugio a invertebrados acuáticos, por la proporción de agua retenida (Ramsay, 2001).

3.3.1 Microclima del suelo

La temperatura del suelo es un parámetro físico que determina la velocidad de descomposición (tasa de descomposición), y el tipo de fauna y flora microbiana que pueda haber en el suelo. A mayor estabilidad del régimen de temperaturas, mayor estabilidad y mejor adaptada se hallará la fauna y la flora microbiana del suelo, que es la que incide directamente en la velocidad de descomposición. (Lizeaga, Zapirain, & Lizeaga, 1992, pág. 320)

La temperatura del suelo cambia en base a la cantidad de radiación que llega a la superficie. La cantidad de radiación neta que llega a la superficie del suelo depende de la radiación global disponible, la pendiente del terreno, la vegetación existente y el albedo (Almorox, 2010).

Según Forsythe (2002) “en el suelo, la penetración de las fluctuaciones diarias de temperatura alcanza hasta 20 a 30 cm de profundidad”. Sin embargo, a una

profundidad de 20 cm la variación de temperatura (enfriamiento y calentamiento) del suelo es mínima en relación a profundidades entre 0 y 10 cm (Forsythe, 2002).

3.4 Quemados en el páramo

Los incendios en los páramos se registran desde el periodo del Holoceno (Villota, 2014), por lo que, la historia reciente del fuego en el páramo hace referencia a las quemados presentadas en los últimos 15 años. Las quemados en los páramos son eventos que se producen constantemente son principalmente de origen antrópico (Hofstede, y otros, 2014). Generan un alto impacto ecológico, ya que dado su comportamiento, abarca y afecta grandes extensiones de terreno (incluyendo toda la flora y fauna de la zona) en poco tiempo (Hofstede R. , 2001).

El fuego ha sido a través del tiempo uno de los principales factores en el rejuvenecimiento del ecosistema paramuno ya que generan una regulación en el caso de fuegos naturales, por otro lado los fuegos producidos por el ser humano causan efectos casi permanentes sobre los páramos ya que son producidos con mayor frecuencia (Pels & Verweij, 1992). El páramo se quema para hacer crecer un nuevo rebrote a la hierba que será aprovechada por el ganado (Mena, Josse, & Medina, Los Suelos del Páramo., 2000).

Se toma también en consideración que en quemados naturales el fuego produce en parte una disponibilidad de elementos fertilizantes como el potasio pero sin producir algún tipo de fertilización al suelo a largo plazo, se puede acotar que el ecosistema paramuno es dependiente del fuego teniendo claramente la adaptación de especies vegetales respondiendo positivamente ante este evento (Mena, Josse, & Medina, Los Suelos del Páramo., 2000).

Por el contrario, el fuego disminuye la cobertura vegetal que sirve de freno al impacto de la lluvia, la desaparición parcial de la cobertura vegetal que capta agua y dispersa su energía, produce un incremento de zonas desnudas que se transforman en caminos preferenciales para el escurrimiento del agua. (Pesántez, 2015, pág. 137)

Como otro efecto de un fuego producido naturalmente, existe la acumulación de cenizas ricas en productos hidrófobos aumentando el escurrimiento del agua (Savage, Osborn, Letey, & Heaton, 1972). De otra manera cuando el fuego es repetitivo sea por origen antrópico o natural los efectos mencionados se acumulan provocando una pérdida de la biodiversidad y aumentando los efectos de erosión (Imeson, Vestraten, Mulligen, & Sevink, 1992).

También se debe tomar en cuenta la intensidad de un fuego, el como actúa directamente hacia el ecosistema paramuno; la intensidad del fuego se mide por la energía del mismo y como afecta a las características de una zona en fases, como primera instancia la intensidad de un fuego se refleja en el efecto hacia la vegetación de la zona, de otra manera si la intensidad del fuego aumenta se refleja en los cambios de propiedades del suelo desde perder su capa aislante hasta una completa erosión, cabe recalcar que la intensidad de un fuego es dependiente de la dinámica del páramo, principalmente por factores físicos (Keeley, 2009).

En el caso de la Reserva Ecológica El Ángel (REEA) se reportan incendios hasta la actualidad (informes del Ministerio de Ambiente). Según el informe

presentado por el Ministerio de Ambiente (MAE), el 31 de julio del 2014 en horas de la tarde se quemaron 3,25 HA en la zona de amortiguamiento, en el sector de Chutan Alto afectando a la formación vegetativa de páramo pajonal, páramo herbáceo y páramos de pajonales (Dirección Provincial Ambiental del Carchi, 2014).

Otro caso reportado en agosto del 2014 se presentaron 3 incendios (Tabla 1) en los sectores de la parroquia de El Ángel y San Gabriel que sumaron 11.57 ha, donde se asume que la causa del incendio en un 60% fue intencionado afectando a páramos de pajonal y frailejones (Dirección Provincial Ambiental del Carchi, 2014).

Tabla 1.
Áreas afectadas por los incendios registrados.

Descripción	Hectáreas afectadas	Localidad
Incendio N°1	2.40 ha	Parroquia El Ángel
Incendio N°2	2.93 ha	Parroquia San Gabriel
Incendio N°3	6.24 ha	Parroquia San Gabriel
Total	11.57 ha	

Nota: Informe de Ministerio del Ambiente año 2014 en la parroquia El Ángel.

En el 2015 se reportó incendios en la REEA específicamente en el mes de septiembre, donde fueron controlados 14 incendios ocasionados por quemas agrícolas cerca al sector de Chalpatán (Agencia Pública de Noticias del Ecuador y Suramérica, 2015).

En otra zona cercana en la REEA se tuvo una quema en el mes de noviembre afectando a sectores aledaños de Machacha, Guemes y Guiraldes consumiendo a predios de 200 por 200 metros (Perfil.com, 2015).

4 Hipótesis

Ho: A menor cobertura vegetal mayor cantidad de luz solar incidirá sobre el suelo generando el cambio y aumento de la temperatura del mismo.

H1: A mayor cobertura vegetal menor cantidad de luz solar incidirá sobre el suelo no generando el cambio y aumento de la temperatura del mismo.

5 Ubicación

5.1 Ubicación político territorial

La Reserva Ecológica El Ángel (REEA) (Figura 1), fue establecida según Acuerdo Ministerial 0415 y el Registro Oficial No 21 del 8 de septiembre de 1992. Está ubicada en la provincia del Carchi en la región sierra norte del Ecuador, en las parroquias La Libertad y El Ángel del cantón Espejo. Tiene una extensión de 16.541 hectáreas.

Mapa de historial de incendios REEA (2000-2008)

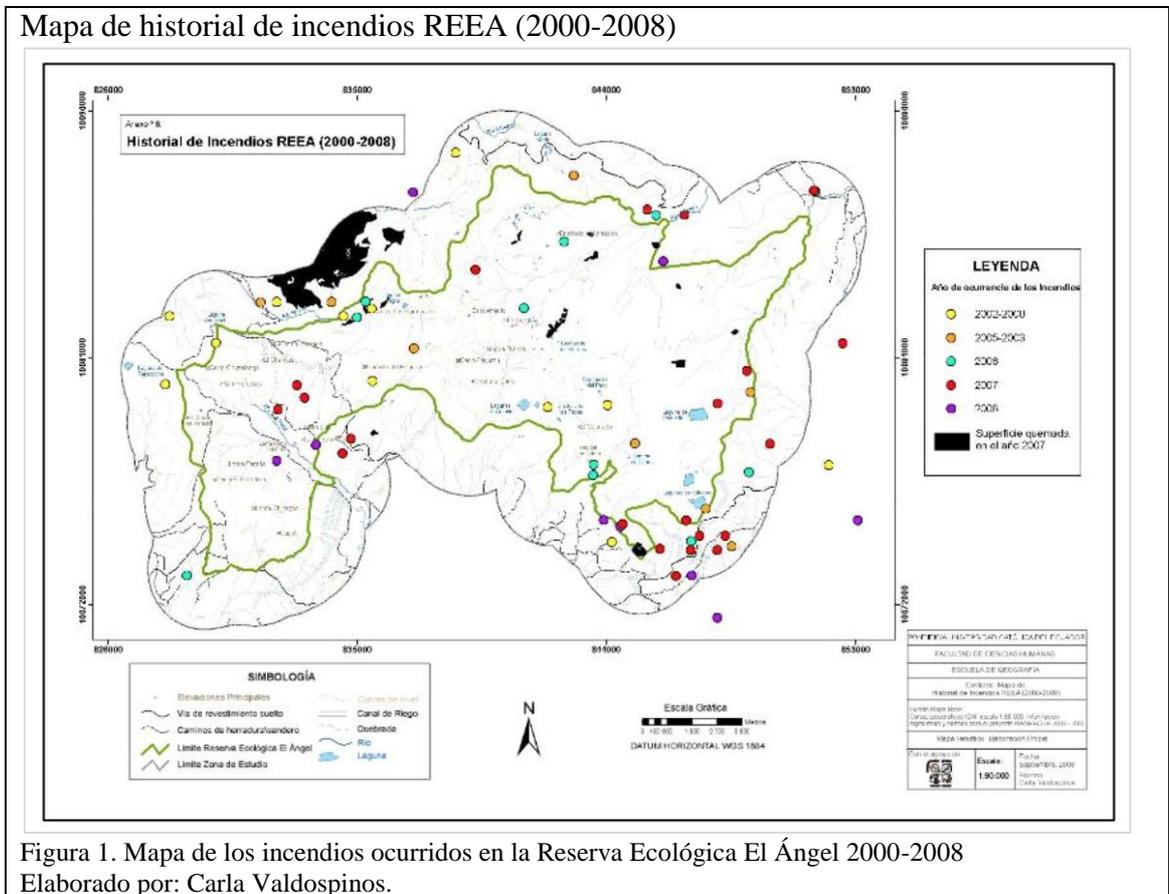


Figura 1. Mapa de los incendios ocurridos en la Reserva Ecológica El Ángel 2000-2008
Elaborado por: Carla Valdospinos.

5.2 Ubicación geográfica

REEA está ubicada:

Latitud: 0°45'19"N

Longitud: 77°54'19"O

Altitudes: desde los 3400 hasta los 4200 m.s.n.m.

5.3 Condiciones climáticas

El clima es ecuatorial frío de alta montaña con temperaturas que alcanzan los 5° a 6°C. La precipitación tiene un rango de 2000 a 3000 mm al año (Ministerio del Ambiente, 2008).

5.4 Suelo

Los suelos pertenecen al orden de los Anisales, derivados de cenizas volcánicas, con texturas arcillosas, franco-limosas y arenosas (Coello, 1994).

6 Materiales y métodos

6.1 Materiales

- Sensor Delta-T Canopy Analysis System (medir la cantidad de luz que llega bajo la vegetación).
- Termómetro para suelo Signstek 36802.

6.2 Métodos

La zona de estudio que se hace referencia en la figura 1 y según informes del Ministerio de Ambiente, determinamos los sitios para realizar el muestreo ayudados del GPS, en cada punto encontrado se planteó parcelas al azar (unidad experimental) de 100m^2 ($50\text{m} \times 2\text{m}$). Dentro de cada parcela se definirá un lado positivo y un lado negativo. En los 100 m^2 hay 100 cuadrantes de 1 m^2 cada uno, 50 en el lado positivo y 50 en el lado negativo (figura 2).

Diseño de las parcelas.

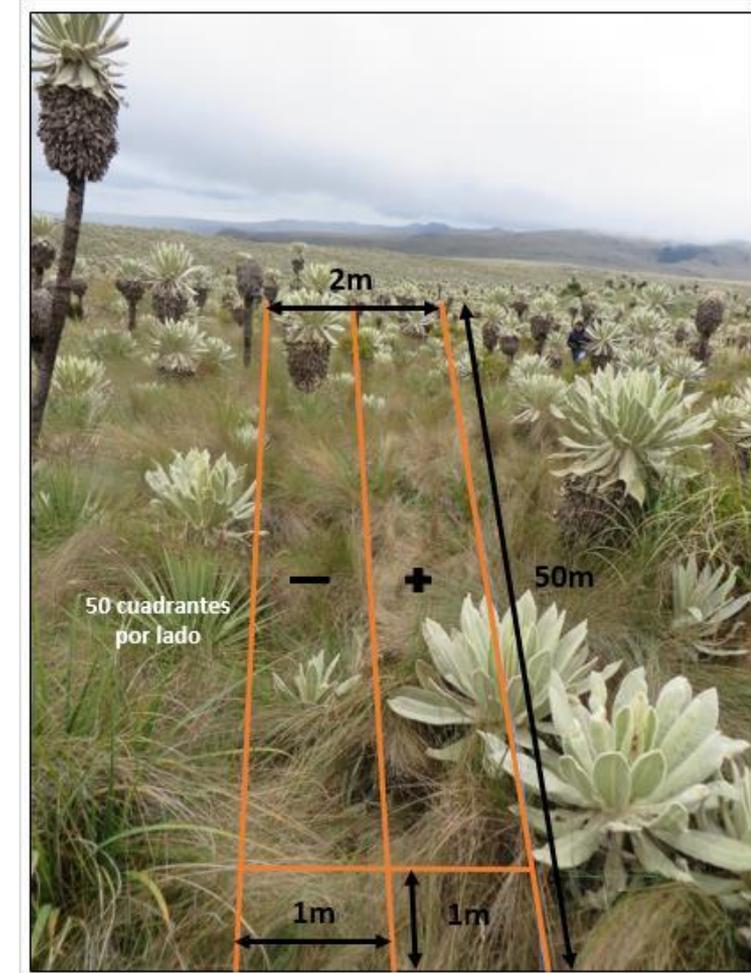


Figura 2. Diseño de las parcelas
Elaborado por: Ingeniera Patricia Gutiérrez

6.3 Atributos del microclima

Luz que ingresa bajo la vegetación: La cantidad de luz que llega bajo la vegetación se midió con el equipo Delta-T Canopo Analysis System. Los datos fueron tomados solo en los 50 cuadrantes del lado positivo (50 repeticiones). El equipo para la cantidad de luz recoge 64 datos por cada cuadrante, y un total de 3200 datos por transecto analizado.

Temperatura del suelo: Se tomó la temperatura del suelo con el equipo Signaste 36802 en 5 cuadrantes del lado positivo (5m, 15m, 25m, 35m y 45m) (5

repeticiones). La temperatura fue tomada a 20 cm de profundidad del suelo en tres zonas de cada cuadrante. Las zonas donde se midió la temperatura fueron definidas por la cantidad de luz, siendo estas: luz alta (zonas sin vegetación), luz intermedia (zonas con sombra) y oscuridad (zonas bajo la vegetación).

6.4 Análisis de datos

El porcentaje de luz que llega bajo la vegetación de cada transecto se determinó calculando la mediana de los 3200 datos obtenidos en el campo. En el caso del análisis de datos de la temperatura del suelo a 20 cm de profundidad, también se determinó el promedio y la desviación estándar para cada transecto. Para determinar la correlación entre variables se utilizaron: el programa EXCEL.

Para la representación gráfica de la correlación entre el porcentaje de luz que llega bajo en suelo y la temperatura del suelo en el programa SIG, se establecieron las siguientes categorías para las dos variables:

Tabla 2.

Categorías utilizadas para la georreferenciación de la información

Variable	Categorías		
	1	2	3
Porcentaje de luz que llega bajo la vegetación	0,000 – 10,000	10,0001 – 50,000	50,0001 – 90,000
Temperatura (°C) del suelo a 20 cm de profundidad	5,900 – 6,800	6,8001 – 7,790	7,7901 – 8,880

Nota: Las categorías son generadas por el software ArcGis.

6.5 Georreferenciación de la información

Se realizó utilizando el *software* Argos 10[®] y su herramienta ArcMap a partir de shapefiles obtenidos de la página del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP) trabajando con escalas de 1:10000, 1:35000, 1:40000 y 1:140000. Los datos de los transectos se trabajó en la hoja de cálculo de EXCEL, con la ubicación (coordenadas

UTM), nombre del transecto, mediana de temperatura, mediana de porcentaje de luz y año en el que ocurrió el incendio la cual permitió analizar de la distribución mensual y anual de los focos activos para todos los años del periodo 2000-2014, en el área de estudio. Esta información permitió conocer también distribución espacial y frecuencia de incendios en todo el territorio, identificándose, además, los sectores afectados a lo largo del tiempo y en qué lugares se producen la mayor recurrencia de los incendios y constando la dependencia de las variables en el estudio.

7 Resultados y discusión

Atributos del microclima:

Se muestrearon 16 transectos en donde se han generado incendios en un rango de años del 2000 al 2014 (tabla 3). En el caso de los incendios que ocurrieron en el 2009, se tiene información sobre la intensidad del fuego, por lo que, los 4 transectos muestreados estaban ubicados en la misma zona, pero se consideró la variable intensidad (baja, media, alta y muy alta) para tomar los datos. El transecto A02 corresponde al control, es decir una zona en el páramos que no sido afectada por quemas en los últimos 50 años (aproximadamente), la vegetación en esta zona es variada presentando parches arbustivos de diferentes alturas, paja relativamente corta y baja proporción de pajonales.

Tabla 3.

Información de los transectos que fueron evaluados en la investigación.

Transecto	Tiempo transcurrido después de la quema (años)	Observaciones
A01	6	2009 alta intensidad.
A02	Control	Control.
A03	6	2009 muy alta intensidad capa de vegetación pequeña, paja cortas, pocas <i>Espeletias</i> .
A04	6	2009 baja intensidad.
A05	6	2009 media intensidad.
A06	8	Hace 8 años.
A07	1	2014 hace 6 meses.
A08	10	2003-2005.
A09	8	2007.
A10	9	2006 Hierbas y arbustos largos, espesa vegetación.
A11	8	2007 Hierbas muy altas.
A12	10	2003-2005 Parches de plántulas de <i>Espeletia</i> .
A13	7	2008 No hay plántulas de <i>Espeletia</i> , zona de pastoreo.
A14	15	2000 ambiente diferente, alta humedad, no hay mucha paja, zona pantanosa.
A15	8	2007 Vegetación típica del páramo.
A16	9	2006 Vegetación muy espesa.

Nota: Observaciones vistas en campo e informes del MAE.

Para determinar la correlación entre las variables no se incluyeron los datos del control, dado que no se conocía el tiempo exacto al cual se dio el último incendio en la zona.

En el caso de los transectos donde se conocía la intensidad del fuego, para determinar la correlación se trabajó con el dato del transecto donde se presentó un fuego de intensidad media (transecto A05). Además se excluyó el transecto quemado hace 14 años, ya que no existía pajonal, siendo esta una vegetación dominante en los otros transectos; por lo que, los valores se presentaron como atípicos en relación a los valores transectos.

Luz que ingresa bajo la vegetación

Existe una correlación negativa entre el porcentaje de luz que llega bajo la vegetación y el tiempo transcurrido después de la quema ($R^2= 0.6722$; $p= 0,02$) (Figura 3).

La quema afecta a la cobertura vegetal del páramo (Hosftede, 1995), cambia el tamaño de la vegetación, produciendo una mayor exposición del suelo a la radiación; cuando se pierde la capa de plantas cambian las condiciones microclimáticas de la zona (Hosftede, 1995).

Correlación: Tiempo transcurrido vs Mediana de porcentaje de luz.

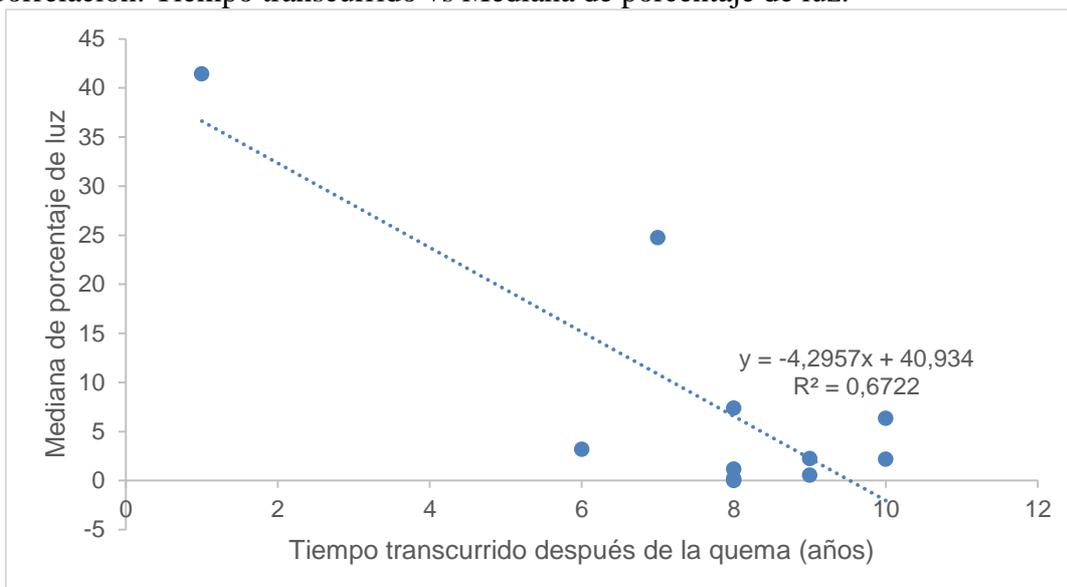


Figura 3. Relación entre el porcentaje de luz que llega bajo la vegetación de cada transecto y el tiempo transcurrido después de la quema.

Elaborado por: Mario Marchán.

Temperatura del suelo

En la tabla 4 se muestra las medianas de la temperatura de los 16 transectos.

Para cada transecto se toman tres condiciones de luz (oscuridad, oscuridad media y en luz).

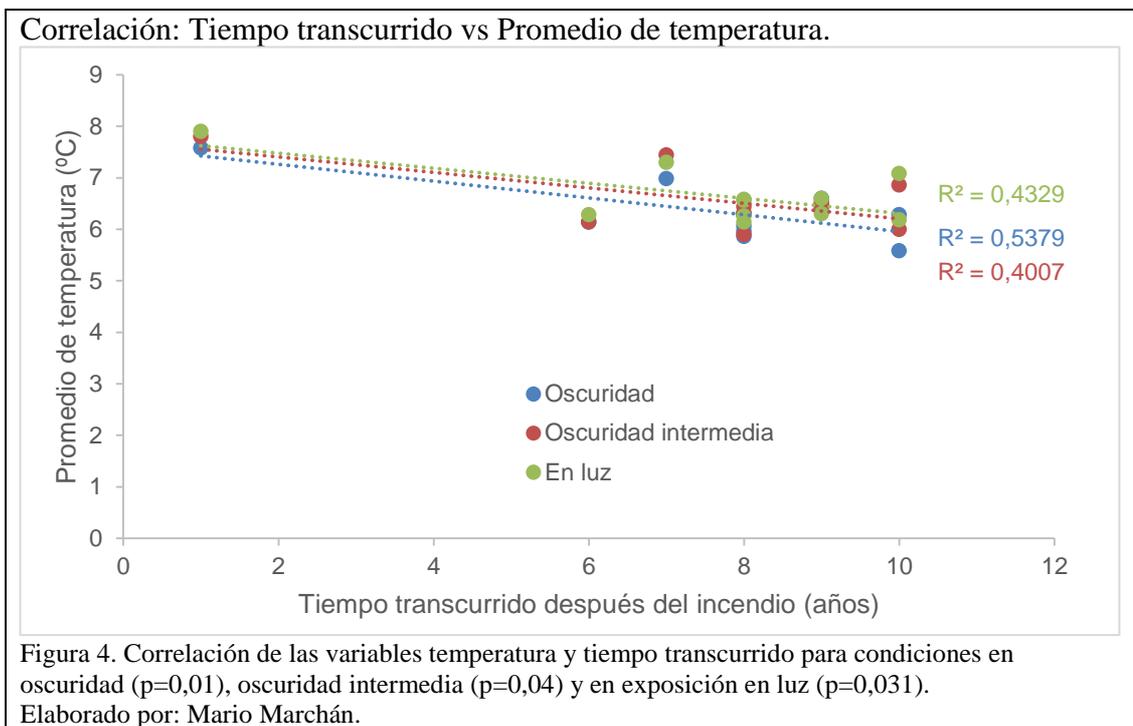
Tabla 4.

Datos de promedio de temperatura de 16 transectos en estudio.

Transecto	Promedios de Temperatura (°C)					
	Oscuridad	Desviación estándar	Oscuridad intermedia	Desviación estándar	En luz	Desviación estándar
A01	6,46	0,3	6,72	0,4	6,9	0,5
A02	5,7	0,3	5,98	0,5	6,3	0,5
A03	7,52	0,6	7,78	0,2	7,9	0,4
A04	5,76	0,5	5,94	0,3	6,2	0,5
A05	6,14	0,4	6,14	0,6	6,3	0,7
A06	6,32	0,6	6,44	0,8	6,6	0,8
A07	7,58	0,2	7,8	0,3	7,9	0,4
A08	5,58	0,3	6	0,4	6,2	1,0
A09	5,96	0,9	6,28	1,0	6,6	1,1
A10	6,42	0,7	6,48	0,9	6,6	0,5
A11	5,86	0,3	5,9	0,8	6,1	0,7
A12	6,28	0,6	6,86	0,4	7,1	0,5
A13	6,98	1,1	7,44	0,5	7,3	0,4
A14	8,12	0,7	8,88	0,7	8,8	0,7
A15	6,06	0,5	6,3	0,7	6,3	0,4
A16	6,6	0,5	6,52	0,4	6,3	0,5

Nota: Valores medidos en °C y desviación estándar.

La correlación dada entre la temperatura del suelo a 20 cm de profundidad y el tiempo transcurrido después del fuego determina que a medida que avanza el tiempo después del disturbio la temperatura del suelo desciende ligeramente (Figura 4). Después de 10 años del disturbio la temperatura baja aproximadamente 2°C.



Correlación entre variable luz y temperatura

En la zona de estudio la dinámica del páramo es significativa por sus condiciones físicas la cual contribuye o afecta a la recuperación del páramo después de una quema, modificando su cobertura vegetal siendo así de suma importancia para el atributo microclima la interacción entre la variable temperatura y porcentaje de luz que llega bajo la vegetación.

El porcentaje de luz que llega bajo la vegetación se analiza con cada temperatura y su respectiva condición para cada transecto teniendo así tres correlaciones (figura 5, 6 y 7).

Correlación: Mediana de porcentaje de luz vs Temperatura en Oscuridad.

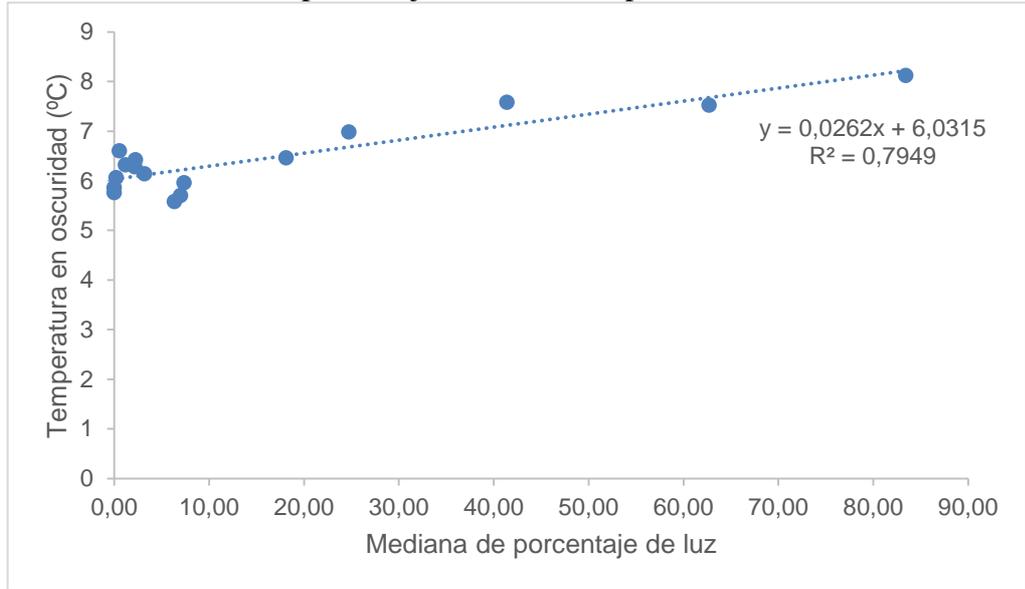


Figura 5. Gráfica de la primera correlación tomando en cuenta la temperatura en oscuridad ($p = 8,00501E-06$).

Elaborado por: Mario Marchán.

Correlación: Mediana de porcentaje de luz vs Temperatura en oscuridad media.

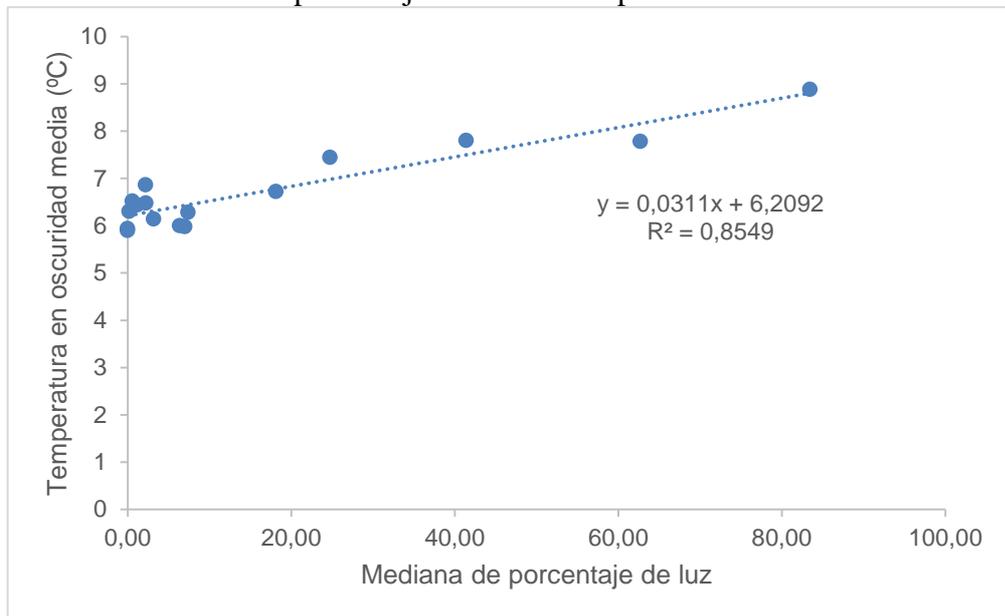


Figura 6. Gráfica de la segunda correlación tomando en cuenta la temperatura en oscuridad media ($p = 3,02892E-07$).

Elaborado por: Mario Marchán.

Correlación: Mediana de porcentaje de luz vs Temperatura en oscuridad media.

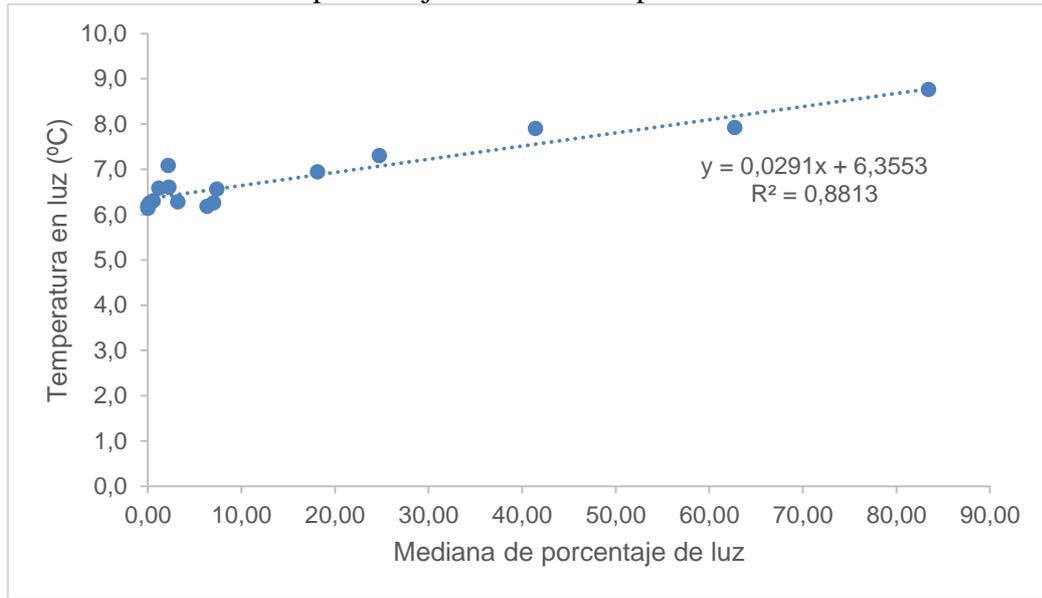


Figura 7. Gráfica de la primera correlación tomando en cuenta la temperatura en luz ($p=7,3493E-08$).

Elaborado por: Mario Marchán.

Análisis de variable luz y temperatura por intensidades

Para la relación de intensidades se debe tomar en cuenta que fue en un mismo año (2009), se conoce las intensidades (tabla 5) de cada fuego ocurrido.

Tabla 5.

Datos de las parcelas relacionadas con intensidades

Transecto	Mediana y promedio				Intensidades
	Porcentaje de luz (%)	Temperatura en oscuridad (°C)	Temperatura en oscuridad intermedia (°C)	Temperatura en luz (°C)	
A01	18,13	6,46	6,72	6,9	Alta intensidad
A03	62,72	7,52	7,78	7,9	Muy alta intensidad
A04	0,00	5,76	5,94	6,2	Baja intensidad
A05	3,19	6,14	6,14	6,3	Media intensidad

Nota: fuego en un mismo año (2009), análisis por intensidades con relación a las variables cantidad luz y temperatura

En el caso de la intensidad con relación a la variable luz y temperatura se puede apreciar una tendencia creciente (figura 8, 9, 10 y 11), donde afecta directamente a la recuperación de la vegetación por el grado de intensidad que se manifestó (figura 12), teniendo en cuenta que en un fuego de baja intensidad hubo menor efecto sobre la cobertura vegetal y muy alta intensidad mayor efecto sobre la cobertura vegetal permitiendo el paso de luz bajo la vegetación influyendo directamente a la temperatura del suelo.

De acuerdo a la intensidad que presentó un fuego sea así intensidad baja a una intensidad muy alta, se tiene un grado de pérdida de propiedades del suelo; en una intensidad baja de un fuego el suelo pierde su capa aislante, en una intensidad intermedia de un fuego el suelo puede llegar a perder gran parte de la materia orgánica y en intensidades considerablemente altas de un fuego el suelo llega a perder las propiedades que lo constituye dando paso a la erosión del mismo hasta a efectos sociales y económicos en parte a los servicios ambientales (Keeley, 2009).

Por consecuente la intensidad de un fuego tiene un efecto directo a su recuperación por el cambio de propiedades que va a mantener el mismo (figura 12) y un efecto directo hacia las variables en relación estudiadas.

Representación: Intensidad vs Mediana de porcentaje de luz.

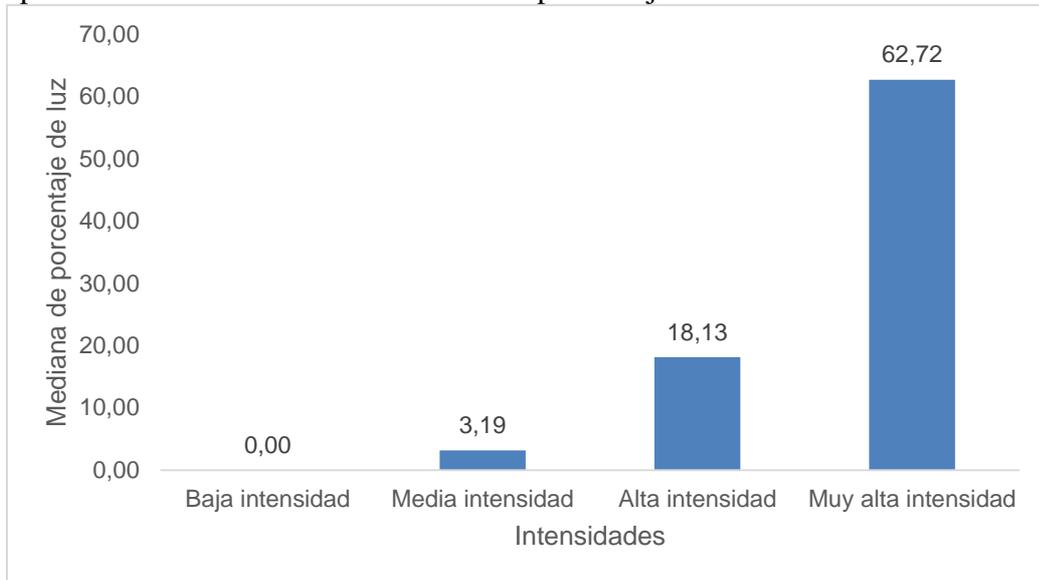


Figura 8. Representación de intensidades con respecto a la mediana de porcentaje de luz que llega bajo la vegetación.

Elaborado por: Mario Marchán

Representación: Intensidad vs Mediana de temperatura en oscuridad.

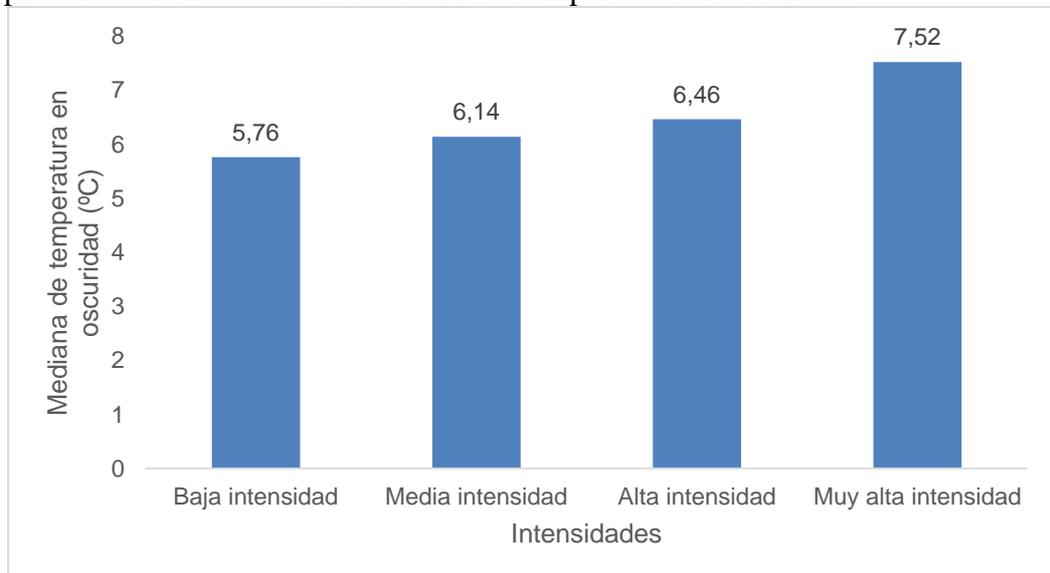


Figura 9. Representación de intensidades con respecto a la mediana de temperatura en oscuridad.

Elaborado por: Mario Marchán.

Representación: Intensidad vs Mediana temperatura en oscuridad media.

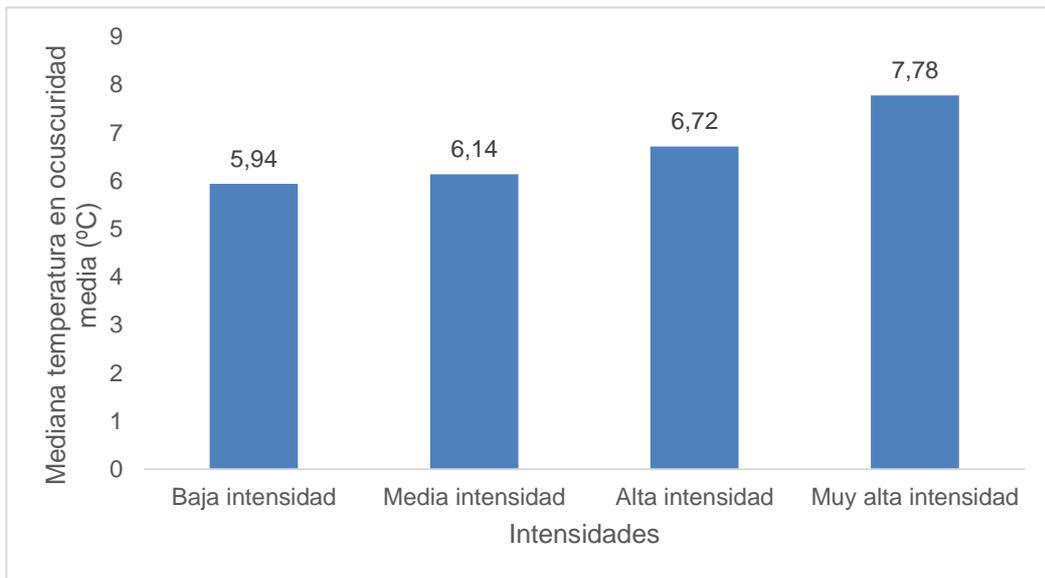


Figura 10. Representación de las intensidades con respecto a la mediana de temperatura en oscuridad media.

Elaborado por: Mario Marchán.

Representación: Intensidad vs Mediana de temperatura en luz

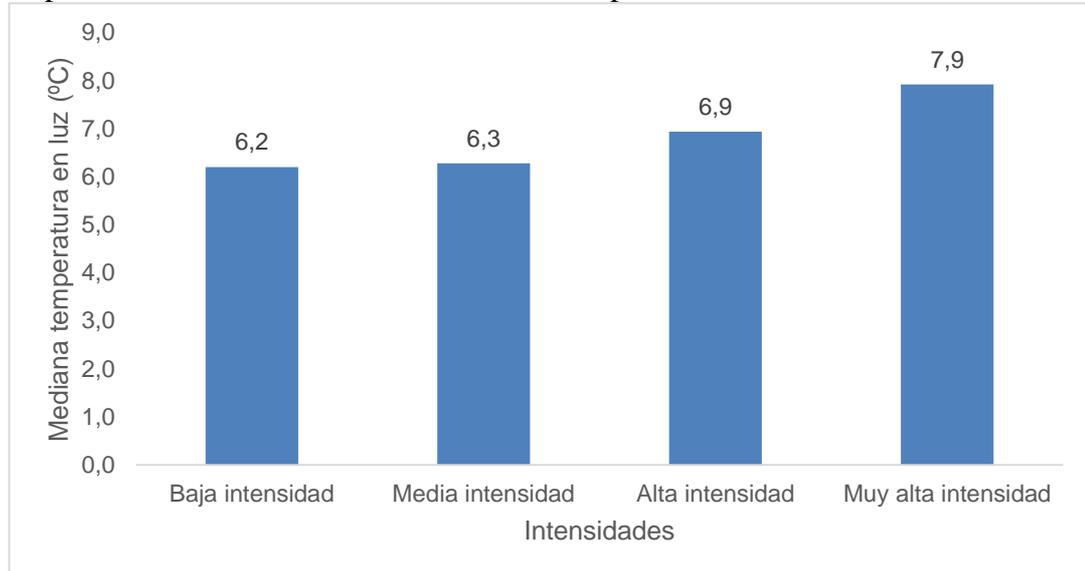


Figura 11. Representación de las intensidades con respecto a la mediana de temperatura en luz.

Elaborado por: Mario Marchán.

Fotografías de los transectos por intensidades (año 2015).



Intensidad baja



Intensidad media



Intensidad alta



Intensidad muy alta

Figura 12. Se aprecia la recuperación de la vegetación según la intensidad, disturbio ocurrido en el 2009.

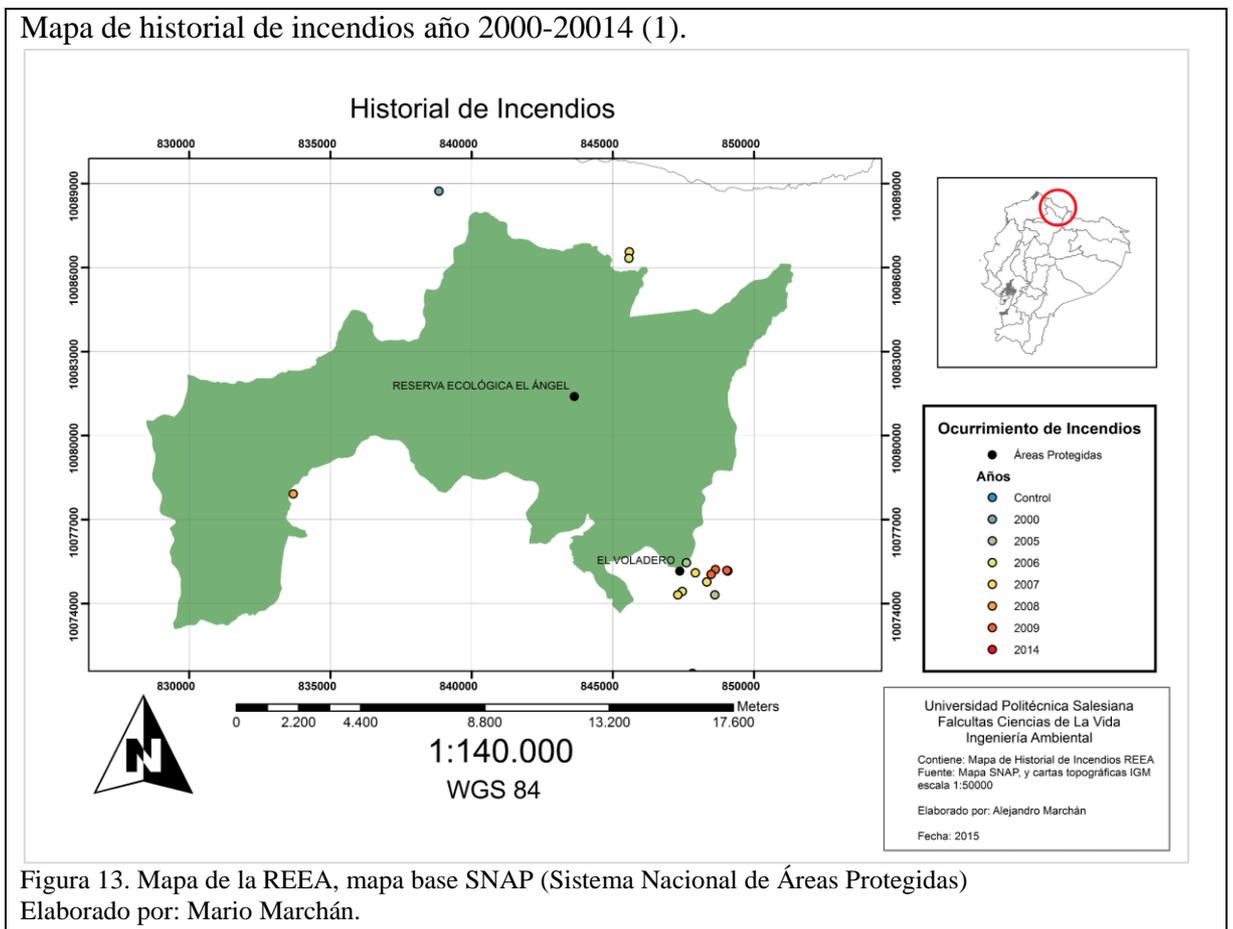
Elaborado por: Mario Marchán.

Georreferenciación de la Información

Para el análisis espacial se obtuvo las coordenadas por un GPS de cada transecto en la zona de estudio georreferenciados en ArcGis además agregando los datos de medianas de porcentaje de luz y temperatura (tabla 4) con sus respectivos

años en el que ocurrió la quema, teniendo así un historial de incendios (figura 13) y su respectiva ubicación espacial.

Se aprecia mediante el mapa de historial de incendios que la zona más afectada por incendios es en zona de amortiguamiento. En la zona sureste cercana al refugio el Voladero, se tiene mayor cantidad de incendios registrados y con menor tiempo de ocurrencia (figura 14) en las zona norte de la REEA se mantiene una mejor gestión para el cuidado del páramo no se registra quemas recientes.



Mapa de historial de incendios año 2000-2014 (1.1).

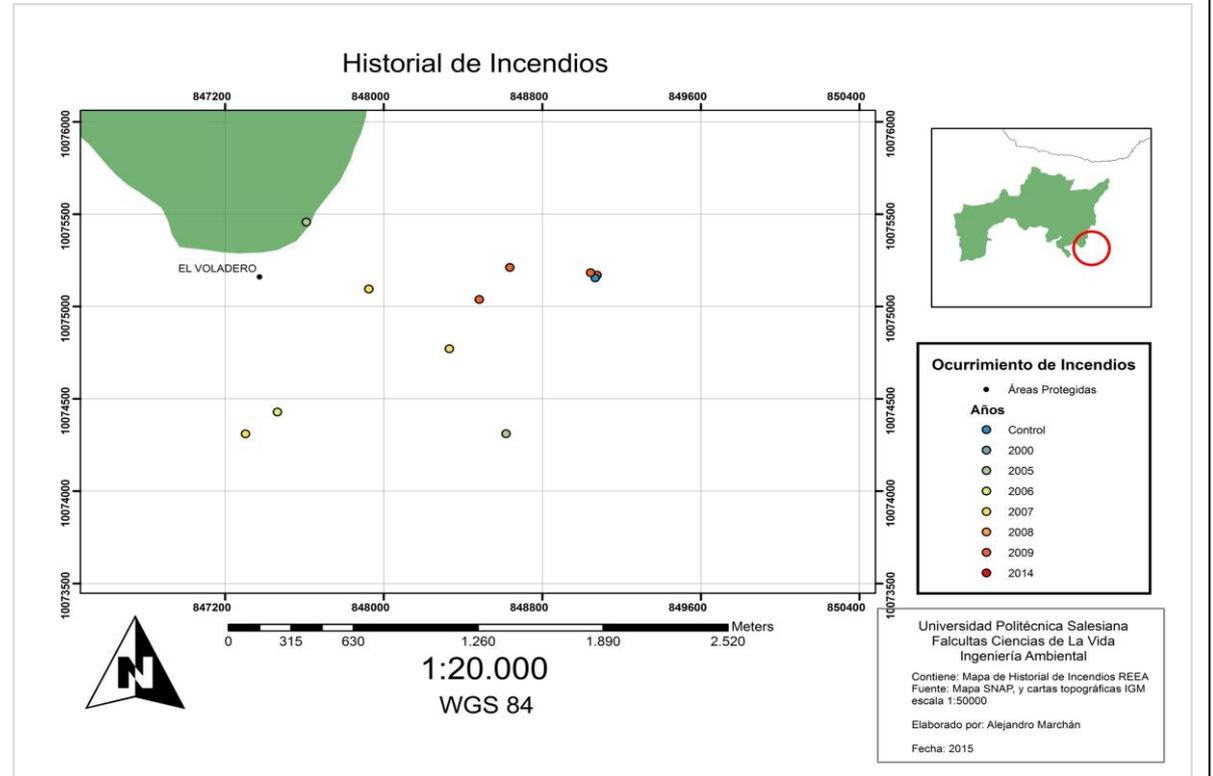


Figura 14. Mapa de la REEA, mapa base SNAP zona sureste El Voladero.
 Elaborado por: Mario Marchán.

Georreferenciación entre el porcentaje de luz que llega bajo la vegetación y la temperatura del suelo

Para representar la dependencia de la temperatura del suelo con el porcentaje de luz que llega bajo la vegetación en cada uno de los transectos se ingreso los datos en la base de datos de ArcGis para cada punto georreferenciado (figura 13), en el mismo software se realizó la categorización de los datos en tres rangos englobando similar cantidad de datos (tabla 6) representados por tamaño de figuras en el mapa (figura 15), para la temperatura se representa por una circunferencia y los datos de porcentaje de luz por un cuadrado.

Tabla 6.
Rangos tomados del software ArcGis.

	Rangos	Temperatura oscuridad media (°C)			Cantidad de luz (%)		
		5,9 a 6,8	6,81 a 7,79	7,8 a 8,88	0,0 a 10	10,1 a 50	50,1 a 90
Transectos	A01	6,72				18,13	
	A02	5,98			7,01		
	A03		7,78				62,72
	A04	5,94			0,00		
	A05	6,14			3,19		
	A06	6,44			1,18		
	A07			7,80		41,41	
	A08	6,00			6,34		
	A09	6,28			7,37		
	A10	6,48			2,24		
	A11	5,90			0,00		
	A12		6,86		2,17		
	A13		7,44			24,76	
	A14			8,88			83,45
	A15	6,30			0,20		
	A16	6,52			0,56		

Nota: Dependencia de los rangos generados por el software ArcGis.

La representación espacial por rangos muestra una correlación del 75% en los 16 transectos analizados donde la variable luz y temperatura son dependientes, siendo el caso para el rango de luz de 5,9 a 6,8 influye en el porcentaje de luz que llega bajo la vegetación en un rango de 0 a 10,00% (figura 15).

Cabe recalcar para el análisis espacial se tomó en cuenta únicamente los valores de temperatura en luz ya que su correlación ($R^2 = 0,88$) es significativamente mayor para las demás condiciones.

Mapa de representación de rangos de datos (1).

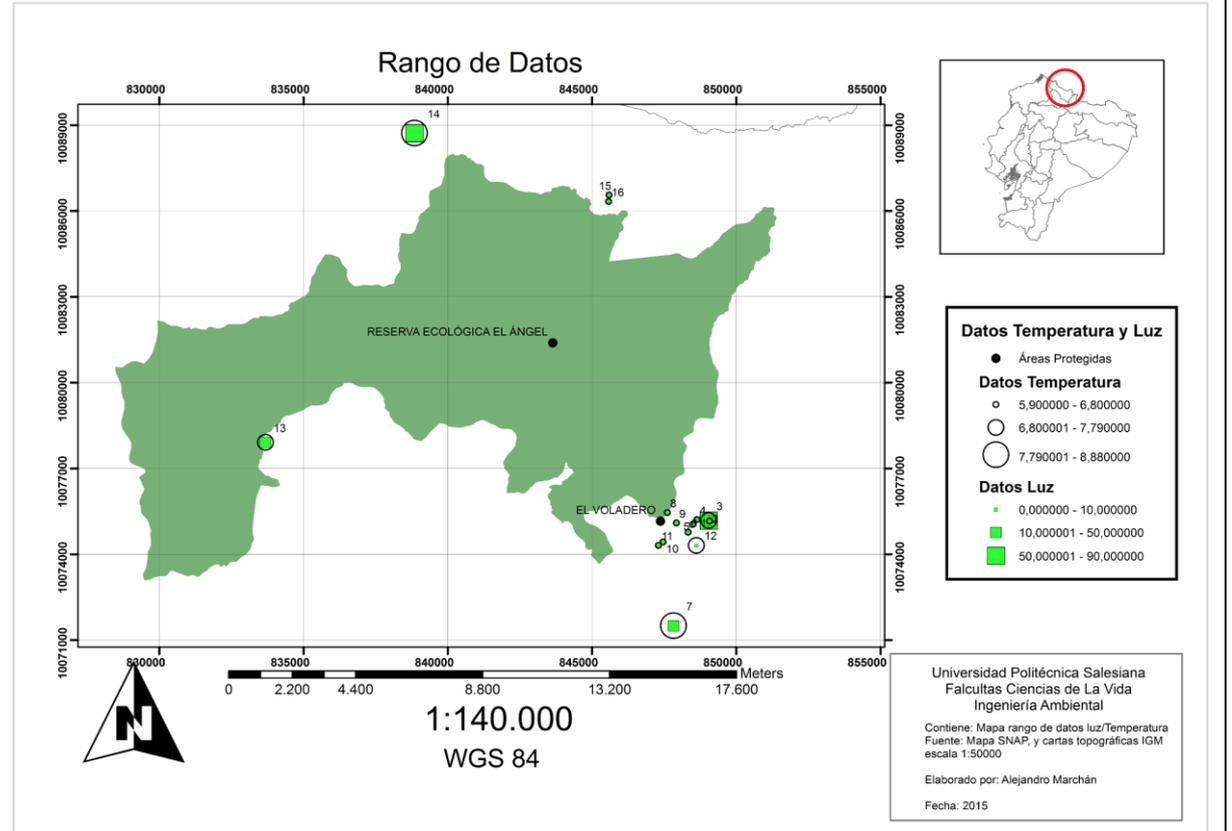


Figura 15. Números en cada punto representa el transecto (A01=1), incluye los 16 transectos, los datos corresponden a la media de temperatura y mediana de porcentaje de luz que llega bajo la vegetación. Elaborado por: Mario Marchán.

Para la mejor observación se divide la figura 15 por zonas (figura 16, figura 17, figura 18)

Mapa de representación de rangos de datos (1.1).

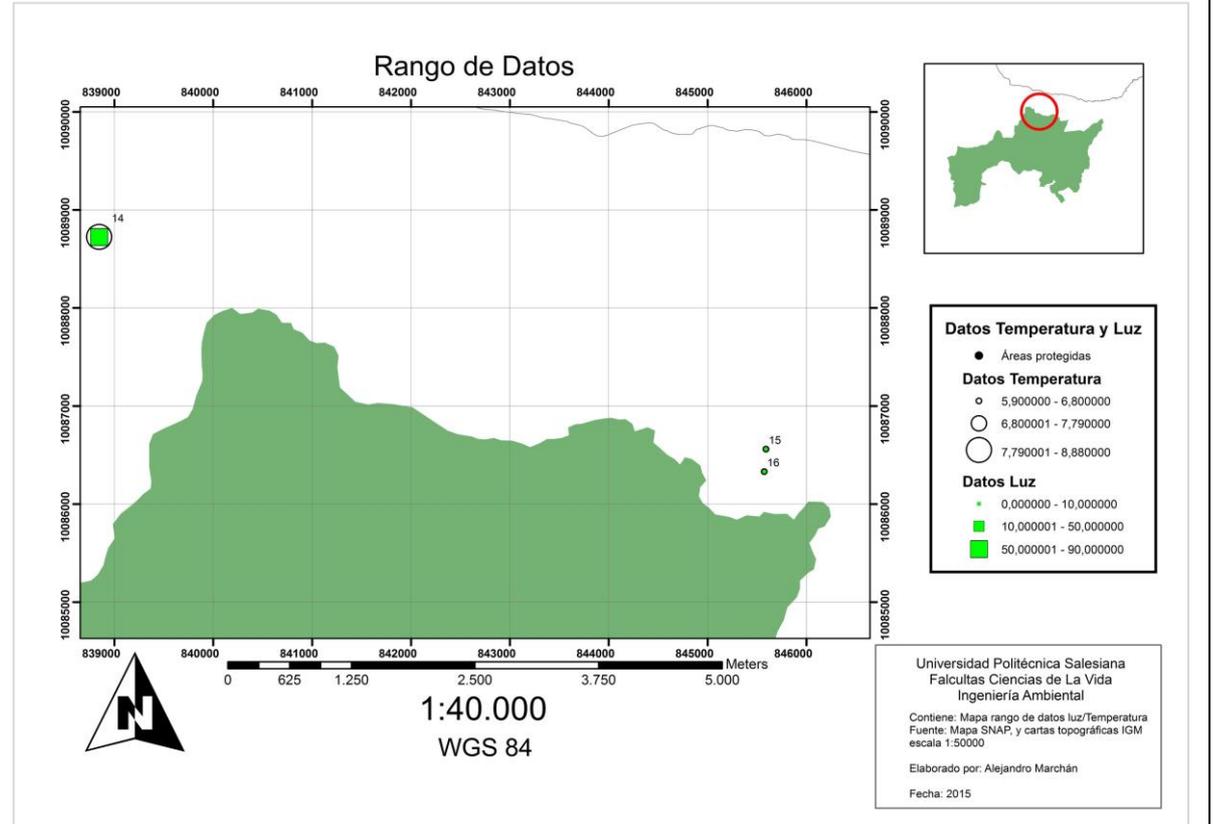


Figura 16. zona sur de la REEA.
Elaborado por: Mario Marchán.

En los transectos que se tiene la información de intensidades se cumple con los rangos establecidos en la figura 15

Mapa de representación de rangos de datos (1.2).

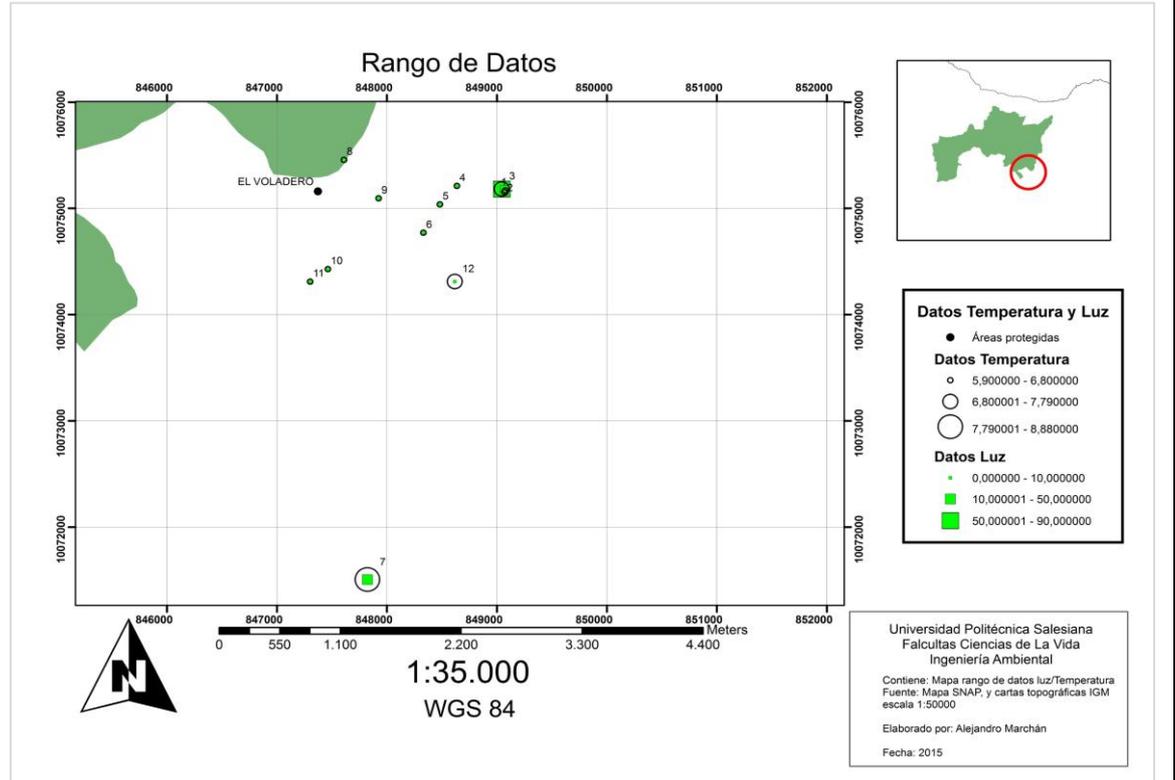


Figura 17. zona sureste de la REEA.
Elaborado por: Mario Marchán.

Mapa de representación de rangos de datos (1.3).

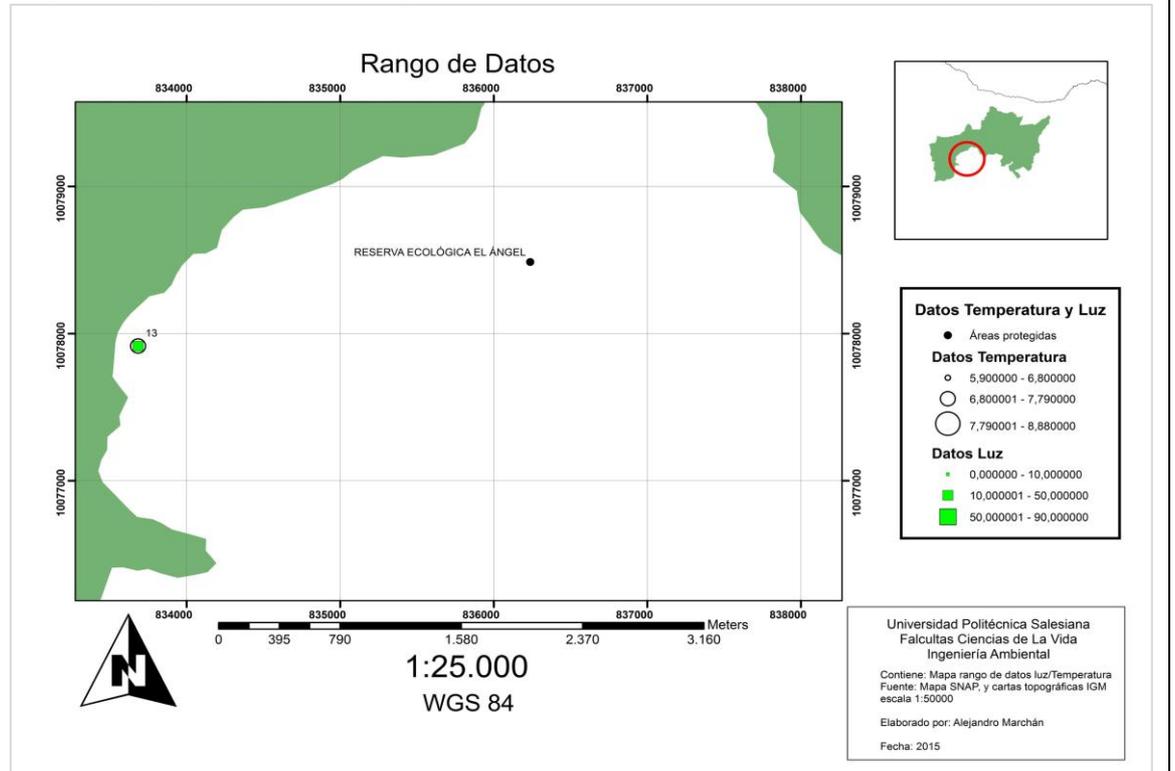


Figura 18. zona suroeste de la REEA.
Elaborado por: Mario Marchán.

Conclusiones

- Se determina que una zona afectada por una quema puede afectar directamente a los diferentes factores del microclima del suelo principalmente variando la temperatura.
- Se comprueba que al variar la temperatura del suelo por una quema, se ve afectado en su recuperación modificando la cobertura vegetal en la zona.
- Se establece que la recuperación de la vegetación después de una quema en una zona va a depender directamente del nivel de intensidad de fuego ocurrido.
- La cantidad de luz que alcanza al suelo va a depender de la cobertura vegetal de la zona afectada por un incendio.
- Al realizar la ubicación pertinente de las zonas afectadas por quemas de acción antrópica se determina que la zona sureste de la REEA fue la más afectada.
- Al establecer las variables entre radiación y temperatura del suelo en las zonas afectadas dentro de la REEA se demuestra que existe una correlación produciendo variaciones al microclima suelo.

Recomendaciones

- Se recomienda incluir más variables al estudio para tener una mejor visión de la interacción del ecosistema después de una quema.
- Tener información detallada de los incendios como puede ser la intensidad del fuego.
- Calibrar y ver el correcto funcionamiento de los equipos para evitar datos erróneos.

Referencias

- Agencia Pública de Noticias del Ecuador y Suramérica. (17 de 09 de 2015). Bomberos, civiles y militares controlan incendios en los páramos del norte ecuatoriano. pág. 1.
- Almorox, J. (2010). Estimating global solar radiation from common meteorological data in Aranjuez, Spain . *TURKISH JOURNAL OF PHYSICS*, 53-64.
- Arellano, H., & Rangel, O. (2008). PATRONES EN LA DISTRIBUCIÓN DE LA VEGETACIÓN EN ÁREAS DE PÁRAMO DE COLOMBIA: HETEROGENEIDAD Y DEPENDENCIA ESPACIAL. *Caldasí*, 356-363.
- Buytaert, W., Celleri, R., Bièvre, B., Hofstede, R., Cisneros, F., Wyseure, G., & Deckers, J. (2006). *Human impact on the hydrology of the Andean páramos*. Earth-Science Reviews.
- Buytaert, W., Deckers, J., & Wyseure, G. (2006a). *Description and classification of nonallophanic Andosols in south ecuadorian alpine grasslands* . Geomorph.
- Buytaert, W., Íñiguez, V., & De Bievre, B. (2007). The effects of afforestation and cultivation on water yield in the Andean paramo. *Forest Ecology and Management*, 22-30.
- Camargo, J., Dossman, M., Rodríguez, A., Arias, L., & Galvis, J. (2012). Cambios en las propiedades del suelo, posteriores a un incendio en el Parque Nacional Natural de Los Nevados, Colombia . *Act Agronómica*, 151-165.
- Castaño, C. (2002). Páramos y ecosistemas alto andinos de Colombia en condición hotspot y global climatic tensor . *IDEAM*, 387.
- Chaparro, J., & Chaparro, N. (2012). BENEFICIOS DEL ECOSISTEMA PÁRAMO, ORGANIZACIONES Y POLÍTICAS DE CONSERVACIÓN. *Desarrollo, Economía y Sociedad Vol. 1*, 57-76.

- Cleef, A. M. (2008). *Influencia humana en los páramos*. Amsterdam: UvA-DARE.
- Coello, F. (1994). *Plan De Manejo De La Reserva Ecológica El Ángel*. Ministerio de Bienestar Social, Programa Nacional de Desarrollo Rural. Quito: INEFAN-IICA.
- Coppus, R., Endara, L., Nonhebel, M., Mera, V., León Yáñez, S., Mena Vásconez, P., . . . Hofstede, R. (2001). *El estado de salud de algunos páramos del Ecuador: Una metodología de campo*. Quito, Pichincha, Ecuador: Abya Yala.
- Delgado, O., & Zarate, E. (2002). Los páramos de Azuay y Cañar. *Revista de la Universidad del Azuay*, 195-223.
- Dirección Provincial Ambiental del Carchi. (2014). *Control y vigilancia de actos ilícitos*. Ministerio del Ambiente. El Ángel: MAE.
- Dirección Provincial Ambiental del Carchi. (2014). *Sofocación de incendio forestal*. Ministerio del Ambiente, Protección Ambiental. El Ángel: MAE.
- Flores, S., Groten, U., Lugo, S., & Mena Vásconez, P. (2012). *Gente, Vida y Agua en los Cerros*. . Quito, Pichincha, Ecuador: EcoCiencia.
- Forsythe, W. (2002). Parámetros ambientales que afectan la temperatura del suelo en Turrialba, Costa Rica y sus consecuencias para la producción de cultivos. *Agronomía Costarricense*, 43-61.
- García-Meneses, P. M., & Ramsay, P. M. (2014). Puya hamata demography as an indicator of recent fire history in the páramo of el ángel and volcán chiles, Ecuador-Colombia. *Caldas*, 36(1), 53-90.
- Guerrero, P. (9 de mayo de 2012). *Geografía*. Recuperado el 22 de mayo de 2015, de La Guía: <http://geografia.laguia2000.com/general/microclima>

- Hassan, R., Schols, R., & Ash, N. (2005). *Ecosistemas y Bienestar Humano: Estado actual y tendencias, Volumen 1. Conclusiones del Grupo de Trabajo sobre Condición y Tendencias de la Evaluación de Ecosistemas del Milenio*. (Vol. 1). Washington D.C: Island Press.
- Hofstede, R. (2001). *El impacto de las actividades humanas sobre el páramo. Los páramos del Ecuador. Particularidades, problemas y perspectivas* . Quito, Ecuador: Abya Yala.
- Hofstede, R. (2008). LOS SERVICIOS DEL ECOSISTEMA PÁRAMO: UNA VISIÓN DESDE LA EVALUACIÓN DE ECOSISTEMAS DEL MILENIO. *EcoCiencia*, 5-16.
- Hofstede, R., Coppus, R., Vásconez, P., Segarra, P., Wolf, J., & Sevink, J. (2002). El estado de conservación de los páramos de pajonal en el Ecuador. Quito: Ecotropicos.
- Hofstede, R., Lips, J., & Sevink, J. (1998). *Geografía, ecología y forestación de la sierra alta del Ecuador* . Quito, Pichincha, Ecuador: Abya Yala.
- Hofstede, R., Segarra, P., & Mena, P. (2003). Los páramos del mundo. *Global Peatland Initiative*, 299.
- Hofstede, R., Calles, J., López, V., Polanco, R., Torres, F., Ulloa, J., . . . Cerra, M. (2014). *Los Páramos Andinos*. Quito, Pichincha, Ecuador: UICN.
- Hofstede, R. (1995). The effects of grazing and burning on soil and plant nutrient concentrations in Colombian páramo grasslands. *Plant and Soil*, 173(1), 111-132.
- Imeson, A. C., Vestraten, J., Mulligen, E. J., & Sevink, J. (1992). *The effects of fire and water repellency on infiltration and runoff under Mediterranean Type Forest*. Catena.

- Josse, C., Medina, G., & Mena, A. (2000). *La biodiversidad de los Páramos*. Quito, Pichincha, Ecuador: Abya Yala.
- Keeley, J. (2009). Fire intensity, fire severity and burn severity: a brief review and suggested usage. *International Journal of Wildland Fire*, 116-126.
- Laegard, Ramsay, & Oxley. (2001). Los páramos del Ecuador. En V. Mena, G. Medina, & R. Hofstede, *Los Páramos del Ecuador. Particularidades, Problemas y Perspectivas*. Quito: Abya Yala.
- León-Yáñez. (2000). *La flora de los páramos del Ecuador. En La Biodiversidad de los Páramos* (Vol. 7). Quito: Abya Yala.
- Lizeaga, J., Zapirain, J., & Lizeaga, M. (1992). ESTUDIO DE LAS TEMPERATURAS DEL SUELO A 15,30 Y 45 CM. DE PROFUNDIDAD EN 3 ECOSISTEMAS (HAYEDO, ROBLEDAL Y ARGOMAL) DE ARTIKUTZA (NAVARRA). *Historia* 20, 313-325.
- Luteyn, J. L. (1992). Páramo: andean ecosystem under human influence, why study them? *Academic Press*, 1-14.
- Medina, G., & Mena, P. (2001). *Los páramos del Ecuador*. Quito: Abya Yala.
- Mena, P., & Hofstede, R. (2006). Los Páramos Ecuatorianos. *EcoCiencia*, 91-109.
- Mena, P., Castillo, S., Flores, S., Hofstede, R., Josse, C., Lasso, S., . . . Ortiz, D. (2011). *Páramo. Paisaje estudiado, habitado, manejado e institucionalizado*. Quito: EcoCiencia/Abya-Yala.
- Mena, P., Josse, C., & Medina, G. (2000). Los Suelos del Páramo. *Serie Páramo* 5, 76.
- Ministerio del Ambiente. (2008). *Plan de Manejo de la Reserva Ecológica El Ángel*. Ministerio del Ambiente. Quito: Grupo Randi Randi.

- Montes, C., & Salas, O. (2007). La Evaluación de los Ecosistemas del Milenio. Las relaciones entre el funcionamiento de los ecosistemas y el bienestar humano. *Ecosistemas, revista científica de Ecología y Medio ambiente*, 16(3), 134-144.
- Ortiz, D., & Viteri, P. (2002). Los suelos de los páramos del Ecuador. *Páramos y Cultura*, 5, 5-26.
- Pels, B., & Verweij, A. (1992). *Burning and grazing in a bunchgrass páramo ecosystem: Vegetation dynamics described by a transition model. Burning and grazing gradients in páramo vegetation: Initial ordination analyses*. Londres: Academic Press.
- Perfil.com. (10 de 11 de 2015). Incendio presuntamente intencional afecta a la Reserva Ecológica. pág. 1.
- Pesántez, J. (2015). *PROPUESTA DE MODELO DE GESTIÓN DE LA SUBCUENCA DEL RÍO TOMBAMBA, COMO HERRAMIENTA DE MANEJO INTEGRADO Y CONSERVACIÓN*. Cuenca: Universidad Del Azuay.
- Podwojewski , P. (1999). *Los suelos de las altas tierras Andinas: los páramos del Ecuador*. Sociedad Ecuatoriana de la Ciencia del Suelo . Quito: SECS.
- Podwojewski, P., & Poulénard, J. (2000). Los suelos de los páramos del Ecuador. En P. Mena, C. Josse, & G. Medina, *Los Suelos del Páramo* (págs. 5-26). Quito, Ecuador: GTP/Abya-Yala.
- Quantin, Q., & Zebrowski, C. (1997). *Characterisation and formation of the Cangahua in Equateur*. Quito: Editions Orstom Quito - CEE - UCE Quito - UC FCA Quito.

- Ramsay, P. M. (2001). Páramo vegetation recovery in the first two years after a fire on Volcán Chiles, Ecuador. (P. M. Ramsay, Ed.) *Pebble & Shell Publications*, 65-73.
- Rodriguez Enriquez, R. (2013). *Tipos de climas y microclimas*. Barcelona: Barcelona.
- Savage, S., Osborn, J., Letey, J., & Heaton, C. (1972). Substances contributing to fire-induced water repellency in soils. *Soil. Sci. Soc. Amer. Proc.*(36), 674-678.
- Suárez, E., & Medina, G. (2001). *Vegetation structure and soil properties in Ecuadorian páramo grasslands with different histories of burning and grazing*. *Arctic, Antarctic, and Alpine Research*.
- Sunar, F., & Ozkan, C. (2001). *Forest fire analysis with remote sensing data*. (Vol. 22). *Int J Remote Sens.* .
- Torn, M., Trumbore, S., Chadwick, O., Vitousek, P., & Hendricks, D. (1997). *Mineral control of soil organic carbon storage and turnover*. *Nature*.
- UNESCO. (2005). *Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura*. Recuperado el 11 de 06 de 2015, de La Evaluación de los Ecosistemas del Milenio. : <http://www.unesco.org/uy/mab/es/areas-de-trabajo/ciencias-naturales/mab/programa-mab/servicios-ecosistemicos.html>
- Velastegui, A., & López, V. (2011). Páramo. Paisaje estudiado, habitado, manejado e institucionalizado. En P. Mena, J. Vásconez, A. Castillo, S. Flores, R. Hofstede, N. Ochoa, . . . C. Josse, *Un análisis geoespacial y estadístico preliminar de la actividad minera en los Páramos del Ecuador*. Quito: EcoCiencia/Abya Yala/ EcoBona.

- Verweij, P., & Budde, P. (1992). Andean Ecosystem under Human Influence. En H. Baisie, & L. Luteyn, *Burning and grazing gradients in páramo vegetation: Initial ordination analyses* (págs. 177-196).
- Villota, A. (2014). *STUDIES ON MOUNTAIN VEGETATION, PLANT DIVERSITY, FIRE AND FOREST LINE DYNAMICS OF THE SOUTHEASTERN AND CENTRAL ECUADORIAN ANDES DURING THE LATE QUATERNARY*. Göttingen: University Göttingen.
- Walker, B., Kinzig, A., & Langridge, J. (1999). Plant Attribute Diversity, Resilience, and Ecosystem Function: The Nature and Significance of Dominant and Minor Species. *Ecosystems*(2), 95-113.
- Wallace, K. (2007). *Classification of ecosystem services: Problems and solutions*. *Biological conservation* (Vol. 1).