

**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 LOS ILLINIZAS**

**AUTOR:
RENÉ FABRICIO VILLALTA POGO**

**TUTORA:
PATRICIA MARIBEL GUTIÉRREZ SALAZAR**

Quito, mayo del 2016

Cesión de derechos de autor

Yo René Fabricio Villalta Pogo, con documento de identificación N° 2200237978, 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 LOS ILLINIZAS, 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.

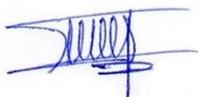


.....
René Fabricio Villalta Pogo
2200237978
Mayo del 2016

Declaratoria de coautoría de la docente tutora

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 LOS ILLINIZAS, realizado por René Fabricio Villalta Pogo, obteniendo un producto que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana para ser considerados como trabajo final de titulación.

Quito, mayo del 2016



Patricia Maribel Gutiérrez Salazar

Cédula de identidad: 1718427220

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	1
OBJETIVOS.....	3
Objetivo General.....	3
Objetivos específicos	3
1. MARCO TEÓRICO	4
1.1. El Páramo.....	4
1.2. Importancia del páramo	5
1.3. Tipos de páramo.....	6
1.4. Los páramos en el Ecuador.....	7
1.5. Influencia antrópica en el páramo.....	8
1.6. Incendios en el páramo	9
1.7. Microclima.....	10
1.8. Importancia de la cobertura vegetal.....	10
1.9. Radiación activa fotosintética (PAR).	11
1.9.1. Medición de Radiación Activa Fotosintética.	12
2. HIPÓTESIS	13
3. UBICACIÓN RESERVA ECOLÓGICA LOS ILLINIZAS.....	14
4. MATERIALES Y METODOS	18
4.1. Materiales.....	18
4.2. Métodos	18
4.2.1. Recopilación de información.....	18
4.2.2. Muestreo.....	23
4.3 Análisis de datos	24
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	26
5.1. Radiación activa fotosintética (PAR)	26
5.2. Temperatura del suelo a 20 cm de profundidad.....	27

5.3. Altura de vegetación.....	28
5.4. Georreferenciación de la información	29
5.5. Comprobación de la hipótesis.....	33
5.6. Discusión	35
6. CONCLUSIONES.....	36
7. RECOMENDACIONES	37
REFERENCIAS	38
ANEXOS.....	41

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Distribución de los páramos del Ecuador en relación con las provincias que incluyen este ecosistema.....	7
Figura 2. Visión en conjunto del equipo Delta-T Canopy Analysis System.....	12
Figura 3. Ubicación de la Reserva Ecológica Los Illinizas.....	14
Figura 4. Mapa de microcuencas de la Reserva Ecológica Los Illinizas	15
Figura 5. Distribución espacial de las precipitaciones medias.....	16
Figura 6. Reconocimiento y selección de los parcelas de muestreo.	19
Figura 7. Parcela utilizada como unidad experimental.	19
Figura 8. Parcela de muestreo P01 en el volcán Corazón..	20
Figura 9. Parcela de muestreo P02 en el campo de prácticas militares.....	21
Figura 10. Parcela de muestreo P03.	21
Figura 11. Parcela de muestreo P04, Pastocalle.....	22
Figura 12. Parcela de muestreo P05, El Chaupi.	22
Figura 13. Toma de datos de PAR bajo la vegetación.	23
Figura 14. Toma de datos de altura de vegetación.	24
Figura 15. Correlación entre radiación activa fotosintética (PAR) y tiempo después del incendio en las cinco parcelas.....	27
Figura 16. Correlación entre temperatura del suelo a 20 cm de profundidad y tiempo después del incendio en las cinco parcelas.....	28
Figura 17. Correlación entre altura de vegetación y tiempo después del incendio en las cinco parcelas.....	29
Figura 18. Correlación entre temperatura y radiación activa fotosintética (PAR) en las cinco parcelas.....	29
Figura 19. Mapa de Incendios de la Reserva Ecológica Los Illinizas.....	31
Figura 20. Mapa de Microclima vs Tiempo después del incendio en la Reserva Ecológica los Illinizas.	32
Figura 21. Relación entre las variables PAR y Altura de Vegetación vs Año en que ocurrió el incendio en las parcelas de muestreo en la REI.....	34
Figura 22. Relación entre las variables de PAR y Temperatura vs Año en que ocurrió el incendio en las parcelas de muestreo en la REI.....	34

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Zonas en las que se avluaron las variables de estudio.....	26
Tabla 2. Radiación activa fotosintética (PAR) registrada	26
Tabla 3. Temperatura del suelo a 20 cm de profundidad registrada	27
Tabla 4. Altura de vegetación registrada.....	28
Tabla 5. Categorías utilizadas para la georreferenciación de la información	30

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Medianas de datos de Radiación activa fotosintética (PAR) registrados en los sitios de interés.....	41
Anexo 2. Promedios de temperatura a 20cm del suelo registrados en los sitios de interés.	42
Anexo 3. Medianas de altura de vegetación de cada cuadrante registrada en cada uno de los sitios de interés.....	43

RESUMEN

El páramo es un ecosistema biodiverso con alto endemismo, que brinda servicios ecosistémicos a los seres humanos, dominado por especies de pajonales, arbustos, rosetas y musgos. La quema es una de las actividades más comunes en el páramo, se la realiza con fines agrícolas y ganaderos. Se determinó el efecto de los incendios recientes sobre el microclima del suelo en el páramo de la Reserva Ecológica Los Illinizas (REI), analizando las variables de radiación activa fotosintética (PAR), temperatura del suelo a 20 cm de profundidad y altura de vegetación en función del tiempo transcurrido después del incendio. Adicionalmente la georreferenciación de la información obtenida para generar un mapa de ubicación de zonas quemadas, y un mapa que exprese la relación entre el microclima y el tiempo que ha transcurrido después de la quema. Las cinco zonas que han sido afectadas por el fuego se ubican en el límite de la REI. Las zonas quemadas del año 2015 presentan mayor incidencia de PAR sobre el suelo (más del 50%) y mayor temperatura del suelo a 20 cm de profundidad, entre 13.88 y 15.14 °C; en las zonas quemadas en el 2011 y 2012 la incidencia de PAR bajo la vegetación es menor (menos de 10%), y la temperatura del suelo a 20 cm de profundidad se registra entre 11.03 y 11.75 °C. Esto permite concluir que la cobertura vegetal influye sobre las condiciones microclimáticas del suelo del páramo.

ABSTRACT

The paramo is a biodiverse ecosystem with high endemism, which provides ecosystemic services to humans, dominated by species of grasses, shrubs, rosettes and mosses. Burning is one of the most common activities on the moor, it is carried out for agriculture and cattle raising. It was determined the effect of the recent fires on the microclimate on the floor on the paramo of the Ecological Reserve Illinizas (REI), analyzing variables of photosynthetically active radiation (PAR), soil temperature at 20 cm depth and height of vegetation in function of time has elapsed after the fire. In addition, georeferencing of the information obtained to generate a map of location of burned areas, and a map that expresses the relationship between the microclimate and time lapsed after burning. The five sites that have been affected by the fire are located on the limit area of the REI. The burned areas of the 2015 have a higher incidence of PAR on the ground (over 50%) and higher soil temperature at 20 cm depth, between 13.88 and 15.14 ° C; in areas burned in 2011 and 2012 the incidence of PAR under the vegetation it is less (less than 10%), and soil temperature at 20 cm depth is recorded between 11.03 and 11.75 ° C. This allows to conclude that the vegetation cover influence microclimatic soil conditions of the moor.

INTRODUCCIÓN

Los páramos son ecosistemas ubicados sobre los 3000 msnm, biodiversos tanto en flora como en fauna, donde se puede apreciar una gran cantidad de especies endémicas (Leon-Yáñez, 2000). Los servicios ambientales que otorga éste ecosistema son muy destacables, debido a que beneficia al hombre tanto de manera directa como indirecta. El páramo contiene suelos ricos en materia orgánica (la mitad de la cual es carbono), es un gran regulador del ciclo hidrológico y provee servicios ecoturísticos (Hofstede, 1995). Debido a estas cualidades, el páramo se considera un ecosistema de alta prioridad de conservación. Lamentablemente como en la mayoría de ecosistemas en el mundo, el páramo presenta alta incidencia antrópica, donde se destacan actividades como la agricultura, ganadería y minería, que tienen incidencia sobre el entorno (Chaparro, 2012). La quema es una de las actividades más conocidas en el páramo. El objetivo de las quemas es la remoción de la vegetación para fines agrícolas y ganaderos (Hofstede, 2001) El fuego retira parte de la cobertura vegetal del páramo que actúa como capa aislante. Existe variación significativa entre temperatura, radiación y velocidad del viento en un sitio que presenta cobertura vegetal, en comparación con uno que no lo posee (Morecrof, Taylor, & Oliver, 1997). Estas condiciones climáticas diferentes en un espacio reducido con respecto al resto de una zona se lo denomina microclima (Gómez Sanz, 2004). Gracias a la presencia de cobertura vegetal muchas plantas nativas del páramo están adaptadas a germinar bajo su sombra (Hofstede, 2001). El suelo cubierto por vegetación ayuda a mantener la humedad característica de los páramos (Verweij, 1992), evita temperaturas inferiores a cero grados centígrados bajo la vegetación, generando un microclima que permite la subsistencia de otras especies a las condiciones climáticas extremas (Hofstede, 2001). Los incendios que año tras año van en aumento, producto del ascenso de la frontera agrícola, provocan que la vegetación nativa del páramo vaya disminuyendo, esto a su vez conlleva a que varias especies de microorganismos en el suelo, flora y fauna nativa sean seriamente afectados, alterando el ciclo de vida dentro del ecosistema, y que con el pasar de los años éste ecosistema valioso y único se vaya degradando (Hofstede, 2001). La presente investigación realiza el análisis del efecto de los incendios sobre el microclima del suelo que beneficia a la flora y fauna del ecosistema paramero, relacionando las variables de radiación activa fotosintética, temperatura del suelo y

altura de vegetación dentro del páramo en función del tiempo que ha transcurrido después del incendio.

OBJETIVOS

Objetivo general

- Determinar el efecto de los incendios recientes sobre el microclima de la reserva ecológica Los Illinizas.

Objetivos específicos

- Georreferenciar sitios donde han ocurrido incendios dentro de Reserva Ecológica los Illinizas.
- Determinar el microclima de las zonas expuestas al fuego en la Reserva Ecológica Los Illinizas con la medición de la radiación activa fotosintética que llega al suelo, la temperatura del suelo a 20 cm de profundidad y altura de vegetación.
- Generar un mapa que exprese la relación entre el microclima y el tiempo que ha transcurrido después de la quema.

1. MARCO TEÓRICO

1.1. El Páramo

Los páramos son ecosistemas biodiversos ubicados sobre los 3000 msnm, aunque sus límites depende de la región donde se localice, generalmente se ubican sobre la línea de los bosques continuos o bosques andinos y por debajo de las nieves de las cumbres de las elevaciones (Hofstede & Mena, 2006, pág. 92). Este ecosistema está presente en regiones tropicales de Centroamérica, Sudamérica, Asia, África y Oceanía. “En América el páramo se extiende desde Costa Rica hasta Perú, con una distribución continua en las cumbres de la cordillera de los Andes desde Venezuela hasta el Norte de Perú” (Mena, Medina, & Josse, 2000, pág. 7).

Para la existencia del ecosistema paramero se necesita una gran altitud en zonas tropicales, esto quiere decir que éste ecosistema solo puede estar presente en zonas tropicales y montañosas de los continentes (Hofstede & Mena, 2006, pág. 92). “Este ecosistema se encuentra conformado por planicies y valles accidentados de origen glacial con variedad de praderas húmedas, pantanos y lagunas” (Buytaert, Célleri, Cisneros, & De Biévere, 2006, pág. 1). El páramo presenta temperaturas extremas tanto en el día como en la noche, esto permite deducir que su régimen climático es verano durante el día e invierno durante la noche. Este clima extremo es producto de la gran altitud y la alta incidencia de neblina e irradiación solar. (Hofstede & Mena, 2006, pág. 93).

Muchas especies de plantas endémicas adaptadas a condiciones físico-químicas y climáticas determinadas como radiación ultravioleta intensa, fuertes vientos y baja presión atmosférica, se alojan dentro del páramo. En la vegetación se destaca una gran cantidad de especies vegetales como pajonales, arbustos pequeños, rosetas y musgos (Buytaert, Célleri, Cisneros, & De Biévere, 2006, pág. 3).

Los páramos presentan altos niveles de endemismo tanto en especies como en géneros de flora (Mena, Medina, & Josse, 2000, pág. 15). “En cuanto a la fauna gran parte de los animales permanecen ocultos y discretos dentro del ecosistema la mayor parte del tiempo” (Gobernación de Antioquia, 2015, pág. 5). En este ecosistema destacan especies representativas en el continente americano como: el puma (*Puma*

concolor), danta de montaña (*Tapirus pinchaque*), el oso de anteojos (*Tremactos ornatus*) y el cóndor (*Vultur gryphus*) (Hofstede, et. al., 2014, pág. 41).

1.2. Importancia del páramo

“Los páramos son importantes por los servicios ecosistémicos que benefician de manera directa e indirecta a más de 100 millones de personas” (UICN 2002, citado en Buytaert, W; Celleri, R; De Bievre, B; Cisneros, F, 2006). El páramo es un ecosistema atractivo visualmente con una belleza escénica innegable, biodiverso en flora y fauna. El suelo presenta un color negro por su alto contenido de materia orgánica. La materia orgánica no se descompone con facilidad debido a las bajas temperaturas del aire y del suelo (Hofstede & Mena, 2006, págs. 92-94). El material orgánico es rico en carbono. El páramo es considerado un ecosistema con los suelos que más carbono retienen en el mundo, como reservorio de carbono, evita la emisión a la atmósfera de CO₂, elemento altamente contaminante (Ayala, Villa, Aguirre, & Aguirre, 2014, pág. 46).

El impacto visual y escénico de los páramos provoca el interés de las personas por visitarlos. Según datos del Ministerio del Ambiente en el año 2015 más de 700.000 personas visitaron áreas protegidas que contienen páramo en el Ecuador (Ministerio de Ambiente, 2015). Muchas de estas visitas pueden ser de carácter ecoturístico. El páramo gana este interés ecoturístico debido a sus paisajes únicos, y por ser el ecosistema más representativo de los Andes ecuatorianos (Narvaez, 2000). Además ofrece actividades turísticas como: actividades deportivas, investigación, buceo y convivencia familiar (Narvaez, 2000).

El páramo es un regulador hidrológico natural, debido al bajo consumo de agua de las especies vegetales, poca evapotranspiración y elevada capacidad de retención de agua por parte de los suelos del ecosistema (Calles, Lopez, & Ulloa, 2013, págs. 7-8). Esto se traduce a la presencia continua de agua en los ríos, derivados de los extensos drenajes aguas abajo de las cuencas originadas de los páramos (Calles, Lopez, & Ulloa, 2013, págs. 7-8). Las ciudades asentadas al Norte de la cordillera de los Andes como Bogotá y Quito por ejemplo, dependen del páramo para suministro de agua (Buytaert, Céleri, Cisneros, & De Biévere, 2006, pág. 2). El líquido se utiliza para consumo humano, riego en actividades agrícolas, y para generación de energía eléctrica. (Buytaert, Céleri, Cisneros, & De Biévere, 2006, pág. 2). Incluso

ciudades que se encuentran a miles de kilómetros de distancia pueden beneficiarse directamente de este servicio ecosistémico como Lima y Guayaquil por citar algunos ejemplos (Critical Ecosystem Partnership Fund, 2015, pág. 20). “Cabe mencionar que no se debe considerar al páramo como un productor de agua, sino como recogedor y regulador de su flujo” (Bayas, 2015). El ecosistema paramero representa un gran valor ecológico, tanto en servicios ecosistémicos como en biodiversidad, de tal manera ha sido reconocido por la Comunidad Andina de Naciones (CAN) como un ecosistema de alta prioridad de conservación (Naturaleza y Cultura Internacional, 2003).

1.3. Tipos de páramo

Tomando en cuenta características puntuales como altitud y temperatura, la clasificación más simple para el ecosistema paramero es la distinción de tres amplias zonas que son:

- “Subpáramo, se lo considera un cinturón de transición o ecotono entre el páramo propiamente dicho y los bosques andinos” (Mena, Medina, & Josse, 2000, págs. 10-11). Presenta muchos arbustos y árboles pequeños que proceden del bosque adyacente entre mezclados con la vegetación del páramo propiamente dicho, con una temperatura promedio de unos 10 °C (EcologíaHoy, 2015).
- Páramo, es el ecosistema propiamente dicho, más extenso y consolidado ecológicamente (Mena, Medina, & Josse, 2000, págs. 10-11). Su extremo inferior se sitúa a 3000 msnm. Presenta vegetación con dominio de pajonal-frailejón y pastizales con una temperatura promedio de 5°C (Libros de colección ecológica, 2001).
- “Superpáramo, es una región de transición entre las nieves perpétuas y el páramo” (Mena, Medina, & Josse, 2000, pág. 11). Su extremo inferior se sitúa entre los 4100 y 4300 msnm. En la vegetación se destaca la presencia de musgos y plantas criptógamas. En el superpáramo ocurren heladas todas las noches con temperaturas promedio inferiores a los 2°C (Libros de colección ecológica, 2001).

- Páramos de frailejones, característicos de la zona norte del país, en provincias lindantes con el vecino país de Colombia, en este tipo de páramo domina la *Espeletia pycnophylla* (Hofstede & Mena, 2006, pág. 94).
- Páramos secos sobre arenales, se los encuentra en las proximidades a la provincia de Chimborazo (zona centro del país), en éste tipo de páramo domina la paja *Stipa ichu* (Hofstede & Mena, 2006, pág. 94).
- Páramos húmedos hacia la hoya amazónica, éste tipo de páramo se lo puede encontrar cerca de la Reserva Ecológica Cayambe-Coca (Cunalata & Inga, 2012). Se destaca la escasa presencia de pajonales. Los pajonales son reemplazados por herbáceas como el bambú enano *Neurepis aristata* y especies formadoras de almohadillas (Hofstede & Mena, 2006, pág. 94).
- Páramo arbustivo, característico del sur del país en la provincia de Loja, donde el pajonal es reemplazado por vegetación arbustiva y herbácea de los géneros *Miconia*, *Oreocallis*, *Puya* entre otras (Cunalata & Inga, 2012, págs. 11-12).
- Superpáramos azonales en los lahares del Cotopaxi y el Antisana, presenta características similares a las del superpáramo típico pero a menores altitudes. Precisamente ésta anomalía es causada porque éste ecosistema se encuentra sobre los lahares recientes (Cunalata & Inga, 2012, págs. 11-12).
- Superpáramo de montañas altas, ubicado sobre los 4200 msnm (Hofstede & Mena, 2006, pág. 94). “En éste tipo de páramo sobreviven plantas resistentes al frío como las pertenecientes a los géneros *Draba*, *Cortaderia*, y *Chuquiranga*” (Cunalata & Inga, 2012, pág. 12) .

1.5. Influencia antrópica en el páramo

El páramo es un ecosistema que a lo largo de los últimos años ha padecido la influencia de la mano del hombre. El agotamiento de las tierras bajas, aumento de la población que demanda superficies agrícolas, provoca que asentamientos humanos se divisen en altitudes cada vez mayores (Cunalata & Inga, 2012, pág. 19). “El 60% del ecosistema está siendo intervenido. En los últimos 40 años el espacio paramero se ha reducido considerablemente a nivel nacional” (Cunalata & Inga, 2012, pág. 19). Las actividades humanas más comunes dentro del páramo son la agricultura, ganadería y minería que afectan su entorno de manera directa, adicionando un factor

de origen antrópico de magnitud mundial como el cambio climático que lo afecta de manera indirecta (Chaparro, 2012, pág. 60).

1.6. Incendios en el páramo

La quema es una de las actividades humanas más comunes en el páramo, esta actividad afecta directamente a grandes extensiones del ecosistema. El páramo se quema con fines agrícolas y ganaderos (Hofstede, 2001, pág. 4). El objetivo de la quema es la remoción de la vegetación seca para generar rebrotes tiernos de pasto que alimente al ganado, y también la preparación del terreno para nuevos cultivos, incluso personas de las comunidades aledañas al páramo lo quemar por razones extraordinarias como atracción de lluvias, o cuestiones de brujería (Hofstede, 2001, pág. 4).

Los incendios que ocurren en el páramo se originan escasamente por razones naturales, la gran mayoría son originados por la mano del hombre. Desde hace más de cien años los suelos de los páramos se han visto envueltos en incendios de origen antropogénico (Critical Ecosystem Partnership Fund, 2015, pág. 112). Si bien la quema afecta las funciones ecológicas del páramo, se reconocen respuestas positivas por parte de algunas especies que han aumentado su abundancia después del incendio. “Existe una gran historial de quemas dentro del páramo por lo que el fuego está considerado dentro de la dinámica del ecosistema” (Horn & Kappelle, 2009, pág. 516). Algunas especies vegetales logran mantener sus poblaciones después del fuego (Horn & Kappelle, 2009, pág. 516). Otras especies sacan provecho del espacio dejado por la quema para colonizarlo, además el calor del fuego ayuda a la germinación de las semillas. Sin embargo las quemas de alta intensidad pueden afectar severamente la estabilidad del suelo (Hofstede, 2001, págs. 9-10). El suelo queda desnudo o con muy poca protección, provocando un aumento de temperatura que conlleva a la degradación de la materia orgánica (Altieri & Nicholls, 2009, pág. 5). Esto genera un suelo repelente contra el agua, aumentando la escorrentía, evapotranspiración y conllevando a que el ecosistema no pueda regular el ciclo hidrológico eficientemente (Hofstede, 1995). Además existe el peligro de que el carbono almacenado en el suelo se libere a la atmósfera en forma de gas como CO₂, que es el principal actor en el calentamiento global que en la actualidad aqueja al planeta (Ayala, Villa, Aguirre, & Aguirre, 2014, pág. 46).

Se estima que después de 8 a 10 años de ocurrido el flagelo se puede observar una buena recuperación de la vegetación, pasado este tiempo es difícil identificar una zona que ha sido afectada por el fuego (Hofstede, 2001, págs. 5-10).

1.7. Microclima

Son las condiciones climatológicas particulares que presenta un determinado lugar con respecto al resto de la zona donde se encuentra (Gómez Sanz, 2004, págs. 84-85). Se delimita por ser una esfera espacial y temporalmente reducida con características diferenciales climatológicas, en el aire atmosférico, sobre y bajo la superficie terrestre (Gómez Sanz, 2004, págs. 84-85). Las variables que causan oscilaciones microclimáticas son la altitud, topografía, relieve, cobertura vegetal, ubicación geográfica, variación estacionaria y condiciones climáticas del lugar (Bahamonte, Peri, Martínez Pastur, & Lencinas, 2009, págs. 1-2). “La vegetación tiene características como el tipo de hoja, la fotosíntesis, el ramaje, la forma de follaje, densidad de follaje, la inclinación foliar y evapotranspiración que definen características microclimáticas en una zona determinada” (Rojas, Roset, & Navés, 2015, pág. 82). Existe variación significativa en temperatura, radiación solar y velocidad del viento en un sitio que presenta cobertura vegetal con respecto a uno que no lo posee (Morecrof, Taylor, & Oliver, 1997, pág. 156).

Si nos referimos a las condiciones microclimáticas del suelo, estas varían dependiendo de la profundidad. Las fluctuaciones diarias de la temperatura del suelo pueden alcanzar hasta 20 o 30 cm de profundidad (Forsythe, 2002, pág. 45). Sin embargo, a profundidades mayores a 20 cm, el enfriamiento y calentamiento del suelo es mínimo (Forsythe, 2002, pág. 45). La variación de temperatura en el suelo influye en condiciones microclimáticas como evapotranspiración y humedad del suelo (Morecrof, Taylor, & Oliver, 1997, pág. 156).

1.8. Importancia de la cobertura vegetal

La cobertura vegetal evita que las temperaturas nocturnas desciendan bajo cero, generando un microclima agradable que permite el aislamiento de partes sensibles de la planta y la supervivencia de especies de flora y fauna a las condiciones climáticas adversas (Hofstede, 2001).

Las hierbas nativas del páramo están adaptadas a germinar bajo la sombra de la vegetación o en claros muy pequeños. Las especies que

germinan mayoritariamente en las grandes áreas disponibles posteriores a los incendios son hierbas exóticas introducidas que se encuentran presentes en el ecosistema. La aparición de estas especies ajenas al ecosistema se debe al continuo crecimiento de la ganadería. Especies como la acedera (*Rumex acetocella*), el trébol (*Trifolium repens*) y muchas flores que no son típicas del páramo se pueden observar después de un incendio (Hofstede, 2001, pág. 8)

“La vegetación existente en el ecosistema ayuda a que el fuego no alcance el nivel del suelo, esto ayuda a proteger la capa de hojarasca y la fauna del suelo” (Hofstede, 2001, pág. 8). Cuando se observa un lugar dentro del ecosistema que ha sido recientemente afectado por el fuego se aprecia que el suelo está cubierto por restos carbonizados y por vegetación que no alcanzó a quemarse (Hofstede, 2001).

El aumento de la temperatura en el suelo provoca la aceleración de la descomposición y con esto el mantillo desaparece (Hofstede, 2001, págs. 8-9). “El suelo al estar descubierto y con mayores temperaturas sufre una mayor evaporación y tiende a secarse” (Hofstede, 2001, pág. 9). Al desaparecer la vegetación del páramo producto de los incendios, el suelo pierde su capa aislante, lo que provoca que las temperaturas del suelo sean más bajas en la noche y más altas en el día, generando resequedad en el suelo y posterior erosión por efecto del viento (Podwojewski, 1999, págs. 13-14). Todo esto conlleva a fuertes cambios en las condiciones microclimáticas. Si bien las quemadas dentro del ecosistema hasta cierto punto contribuyen con el mantenimiento de la biodiversidad. El aumento en frecuencias e intensidad de las quemadas no permite una adecuada recuperación de las estructuras vegetales quemadas y el suelo, generando daños ecológicos irreversibles (Hofstede, 2001, pág. 10).

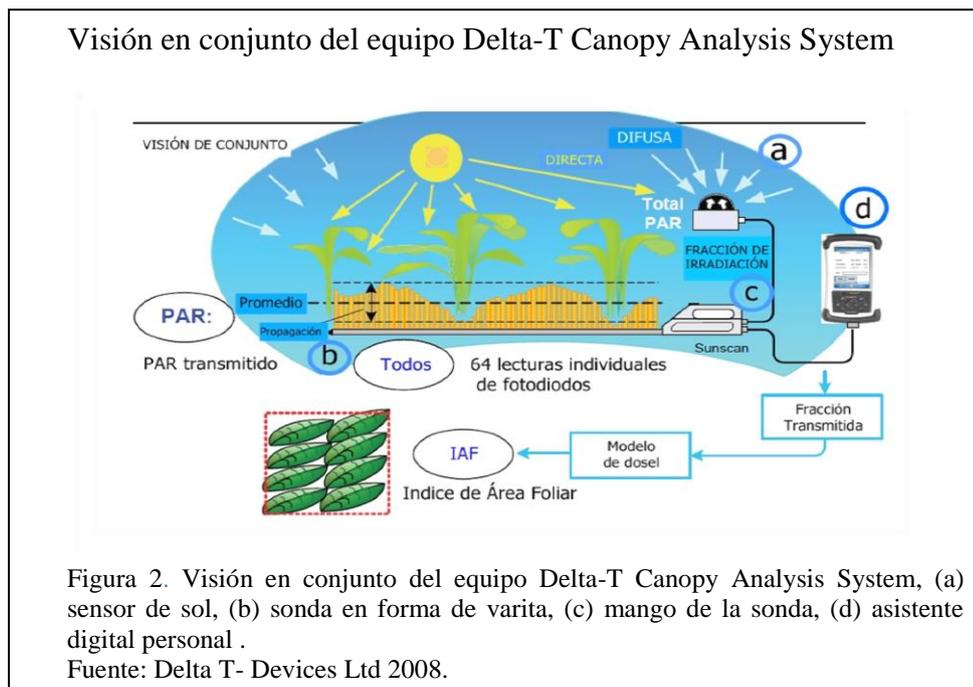
1.9. Radiación activa fotosintética (PAR).

La radiación activa fotosintética (PAR) por sus siglas en inglés, “es la radiación solar aprovechada por las plantas para realizar su proceso de fotosíntesis” (Almorox, 2010). “Es la región del espectro solar cuya longitud de onda está comprendida entre 0.40 y 0.70 μm ” (Righini & Grossi Gallegos, 2005, pág. 1). Los cambios que se puedan presentar en torno a la influencia de PAR pueden repercutir directamente

sobre tasa de fotosíntesis, temperatura del suelo y del aire, actividad microbiana y humedad del suelo (Maycotte, y otros, 2002).

1.9.1. Medición de Radiación Activa Fotosintética.

La medición se la realiza con el equipo portátil Delta-T Canopy Analysis System que mide niveles de radiación activa fotosintética (PAR) en el dosel de las plantas. Lo que permite medir la fracción de radiación solar que está siendo interceptado por un dosel vegetal. El equipo consta de un sensor de sol, que mide la radiación directa y radiación difusa y una sonda en forma de varita de 1 metro de largo, compuesta por 64 fotodiodos igualmente espaciados a lo largo de su longitud. El mango de la sonda convierte las salidas de los fotodiodos en lecturas digitales PAR. Las lecturas son transmitidas hacia el asistente digital personal, que sirve como controlador del equipo y guarda la información obtenida (Delta T- Devices Ltd, 2008).



2. HIPÓTESIS

Hi: La pérdida de vegetación después de un incendio cambia las condiciones microclimáticas en el ecosistema paramero de la REI.

Ho: La pérdida de vegetación después de un incendio no cambia las condiciones microclimáticas en el ecosistema paramero de la REI.

3. UBICACIÓN RESERVA ECOLÓGICA LOS ILLINIZAS

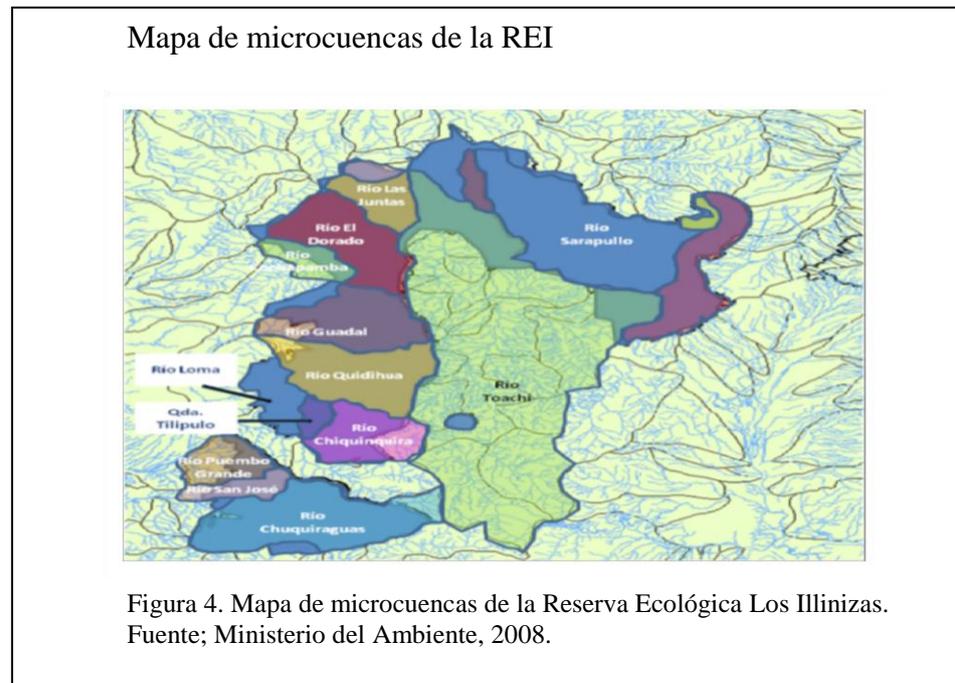
La investigación se llevará a cabo en la Reserva Ecológica Los Illinizas (REI). “Establecida mediante la Resolución No. 066 del 11 de diciembre de 1996 por el Instituto Ecuatoriano Forestal, de Áreas Naturales y Vida Silvestre (INEFAN) y publicada como parte del Patrimonio Nacional de Áreas Naturales del Estado” (Ministerio del Ambiente, 2008, pág. 1). La reserva se encuentra ubicada entre los ríos Toachi y Angamarca, páramos occidentales de los cerros Illinizas, cerro Corazón, Quilotoa y estribaciones de la Cordillera Occidental conocidas como Zarapullo, Cerro Azul, Jaligua Alto y Tenefuente. El área se ubica en las provincias de Cotopaxi (cantones Latacunga, La Mana, Pujilí, Sigchos y Pangua); en Pichincha (cantón Mejía) y en Santo Domingo de los Tsáchilas (cantón Alluriquín) (Ministerio del Ambiente, 2008, pág. 2).



La REI posee una extensión de 149.900 hectáreas, dividida en tres sectores: “Sector 1, Norte con 125.000 hectáreas; Sector 2, Sur con 23.600 hectáreas; Sector 3, Sur Oriental con 800 hectáreas, que comprende la laguna del Quilotoa en un radio de 500 metros” (Ministerio del Ambiente, 2008, pág. 2). “Su altitud oscila entre los 800 a 5,263 msnm que se registra en la cumbre más alta” (Ministerio del Ambiente, 2014).

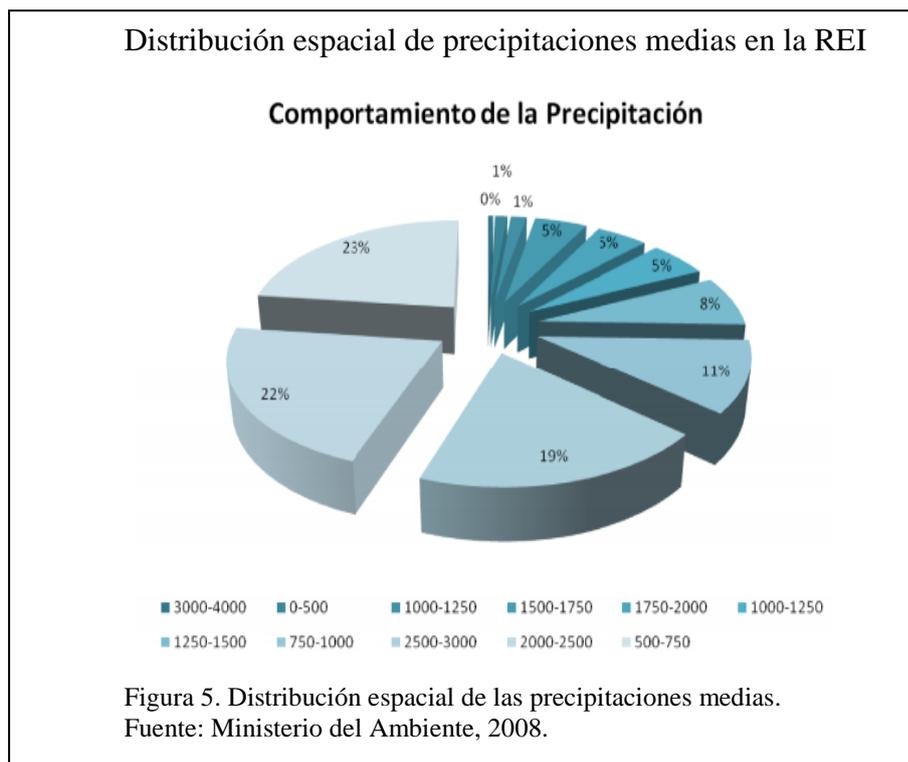
En cuanto a su aspecto hídrico la REI está conformada al norte por las microcuencas del sector alto del río Pilatón y San Pedro, la microcuenca del río

Sarapullo, hacia la parte baja la microcuenca del río Toachi (Ministerio del Ambiente, 2008, pág. 17). Las microcuencas del sector alto de los ríos Rayo y Quindigua hacia el sur. La reserva está separada por la microcuenca del río San Pablo, para continuar posteriormente por la microcuenca del río Chuquiraguas como se observa en la figura 4 (Ministerio del Ambiente, 2008, pág. 17).



Los principales ríos que se originan de la parte alta de las microcuencas son: Las Juntas, El Dorado y Sarapullo. En la REI se diferencian dos zonas, una de régimen subtropical y otra de régimen andino. Al oeste o zona subtropical a una altura de 2800 msnm inician dichas microcuencas (Ministerio del Ambiente, 2008, pág. 18). En lo que respecta al este o zona Andina se inicia con una altitud de 5200 msnm. Las elevaciones de Los Illinizas poseen un mayor número de concesiones debido a que sus montañas poseen pendientes del 60% aproximadamente (Ministerio del Ambiente, 2008, pág. 18).

“Las precipitaciones se manifiestan en cantidades que oscilan entre los 500 y 750 mm en un 23% de área, en tanto que se han registrado picos en apenas el 1% del área con precipitaciones entre los 3000 y 4000 mm” (Ministerio del Ambiente, 2008, pág. 19) . Como puede visualizar en el gráfico 1.



Las temperaturas medias en la REI están comprendidas entre 9 y 11°C, mientras que las temperaturas extremas absolutas están entre 0 y 22°C. Las temperaturas predominantes están entre 8 y 10°C en un 21% del área total y de 18 a 24°C en un 33% del área total. La humedad relativa promedio anual del aire es del 87% (Ministerio del Ambiente, 2008, pág. 22).

La reserva presenta altos páramos alrededor de los Illinizas y El Corazón. El 40% del área de la reserva se encuentra ocupado por páramo herbáceo, ubicados sobre los 3500 msnm (Birdlife International, 2015). La zona se compone de pequeños arbustos y pajonal. Además la conforman especies vegetales como la Efusa (*Calamagrostis effusa*), Cacho de venado (*Guettarda comata*), y otras que permanecen alrededor de lagunas y pantanos como las almohadillas (*Azorella aretioides*) (Birdlife International, 2015).

Se presentan dos tipos de suelos dentro de la REI: El primero es un suelo arenoso, que se deriva de materiales piroclásticos de baja humedad ubicados dentro del valle interandino; y los francoarenosos húmedos, característicos de presentar una coloración muy negra y capacidad de retención de humedad, éste tipo de suelo es

mayoritario dentro de la reserva (Manrique 2006, citado en Ministerio del Ambiente, 2007, pág. 143).

4. MATERIALES Y METODOS

4.1. Materiales

- Equipo Delta-T Canopy Analysis System
- Termómetro digital Signstek 36802
- GPS
- Computador
- Cuerda graduada
- Cámara Digital
- Vara graduada
- Disco

4.2. Métodos

4.2.1. Recopilación de información

4.2.1.1. Instituciones de apoyo

Se contactó con el Ministerio del Ambiente (MAE), se enviaron los oficios correspondientes que fueron atendidos oportunamente por la institución, que brindó el apoyo necesario para poder realizar este informe. El MAE otorgó informes de los incendios que se han producido dentro de la reserva, y facilitó la ayuda de un guía para poder llegar a los sitios de dichos incendios.

4.2.1.2. Selección de parcelas de muestreo

Se realizaron recorridos por cada uno de los sitios de interés para la investigación, tomando las coordenadas correspondientes de cada uno de estos sitios. Luego se establecieron las respectivas unidades experimentales.

Selección de parcelas de muestreo



Figura 6. Reconocimiento y selección de los parcelas de muestreo.
Elaborado por: René Villalta, 2016.

4.2.1.3. *Unidad experimental*

La unidad experimental es representada por parcelas de 100 m^2 ($50 \text{ m} \times 2 \text{ m}$). En el interior de cada parcela con la ayuda de la cuerda graduada se determinó un lado positivo y un lado negativo. En 100 m^2 se establecen 100 cuadrantes de 1 m^2 , 50 en el lado negativo y 50 en el lado positivo.

Unidad experimental

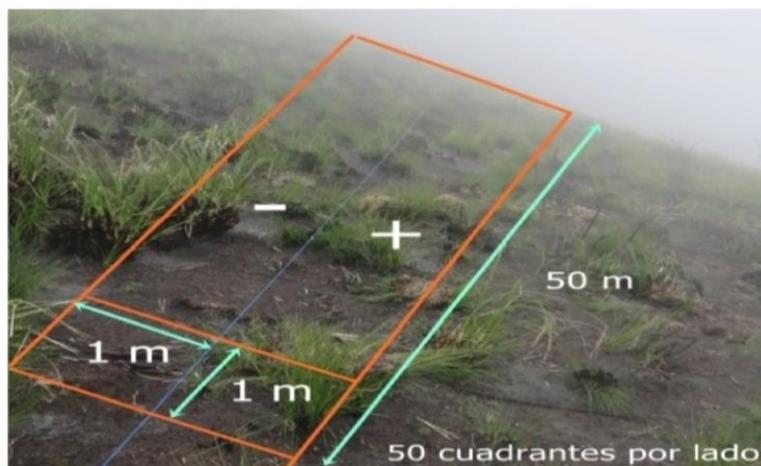


Figura 7. Parcela utilizada como unidad experimental.
Elaborado por: René Villalta, 2016.

4.2.1.4. Parcelas de muestreo

De acuerdo con los informes otorgados por el MAE, se identificaron cinco zonas de interés para el proyecto. Dentro de cada una de estas zonas se instauró la parcela o unidad experimental para la respectiva toma de datos, determinando las siguientes zonas.

- Parcela P01: Incendio que ocurrió en el volcán Corazón a una altitud de 3824 msnm. El evento se produjo el 10 de agosto del 2012, consumiendo un total de 800 hectáreas de páramo.

Parcela de muestreo P01



Figura 8. Parcela de muestreo P01 en el volcán Corazón.
Elaborado por: René Villalta, 2016.

- Parcela P02: Incendio que ocurrió en los campos de prácticas del Fuerte Militar Atahualpa a una altitud de 3526 msnm. El evento se produjo el 1 de agosto del 2015, consumiendo 1 hectárea de páramo.

Parcela de muestreo P02



Figura 9. Parcela de muestreo P02 en el campo de prácticas militares.
Elaborado por: René Villalta, 2016.

- Parcela P03: Incendio que se divisa desde el antiguo peaje de la vía Alog – Sto. Domingo a una altitud de 3600 msnm. El evento se produjo en agosto del 2015, consumiendo un total de 850 hectáreas de páramo.

Parcela de muestreo P03



Figura 10. Parcela de muestreo P03.
Elaborado por: René Villalta, 2016.

- Parcela P04: Incendio suscitado cerca de la parroquia San Juan de Pastocalle, paralelo a la nueva vía hacia la ciudad de Ambato, con una altitud de 3697 msnm. El evento se produjo el 1 de enero del 2011.

Parcela de muestreo P04



Figura 11. Parcela de muestreo P04, Pastocalle.
Elaborado por: René Villalta, 2016.

- Parcela P05: Incendio suscitado en el Sector San Marcos, hacia el este de la parroquia El Chaupi, a una altitud de 3872 msnm. El evento se produjo el 4 de septiembre del 2012, consumiendo un total de 72 hectáreas de páramo.

Parcela de muestreo P05



Figura 12. Parcela de muestreo P05, El Chaupi.
Elaborado por: René Villalta, 2016.

4.2.2. Muestreo

Para la presente investigación se tomaron en cuenta tres variables que son: la Radiación Activa Fotosintética (PAR), temperatura del suelo a 20 cm de profundidad y altura de la vegetación.

4.2.2.1. Radiación activa fotosintética (PAR)

La radiación activa fotosintética que ingresa bajo la vegetación fue registrada por el equipo Delta-T Canopy Analysis System. La obtención de los datos se realizó en los 50 cuadrantes del lado positivo de la unidad experimental.



4.2.2.2. Temperatura del suelo a 20 cm de profundidad.

Los datos de temperatura del suelo fueron registrados por el termómetro Signstek 36802, la operación se la realizó en 5 cuadrantes del lado positivo (5m, 15m, 25m, 35m y 45m). La temperatura a 20 cm de profundidad del suelo fue tomada en tres sitios de cada cuadrante. Cada zona donde se midió la temperatura fue definida de acuerdo a la cantidad de radiación que influya sobre el suelo, siendo estas: luz alta (zonas sin vegetación), luz intermedia (zonas con sombra) y oscuridad (zonas bajo la vegetación).

4.2.2.3. *Altura de la vegetación*

Los datos de altura de vegetación fueron tomados con la ayuda de una vara recta graduada de 1,70 m de alto, y un disco, el mismo que al caer por la vara se detendrá sobre la cobertura vegetal, permitiendo realizar la observación. La toma de datos se la realizó en los 50 cuadrantes positivos y negativos del transecto de la parcela, obteniendo así 100 repeticiones por cada transecto.

Muestreo de altura de vegetación



Figura 14. Toma de datos de altura de vegetación.
Elaborado por: René Villalta, 2016.

4.3 Análisis de datos

La varita del equipo que mide radiación activa fotosintética cuenta con 64 sensores, cada uno de estos sensores aporta un dato, primero se calculó la mediana de los 64 datos que se obtienen por cada repetición, posteriormente se calculó la mediana de las 50 repeticiones de cada uno de los transectos de la investigación. (ANEXO 1)

La temperatura del suelo a 20 cm de profundidad se obtuvo calculando la media de los datos obtenidos de temperatura alta, intermedia y obscura. Se reportó que las temperaturas altas, intermedias y obscuras son muy cercanas, de tal manera que se optó por calcular la media de las tres temperaturas, y posteriormente se calculó la media de las 5 repeticiones de cada una de las parcelas de la investigación. (ANEXO 2)

La altura de vegetación se obtuvo calculando la mediana de las 50 repeticiones de los cuadrantes positivos y las 50 repeticiones de los cuadrantes negativos de cada parcela o unidad experimental. (ANEXO 3)

Para la representación gráfica de la información obtenida sobre el mapa de la REI, se realizó la correlación de las variables de temperatura del suelo a 20 cm de profundidad y el porcentaje de PAR, para categorizar la información. En el programa ARCGIS se ingresaron las coordenadas obtenidas de cada una de las zonas que han sido quemadas, expuestas en la tabla 1, para poder ubicar cada uno de las parcelas estudiadas dentro del mapa.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se evaluaron las cinco zonas interés con respecto a las tres variables de estudio. Se tienen las fechas en las que se produjeron los incendios en cada una de estas zonas. Las coordenadas de cada zona han sido tomadas para su georreferenciación.

Tabla 1.

Parcelas en las que se evaluaron las variables de estudio.

Parcelas	Zona UTM	Coordenadas		Fecha en que se produjo el incendio	Fecha del muestreo	Altitud (m)
		X	Y			
P01	17 S	763449	9942358	10-Ago-2012	28-Oct-2015	3824
P02	17 S	763642	9944635	1-Ago-2015	4-Nov-2015	3526
P03	17 S	760986	9945709	1-Ago-2015	11-Nov-2015	3637
P04	17 S	760236	9926686	1-Ene-2011	8-Dic-2015	3697
P05	17 S	759508	9936313	4-Sep-2012	8-Dic-2015	3782

Nota. Las cinco parcelas han sido evaluadas con respecto a las variables de estudio, las cuales son: radiación activa fotosintética, temperatura del suelo a 20 cm de profundidad y altura de vegetación. Elaborado por: René Villalta, 2016.

5.1. Radiación activa fotosintética (PAR)

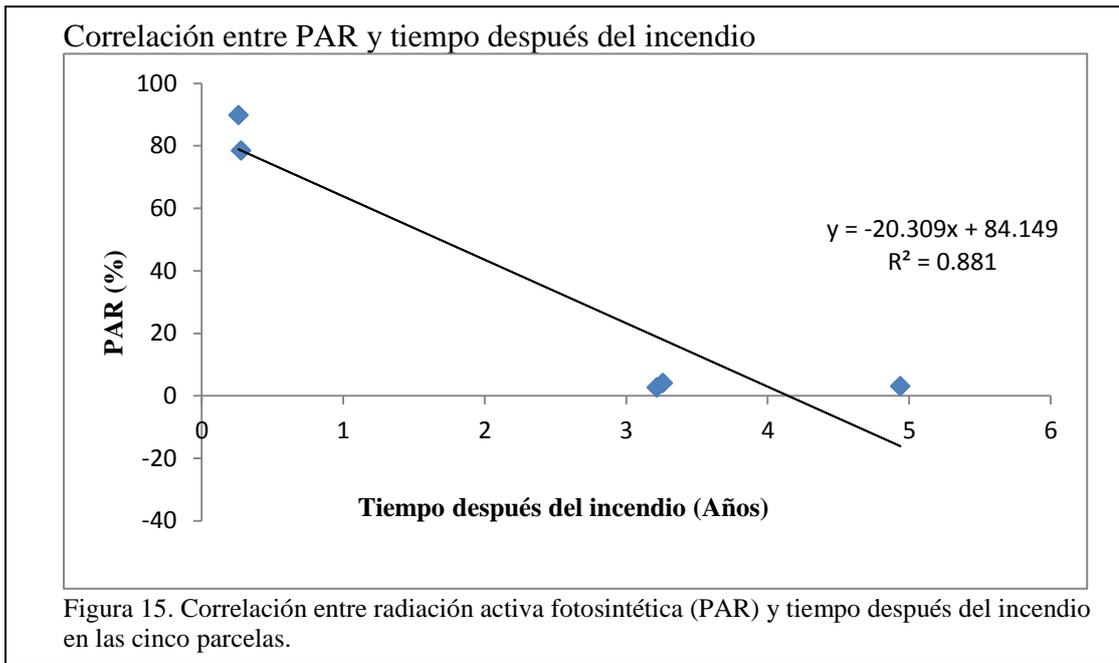
En la tabla 2 se muestran los datos obtenidos de PAR, y el tiempo que ha transcurrido después del incendio en cada una de las zonas de interés. La correlación de las mismas se puede apreciar en el gráfico 2.

Tabla 2.

Radiación activa fotosintética (PAR) registrada.

Parcelas	Tiempo después del incendio (Años)	PAR (%)
P01	3.22	2.65
P02	0.26	89.81
P03	0.28	78.50
P04	4.94	3.04
P05	3.26	4.03

Nota. Datos de radiación activa fotosintética y tiempo después del incendio, utilizadas para la respectiva correlación. Elaborado por: René Villalta, 2016.



Se afirma que existe correlación entre tiempo después del incendio y PAR, con un R^2 de 0.8811, ($p = 0.01$).

5.2. Temperatura del suelo a 20 cm de profundidad.

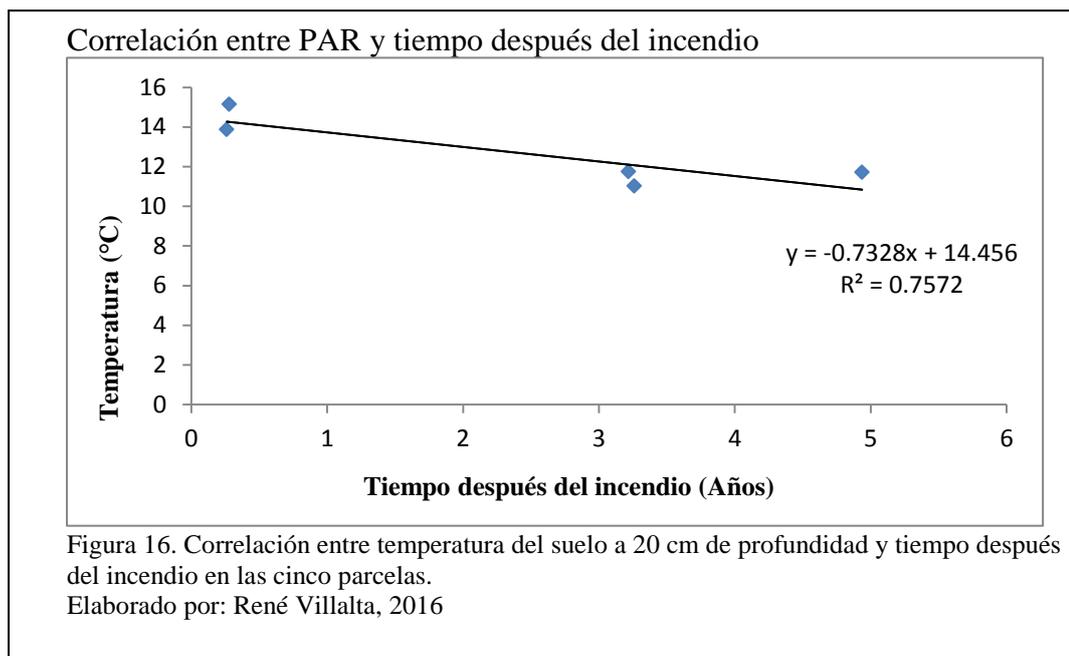
En la tabla 3 se muestran los datos obtenidos de temperatura a 20 cm de profundidad, y el tiempo que ha transcurrido después del incendio. La correlación de las mismas se puede apreciar en el gráfico 3.

Tabla 3:

Temperatura del suelo a 20 cm de profundidad registrada.

Parcelas	Tiempo después del incendio (Años)	Temperatura (°C)	Desviación estándar
P01	3.22	11.75	0.86
P02	0.26	13.88	1.27
P03	0.28	15.14	1.30
P04	4.94	11.72	1.41
P05	3.26	11.03	0.85

Nota. Datos de temperatura del suelo a 20 cm de profundidad y tiempo después del incendio, utilizados para la respectiva correlación. Elaborado por: René Villalta, 2016.



Se afirma que existe correlación entre tiempo después del incendio y temperatura del suelo a 20 cm de profundidad con un R^2 de 0.7572, ($p = 0.05$).

5.3. Altura de vegetación.

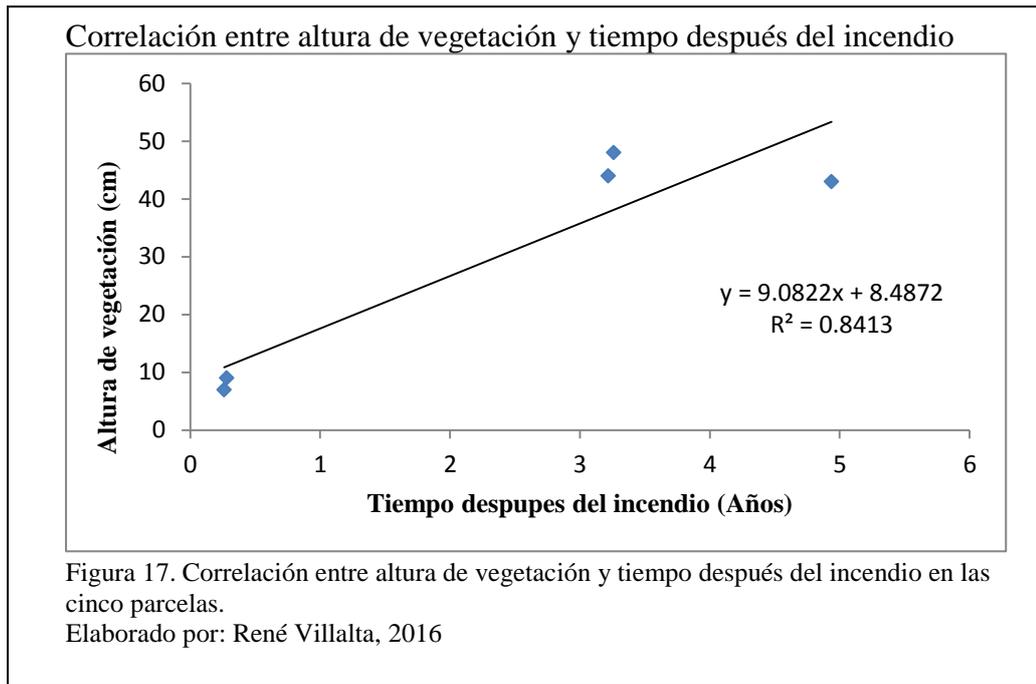
En la tabla 4 se muestran los datos obtenidos de altura de vegetación, y el tiempo que ha transcurrido después del incendio. La correlación de las mismas se puede apreciar en el gráfico 4.

Tabla 4.

Altura de vegetación registrada.

Parcelas	Tiempo después del incendio (Años)	Altura de vegetación (cm)
P01	3.22	44
P02	0.26	7
P03	0.28	9
P04	4.94	43
P05	3.26	48

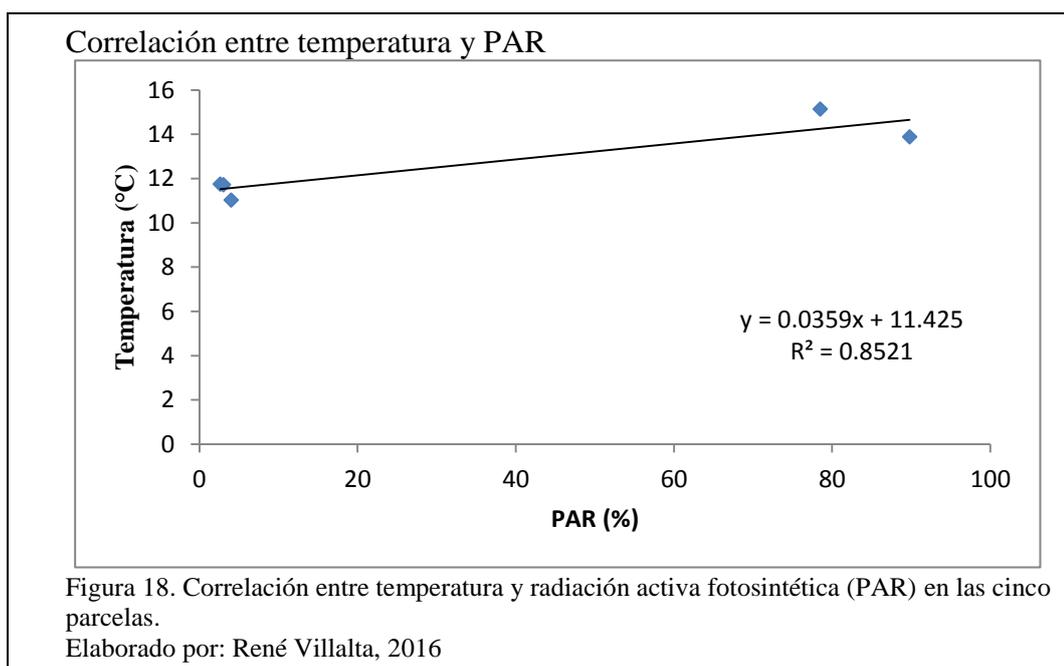
Nota. Datos de altura de vegetación y tiempo después del incendio, utilizados para la respectiva correlación. Elaborado por: René Villalta, 2016.



Se afirma que existe correlación entre tiempo después del incendio y altura de vegetación con un R^2 de 0.8413, ($p = 0.02$).

5.4. Georreferenciación de la información

En el gráfico 5 se puede apreciar la correlación entre temperatura del suelo a 20 cm de profundidad y PAR. En la tabla 5 se detallan los valores otorgados a cada categoría para georreferenciar la información. Las figuras 14 y 15 muestran la información georreferenciada en el mapa de la REI.



Se afirma que existe correlación entre temperatura y radiación activa fotosintética (PAR) con un R^2 de 0,8521, ($p = 0.02$).

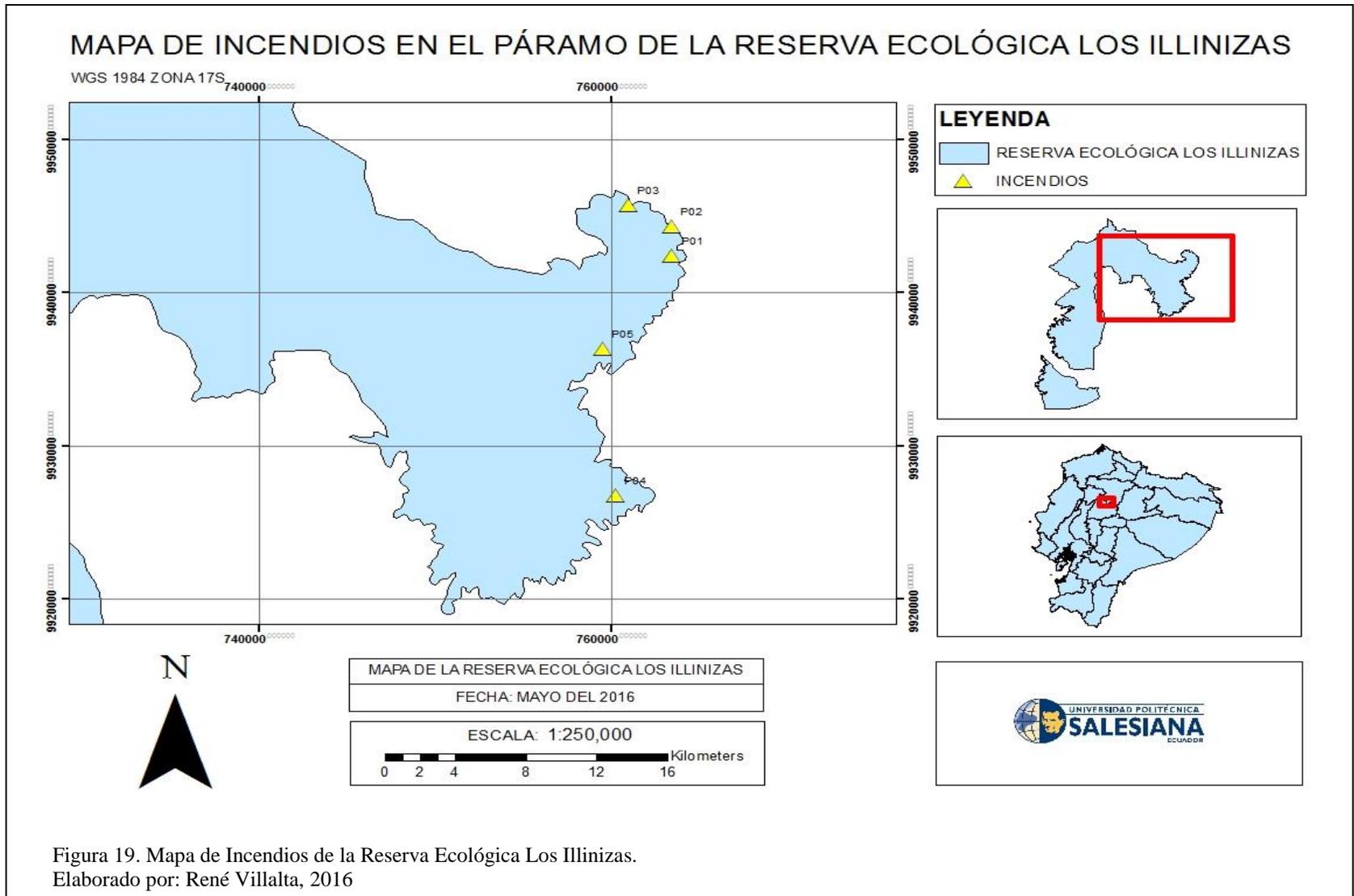
Tabla 5:

Categorías utilizadas para la georreferenciación de la información.

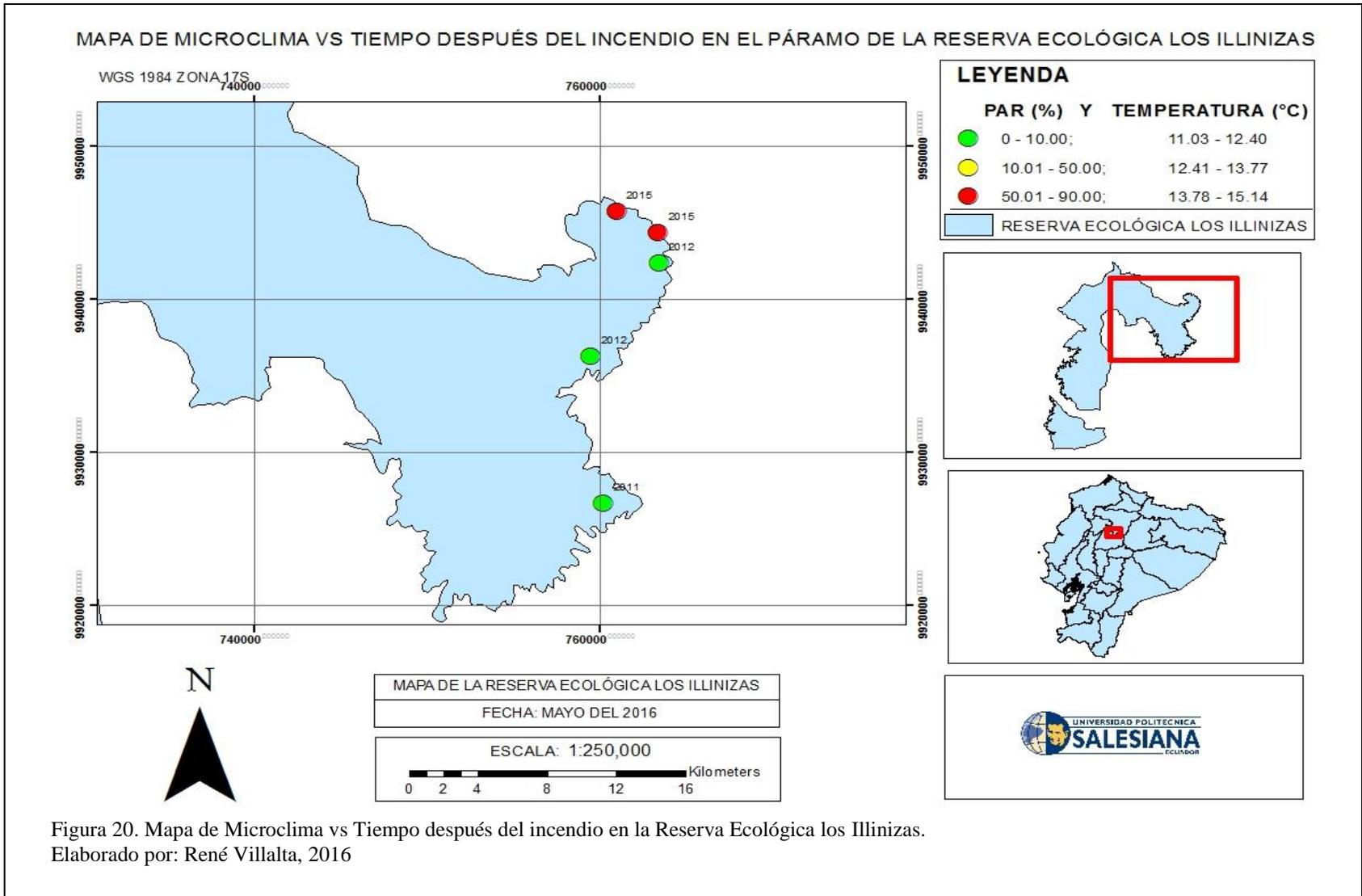
VARIABLES	CATEGORIAS		
	1	2	3
Porcentaje PAR que llega bajo la vegetación	0.00 – 10.00	10.01 – 50.00	50.01 – 90.00
Temperatura en °C del suelo a 20 cm de profundidad	11.03 – 12.40	12.41 – 13.77	13.78 – 15.14

Nota. Categorías asignadas para georreferenciar la información, obtenidas de las correlaciones entre las variables de Porcentaje de PAR y temperatura del suelo a 20 cm de profundidad.

Elaborado por: René Villalta 2016



Las zonas quemadas registradas en el páramo de la REI se encuentran georreferenciadas en los límites o zona frontera de la reserva.



Los incendios del año 2015 presentan una mayor incidencia de PAR, y mayores temperaturas de suelo a 20 cm de profundidad. Los incendios de años anteriores presentan menor incidencia de PAR y menor temperatura del suelo a 20 cm de profundidad.

5.5. Comprobación de la hipótesis

El microclima en los páramos es de vital importancia para muchas especies de flora y fauna dentro del ecosistema. Se rechaza la hipótesis nula planteada, donde la pérdida de vegetación después de un incendio no cambia las condiciones microclimáticas en el suelo del páramo de la REI. En el gráfico 6 se aprecia que los incendios del año 2015 presentan una altura de vegetación menor, con respecto a los incendios ocurridos en años anteriores. Al tener una menor altura de vegetación existe mayor facilidad para que la radiación activa fotosintética PAR pase directamente hacia el suelo, en consecuencia sus porcentajes serán mayores.

En el gráfico 7 se aprecia que la temperatura a 20 cm de profundidad del suelo es mayor en los incendios del año 2015, con respecto a los incendios de años anteriores. Un porcentaje alto de radiación activa fotosintética PAR significa que dicha radiación está influyendo directamente sobre el suelo, provocando un aumento en su temperatura. Estos resultados permiten afirmar que existen variaciones en las condiciones microclimáticas de las zonas de estudio, y que la cobertura vegetal juega un papel importante.

Relación entre las variables PAR y Altura de Vegetación vs Año en que ocurrió el incendio

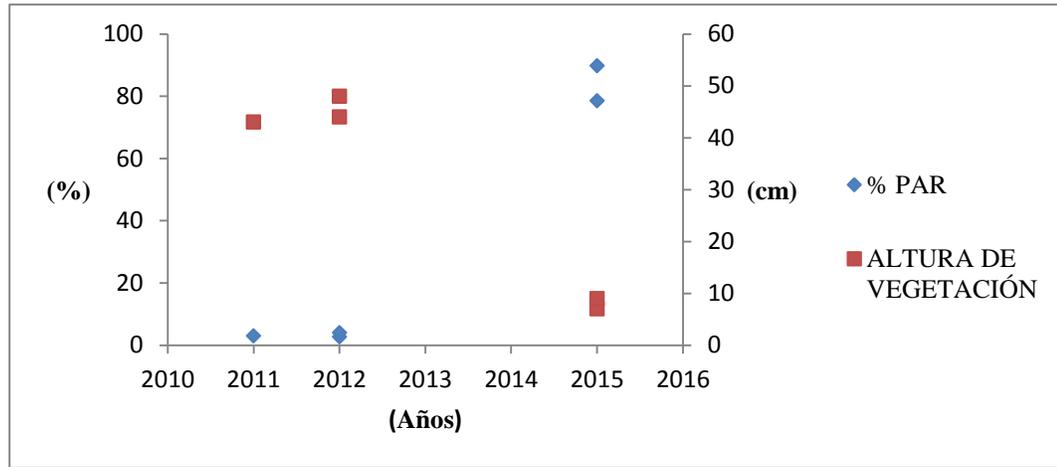


Figura 21. Relación entre las variables PAR y Altura de Vegetación vs Año en que ocurrió el incendio en las parcelas de muestreo en la REI.

Elaborado por: R. Villalta, 2016.

Relación entre las variables de PAR y temperatura del suelo a 20 cm de profundidad vs Año en que ocurrió el incendio

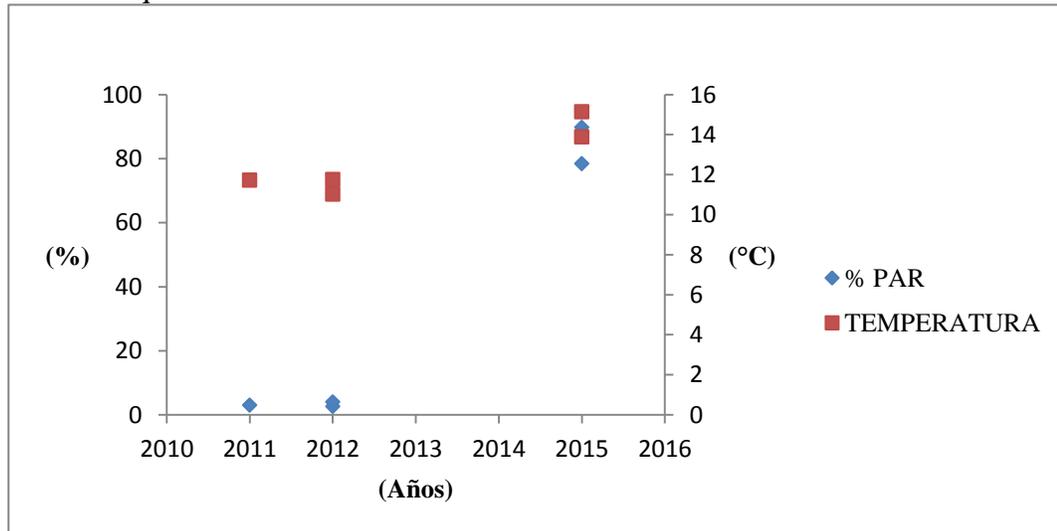


Figura 22. Relación entre las variables de PAR y Temperatura vs Año en que ocurrió el incendio en las parcelas de muestreo en la REI.

Elaborado por: R. Villalta, 2016.

5.6. Discusión

La temperatura del suelo varía en función de la altura de la cobertura vegetal ya que la vegetación se presenta como una capa aislante de la radiación solar (Hofstede, 2001). A menor vegetación mayor cantidad de radiación solar llega al suelo modificando la temperatura del mismo.

El fuego al tener un amplio historial dentro del páramo, se lo considera parte de la dinámica del ecosistema ya que la paja es una especie adaptada a las quemadas (Horn & Kappelle, 2009). Si la intensidad y frecuencia de incendios aumenta la vegetación no sería capaz de regenerarse y podría causar impactos contraproducentes dentro del ecosistema (Hofstede, 2001).

El aumento de la temperatura del suelo se da conforme la altura de vegetación es menor, si la cobertura vegetal no llegase a recuperarse, la temperatura del suelo se mantendría elevada, encaminando al suelo del páramo a su erosión como lo afirma Podwojewski (1999).

6. CONCLUSIONES

- La georreferenciación de las zonas que han sufrido incendios muestran que los límites de la REI están siendo afectados por quemaduras recientes.
- La relación entre microclima y tiempo después de una quema muestra que los incendios del año 2015 presentan mayor incidencia de PAR y temperatura del suelo a 20 cm de profundidad, con respecto a los incendios de años anteriores que presentan recuperación de cobertura vegetal.
- El microclima de las zonas expuestas al fuego se ha visto afectado debido a la pérdida de cobertura vegetal, al perder esta cobertura la radiación pasa directamente hacia el suelo, produciendo un aumento de temperatura en el suelo del páramo.

7. RECOMENDACIONES

- Se recomienda a futuros investigadores utilizar otras variables asociadas al microclima como velocidad del viento, evapotranspiración, y humedad del suelo, que permitan realizar un análisis integral de las condiciones microclimáticas bajo la vegetación.

REFERENCIAS

- Almorox, X. (16 de 04 de 2010). *OCW UPM*. Recuperado el 03 de 10 de 2016, de <http://ocw.upm.es/ingenieria-agroforestal/climatologia-aplicada-a-la-ingenieria-y-medioambiente/contenidos/tema-3/EFECTO-DE-LA-RADIACION-SOBRE-LAS-PLANTAS.pdf>
- Altieri, M., & Nicholls, C. (2009). Cambio Climatico y Agricultura Campesina: impactos y respuestas adaptativas. *LEISA revista de agroecología*, 14, 5-8.
- Ayala, L., Villa, M., Aguirre, Z., & Aguirre, N. (2014). Cuantificación de carbono en los páramos del parque nacional Yaruri, provincias de Loja y Zamora Chinchipe, Ecuador. *Revista Cedamaz*, 45-46.
- Bahamonte, H. A., Peri, P. L., Martinez Pastur, G., & Lencinas, M. V. (2009). Variaciones microclimáticas en bosques primarios y bajo uso silvopastoril de *Nothofagus antarctica* en dos Clases de Sitio en Patagonia Sur. *Ier. Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles. Aspectos relacionados al componente forestal arbóreo, forestales* (págs. 1-2). Patagonia: Conicet.
- Bayas, D. (2015). *Diversidad florística a diferente altitud en el ecosistema del páramo en el cantón Tisaleo de la provincia de Tungurahua*. Riobamba.
- Birdlife International. (2015). *Birdlife International*. Recuperado el 13 de Enero de 2016, de <http://www.birdlife.org/datazone/sitefactsheet.php?id=14580>
- Buytaert, W., Célleri, R., Cisneros, F., & De Biévere, B. (2006). *Hidrología en el páramo andino, propiedades, importancia y vulnerabilidad*.
- Calles, J., Lopez, V., & Ulloa, J. (2013). *El estado de conocimiento y avance de investigación del impacto del cambio climático en páramos ecuatorianos*. Quito, Ecuador: Independiente.
- Chaparro, A. (2012). Beneficio del ecosistema paramo, organizaciones políticas y de conservación. *Desarrollo, Economía y Sociedad*, 60.
- Critical Ecosystem Partnership Fund. (2015). *Tropical Andes Biodiversity Hotspot*. Unión Europea: NatureServe and EcoDecisión.
- Cunalata, C., & Inga, C. (2012). *Cuantificación de carbono total almacenado en los suelos de páramos en las comunidades Shobol-Chimborazo, San Juan Chimborazo*. Riobamba: ESPOCH.
- Delta T- Devices Ltd. (19 de Mayo de 2008). User Manual for the SunScan Canopy Analysis System type SS1. 3-12. Estados Unidos.

- EcologiaHoy. (2015). *EcologiaHoy*. Recuperado el 08 de Enero de 2016, de <http://www.ecologiahoy.com/paramo>
- Forsythe, W. (2002). Parámetros ambientales que afectan la temperatura del suelo en Turrialba, Costa Rica y sus consecuencias para la producción de cultivos. *Agronomía C*, 45.
- Gobernación de Antioquia. (2015). *Importancia de los Páramos en Antioquia*. Antioquia. Obtenido de Organización para la educación y protección ambiental.
- Gómez Sanz, V. (2004). Cubiertas forestales y cubierta microclimática. *Invest Agrar*, 84-97.
- Hofstede, et. al. (2014). Los páramos andinos ¿Qué sabemos? *UICN*, 41.
- Hofstede, R. (1995). The effects of grazing and burning on soil and plant nutrient concentrations in colombian paramo grasslands. 111-112.
- Hofstede, R. (2001). *Impacto de las Actividades Humanas sobre el Páramo*. Quito: Abya Yala. Recuperado el 15 de Septiembre de 2015, de Portalces.org: http://qa.portalces.org/sites/default/files/referencias/095_Hofstede%202001%20Paramo%20Ecuador%20impacto.pdf
- Hofstede, R., & Mena, P. (2006). Los páramos ecuatorianos. *Botánica Económica de los Andes Centrales*, 91-100.
- Horn, S., & Kappelle, M. (2009). Fire in the páramo ecosystems of Central and South America. *In Tropical Fire Ecology*, 505-518.
- Leon-Yáñez, S. (2000). La flora de los páramos de Ecuador. En C. Josse, P. Mena, & G. Medina, *La biodiversidad en los páramos* (págs. 7-16). Quito: GTP/Abya Yala.
- Libros de colección ecológica. (2001). *IMEDITORES*. Recuperado el 08 de Enero de 2016, de <http://www.imateditores.com/banocc/paramos/cap4.htm#arriba>
- Manrique 2006, citado en Ministerio del Ambiente. (2007). *Guía del Patrimonio de Áreas Naturales del Ecuador*. QUITO: ECOFOUND.
- Maycotte, C., Velázquez, A., Vargas, J., Trinidad, A., Musalem, M., & Vera, G. (2002). Radiación fotosintéticamente activa y propiedades físico-químicas en suelos forestales quemados y no quemados. *Madera y Bosques*, 8(2), 39-40.
- Mena, P., Medina, G., & Josse, C. (2000). La biodiversidad de los páramos. (Abya-Yala, Ed.) *Serie Páramo* 7, 1-16.

- Ministerio de Ambiente. (2015). *National system of protected areas*. Recuperado el 016 de 01 de 02, de <http://areasprotegidas.ambiente.gob.ec/en/reporte-de-visitas>
- Ministerio del Ambiente. (2008). *Plan de Manejo de la Reserva Ecológica Los Ilinizas*. Quito.
- Ministerio del Ambiente. (10 de Marzo de 2014). *Ministerio del Ambiente*. Recuperado el 11 de Septiembre de 2015, de <http://www.ambiente.gob.ec/mae-conserva-reserva-ecologica-los-ilinizas-tesoro-natural-de-los-andes-ecuatorianos/>
- Morecrof, M. D., Taylor, M. E., & Oliver, H. R. (1997). Air and soil microclimates of deciduous woodland compared to an open site. *ELSEVIER*, 155-156.
- Narvaez, E. (2000). Una visión general del ecoturismo en los páramos del Ecuador. En G. d. Ecuador, *El Ecoturismo en los páramos* (págs. 37-48). Quito: Abya Yala.
- Naturaleza y Cultura Internacional. (2003). *Naturaleza y Cultura Internacional*. Recuperado el 2016 de 01 de 03, de <http://www.naturalezaycultura.org/spanish/htm/peru/areas-andes-paramo.htm>
- Podwojewski, P. (1999). Los suelos de altas tierras Andinas: Los paramos del Ecuador. *SECSUELO*, 10-14.
- Righini, R., & Grossi Gallegos, H. (2005). Análisis de la correlación entre la radiación fotosintéticamente activa y radiación solar en San Miguel, Provincia de Buenos Aires. *ASADES*, 1.
- Rojas, G., Roset, J., & Navés, F. (2015). La vegetación en el confort microclimático. *ACE: Architecture, City and Environment*, 82.
- UICN 2002, citado en Buytaert, W; Celleri, R; De Bievre, B; Cisneros, F. (2006). *Hidrología del Páramo Andino Importancia y Vulnerabilidad*. Quito: Ecociencia/Abya-Ayala/ECOBONA.
- Verweij, P. (1992). Burning and grazing gradients in páramo vegetation: Initial ordination analyses. Páramo: An Andean Ecosystem under Human Influence. *Eds. H Baisie v and J L Luteyn*, 177-196.

ANEXOS

Anexo 1. Medianas de datos de Radiación activa fotosintética (PAR) registrados en los sitios de interés.

MEDIANAS DE DATOS PAR (%)					
REPETICIONES	P01	P02	P03	P04	P05
1	5.37	97.37	77.29	0.54	0.09
2	1.90	88.36	78.96	15.91	5.98
3	2.88	77.97	5.72	0.93	0.38
4	2.42	91.19	28.48	12.38	0.03
5	3.21	91.77	98.38	10.20	5.17
6	0.45	98.65	88.44	2.45	0.89
7	0.82	86.63	86.18	0.97	0.00
8	3.65	84.01	26.14	3.42	3.91
9	3.65	62.78	79.04	4.53	7.39
10	18.10	90.66	94.50	49.21	7.68
11	3.82	84.71	93.33	16.05	19.45
12	3.54	87.94	71.57	31.40	24.88
13	5.03	95.11	65.79	0.00	1.81
14	2.23	92.59	85.38	2.90	8.99
15	27.40	82.68	56.19	0.56	6.55
16	28.13	87.38	80.71	0.67	2.50
17	4.45	93.29	50.03	0.74	4.24
18	51.74	88.38	75.02	0.19	3.84
19	5.92	86.82	54.49	84.57	11.73
20	2.38	79.84	48.36	0.46	25.31
21	6.65	60.82	61.59	3.54	1.30
22	0.12	68.26	72.78	1.37	19.97
23	2.24	49.40	60.07	0.24	35.45
24	1.47	67.36	63.42	6.67	4.14
25	2.09	79.94	60.15	2.93	5.32
26	8.84	80.70	62.18	1.66	41.90
27	1.48	101.58	78.42	15.66	3.49
28	1.78	87.78	86.35	1.36	11.36
29	0.60	106.43	94.89	16.88	8.17
30	4.10	102.90	86.18	1.89	13.31
31	20.50	109.36	87.98	0.04	1.38
32	26.54	99.66	81.36	0.08	0.00
33	1.87	108.47	78.56	57.62	1.43
34	0.46	105.11	96.22	12.47	31.74
35	21.75	108.36	43.91	17.05	8.83

36	0.30	106.55	83.21	2.29	6.04
37	0.04	102.61	94.49	1.18	1.90
38	0.12	90.58	96.04	3.77	6.50
39	6.89	80.16	87.59	42.59	3.19
40	2.01	76.14	66.45	6.67	0.00
41	0.39	88.16	63.57	15.22	0.00
42	3.40	124.71	72.86	3.15	7.64
43	2.29	88.62	92.32	5.52	1.59
44	3.06	97.06	77.22	0.98	4.81
45	0.44	44.73	75.53	37.29	1.26
46	1.55	93.05	78.07	2.24	0.23
47	1.89	94.51	85.03	0.58	0.24
48	8.51	98.23	88.92	4.65	0.89
49	6.55	89.03	87.45	0.61	0.04
50	0.19	92.45	100.31	5.99	0.96
MEDIANA	2.65	89.81	78.50	3.04	4.03

Anexo 2. Promedios de temperatura a 20cm del suelo registrados en los sitios de interés.

PROMEDIOS DE TEMPERATURA A 20cm DEL SUELO (°C)					
Cuadrantes de cada parcela	P01	P02	P03	P04	P05
5 metros	12.62	11.82	15.78	14.80	10.00
15 metros	11.22	13.33	16.77	13.67	11.77
25 metros	10.40	15.25	15.47	14.45	11.97
35 metros	10.52	14.77	13.32	15.50	10.33
45 metros	11.00	14.22	14.37	17.17	11.07
MEDIA	11.15	13.88	15.14	15.12	11.03

Anexo 3. Medianas de altura de vegetación de cada cuadrante registrada en cada uno de los sitios de interés.

MEDIANAS DE ALTURA DE VEGETACIÓN (cm)			
PARCELAS	MEDIANA CUADRANTE +	MEDIANA CUADRANTE -	MEDIANA DE TRANSECTO
P01	43	45	44
P02	7	7	7
P03	8.5	9.5	9
P04	11	14	12.5
P05	49.5	47	48