

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES



**VARIACIÓN MICROCLIMÁTICA EN VEGETACIÓN DE DIFERENTES
EIDADES EN LA LOCALIDAD DE CARACOL - DISTRITO
CHINCHAO- HUÁNUCO**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO EN RECURSOS NATURALES
RENOVABLES MENCIÓN CONSERVACIÓN DE SUELOS Y AGUA**

PRESENTADO POR:

DÁVILA HONORIO, DUANY

TINGO MARÍA – PERÚ

2015

DEDICATORIA

A Dios, por darme vida, salud y las fuerzas necesarias para vencer los obstáculos, mostrarme el camino para poder cumplir mis metas trazadas y bendecirme cada día de mi vida.

A mi amada madre, Lucila Nicolasa Honorio Arrelucea, por su inmenso amor, comprensión, dedicación, por sus sabios consejos, y por su apoyo invaluable en mi formación académica y profesional.

A mi hermana Delia Luz Dávila Honorio por su gran amor, apoyo incondicional, y a mi sobrina Jade Lucia Contreras Dávila por alegrar mis días.

AGRADECIMIENTO

- A mis padres (Lucia H., Augusto D.), a mi hermana, sobrina, mis tíos y tías, y demás familiares; por su amor fraternal, apoyo moral y económico.
- Edilberto Chuquilín Bustamante, por ser mi compañero y amigo, gracias por estar a mi lado y brindarme apoyo para seguir con mis metas.
- A la Universidad Nacional Agraria de la Selva, por haberme forjado como profesional.
- A todos mis profesores de la Facultad de Recursos Naturales Renovables, quienes contribuyeron en mi formación académica.
- Al Proyecto de Investigación Aplicada con financiamiento del canon, sobrecanon y regalías mineras “Modelo de sucesión ecológica en los bosques fragmentados de la cordillera Carpish, Huánuco-Perú” (Resolución N° 127-2014-R-UNAS) por el apoyo en la ejecución del proyecto de tesis
- Al Ing. Erle Bustamante Scaglioni y al Blgo. M.Sc. Chuquilín Bustamante, Edilberto, por su orientación profesional, durante el trabajo de campo y de gabinete, así como también, durante la redacción de la tesis, y un ejemplo de profesionales a seguir.

- A los miembros del jurado calificador de la tesis: Ing. M.Sc. Lucio Manrique De Lara Suarez, Ing. Ruiz Castre Sandro, Ing. Luz Balcázar Terrones, por sus oportunas sugerencias.
- Al señor Arturo Berrospi Piñan y a la señora Nely Viuda de Malatesta por su apoyo incondicional en la estadía durante el desarrollo del proyecto y por permitir llevar a cabo la ejecución del proyecto en sus terrenos.
- Al señor Pablo Morales por su apoyo incondicional y por permitir llevar a cabo la ejecución del proyecto en sus terrenos.
- Al señor Gelacio Jáuregui por su apoyo en los trabajos de campo durante la ejecución del proyecto.
- A la señora Tomasa Bartolomé Pérez, por su apoyo incondicional y sus sabios consejos que me brinda cada día.
- A mis amigas (Tatiana Palomino, Areli Castañeda, Marivel Llactas, Leslie Castillejos, Abigayl Llactas) por su gran apoyo en el desarrollo y ejecución de la tesis.

RESUMEN

El estudio se realizó con la finalidad de evaluar la variación microclimática en la vegetación de diferentes edades en la localidad de Caracol, Huánuco. En cada tipo de vegetación se delimitó una parcela modificada de Whittaker y en el centro de ésta se instalaron sensores para medir la temperatura ambiental, humedad relativa, radiación lumínica y temperatura del suelo, por dos días consecutivos tres veces al día a las 9, 13 y 17 horas de cada semana durante los meses de junio, julio, agosto y setiembre del 2014. A lo largo de un año, de mayo del 2014 a abril 2015, se hicieron mediciones meteorológicas horarias continuas con la estación meteorológica automática (EMA) marca Davis, modelo Vantage Pro2 Plus. Los datos se procesaron en el software Past 3.0, usando la técnica de análisis clúster (UPGMA) para determinar las diferencias microclimáticas en la vegetación de diferentes edades. Asimismo, se aplicó el análisis estadístico no paramétrico para calcular el promedio, desviación estándar, coeficiente de variación, la frecuencia de lluvia y el diagrama ombrotérmico.

La temperatura ambiental y del suelo y la radiación lumínica promedio horaria mensual presentaron variaciones durante el día y entre la vegetación de menor de un año hasta mayor de treinta años entre junio y setiembre. Estas variables alcanzaron valores máximos a las trece horas y valores mínimos a las nueve y diecisiete horas, pero con intensidades distintas en cada edad de la vegetación. La humedad relativa promedio horaria mensual a las nueve y a las diecisiete horas presentó valores máximos y a las trece

horas valores mínimos, pero con intensidades diferentes en cada edad de vegetación.

La temperatura ambiental y del suelo, la radiación lumínica y la humedad relativa promedio mensual presentaron gradientes significativos entre la vegetación menor de un año a mayor de treinta años entre junio y setiembre. Tanto la temperatura ambiental y la del suelo como la radiación lumínica tendieron a disminuir al incrementar la edad de la vegetación, a diferencia de la humedad relativa que tendió a incrementar, el promedio mensual de la radiación lumínica y de la humedad relativa presentó mayor variabilidad que el promedio de la temperatura ambiental y del suelo. Que la vegetación menor de un año hasta mayor de treinta años genero tres microclimas bien definidos; un microclima en la vegetación menor de un año, un segundo microclima en la vegetación de tres y cinco años, y un tercero en la vegetación de diez, veinte y mayor de treinta años.

En junio, julio, agosto y setiembre se presentó 9,10,15 y 17 días de lluvia; la frecuencia de lluvia tendió a incrementar de junio a setiembre, con una lluvia acumulada mensual mínima y máxima de 65 y 198.6 mm, respectivamente. la intensidad de lluvia mínima y máxima fue de 0.27 y 0.49 mm/h, respectivamente y se clasifica como débil. A nivel de todo el año la lluvia acumulada fue de 2363 mm.

El diagrama ombrotérmico mostró que las condiciones de humedad relativa se mantienen durante todo el año en la zona de estudio, la amplitud térmica fue de 1.4°C correspondiente a un clima ecuatorial.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1. Microclima	3
2.2. Tipos de microclimas	3
2.3. Variables microclimáticas	4
2.3.1. Humedad relativa.....	5
2.3.2. Temperatura del suelo	5
2.3.3. Temperatura ambiental.....	6
2.3.4. Radiación lumínica.....	7
2.3.5. Precipitación	7
2.4. Vegetación.....	8
2.5. El ambiente en relación a la vegetación	9
2.6. Factores que influyen en el desarrollo de la vegetación	10
2.6.1. Factores fisiográficos	10
2.6.2. Factores ambientales.....	11
2.7. Gradientes ambientales.....	11
2.8. Frecuencia de lluvia.....	13
2.9. Diagrama ombrotérmico de Gaussen.....	13
III. MATERIALES Y MÉTODOS	14
3.1. Zona de estudio.....	14
3.1.1. Ubicación de la zona de estudio	14
3.1.2. Descripción de la zona de estudio	14
3.1.3. Accesibilidad	16
3.2. Materiales.....	16
3.2.1. Equipos de campo	16

3.3.	Metodología.....	16
3.3.1.	Selección y ubicación de la vegetación de diferentes edades	16
3.3.2.	Instalación de la estación meteorológica automática (EMA)	17
3.3.3.	Análisis estadísticos.....	20
IV.	RESULTADOS.....	21
4.1.	Temperatura ambiental, humedad relativa, radiación lumínica y temperatura del suelo.	21
4.2.	Gradiente de temperatura ambiental, humedad relativa, radiación lumínica y temperatura del suelo.	31
4.3.	Eventos de lluvia y diagrama ombrotermico	35
V.	DISCUSIÓN	38
VI.	CONCLUSIONES	44
VII.	RECOMENDACIONES	46
	ABSTRACT	47
VIII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	48
	ANEXO.....	52

I. INTRODUCCIÓN

Los estudios microclimáticos en vegetación de diferentes edades y en bosques, son importantes para comprender y predecir procesos como la fotosíntesis, la regeneración, las modificaciones que ocasiona la cubierta vegetal en el comportamiento de las variaciones microclimáticas en el estado del sistema aire-suelo en el interior del bosque y el impacto generado cuando desaparece por efecto de la deforestación (HUMBERTO, 2010).

Tal es así, que el bosque de la cordillera carpish se encuentran alterados por los procesos de cambio de uso del suelo muy rápido y la deforestación, que en el futuro sólo quedarán remanentes de bosques de poca accesibilidad en una matriz agropecuaria. Además, en los bosques de la cordillera Carpish se desarrollan sistemas agrícolas (agricultura y floricultura) y pecuarios extensivos que ya están ocupando grandes superficies en esta zona, y para el establecimiento de estos sistemas se utiliza el método de roza, tumba y quema, según BAUTISTA *et al.* (2009). Entre los efectos de estas causas, según HERRERIAS y BENITEZ (2005), será en la alteración del ciclo de los nutrientes, y modificación de la humedad, temperatura del suelo y del aire, precipitación, evapotranspiración, entre otros efectos.

Con el propósito de contribuir en este ámbito de investigación se plantea el problema de cuál es la variación microclimática en la vegetación de diferentes edades en la localidad de Caracol, distrito de Chinchao, donde la

hipótesis es que existe diferencia microclimática en la vegetación de diferentes edades en la localidad de Caracol, distrito de Chinchao.

El presente estudio determinó las variaciones microclimática en la vegetación de diferentes edades, donde se evaluó los parámetros de temperatura ambiental, humedad relativa, radiación lumínica y temperatura del suelo. En tal sentido se planteó los siguientes objetivos:

Objetivos

General

- Evaluar la variación microclimática en vegetación de diferentes edades en la localidad de Caracol, distrito de Chinchao.

Específicos

- Determinar la temperatura ambiental, humedad relativa, radiación lumínica y temperatura del suelo en vegetación de menor de un año, tres años, cinco años, diez años, veinte años y mayor de 30 años.
- Comparar la temperatura ambiental, humedad relativa, radiación lumínica y temperatura del suelo, entre las vegetaciones de diferentes edades.
- Determinar el gradiente de temperatura ambiental, humedad relativa, radiación lumínica y temperatura del suelo, entre una vegetación menor de un año y un bosque mayor de 30 años.
- Determinar los eventos de lluvia y elaborar el diagrama ombrotérmico.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Microclima

Se llama microclima al clima de características diferentes a las del resto de la zona donde se encuentra, se trata de una serie de variables atmosféricas que distinguen una zona o espacio medianamente reducido; el microclima también depende de la existencia de otra serie de variables que lo caracterizan, como por ejemplo la temperatura, radiación solar, humedad, el viento, altitud, latitud, vegetación y luz (RODRIGUEZ, 2013).

2.2. Tipos de microclimas

RODRIGUEZ (2013) manifiesta que los tipos de microclimas son: microclimas urbanos, microclimas costeros, microclimas de montaña.

2.2.1. Microclimas urbanos: son las aglomeraciones de centros urbanos que generan las denominadas islas calientes. Este fenómeno es favorecido por la energía emitida por los edificios generando un aumento en la temperatura ambiental local.

2.2.2. Microclimas costeros: es la presencia de grandes masas de agua que generan un efecto amortiguador de temperaturas debido a la alta inercia térmica de estas masas y al aumento de presión de vapor atmosférica. Las diferencias de presión que se dan entre la costa y el mar se invierten del día y la noche.

2.2.3. Microclimas de montaña: en las zonas montañosas se presentan dos situaciones características en función de la dirección del viento, vientos que ascienden por la ladera que el aire será húmedo con días cubiertos y abundantes precipitaciones, que en consecuencia generara poca radiación solar, y el viento que desciende por la montaña que el aire será fresco y seco con días despejados, poca precipitación, e intensa radiación solar.

Además, también existen microclimas artificiales, el cual estos microclimas se generan especialmente en las zonas urbanas como consecuencia de los gases emitidos y del calor, lo que producen un efecto invernadero (RODRIGUEZ, 2013).

2.3. Variables microclimáticas

HOLDRIGE (1953), en su publicación “Determinación de formaciones vegetales del mundo” en base de datos climáticos simples dando nombres fisonómicos a las formaciones en su expresión clímax, los delimitó por factores climáticos: la temperatura y la precipitación, estableciéndose que la humedad del aire tiene gran influencia en la fisonomía, pero que es la precipitación la que proporciona la mayor parte del agua usada por la vegetación, siendo un factor fundamental para distinguir las formaciones.

LOPEZ (2012) señala que las variables microclimáticas en un área determinado son de naturaleza muy variada e incluyen aspectos geográficos, topográficos, estacionales, características de la vegetación, la

forma en que estos factores ejercen su influencia, se señalan a continuación por variable microclimática:

2.3.1. Humedad relativa

El aire en la atmosfera se considera normalmente como una mezcla de dos componentes: aire seco y agua. La capacidad de la atmosfera para recibir vapor de agua se relaciona con los conceptos de humedad absoluta, que corresponde a la cantidad de agua presente en el aire por unidad de masa de aire seco, y la humedad relativa que es la razón entre la humedad absoluta y la cantidad máxima de agua que admite el aire por unidad de volumen. Se mide en tantos por ciento %.

Cuando la humedad alcanza el valor del 100%, se dice que el aire está saturado, y el exceso de vapor se condensa para convertirse en niebla o nubes. El fenómeno del rocío en las mañanas de invierno se debe a que la humedad relativa del aire ha alcanzado el 100% y el aire no admite más agua, la humedad es más alta en los bosques, debido fundamentalmente a la reducción de la evaporación (LOPEZ, 2012).

2.3.2. Temperatura del suelo

La temperatura del suelo depende de la cantidad de luz solar que recibe, y de la acción de la materia orgánica en descomposición, aunque el monto de esta última es poco importante. Así también el color del suelo tiene influencia en la temperatura del suelo por su grado de reflectancia o absorción de la luz; el contenido de humedad del suelo también ejerce influencia por la pérdida de calor que ocurre por la evaporación. Cuando el aire se mueve

libremente, no existe diferencia entre las temperaturas de este al sol o a la sombra, pero esto es totalmente distinto en ausencia de viento, el suelo frío en las áreas sombreadas absorbe el calor del aire más rápidamente que el calor que puede transmitirse por la convección o de conducción las áreas soleadas, es por esta razón que los bosques disminuyen generalmente las temperaturas máximas del aire y del suelo (LOPEZ, 2012).

Durante la noche la pérdida de calor es retardada por la cubierta vegetal, haciendo que las temperaturas nocturnas, tanto del suelo como del aire localizados entre la vegetación. Por lo tanto, las influencias de la vegetación durante el día y la noche, hacen que la temperatura fluctúe menos bajo cubierta vegetal en donde el suelo está desnudo (NAJERA, 2000).

2.3.3. Temperatura ambiental

La temperatura ambiental es la cantidad de calor atrapado principalmente en las concentraciones de diversos gases atrapantes de calor, conocidos como gases de invernadero siendo los principales como el dióxido de carbono, vapor de agua (sobre todo en las nubes), ozono, metano, óxido nítrico y clorofluorocarburos. El aumento en las concentraciones de estos gases, más rápido de lo que son removidos de la troposfera, aumenta la temperatura media de la superficie de la tierra. La disminución de sus concentraciones, más rápido de lo que son emitidos, hace que descienda la temperatura media de la superficie de la tierra (LOPEZ, 2012).

2.3.4. Radiación lumínica

La radiación lumínica es la cantidad de luz emitida por una fuente puntiforme que se propaga en una denominada dirección. Tal intensidad se define como el cociente del flujo emitido en una cierta dirección (LOPEZ, 2012).

La intensidad y calidad de luz son alteradas por la cobertura vegetal, debido a la reflectividad o albedo de la vegetación, la cual varía entre el 10 y el 20% en el bosque. La radiación solar no reflejada penetra en la cubierta vegetal, pudiendo ser detenida por las hojas o bien puede alcanzar el suelo. Las hojas transmiten un 10% de la luz que choca contra ellas (NAJERA, 2000).

2.3.5. Precipitación

La precipitación es el fenómeno meteorológico consistente en la caída de hidrometeoros desde la atmósfera a la superficie terrestre. Los hidrometeoros son partículas sólidas o líquidas en las que predomina el agua, debido a su reducido peso unitario están suspendidas por la acción de la resistencia del aire, formando las nubes y nieblas; o bien caen a través de la atmósfera, constituyendo la precipitación (LOPEZ, 2012).

DAUBENMIRE (1993) y HAIR (1987) manifiestan que cuando el aire está completamente saturado de humedad (contiene la máxima cantidad de vapor de agua) y se produce un pequeño enfriamiento, se provoca la precipitación. En los trópicos la forma más común de precipitación es la lluvia.

Este fenómeno natural es fundamental para la clasificación de la vegetación en latitudes grandes y dispersas, y la falta o abundancia de esta ejerce gran influencia en la fisonomía de la vegetación del mundo.

Las formas de precipitación se dan de forma lluvia, nieve y granizo, así mismo, la medición de la precipitación se realiza a través de un pluviómetro, pluviógrafo, estaciones automatizadas, radar e imágenes satelitales.

2.4. Vegetación

La vegetación es la resultante de la acción de los factores ambientales sobre conjunto interactuante de las especies que cohabitan en un espacio continuo. Refleja el clima, la naturaleza del suelo, la disponibilidad de agua y de nutrientes, así como los factores antrópicos y bióticos. A su vez, la vegetación modifica algunos de los factores del ambiente. Los componentes del sistema: la vegetación y el ambiente, evolucionan paralelamente a lo largo del tiempo, evidenciando cambios rápidos en las primeras etapas de desarrollo y más lentos a medida que alcanzan el estado estable.

Los tipos de vegetación que se repiten en distintas zonas y situaciones son en cierto modo similares, no existen dos espacios ocupados por comunidades idénticas. Esto se debe, en parte, al hecho de que la composición florística varía continuamente. Es decir, es casi imposible determinar objetivamente los límites entre las distintas expresiones de la vegetación, puesto que sus elementos no son discretos como lo son, por ejemplo, los organismos (DEL POZO *et al.*, 1989).

2.5. El ambiente en relación a la vegetación

Todos los fenómenos fisiológicos de las plantas depender directamente o indirectamente de los factores ambientales, por tanto, mediante el estudio del efecto de estos factores es posible determinar la respuesta y en consecuencia la adaptabilidad de los cultivos a regiones nuevas así como conocer la influencia del medio ambiente sobre la producción. Asimismo manifiestan que los factores ecológicos pueden clasificarse en forma general en directos e indirectos. Entre los factores de acción directa se consideran: la temperatura, luz, agua, suelo y factores bióticos; mientras que en los de acción indirecta se pueden citar la precipitación pluvial, altitud, latitud y la topografía (TISDALE y NELSON, 1987).

BARRIGA (1994) indica que en la selva alta la vegetación es mediana, árboles poco corpulentos pero de madera muy dura. En algunos casos hay facilidad para caminar dentro del bosque y que no existe vegetación al ras del suelo, salvo en ciertos lugares de mayor altura como las cercanías de la cordillera, donde la vegetación es muy raquítica y muy intrincada. La flora es muy variada, existiendo más de 200 especies por hectárea. Hay decenas de especies maderables óptimas para la ebanistería tales como: la caoba, tornillo, moena, ishpingo, etc.

PULGAR (1981) considera tres áreas o zonas en la distribución y formación de los vegetales:

- a) El área “foco” o de la concentración de especies. Es el espacio en el cual se encuentra el mayor número de vegetales plenamente desarrollados con capacidad suficiente para mantener descendencia (sin intervención del hombre).
- b) El área de “dispersión” de especies. Es el espacio en el cual aparecen algunos ejemplares de las especies pero en condiciones de inferioridad, en escaso índice de reproducción, se encuentra a mayor o menor de altitud, inmediatamente después de la zona foco.
- c) El área de los casos “aberrantes” de las especies. Aquí se encuentran ejemplares de las especies aclimatadas por intervención de la mano del hombre; generalmente estas plantas no alcanzan condiciones para reproducirse espontáneamente.

2.6. Factores que influyen en el desarrollo de la vegetación

2.6.1. Factores fisiográficos

DAUBENMIRE (1993) manifiesta que existen factores bióticos y abióticos que condicionan el tipo y desarrollo de la vegetación y en él se resalta la importancia de cada uno de los factores, por ejemplo la fisiografía, tiene importancia debido a sus efectos indirectos sobre el medio ambiente boscoso, principalmente tiene influencia y opera directamente sobre los factores climáticos y edáficos. Los microclimas locales, en contraste con los climáticos, están directamente determinados por los factores fisiográficos los mismos que influyen decididamente en el cambio de las masas boscosas, debido a su acción permanente, porque los suelos pueden cambiar por

acción natural o artificial. Los factores fisiográficos dentro de las grandes regiones climáticas tiene su efecto sobre el clima local y el suelo, y como consecuencia determinarán el desarrollo de una serie de asociaciones vegetales cada una de las cuales tiene una distinta fisonomía que determina un tipo de bosque (bosque aluvial, transicional, de colina alta, baja, aguajal) y en general las asociaciones topográficas son definidas por efectos fisiográficos, entre los principales factores tenemos: altitud, pendiente y exposición solar.

2.6.2. Factores ambientales

STEPHEN y BURTON (1992) manifiestan que la temperatura media anual de un lugar es una función de la altitud y del mismo; así como, aunque en pequeña parte de la topografía. Este elemento meteorológico, que es uno de los más empleados para definir los requerimientos térmicos de los cultivos, no expresan otras características de las manifestaciones térmicas, como las condiciones externas de la temperatura y las oscilaciones de ésta en el tiempo; características que constituyen factores importantes para el desarrollo de las plantas.

2.7. Gradientes ambientales

GONZALES (2012) menciona que cuando existe un gradiente de temperatura excesivo de aire caliente en la superficie terrestre subyace un aire frío, el aire permanece estable. Como el aire cálido sube, se expande y se enfría, su capacidad de almacenar o retener humedad se reduce progresivamente; en consecuencia, se produce niebla, y si el proceso continua, se forma la lluvia.

ARIAS (2007) manifiesta que la precipitación es lo que va a definir la cantidad de humedad del suelo y la atmosfera que van a contener, así como las plantas y otros organismos existentes. El gradiente de humedad depende del grado de esorrentía, grado de erosión, incidencia de los rayos solares sobre la superficie según la posición del relieve con respecto al sol (Figura 1). La cresta que es la parte más alta de una vegetación, generalmente está sometida al viento, expuesta a la erosión y no conserva la humedad; mientras que el escarpe por su pendiente presenta mucha inestabilidad edáfica, y no presenta estabilidad en humedad y viento; mientras que en el pedimento y el pie aluvial existe más acumulación de material que en las partes altas, y con mayor concentración de humedad. La gradiente de humedad se expresa por el incremento de humedad del suelo en la parte baja, así como decrece la evaporación por el hecho de estar menos expuesto a los vientos.

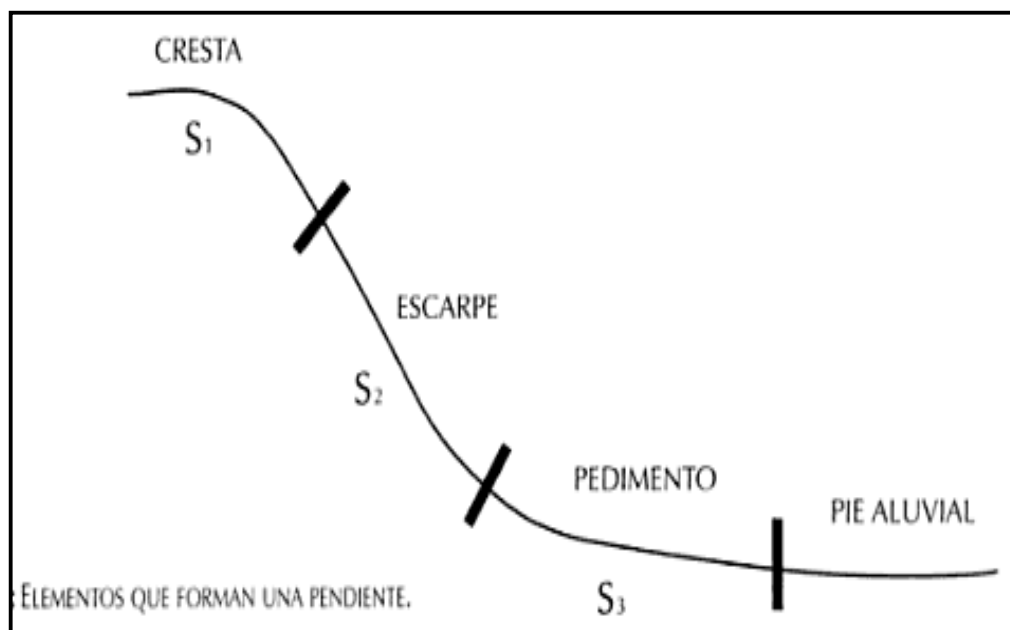


Figura 1. Elementos que forman una pendiente.

2.8. Frecuencia de lluvia

Es la intensidad o cantidad de lluvia caída por unidad de tiempo, sea diaria, horaria o intervalos más cortos (para ello es necesario tener registros continuos). Normalmente se expresa en milímetros por hora (mm/h), aunque conviene diferenciar la cantidad de agua recogida en el transcurso de un episodio lluvioso y la referida al periodo de una hora: así, un registro de 34 mm en tres horas, representa una intensidad media de 11.3 mm/h, o 12 mm en cinco minutos supone una intensidad de 144 mm/h. según sea su intensidad, las distintas formas de precipitación se clasifican por su intensidad, duración y frecuencia (CUADRAT y PITA, 2011).

2.9. Diagrama ombrotérmico de Gaussen

Permite identificar el periodo seco en el cual la precipitación es inferior a dos veces la temperatura media (como aproximación a la sequedad estacional considerando 2.t_m una estimación a la evapotranspiración). Para su representación, en el eje X se pone los doce meses del año y en un doble eje Y se pone en un lado las precipitaciones medias anuales (en mm) y en el otro las temperaturas medias mensuales (en °C). Se debe considerar que la escala de precipitaciones debe ser el doble que la de temperatura. Esto es, por cada °C en temperatura se toma un par de mm en precipitación. Así un valor de 20 °C le corresponde en la misma línea el valor de 40 mm (ALMOROX, 2007).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Zona de estudio

3.1.1. Ubicación de la zona de estudio

El trabajo de investigación se llevó a cabo en la localidad Caracol, ubicado políticamente en el distrito Chinchao, provincia y región Huánuco, geográficamente se encuentra ubicado a Latitud Sur : 09° 46' 15" y Longitud Oeste : 76° 05' 17" (Cuadro 1).

Cuadro 1. Ubicación geográfica de la zona de estudio.

Vegetación (años)	Altitud (msnm)	Pendiente (%)	Coordenadas UTM (WES 84 zona 18 S)	
			Este (m)	Norte (m)
<1 año	1480	22	383314	8934463
3 años	1772	26	383520	8933721
5 años	1558	30	383369	8934114
10 años	1677	25	383555	8934157
20 años	1689	28	383677	8934134
>30 años	1835	17	384188	8933800

3.1.2. Descripción de la zona de estudio

De acuerdo a la clasificación ecológica de las zonas de vida HOLDRIDGE (INRENA, 1995), en la zona de estudio se presentan dos zonas

de vida, predominando el bosque pluvial – Montano Bajo Tropical (bp-MBT) sobre el bosque muy húmedo – Montano Bajo Tropical (bmh-MBT). Altitudinalmente se encuentra entre un rango de 1500 a 2000 msnm.

Según WALSH Perú S.A. (2010), la precipitación, humedad y temperatura promedio anual son 2348.0 mm, 88.7% y 14.4 °C, respectivamente, de acuerdo a los registros de la estación meteorológica de Carpish. La red hidrográfica en esta zona es dendrítica y sus tributarios son de recorrido corto con pendientes fuertes y la microcuenca de mayor extensión es la de Chinchao.

De acuerdo a la descripción en campo, la zona de estudio presenta dos unidades de vegetación: área con influencia antrópica y bosque montano. En el área con influencia antrópica existe vegetación con diferentes estadios sucesionales y suelo con diferentes niveles de degradación, circundantes a los centros poblados Caracol y Challana, y a las áreas de influencia de las carreteras de penetración dentro de la zona de estudio. Asimismo, la zona de estudio está influenciada por la carretera central. El bosque montano está circundado por el área de influencia antrópica y es la unidad que presenta menor extensión que se distribuye en parches, con árboles emergentes de 20 a 25 de altura, los cuales tienen gran cantidad de epífitas. El incremento de las áreas deforestadas en el bosque montano se relaciona directamente con la instalación de cultivos de granadilla, aguaymanto y rocoto, y pastizales para el pastoreo de ganado vacuno.

3.1.3. Accesibilidad

La vía de acceso principal a la zona de investigación fue a través de la carretera central que va de Tingo María a Huánuco, a 65 minutos de recorrido en vehículo motorizado.

3.2. Materiales

3.2.1. Equipos de campo

Computadora portátil, cámara fotográfica, GPS Garmin, estación meteorológica portátil, termómetro, luxómetro, termo Hidrómetro, termómetro de suelo.

3.3. Metodología

3.3.1. Selección y ubicación de la vegetación de diferentes edades

En la zona de estudio se seleccionó la vegetación de diferentes edades: menor de 1 año, de 3, 5, 10, 20 y de mayor de 30 años en el bosque montano, en base a los diferentes estados sucesionales y en relación a las características del suelo (TERRADAS, 2001).

Cuadro 2. Características de la vegetación de diferentes edades.

Unidad de vegetación	Edad de la vegetación	Tipos de vegetación	Especies dominantes
Área con influencia antrópica	<1 año	Herbácea	- <i>Melinis minutiflora</i>
			- <i>Scleria bracteata</i>
	3 años	Herbácea	- <i>Pteridium aquilinum</i>
			- <i>Melinis minutiflora</i>
	5 años	Herbácea	- <i>Andropogon lateralis</i>
			- <i>Imperata brasiliensis</i>
			- <i>Andropogon bicornis</i>

Bosque montano	10 años	Arbustiva	- <i>Oreocallis grandiflora</i>
			- <i>Graffenrieda miconoides</i>
			- <i>Vernonia canescens</i>
	20 años	Arbórea o bosque secundario	- <i>Trema micrantha</i>
			- <i>Parsea caerulea</i>
			- <i>Heliocarpus americanus.</i>
			- <i>Psychotria stenostachya</i>
			- <i>Palicaurea guianensis</i>
	>30 años	Arbórea o bosque secundario	- <i>Miconia atrofusca.</i>
			- <i>Clusia alata.</i>
			- <i>Viburnum triphyllum</i>
			- <i>Vismia baccifera</i>

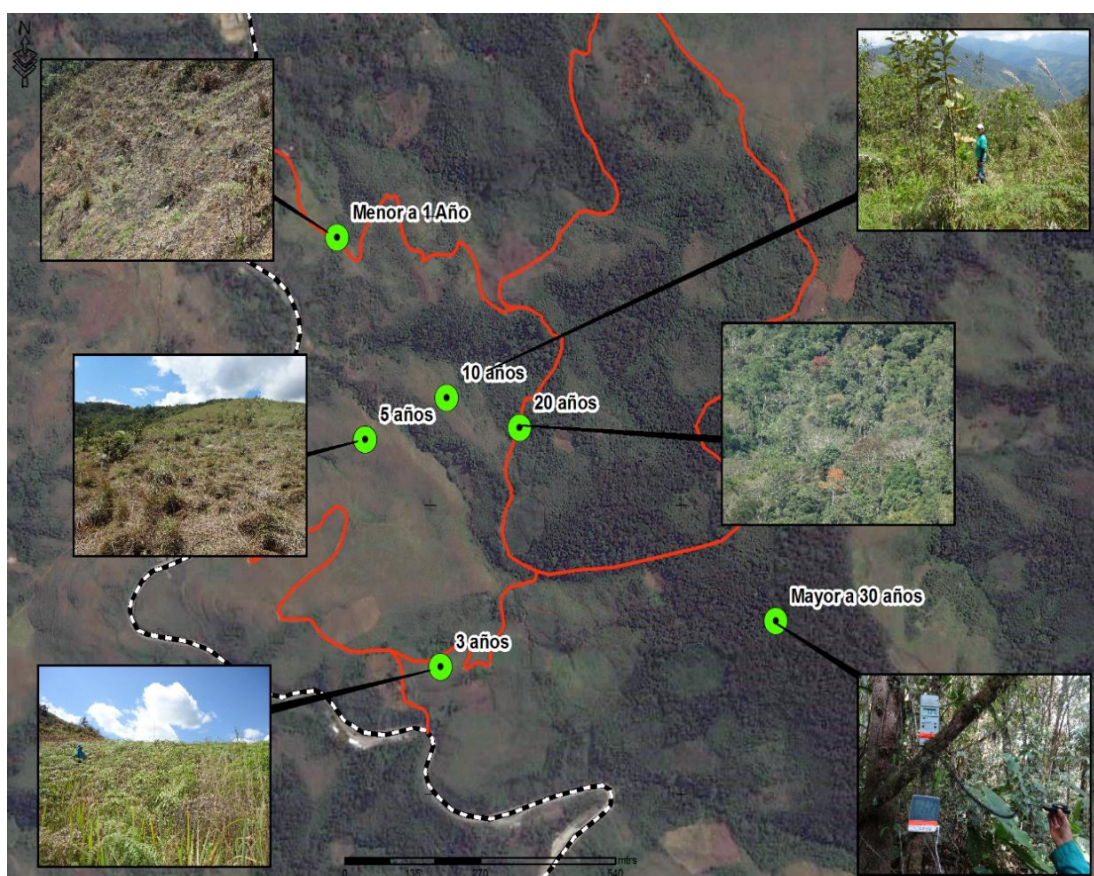


Figura 2. Selección y ubicación de la vegetación de diferentes edades.

3.3.2. Instalación de la estación meteorológica automática (EMA)

A lo largo de un año, de mayo 2013 y abril 2014, se hicieron mediciones meteorológicas horarias en forma continua con la estación

meteorológica automática (EMA) marca Davis, modelo Vantage Pro2 Plus, al cual se denominó estación base adquirida en el marco del proyecto “Modelo de sucesión ecológica en los bosques fragmentados de la cordillera Carpish, Huánuco – Perú”, cuya información resultante fue recolectada cada 15 minutos en forma periódica cada 15 días, donde se cuantificó el comportamiento de las lluvias precipitadas (mm), y temperatura ambiental.

3.3.2.1. Determinación de las variables microclimática

En cada tipo de vegetación, paralelo a la pendiente, se delimitó con rafia una parcela modificada de Whittaker de 50 m x 20 m (STOHLGREN *et al.*, 2000). Para medir las variables microclimáticas como la temperatura ambiental, humedad relativa, radiación lumínica y temperatura del suelo, se procedió a instalar sensores de medición meteorológica en el centro de la parcela.

– Temperatura ambiental (°C)

La temperatura ambiental se midió por dos días consecutivos tres veces al día a las 9, 13 y 17 horas (MONTENEGRO y VARGAS, 2008) de cada semana durante los meses de junio, julio, agosto y setiembre del 2014. Los sensores de temperatura se instalaron a una altura de 1 m del nivel del suelo (BAHAMONDE *et al.*, 2011).

– Humedad relativa (%)

La humedad relativa se midió por dos días consecutivos tres veces al día a las 9, 13 y 17 horas (MONTENEGRO y VARGAS, 2008) de cada semana durante los meses de junio, julio, agosto y setiembre del 2014.

Los sensores de humedad relativa se instalaron a una altura de 1 m del nivel del suelo (BAHAMONDE *et al.*, 2011).

– **Radiación lumínica (luxes)**

La radiación lumínica se midió por dos días consecutivos tres veces al día a las 9, 13 y 17 horas (MONTENEGRO y VARGAS, 2008) de cada semana durante los meses de junio, julio, agosto y setiembre del 2014. Los sensores de radiación lumínica se instalaron a una altura de 1 m del nivel del suelo (BAHAMONDE *et al.*, 2011).

– **Temperatura del suelo (°C)**

La temperatura del suelo se midió por dos días consecutivos tres veces al día a las 9, 13 y 17 horas (MONTENEGRO y VARGAS, 2008), de cada semana durante los meses de junio, julio, agosto y setiembre del 2014. Los sensores de se instalaron en los primeros 5 cm del nivel del suelo (BAHAMONDE *et al.*, 2011).

3.3.2.2. Diagrama ombrotérmico

Se construyó el diagrama ombrotermico o climograma modificado por Walter y Lieth con los promedios mensuales de las variables de precipitación y temperatura que se obtuvieron de la estación base, donde en el eje horizontal, se representa los periodos del tiempo y, en el vertical, se representa la temperatura y precipitación; además la amplitud térmica se obtuvo mediante la diferencia de la temperatura más alta y la mínima registrado durante un año de evaluación. (CUADRAT y PITA, 2011).

3.3.2.3. Eventos de lluvia

La intensidad de lluvia se determinó con el registro de lluvia caída o precipitada por unidad del tiempo, sea horaria o diaria, para ello fue necesario tener registros continuos de un año. Asimismo, se determinó la frecuencia de lluvia (CUADRAT y PITA, 2011).

3.3.3. Análisis estadísticos

Se aplicó el análisis estadístico no paramétrico para calcular el promedio, desviación estándar, coeficiente de variación, la frecuencia de lluvia y el diagrama ombrotermico. Con los datos de temperatura ambiental, humedad relativa, radiación lumínica y temperatura del suelo, se realizó matrices de doble entrada con valores absolutos y relativos en el programa Microsoft Excel. A partir de estas matrices se procesaron los datos en el software Past 3.0, usando la técnica de análisis clúster (UPGMA) para determinar las diferencias microclimáticas en la vegetación de diferentes edades.

IV. RESULTADOS

4.1. Temperatura ambiental, humedad relativa, radiación lumínica y temperatura del suelo.

La temperatura ambiental promedio horaria mensual presentó variaciones en la estación seca. En la vegetación menor de un año, tres, cinco, diez, veinte y mayor de treinta años (Cuadro 3 y Figura 3), la temperatura ambiental promedio mínima y máxima las 09 horas fueron de 22.0 ± 0.79 y 28 ± 2.02 , 21 ± 0.82 y 27 ± 1.35 , 19 ± 0.82 y 24.1 ± 1.35 , 18.8 ± 0.54 y 21.7 ± 1.15 , 18.4 ± 0.57 y 20 ± 0.10 , 17.3 ± 0.24 y $18.6 \pm 0.49^\circ\text{C}$, respectivamente; a las 13 horas fueron de 29.6 ± 1.14 y 31.4 ± 2.24 , 28.6 ± 1.71 y 30.6 ± 0.86 , 24.4 ± 0.62 y 33.2 ± 1.79 , 25.9 ± 1.93 y 27.6 ± 0.85 , 22.9 ± 1.06 y 28.6 ± 0.53 , 21.4 ± 0.17 y $26.4 \pm 1.64^\circ\text{C}$, respectivamente y a las 17 horas fueron de 24 ± 1.22 y 25.6 ± 1.50 , 20.6 ± 0.26 y 21.6 ± 0.26 , 19.6 ± 0.43 y 21.6 ± 0.22 , 19.4 ± 0.25 y 19.8 ± 0.50 , 19.1 ± 0.67 y 19.9 ± 0.30 , 19.1 ± 0.18 y $19.8 \pm 0.50^\circ\text{C}$, respectivamente.

Cuadro 3. Variación microclimática de la temperatura ambiental en vegetación de menor de un año hasta mayor de 30 años.

Mes y hora	<1 año	3 años	5 años	10 años	20 años	>30 años
J-09:00	24.5	22.3	21.6	19.9	20.0	18.4
J-09:00	26.0	26.0	24.1	21.7	19.5	18.6
A-09:00	28.0	21.0	20.8	18.8	18.4	18.3
S-09:00	22.0	27.0	19.0	19.2	19.8	17.3

J-13:05	31.4	30.3	24.4	26.8	26.7	24.3
J-13:05	30.5	30.1	30.0	26.4	26.0	26.4
A-13:05	31.4	28.6	26.8	25.9	22.9	21.4
S-13:05	29.6	30.6	33.2	27.6	28.6	22.6
J-17:10	24.0	20.9	19.6	19.8	19.3	19.8
J-17:10	25.6	20.6	20.3	19.4	19.4	19.4
A-17:10	24.0	21.6	21.6	19.8	19.1	19.7
S-17:10	24.0	21.1	21.5	19.8	19.9	19.1

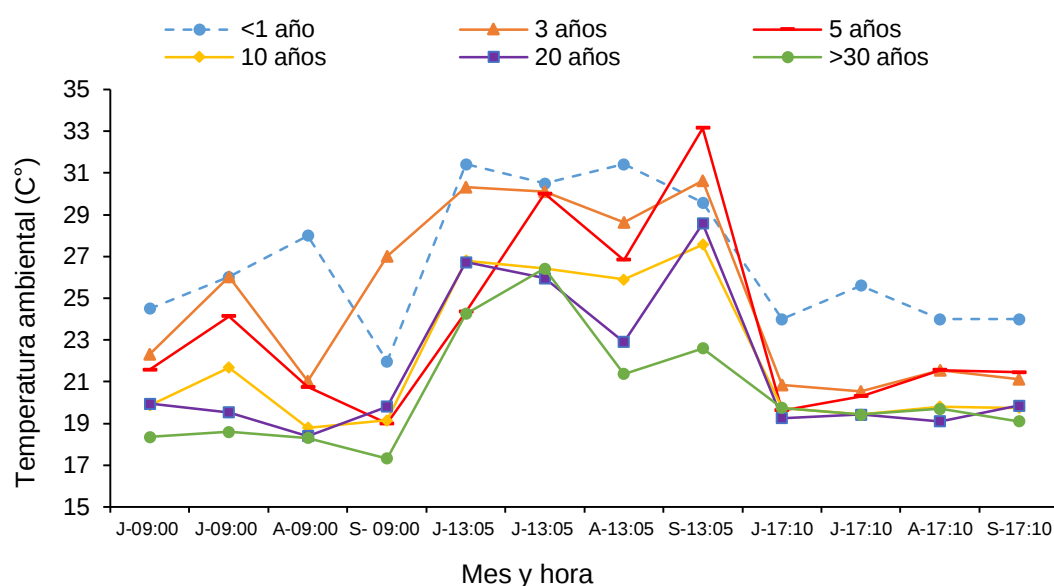


Figura 3. Tendencia de la temperatura ambiental en vegetación de menor de un año hasta mayor de 30 años.

La temperatura ambiental horaria mensual presentó variaciones microclimáticas y para verificar estas variaciones se aplicó el análisis clúster utilizando el método de UPGMA tomando en cuenta una correlación significativa (Cuadros 9 y 10 del Anexo). La Figura 4a, considerando el 90 % de similitud, muestra el grado de variación de la temperatura ambiental; es decir, tanto a las nueve horas en los meses de junio y julio como a las diecisiete horas en los meses de junio, julio, agosto y setiembre hubo mayor homogeneidad; mientras que a las 13 horas en los meses de junio, julio,

agosto y setiembre hubo mayor heterogeneidad. Asimismo, en la Figura 4b se observa que la temperatura ambiental presento variaciones en la vegetación de diferentes edades; tal es así que la vegetación de diez y veinte años presentaron mayor homogeneidad que la vegetación menor de un año, tres, cinco y mayor de treinta años.

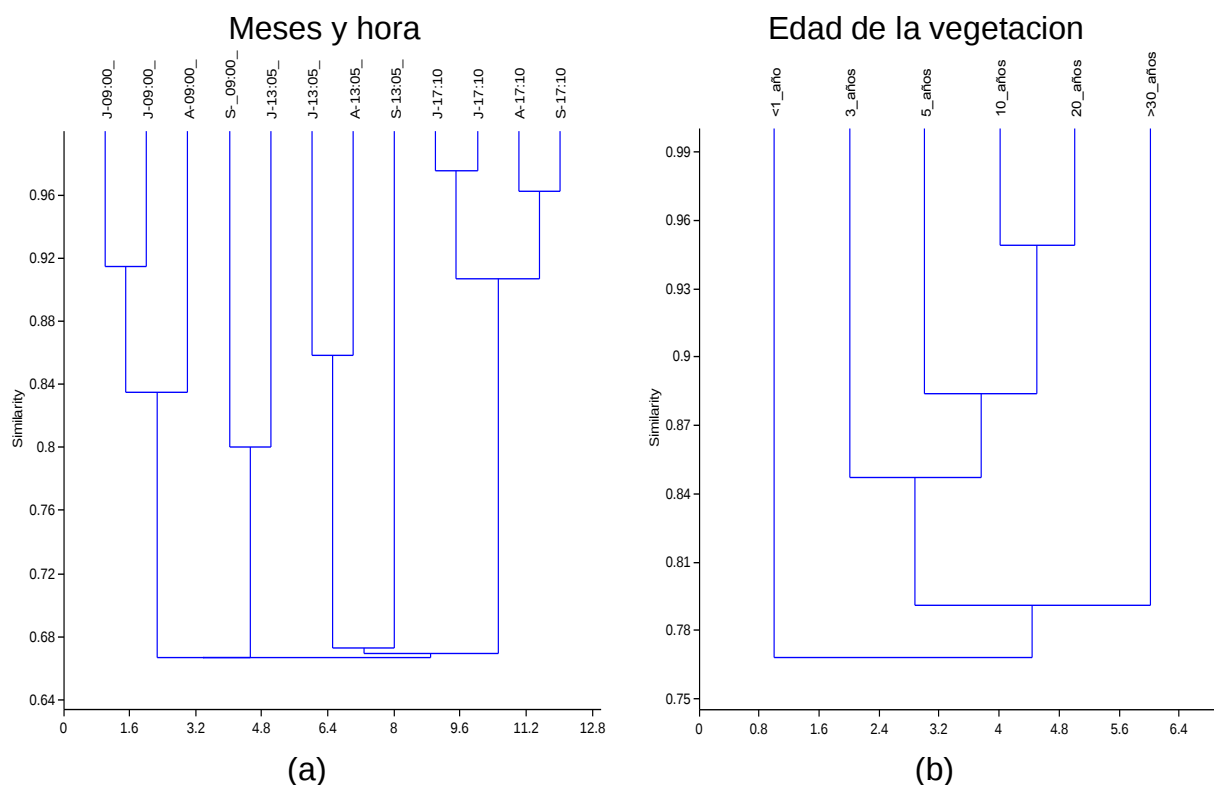


Figura 4. (a) Análisis clúster de temperatura ambiental por cada mes y hora de evaluación y (b) análisis clúster de temperatura ambiental por edad de vegetación.

La humedad relativa promedio horaria mensual presentó variaciones. En la vegetación menor de un año, tres, cinco, diez, veinte y mayor de treinta años (Cuadro 4 y Figura 5), la humedad relativa promedio mínima y máxima las 09 horas fueron de 25.5 ± 0.58 y 49.0 ± 1.83 , 29.8 ± 4.11 y 58.8 ± 2.99 , 26.5 ± 1.91 y 57.3 ± 2.99 , 29.0 ± 1.15 y 58.0 ± 2.16 , 40.8 ± 0.96 y 55.3 ± 2.50 , 62.0 ± 1.83 y $71.8 \pm 2.22\%$, respectivamente; a las 13 horas fueron

de 20.3 ± 1.71 y 33.5 ± 2.65 , 25.3 ± 3.30 y 56.0 ± 0.82 , 22.3 ± 1.50 y 56.0 ± 0.82 , 30.5 ± 3.11 y 38.3 ± 4.03 , 28.8 ± 0.96 y 52.3 ± 1.71 , 38.3 ± 4.03 y $61.0 \pm 0.82\%$, respectivamente y a las 17 horas fueron de 47.8 ± 1.89 y 51.3 ± 1.22 , 40.3 ± 1.71 y 63.5 ± 1.29 , 51.3 ± 2.99 y 62.5 ± 1.29 , 55.8 ± 2.87 y 66.3 ± 1.50 , 61.5 ± 1.29 y 68.0 ± 2.16 , 65.8 ± 2.87 y $89.8 \pm 8.42\%$, respectivamente.

Cuadro 4. Variación microclimática de la humedad relativa en vegetación de menor de un año hasta mayor de 30 años.

Mes y hora	<1 año	3 años	5 años	10 años	20 años	>30 años
J-09:00	26.5	56.5	57.3	58.0	46.3	70.3
J-09:00	25.5	33.5	26.5	29.0	55.3	68.5
A-09:00	25.5	58.8	44.5	46.8	52.8	71.8
S-09:00	49.0	29.8	41.3	42.3	40.8	62.0
J-13:05	20.3	26.8	23.3	30.5	28.8	42.8
J-13:05	27.0	35.5	30.5	38.3	34.5	38.3
A-13:05	20.3	56.0	56.0	36.5	52.3	61.0
S-13:05	33.5	25.3	22.3	34.8	29.5	54.5
J-17:10	51.3	40.3	53.5	55.8	62.0	65.8
J-17:10	47.8	63.5	58.0	66.3	66.3	66.3
A-17:10	51.3	62.5	62.5	58.5	61.5	71.8
S-17:10	51.3	59.5	51.3	57.0	68.0	89.8

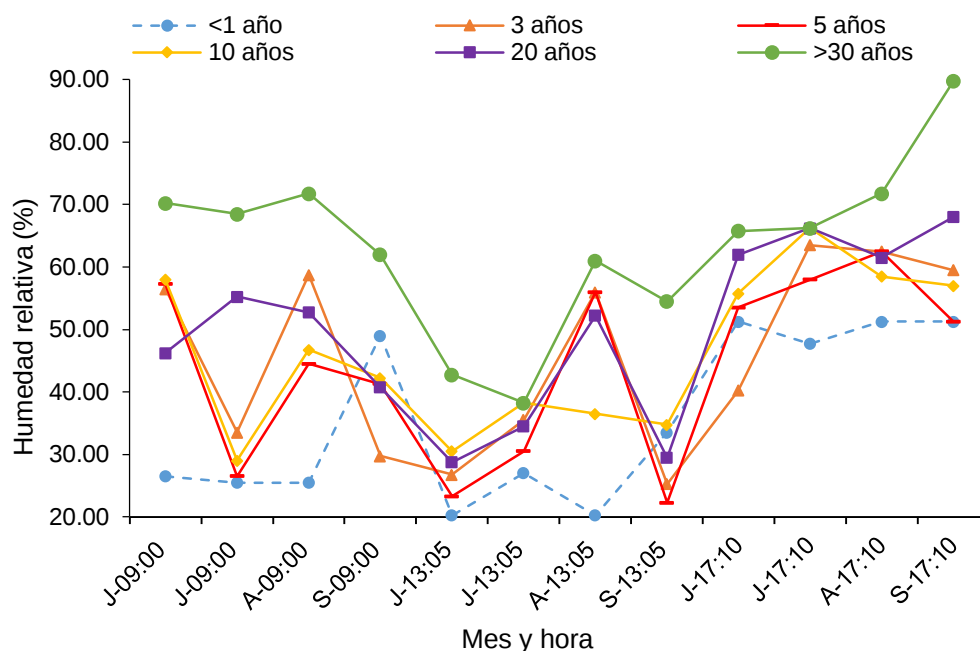


Figura 5. Tendencia de la humedad relativa en vegetación de menor de un año hasta mayor de 30 años.

La humedad relativa horaria y mensual presentó variaciones microclimáticas y para verificar estas variaciones se aplicó el análisis clúster utilizando el método de UPGMA tomando en cuenta una correlación significativa (Cuadros 11 y 12 del Anexo). La Figura 6a, considerando el 90 % de similitud, muestra alto grado de variación de humedad relativa tanto a las nueve horas, a las trece horas como a las diecisiete horas en los meses de junio, julio, agosto y setiembre, es decir hubo alta heterogeneidad durante el día y por mes. Asimismo, en la Figura 6b se observa que la humedad relativa presento variaciones en la vegetación de diferentes edades; pero si se considera una similitud del 80% entre edades de la vegetación, la de menor de un año y de diez años tienen mayor heterogeneidad con respecto al grupo de tres y cinco años, y al grupo de veinte y de mayor de treinta años.

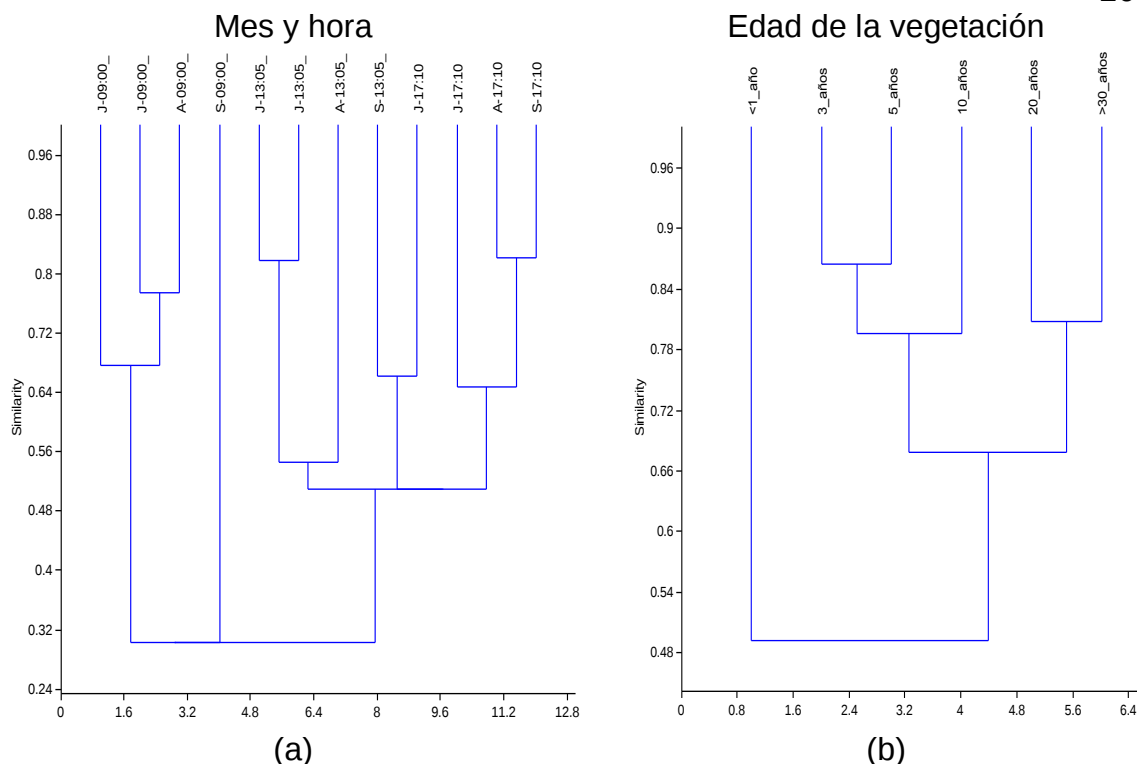


Figura 6. (a) Análisis clúster de la humedad relativa por cada mes y hora de evaluación y (b) análisis clúster de la humedad relativa por edad de vegetación.

La radiación lumínica promedio horaria mensual presentó variaciones en la estación seca. En la vegetación menor de un año, tres, cinco, diez, veinte y mayor de treinta años (Cuadro 5 y Figura 7), la radiación lumínica promedio mínima y máxima las 09 horas fueron de 10.88 ± 0.62 y 32.39 ± 1.45 , 10.99 ± 0.71 y 23.95 ± 2.26 , 11.78 ± 1 y 41.45 ± 7 , 4.45 ± 1 y 26.85 ± 4 , 2.18 ± 0.24 y 9.20 ± 0.34 , 1.19 ± 0.11 y $3.96 \pm 0.38 \times 1000$ luxes, respectivamente; a las 13 horas fueron de 67.75 ± 3.47 y 102.13 ± 0.82 , 58.93 ± 13.59 y 82.83 ± 4.58 , 39.88 ± 5 y 110.43 ± 8 , 17.78 ± 1 y 48.30 ± 16 , 7.74 ± 0.50 y 44.18 ± 5.27 , 6.47 ± 0.29 y $9.65 \pm 0.45 \times 1000$ luxes, respectivamente y a las 17 horas fueron de 11.59 ± 0.68 y 15.04 ± 0.74 , 2.65 ± 1.04 y 10.25 ± 0.31 , 1.07 ± 0.1 y 5.40 ± 1 , 1.02 ± 0 y 4.60 ± 1 , 1.50 ± 0.03 y 3.44 ± 0.39 , 1.11 ± 0.07 y $2.14 \pm 0.11 \times 1000$ luxes, respectivamente.

Cuadro 5. Variación microclimática de la radiación lumínica en vegetación de menor de un año hasta mayor de 30 años.

Mes y hora	< 1 año	3 años	5 años	10 años	20 años	> 30 años
J-09:00	21.47	12.78	11.78	11.03	4.50	2.09
J-09:00	32.39	10.99	29.05	26.85	6.47	1.19
A-09:00	32.39	23.95	41.45	4.45	2.18	1.66
S- 09:00	10.88	18.19	15.94	10.86	9.20	3.96
J-13:05	102.13	72.43	39.88	18.04	16.25	9.65
J-13:05	96.88	58.93	108.28	46.35	34.85	6.47
A-13:05	102.13	82.83	110.43	17.78	7.74	8.58
S-13:05	67.75	74.00	80.78	48.30	44.18	9.25
J-17:10	11.59	10.25	1.07	1.36	1.50	1.36
J-17:10	15.04	2.65	5.40	2.14	3.17	2.14
A-17:10	11.59	2.95	5.20	4.60	1.98	1.11
S-17:10	13.09	5.63	1.18	1.02	3.44	1.35

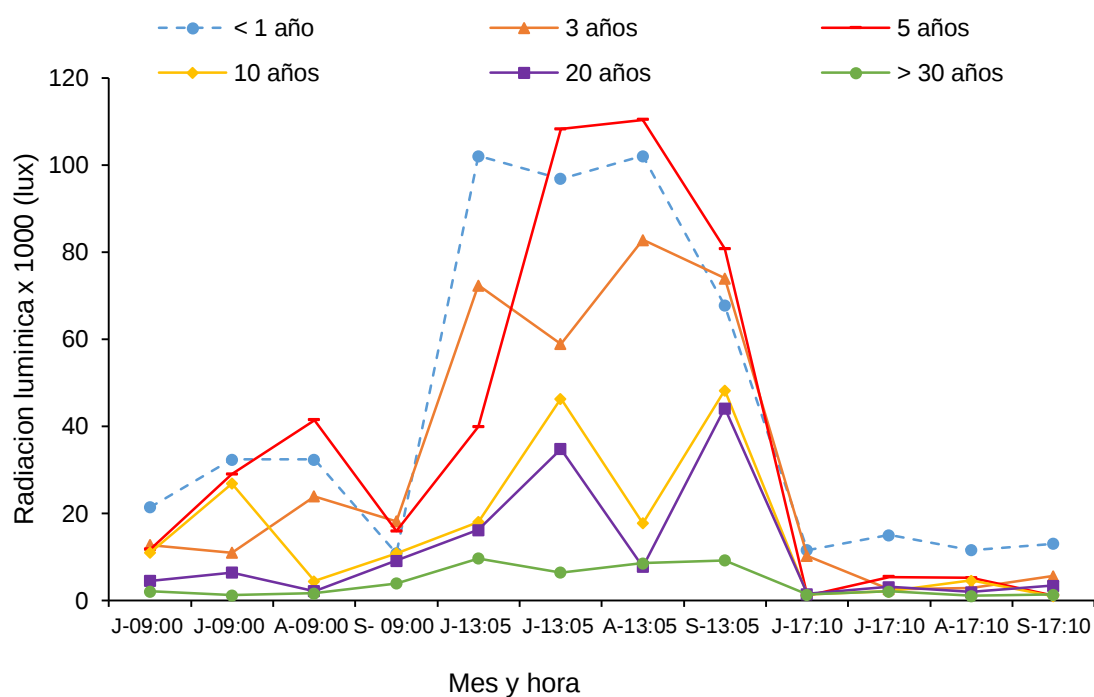


Figura 7. Tendencia de la radiación lumínica en vegetación de menor de un año hasta mayor de 30 años.

La radiación lumínica horaria mensual presentó variaciones microclimáticas y para verificar estas variaciones se aplicó el análisis clúster utilizando el método de UPGMA tomando en cuenta una correlación significativa (Cuadros 13 y 14 del Anexo). La Figura 8a, considerando el 90 % de similitud, en general muestra el alto grado de variación de radiación lumínica tanto a las nueve horas, a las trece horas como a las diecisiete horas en los meses de junio, julio, agosto y setiembre; sin embargo, tanto a las trece como a las diecisiete horas de los meses de julio y agosto tiende a ser homogénea. Asimismo, en la Figura 8b se observa que la intensidad lumínica presentó variaciones en la vegetación de diferentes edades; tal es así que el grupo de uno y tres años con el grupo de diez y veinte años presentan mayor homogeneidad que la vegetación de cinco y mayor de treinta años.

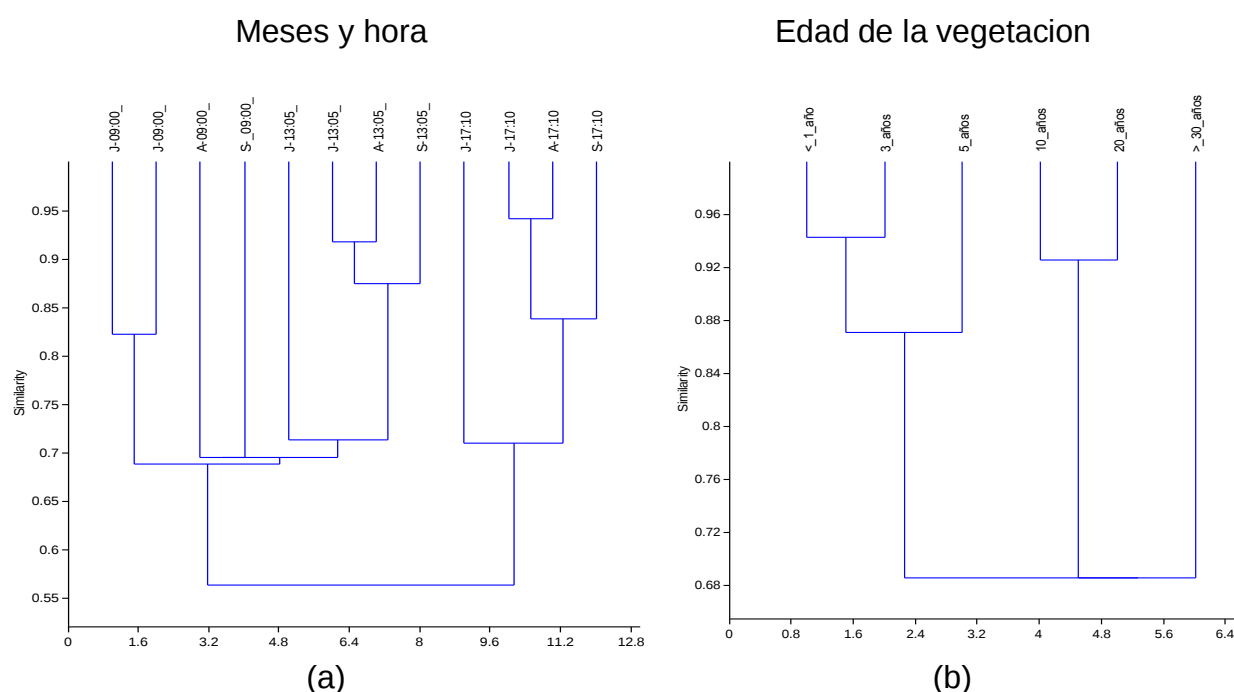


Figura 8. (a) Análisis clúster de la radiación lumínica por cada mes y hora de evaluación y (b) análisis clúster de la radiación lumínica por edad de vegetación.

La temperatura promedio horaria mensual del suelo presentó variaciones. En la vegetación menor de un año, tres, cinco, diez, veinte y mayor de treinta años (Cuadro 6 y Figura 9), la temperatura del suelo promedio mínima y máxima las 09 horas fueron de 21.0 ± 1.63 y 28.4 ± 5.37 , 20.4 ± 0.33 y 23.8 ± 0.93 , 18.4 ± 0.47 y 20.6 ± 1.63 , 18.4 ± 0.84 y 19.7 ± 0.45 , 18.7 ± 0.57 y 19.6 ± 0.47 , 14.7 ± 0.57 y $16.1 \pm 0.42^\circ\text{C}$, respectivamente; a las 13 horas fueron de 30.9 ± 1.54 y 32.3 ± 2.42 , 20.6 ± 1.5 y 30.9 ± 1.54 , 25.6 ± 2.53 y 27.1 ± 1.23 , 21.4 ± 1.9 y 23.6 ± 2.33 , 21.7 ± 0.21 y 27.1 ± 0.56 , 17.0 ± 0.38 y $21.4 \pm 1.95^\circ\text{C}$, respectivamente y a las 17 horas fueron de 25.7 ± 1.69 y 29.6 ± 2.22 , 20.6 ± 1.5 y 22.6 ± 1.76 , 19.3 ± 0.5 y 23.7 ± 1.2 , 18.7 ± 0.61 y 21.9 ± 1.02 , 18.5 ± 0.54 y 19.2 ± 0.19 , 16.0 ± 0.25 y $19.2 \pm 0.19^\circ\text{C}$, respectivamente.

Cuadro 6. Variación microclimática de la temperatura del suelo en vegetación de menor de un año hasta mayor de 30 años.

Mes y hora	< 1 año	3 años	5 años	10 años	20 años	> 30 años
J-09:00	24.0	20.4	20.4	19.7	19.6	15.8
J-09:00	23.8	23.8	20.3	19.7	19.6	15.8
A-09:00	28.4	20.6	20.6	19.0	18.7	16.1
S-09:00	21.0	21.6	18.4	18.4	18.8	14.7
J-13:05	32.3	28.3	26.8	24.1	23.7	20.6
J-13:05	30.9	30.9	25.6	21.4	21.9	21.4
A-13:05	32.3	20.6	26.7	23.6	21.7	17.0
S-13:05	32.2	27.0	27.1	23.3	27.1	17.7
J-17:10	25.7	20.6	19.3	18.7	18.8	18.7
J-17:10	28.8	21.9	19.3	19.2	19.2	19.2
A-17:10	25.7	22.6	22.6	21.9	18.5	16.0
S-17:10	29.6	21.9	23.7	21.2	18.8	18.1

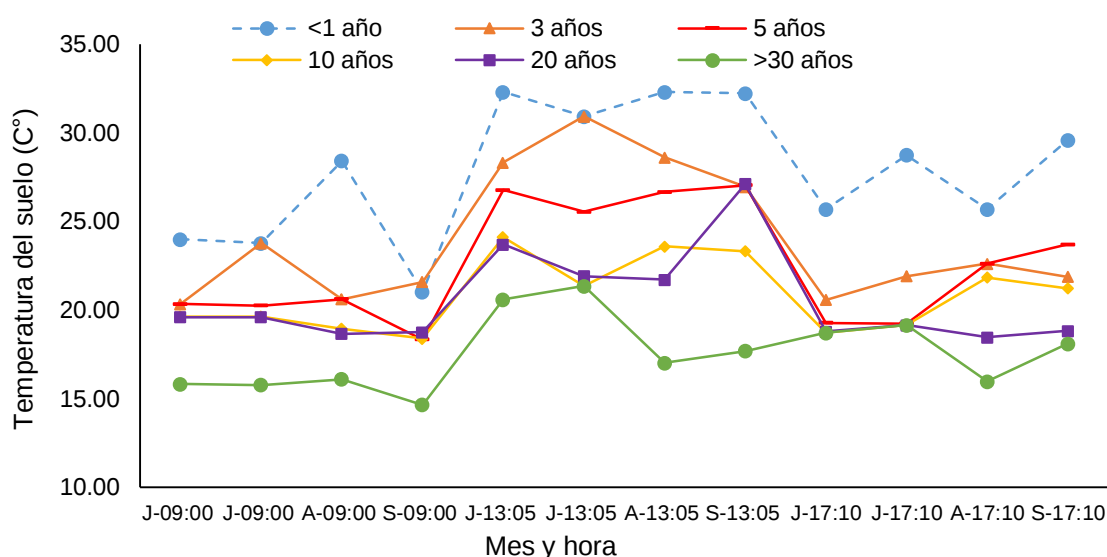


Figura 9. Tendencia de la temperatura del suelo en vegetación de menor de un año hasta mayor de 30 años.

La temperatura promedio horaria mensual del suelo presentó variaciones y para verificar éstas se aplicó el análisis clúster utilizando el método de UPGMA tomando en cuenta una correlación significativa (Cuadros 15 y 16 del Anexo). La Figura 10a, considerando el 90 % de similitud, muestra el grado de variación de la temperatura del suelo a las nueve horas en los meses de junio, julio, agosto y setiembre y a las trece horas en los meses de agosto y setiembre; sin embargo, a las diecisiete horas en los meses de junio y julio hubo mayor homogeneidad que a las trece horas en los meses de junio y julio y a las diecisiete horas en los meses de agosto y setiembre. Asimismo, en la Figura 10b se observa que la temperatura del suelo presentó variaciones en la vegetación de diferentes edades; tal es así que la vegetación menor de un año y la de tres años presentaron mayor heterogeneidad que la vegetación de veinte y la de mayor de treinta años; mientras que la vegetación de cinco y diez años presentaron mayor homogeneidad de temperatura del suelo.

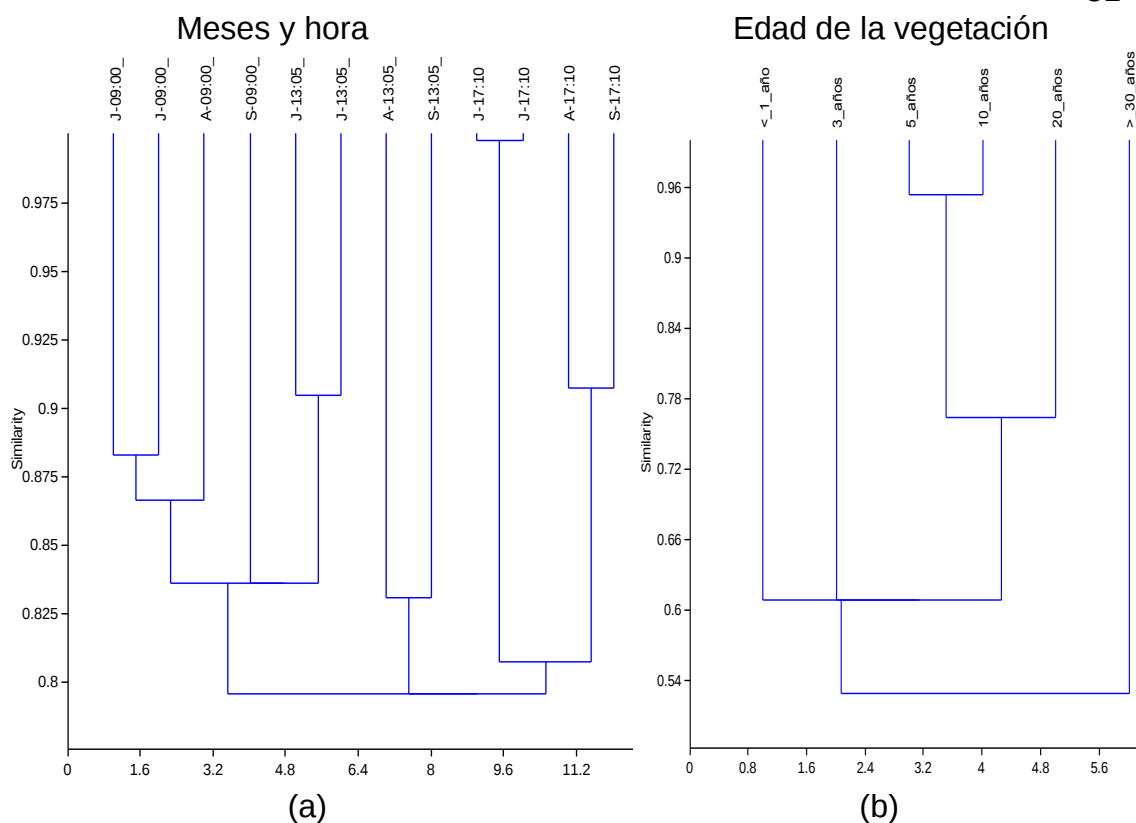


Figura 10. (a) Análisis clúster de la temperatura del suelo por cada mes y hora de evaluación y (b) análisis clúster de la temperatura del suelo por edad de vegetación.

4.2. Gradiente de temperatura ambiental, humedad relativa, radiación lumínica y temperatura del suelo.

El promedio mensual de temperatura ambiental, humedad relativa, radiación lumínica y temperatura del suelo presentó un gradiente significativo en la vegetación de diferentes edades (Cuadro 7, Figuras 11 y 12).

Según el Cuadro 7, la radiación lumínica mínima y máxima fueron de 30.6 y 48.7x1000 luxes en la vegetación menor de un año, 24.2 y 36.6x1000 luxes en la de tres años, 17.6 y 52.4x1000 luxes en la de cinco

años, 8.9 y 25.1x1000 luxes en la de diez años, 4.0 y 18.9x1000 luxes en la de veinte años y 3.3 y 4.9x1000 luxes en la de mayor de treinta años, respectivamente. La temperatura ambiental mínima y máxima fueron de 25.2 y 27.8°C en la vegetación menor de un año, 24.5 y 26.3°C en la de tres años, 21.9 y 24.8°C en la de cinco años, 21.5 y 22.5°C en la de diez años, 20.1 y 22.7°C en la de veinte años y 19.7 y 21.5°C en la de mayor de treinta años, respectivamente.

La humedad relativa mínima y máxima fueron de 32.3 y 44.6% en la vegetación menor de un año, 38.2 y 59.1% en la de tres años, 38.3 y 54.3% en la de cinco años, 44.5 y 48.1% en la de diez años, 45.7 y 55.5% en la de veinte años y 57.7 y 68.8% en la de mayor de treinta años, respectivamente. La temperatura del suelo mínima y máxima fueron de 27.6 y 28.8°C en la vegetación menor de un año, 21.3 y 25.5°C en la de tres años, 21.7 y 23.3°C en la de cinco años, 20.1 y 21.5°C en la de diez años, 19.6 y 21.6°C en la de veinte años y 16.4 y 18.8°C en la de mayor de treinta años, respectivamente.

Según la Figura 11, tanto la radiación lumínica como la temperatura ambiental y la del suelo tendieron a disminuir al incrementar la edad de la vegetación; mientras que, la humedad relativa tendió a incrementar. Además, la temperatura ambiental y la temperatura del suelo presentaron mayor estabilidad que la radiación lumínica y la humedad relativa. Tal es así que, el rango de radiación lumínica fue de 52.4 a 3.3x1000 luxes entre la vegetación de cinco años y mayor de treinta años, el de temperatura ambiental fue de 27.8 a 19.7°C entre la vegetación de menor de un año y mayor de treinta años, el de humedad relativa fue de 68.8 a 32.3% entre la vegetación mayor de treinta años y menor de un año, el de la

temperatura del suelo fue de 28.8 a 16.4°C entre la vegetación menor de un año y mayor de treinta años.

Según la Figura 12, en el análisis clúster utilizando el método de UPGMA y tomando en cuenta una correlación significativa (Cuadros 17 y 18 del Anexo) y una similitud del 70 %, de acuerdo al gradiente radiación lumínica, temperatura ambiental, humedad relativa y temperatura del suelo se forman tres grupos, el primer grupo corresponde a la vegetación menor de un año, el segundo a la vegetación de tres y cinco años y el tercero a la vegetación de diez, veinte y mayor de treinta años. Asimismo, se observa que en el segundo grupo existe mayor variabilidad de estas variables meteorológicas que en el tercer y primer grupo.

Cuadro 7. Gradiente del promedio mensual de radiación lumínica, temperatura ambiental, humedad relativa y temperatura del suelo en vegetación de menor de un año hasta mayor de 30 años.

Edad de la vegetación/ mes	Radiación lumínica	Temperatura ambiental	Humedad relativa	Temperatura del suelo
< 1-J	45.1	27.8	32.3	28.8
< 1-J	48.1	27.4	33.4	27.8
< 1-A	48.7	27.8	32.3	28.8
< 1-S	30.6	25.2	44.6	27.6
3-J	31.8	24.5	41.2	23.1
3-J	24.2	25.6	44.2	25.5
3-A	36.6	25.1	59.1	21.3
3-S	32.6	26.3	38.2	23.5
5-J	17.6	21.9	44.7	22.1
5-J	47.6	24.8	38.3	21.7

5-A	52.4	23.0	54.3	23.3
5-S	32.6	24.5	38.3	23.0
10-J	10.1	22.1	48.1	20.8
10-J	25.1	22.5	44.5	20.1
10-A	8.9	21.5	47.3	21.5
10-S	20.1	22.2	44.7	21.0
20-J	7.4	22.0	45.7	20.7
20-J	14.8	21.6	52.0	20.2
20-A	4.0	20.1	55.5	19.6
20-S	18.9	22.7	46.1	21.6
> 30-J	4.4	20.8	59.6	18.4
> 30-J	3.3	21.5	57.7	18.8
> 30-A	3.8	19.8	68.2	16.4
> 30-S	4.9	19.7	68.8	16.8

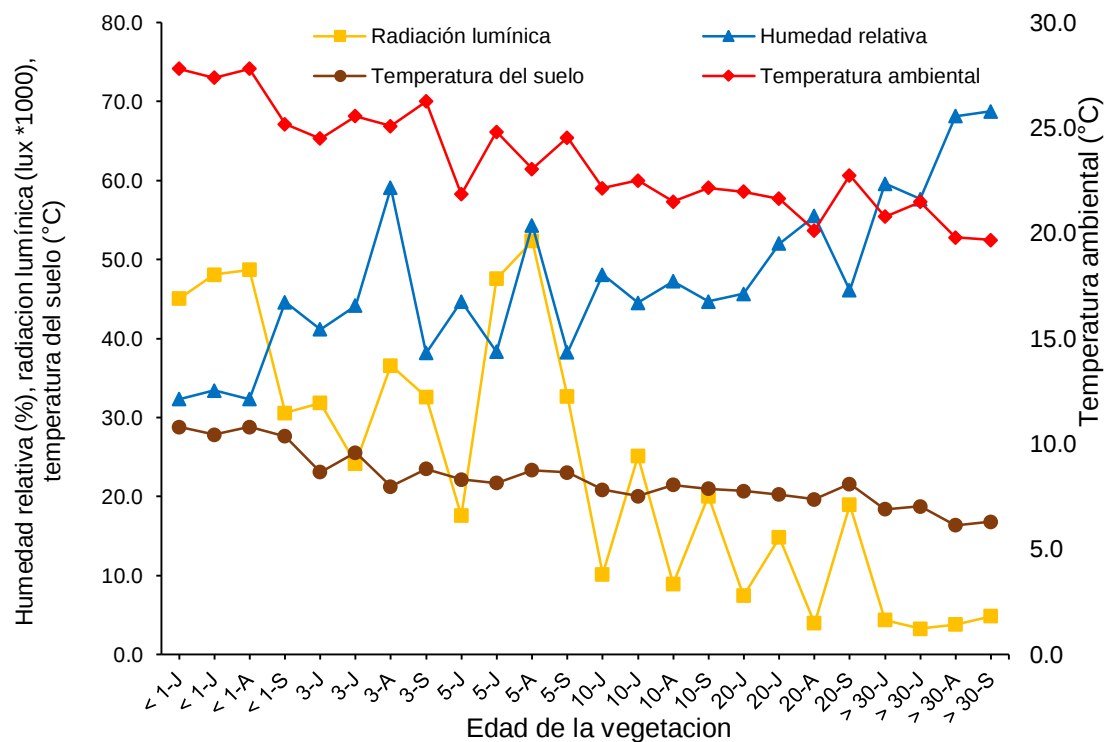


Figura 11. Gradiente del promedio mensual de radiación lumínica, temperatura ambiental, humedad relativa y temperatura del suelo en vegetación de menor de un año hasta mayor de 30 años.

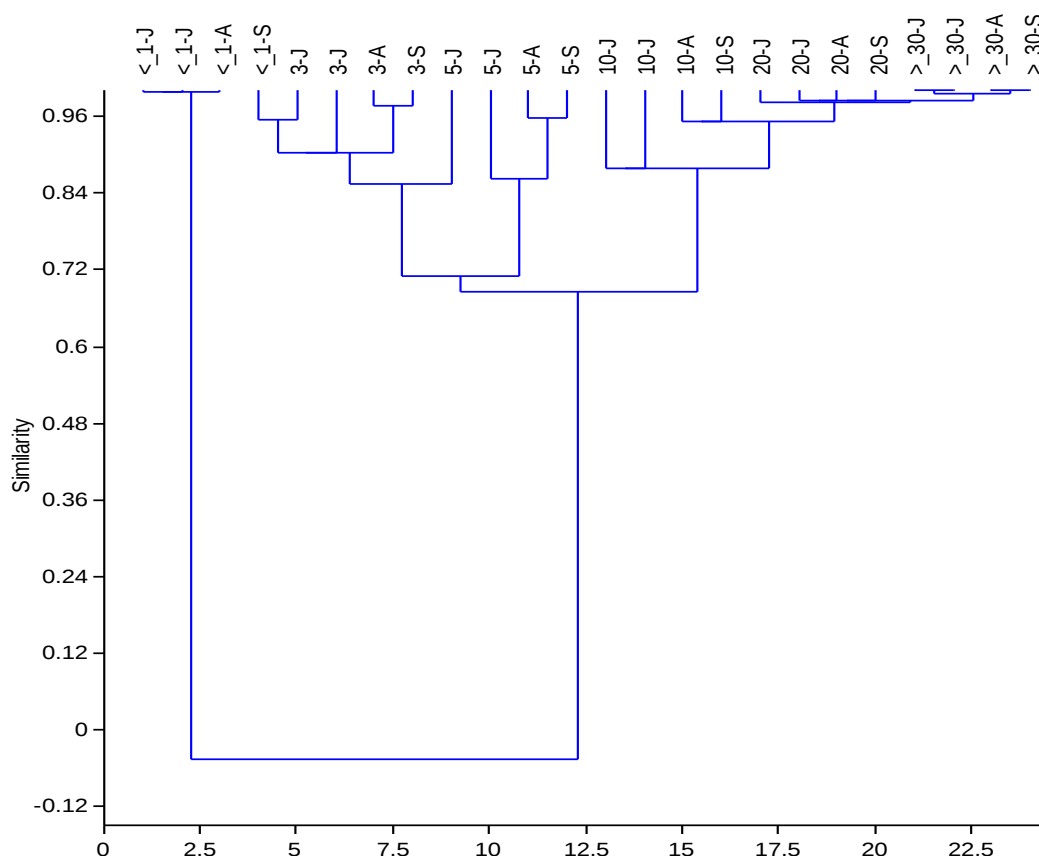


Figura 12. Análisis clúster del gradiente del promedio mensual de radiación lumínica, temperatura ambiental, humedad relativa y temperatura del suelo en vegetación de menor de un año hasta mayor de 30 años.

4.3. Eventos de lluvia y diagrama ombrotérmico

Según la Figura 13, durante los meses de evaluación de la variación microclimática la frecuencia de lluvia tendió a incrementar de 30 a 56.7% entre los meses de junio y setiembre; mientras que, la precipitación acumulada mínima fue de 65 mm en el mes de julio y la máxima de 198.6 mm en el mes de setiembre. Asimismo, los meses de junio, julio, agosto y setiembre presentaron 9, 10, 15 y 17 días de lluvia, respectivamente (Cuadro 19 del Anexo).

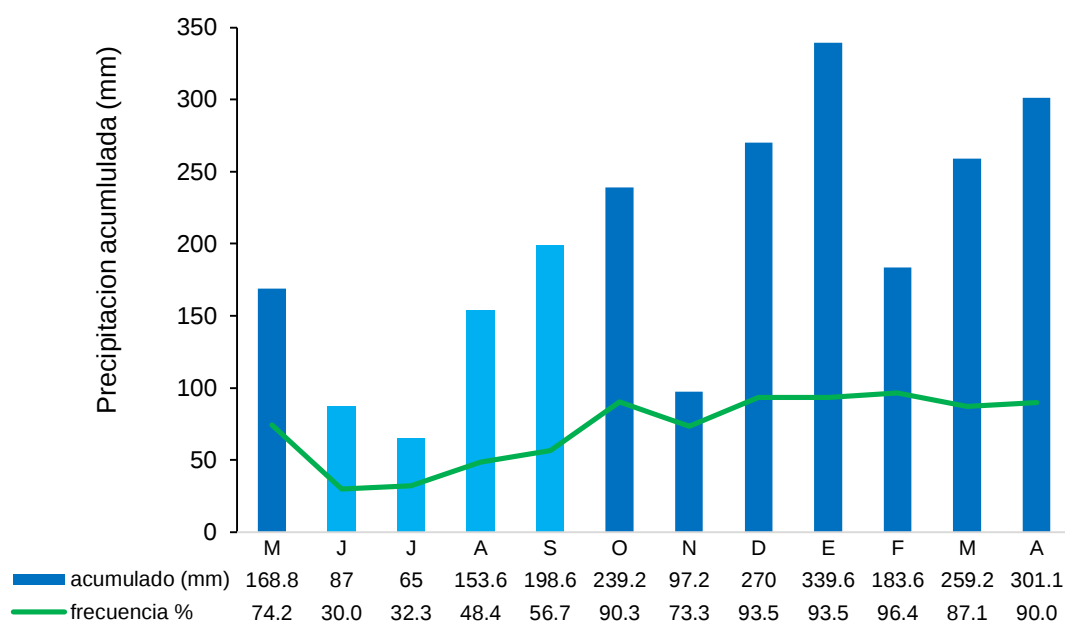


Figura 13. Frecuencia de lluvia en la localidad de Caracol del mes de mayo del 2014 hasta abril del 2015.

Según el Cuadro 8, el régimen climático mostró que la precipitación máxima fue de 339.6mm en el mes de enero y la mínima fue de 65mm, mientras que en la temperatura la máxima fue de 18.58°C en el mes de junio y la mínima fue de 17.45°C en el mes de julio.

Cuadro 8. Temperatura promedio mensual y precipitación acumulada mensual en un año de la estación base.

Meses (1 año)	Precipitación (mm)	Temperatura °C
Mayo	168.8	18.45
Junio	87	18.58
Julio	65	17.45
Agosto	153.6	17.54
Setiembre	198.6	18.47
Octubre	239.2	18.38
Noviembre	97.2	18.82

Diciembre	270	18.14
Enero	339.6	17.95
Febrero	183.6	17.98
Marzo	259.2	18.35
Abril	301.09	18.16

Según la Figura 14, en el diagrama ombrotermico de la estación base se observa un régimen climático, en el cual, la precipitación máxima y la mínima fue de 339.6 mm y 65 mm, en enero y julio, respectivamente. Además se observa que la temperatura se encuentra por debajo de la precipitación, indicando que el comportamiento de la humedad relativa se mantuvo constante en el transcurso de un año. Asimismo, la amplitud térmica anual (1.4°C) es menor de 1.5°C, propio de un clima Ecuatorial.

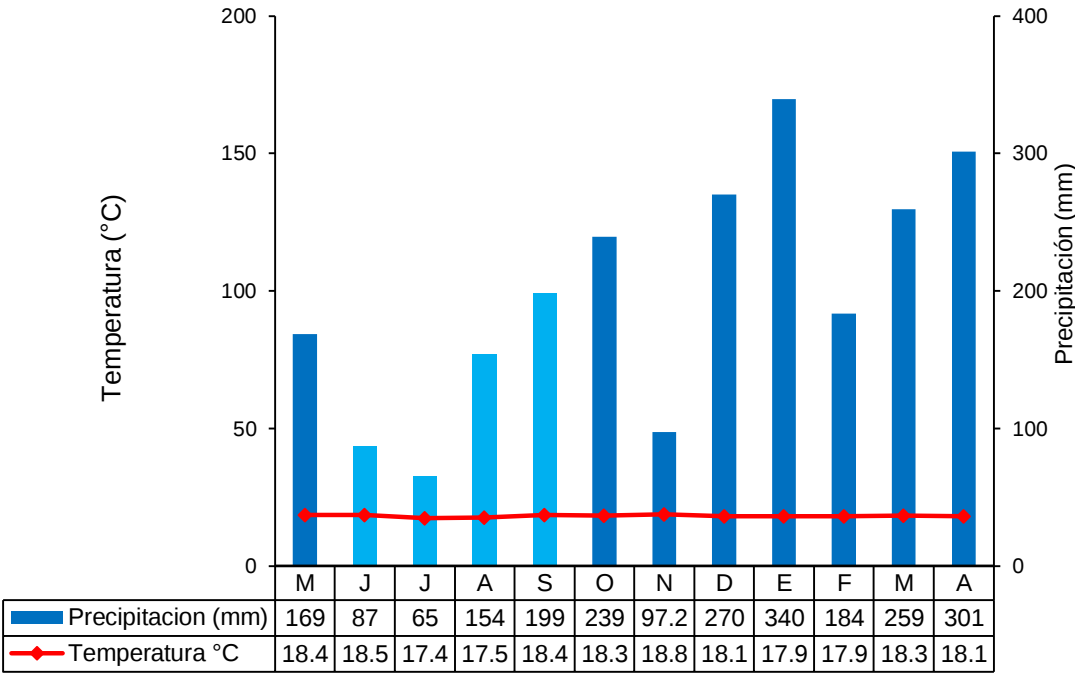


Figura 14. Diagrama ombrotermico con datos de temperatura y precipitación de un año de la estación base.

V. DISCUSIÓN

5.1. Determinación y comparación de las variaciones microclimáticas en vegetación de menor de un año, tres años, cinco años, diez años, veinte años y mayor de 30 años.

Las temperatura ambiental presentó variaciones al comparar entre las horas del día por mes y entre la vegetación de diferentes edades entre junio y setiembre (Figuras 3 y 4a), siendo a las nueve y diecisiete horas las temperaturas más bajas y relativamente estables; mientras que, a las trece horas las más altas y con una marcada variabilidad. La temperatura ambiental presentó una variación horaria significativa durante el día a diferencia de la temperatura promedio mensual (Figura 11). La afirmación de estos resultados es similar a lo indicado por MOLLES (2006) quien reporta que las temperaturas varían muy poco de mes a mes y a menudo cambian mucho más en un día que lo que lo hacen durante el año.

Asimismo, en la vegetación de diferentes edades, la temperatura ambiental promedio diaria mensual disminuyó gradualmente al incrementar la edad de la vegetación (Figuras 3 y 11) y presento variaciones significativas entre la vegetación de menor de un año y cinco años, a excepción de la vegetación de diez, veinte y mayor de treinta años (Figura 4b), en las cuales la temperatura ambiental tendió a mantenerse relativamente estable. Probablemente estas variaciones de temperatura se deben a que la vegetación menor de un año, tres y cinco años está formada solo por el estrato herbáceo; mientras que la vegetación de diez, veinte y mayor de

treinta años está formado por tres estratos como el herbáceo, arbustivo y arbóreo, lo cual amortigua la temperatura haciéndola más estable. Estos resultados estarían mostrando que la estructura de la vegetación amortigua las variaciones de la temperatura (MONTENEGRO y VARGAS, 2008; BAHAMONDE *et al.*, 2011).

La humedad relativa promedio horaria mensual presentó un alto grado de variación tanto a las nueve horas, como a las trece y diecisiete horas (Figuras 5 y 6a). Asimismo, la humedad relativa incrementó a medida que aumenta la edad de la vegetación (Figuras 5 y 11). En general, la humedad relativa fue mayor en la vegetación de veinte y mayor de treinta años, debido a que corresponde a un bosque, que en la vegetación de menor de un año, tres, cinco y diez años corresponde a una vegetación dominada por herbáceas. Resultados similares encontraron CALDENTEY *et al.* (2000) y BAHAMONDE *et al.* (2011) quienes reportan que la humedad relativa es mayor en un bosque que en una vegetación herbácea. Asimismo, la mayor humedad relativa bajo cobertura arbóreas, sería generada por la transpiración del bosque y por menores temperaturas máximas del aire (Gómez, 2004, citado por BAHAMONDE *et al.*, 2011); además, la cubierta arbórea también tendría efecto en la humedad promedio mensual máximo y mínimo (CALDENTEY *et al.*, 2000).

La radiación lumínica promedio horaria mensual presentó alto grado de variación al comparar entre las horas del día por mes y entre la vegetación de diferentes edades entre junio y setiembre (Figuras 7 y 8), presentando a las nueve y diecisiete horas los valores más bajos y relativamente estables; mientras que, a las trece horas los valores más altos y

con una evidente variabilidad. Es decir, la radiación lumínica presentó una variación significativa tanto diaria (Figura 7) como mensualmente (Figura 11). Las curvas con mayor radiación solar corresponden a la vegetación menor de un año, tres y cinco años. Estos resultados son similares a los realizados por HUBER y OYARZUN (1988) en tres niveles de la estructura vertical de un bosque de coníferas, en el cual las tendencias de estas curvas demuestran una gran irregularidad a través del día.

Asimismo, la radiación lumínica promedio diaria mensual tendió a disminuir al incrementar la edad de la vegetación (Figuras 7 y 11). Considerando las trece horas y el 85% de similitud, la vegetación menor de un año, de tres y cinco años presentó valores altos de radiación, con respecto a la vegetación de diez, veinte y mayor de treinta años. Estas variaciones se deben a que la vegetación herbácea recibe mayor intensidad de radiación que la vegetación arbustiva y arbórea. Estos resultados indican que la estructura vertical de la vegetación genera un gradiente de radiación, es decir que la radiación disminuye gradualmente desde la copa de los árboles hasta el suelo llegando aproximadamente de 1 a 2% de la cantidad total de radiación (SMITH y SMITH 2001; MOLLES, 2006).

Las temperatura del suelo promedio horaria mensual presentó variaciones significativas al comparar entre las horas del día por mes y entre la vegetación de diferentes edades entre junio y setiembre (Figuras 9 y 10); es decir, las curvas de temperatura demuestran una gran irregularidad a través del día y el promedio mensual presentó variaciones relativamente estables disminuyendo gradualmente a medida que incrementa la edad de la vegetación (Figura 11). Según estos resultados la temperatura superficial del

suelo muestra diferencias en su patrón de comportamiento entre las horas del día y las distintas condiciones de estructura y composición de la cubierta vegetal que puede ser trascendentes desde un punto de vista ecológico; asimismo, los valores medios mensuales se mantienen relativamente estables, debido a que el suelo actúa como una superficie absorbente de la radiación en la interfase atmósfera-superficie terrestre (GOMEZ y RUBIO, 2009).

5.2. Determinar el gradiente de temperatura ambiental, humedad relativa, radiación lumínica y temperatura del suelo, entre una vegetación menor de un año y un bosque mayor de 30 años.

Respecto al gradiente microclimático de temperatura ambiental, humedad relativa, radiación lumínica y temperatura del suelo, el promedio mensual de estas variables presentó un gradiente significativo en la vegetación de diferentes edades (Figuras 11 y 12). Es decir, tanto la radiación lumínica como la temperatura ambiental y la del suelo tendieron a disminuir al incrementar la edad de la vegetación; mientras que, la humedad relativa tendió a incrementar. Además, la temperatura ambiental y la del suelo presentaron mayor estabilidad que la radiación lumínica y la humedad relativa. Según estos resultados, la vegetación de diferentes edades generó tres microclimas bien definidos (Figura 12); es decir, se encontró diferencias microclimáticas entre la vegetación menor de un año y la vegetación de tres y cinco años, que a su vez estas difieren con la vegetación de diez, veinte y mayor de treinta años. La vegetación menor de un año presentó valores altos de la temperatura ambiental, de la del suelo y de la radiación lumínica, y valores bajos de la humedad relativa, debido a que tuvo escasa cobertura

vegetal; mientras que, la vegetación de diez, veinte y mayor de treinta años presentaron valores bajos de la temperatura ambiental, de la del suelo y de la radiación lumínica, y valores altos de la humedad relativa, debido a que tuvieron cobertura arbustiva y arbórea. Asimismo, la vegetación de tres y de cinco años presentaron valores intermedios en el gradiente microclimático, debido a que presentaron vegetación herbácea dominante. En consecuencia, la vegetación arbustiva y arbórea serían las encargadas de amortiguar las variaciones extremas de temperatura, humedad y radiación; en comparación a la vegetación menor de un año que no es capaz de amortiguar las condiciones ambientales extremas por presentar escasa cobertura, tal como indica MONTENEGRO y VARGAS (2008). Estudios similares fueron reportados por DEL POZO *et al.* (1989), quienes determinaron una zonación microclimática por efecto de la vegetación arbustiva en un matorral, en la cual encontraron que el flujo de radiación fue considerablemente menor que en los sitios abiertos sin vegetación y también fueron menores la evaporación potencial y las temperaturas del aire y del suelo.

5.3. Determinar los eventos de lluvia y elaborar el diagrama ombrotérmico.

En general, otra variable de interés es el conocimiento de los eventos de lluvia en la zona de estudio durante los cuatro meses de evaluación (Figura 13), en donde los meses de junio, julio, agosto y setiembre presentaron 9, 10, 15 y 17 días de lluvia, respectivamente (Cuadro 19 del Anexo), la frecuencia de lluvia tendió a incrementar entre los meses de junio y setiembre, con una lluvia acumulada mínima y máxima de 65 y de 198.6 mm, respectivamente, con un promedio diario mensual mínimo y

máximo de 6.5 y 11.7 mm, respectivamente, y con intensidad diaria mínima y máxima de 0.27 y 0.49 mm/h, respectivamente. A nivel de todo el año la lluvia acumulada fue de 2363 mm. Según CUADRAT y PITA (2011), la intensidad de lluvia se clasifica como débil < 2 mm/h, moderado entre 2.1 y 15 mm/h, fuerte entre 15.1 y 30 mm/h, muy fuerte entre 30.1 y 60 mm/h y torrencial > 60 mm/h; en tal sentido, la intensidad de lluvia entre junio y setiembre fue débil. Además, el reparto temporal de las precipitaciones está sujeto a cambios periódicos cuya constancia es mucho menor que la mantenida por las temperaturas, porque sobre ellas influyen diversos factores meteorológicos de extrema variabilidad.

Considerando el diagrama ombrotermico de Gaussen (Figura 14) se puede comprobar que las condiciones de humedad relativa se mantienen durante todo el año en la zona de estudio, debido a que la temperatura se encuentra por debajo de la precipitación. También se determinó que la amplitud térmica anual fue de 1.4°C y que la precipitación sobre pasa a tres veces la temperatura promedio considerando a todos los meses del año como húmedos y como la amplitud térmica es menor a 1.5°C corresponde a un clima ecuatorial, según CUADRAT y PITA (2011).

VI. CONCLUSIONES

La temperatura ambiental y del suelo y la radiación lumínica promedio horaria mensual presentaron variaciones durante el día y entre la vegetación de menor de un año hasta mayor de treinta años entre junio y setiembre. Estas variables alcanzaron valores máximos a las trece horas y valores mínimos a las nueve y diecisiete horas, pero con intensidades distintas en cada edad de la vegetación. La humedad relativa promedio horaria mensual a las nueve y a las diecisiete horas presentó valores máximos y a las trece horas valores mínimos, pero con intensidades diferentes en cada edad de vegetación.

La temperatura ambiental y del suelo, la radiación lumínica y la humedad relativa promedio mensual presentaron gradientes significativos entre la vegetación menor de un año a mayor de treinta años entre junio y setiembre. Tanto la temperatura ambiental y la del suelo como la radiación lumínica tendieron a disminuir al incrementar la edad de la vegetación, a diferencia de la humedad relativa que tendió a incrementar. El promedio mensual de la radiación lumínica y de la humedad relativa presentó mayor variabilidad que el promedio de la temperatura ambiental y del suelo. La vegetación menor de un año hasta mayor de treinta años generó tres microclimas bien definidos; un microclima en la vegetación menor de un año, un segundo microclima en la vegetación de tres y cinco años, y un tercero en la vegetación de diez, veinte y mayor de treinta años.

En junio, julio, agosto y setiembre se presentó 9,10,15 y 17 días de lluvia; la frecuencia de lluvia tendió a incrementar de junio a setiembre, con una lluvia acumulada mensual mínima y máxima de 65 y 198.6 mm, respectivamente. La intensidad de lluvia mínima y máxima fue de 0.27 y 0.49 mm/h, respectivamente y se clasifica como débil. A nivel de todo el año la lluvia acumulada fue de 2363 mm.

El diagrama ombrotermico mostró que las condiciones de humedad relativa se mantienen durante todo el año en la zona de estudio, la amplitud térmica fue de 1.4°C correspondiente a un clima ecuatorial.

VII. RECOMENDACIONES

- Realizar estudios de la variación microclimática en todos los meses del año y hacer comparaciones entre las estaciones.
- Evaluar la precipitación, evaporación, humedad del suelo y velocidad del viento en cada tipo de vegetación en la localidad de Caracol.
- Realizar un estudio analítico de isoyectas con datos de precipitación.
- Realizar estudios del efecto de borde de bosques fragmentados en las variables microclimáticas.
- Realizar monitoreos para determinar cambios o tendencias de las variables microclimáticas en la localidad de caracol.
- Monitorear en días nublados y días despejados.
- Tomar en cuenta la pendiente, altitud y tipo de suelo para evaluar las variaciones microclimáticas en vegetación de diferentes edades.

ABSTRACT

The study aimed to assess the microclimate variation in vegetation of different ages in the locality of Caracol, Huánuco. In each vegetation type they were installed sensors to measure environmental temperature, relative humidity, light radiation and soil temperature, for two consecutive days three times daily at 9, 13 and 17 hours each week between June and September 2014. Cluster analysis (UPGMA) was used to determine the microclimatic differences between the vegetation of different ages. Environmental and soil temperature and light radiation were maximum average values at 13 hours and minimum values at 9 and 17 hours, but with different intensities at each age of vegetation; while the relative humidity had maximum average values at 9 and 17 hours and minimum values at 13 hours. These microclimatic variables showed significant gradients between vegetation types. Both the environmental temperature and the soil as the light radiation tended to decrease with increasing age of vegetation, while the relative humidity tended to increase. Three distinct microclimates were formed, a microclimate in the vegetation less than a year, a second microclimate in the vegetation of three to five years, and a third in the vegetation of ten, twenty and more than thirty years. Were presented 9, 10, 15 and 17 days of rain in June, July, August and September, respectively; rain frequency tended to increase of June to September and, the minimum and maximum intensity of rain was 0.27 and 0.49 mm/h, respectively. Throughout the year, the relative humidity conditions were relatively stable and accumulated rainfall was 2363 mm.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMOROX, J. 2007. Clasificación e índices climáticos. Departamento de edafología, Universidad Politécnica de Madrid.
- ARIAS, A. 2007. Suelos Tropicales. 1era- reimp. De la 1era. Ed – EUNED. San José. Costa Rica. 188: 35-36 p.
- BAHAMONDE, H., PERI, P., PASTUR, M., LENCINAS, M. 2011. Variaciones microclimáticas en bosques primarios y bajo uso silvopastoril de *Nothofagus antártica* en dos clases de sitio en Patagonia Sur. UNPA. Santa Cruz. 1-7 p.
- BARRIGA, R.R. 1994. Plantas útiles de la Amazonía peruana. Características, uso y posibilidades. CONCYTEC. Lima, Perú.
- BAUTISTA, F., DÍAZ-CASTELAZO, C., GARCÍA-ROBLES, M. 2009. Changes in soil macrofauna in agroecosystems derived from low deciduous tropical forest on leptosols from karstic zones. Tropical and Subtropical Agroecosystems. 10: 185 – 197.
- CALDENTEY, J., PROMIS, A., SCHMIDT, H., IBARRA, M. 2000. Variación microclimática causada por una corta de protección en un bosque de Lenga (*Nothofagus pumilio*). Ciencias Forestales, Santiago, Chile. 14 (1-2): 52-59.
- CUADRAT, J.M., PITA, M.F. 2011. Climatología 6 ed. Madrid, España, Ediciones Catedra. 496 p.

- DAUBENMIRE, R. 1993. Tratado de autoecología de plantas. 5ta. Ed. Omega. Madrid, España.
- DEL POZO, A., FUENTE, E., HAJEK, E., MOLINA, J. 1989. Zonación microclimáticas por efecto de los mancheros de arbustos en el matorral de Chile Central. 87-93 p.
- GOMEZ, V., RUBIO, A. 2009. Micrometeorología de localizaciones de ecotono pinar de silvestre-rebollar en los "Montes de Valsain" (Segovia). In: 5º Congreso Forestal Español. Ed. S.E.C.F. Madrid, España. p. 2-13.
- GONZÁLES, F. 2012. Las zonas áridas y semiáridas de México y su vegetación. 1era. Ed. Instituto Nacional de Ecología, México. 175: 12-13 p.
- HAIR, J. 1987. Medidas de diversidad ecológica, Manual de técnicas de gestión de vidas silvestres tradicionales. 4ta. Ed. U.S.A.
- HERRERÍAS, Y., BENÍTEZ, J. 2005. Consecuencias de la fragmentación de los ecosistemas. Pp. 114-121. En: Sánchez, O., E. Peters, R Márquez, E. Vega, G. Portales, M. Valdez y D. Azuara (Eds.). Temas sobre restauración ecológica. Diplomado en restauración ecológica. 2005. INE. México.
- HOLDRIGE, L. 1953. Curso de ecología vegetal. IICA. Costa Rica.
- HUBER, A. W, OYARZUN, C.E, 1988. Características de la radiación solar en un bosque de *Pinus radiata*, en Valdivia, Chile. Bosque, Chile. 9(2): 115-121.
- HUMBERTO, C. 2010. Estudio microclimáticos de un bosque natural de asociación pino-roble en el Municipio de la Reina, Departamento de Chalatemango. El Salvador 33 p.

- INRENA. 1995. Mapa ecológico del Perú. Guía explicativa. Lima, Perú
- LOPEZ, E. 2012. Silvicultura en los bosques templados de México, para optar el Título de Ingeniero Forestal, Universidad Autónoma Agraria Narro. Coahuila, México 80 p.
- MOLLES, M.C. 2006. Ecología. Conceptos y aplicaciones. Madrid, España, Mc Graw-Hill. 671 P.
- MONTENEGRO, A., VARGAS, O. 2008. Caracterización de bordes de bosque altoandino e implicaciones para la restauración ecológica en la reserva forestal de Cogua, Bogotá. 1542-1556 p.
- NAJERA, C. 2000. Efecto de tres tratamientos silvícolas sobre el microclima y la regeneración en un bosque de Abies-Pseudotsuga-Pinus, en Artega, Coahuila. Tesis de Maestría en ciencias Forestales. UAAAN. Buenavista, Sotillo, Coahuila, México. 173 p.
- PULGAR, J. 1981. Geografía del Perú. Las ocho regiones naturales del Perú. 8ava. Ed. Editorial Universo S.A. Lima, Perú.
- ROA, C., 2012. Evaluación de la humedad del suelo, para el Proyecto de Adaptación al cambio climático en acueductos de parcelas. Cinara, Colombia 10p.
- RODRIGUEZ, E. 2013. Fundamentos científicos. Servicio de Meteorología e hidrología, Centro de Recursos Naturales, Ministerio de Agricultura y Ganadería. San Salvador, El Salvador. 20 p.
- SANCHEZ, J. 2001. Conceptos de Evapotranspiración, factores que influyen en la evapotranspiración y medidas de medición. Instituto de dasonomía tropical estación experimental de agricultura de los Estados Unidos, Rio Piedra, Puerto Rico. 56 p.

- SMITH, R.L., SMITH, T.M. 2001. Ecología 4ed. Madrid, España, Pearson Educación, S.A. 642 p.
- STEPHEN, H.S., BURTON, V.B. 1982. Ecología Forestal. AGT Editorial S.A. México.
- STOHLGREN, T.J., OWEN, A.J., LEE, M. 2000. Monitoring shifts in plant diversity in response to climate change: a method for landscapes. Biodiversity and Conservation. 9(2): 65-86.
- TERRADAS, J. 2001. Ecología de la vegetación: de la ecofisiología de las plantas a la dinámica de comunidades y paisajes. Barcelona, España, Ediciones Omega, S.A.
- TISDALE, L.S., NELSON, W. 1987. Fertilidad de los suelos y fertilizantes. UTEHA. México.
- WALSH PERÚ S.A. 2010. Modificación del Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto Central Hidroeléctrica Chaglla. Volumen I EIA. Lima, Peru.
- WILLIAMS-LINERA, G., V. DOMINGUEZ-GASTELÚ & M. GARCIA-ZURITA. 1998. Microenvironment and floristics of different edges in a fragmented tropical rainforest. Conserv Biol. 12: 1091-1102 p.

ANEXO

Anexo 1. Matrices de correlación de la temperatura ambiental, humedad relativa, radiación lumínica y temperatura del suelo.

Cuadro 9. Matriz de correlación de la temperatura ambiental promedio horaria mensual en vegetación de menor de un año hasta mayor de 30 años.

Mes y hora	J 09:00	J 09:00	A 09:00	S 09:00	J 13:05	J 13:05	A 13:05	S 13:05	J 17:10	J 17:10	A 17:10	S 17:10
J-09:00	0	0.01	0.01	0.18	0.06	0.02	0.00	0.15	0.04	0.02	0.01	0.00
J-09:00	0.91	0	0.09	0.09	0.11	0.01	0.00	0.10	0.15	0.14	0.03	0.04
A-09:00	0.92	0.75	0	0.45	0.10	0.08	0.03	0.46	0.00	0.00	0.00	0.00
S-09:00	0.63	0.74	0.38	0	0.06	0.20	0.17	0.36	0.39	0.51	0.35	0.40
J-13:05	0.80	0.72	0.73	0.80	0	0.26	0.06	0.58	0.05	0.10	0.15	0.12
J-13:05	0.88	0.94	0.76	0.61	0.55	0	0.03	0.12	0.17	0.13	0.01	0.04
A-13:05	0.96	0.96	0.87	0.65	0.80	0.86	0	0.17	0.05	0.05	0.01	0.01
S-13:05	0.67	0.73	0.38	0.46	0.29	0.70	0.64	0	0.76	0.59	0.32	0.23
J-17:10	0.84	0.67	0.96	0.43	0.82	0.64	0.81	0.16	0	0.00	0.02	0.02
J-17:10	0.88	0.67	0.99	0.34	0.73	0.68	0.81	0.28	0.97	0	0.01	0.01
A-17:10	0.94	0.87	0.96	0.47	0.67	0.91	0.91	0.50	0.89	0.92	0	0.00
S-17:10	0.97	0.83	0.97	0.43	0.70	0.84	0.91	0.58	0.88	0.94	0.96	0

Cuadro 10. Matriz de correlación de la temperatura ambiental promedio diaria en vegetación de diferentes años.

Años	<1 año	3 años	5 años	10 años	20 años	>30 años
3 años	0.6898	0	0.0030	0.0001	0.0003	0.0111
5 años	0.7446	0.7769	0	0.0001	0.0002	0.0050
10 años	0.8611	0.8973	0.8964	0	0.0000	0.0003
20 años	0.7573	0.8663	0.8714	0.9488	0	0.0004
>30 años	0.7878	0.7008	0.7501	0.8612	0.8519	0

Cuadro 11. Matriz de correlación de la humedad relativa promedio horaria mensual en vegetación de menor de un año hasta mayor de 30 años.

Mes y hora	J 09:00	J 09:00	A 09:00	S 09:00	J 13:05	J 13:05	A 13:05	S 13:05	J 17:10	J 17:10	A 17:10	S 17:10
------------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------

J-09:00	0	0.33	0.02	0.75	0.07	0.05	0.05	0.46	0.59	0.07	0.02	0.21
J-09:00	0.48	0	0.07	0.24	0.03	0.26	0.23	0.11	0.11	0.22	0.08	0.00
A-09:00	0.87	0.77	0	0.72	0.03	0.05	0.03	0.33	0.53	0.04	0.00	0.04
S-09:00	0.17	0.56	0.19	0	0.21	0.87	0.94	0.02	0.08	0.91	0.50	0.17
J-13:05	0.77	0.84	0.86	0.60	0	0.05	0.25	0.04	0.17	0.11	0.04	0.01
J-13:05	0.81	0.55	0.82	0.09	0.82	0	0.27	0.34	0.55	0.01	0.14	0.17
A-13:05	0.81	0.58	0.86	-0.04	0.56	0.53	0	0.86	0.72	0.13	0.01	0.24
S-13:05	0.38	0.71	0.49	0.88	0.84	0.47	0.10	0	0.15	0.62	0.30	0.04
J-17:10	0.28	0.72	0.32	0.77	0.64	0.31	0.19	0.66	0	0.50	0.38	0.15
J-17:10	0.78	0.59	0.83	-0.06	0.72	0.93	0.69	0.26	0.35	0	0.12	0.22
A-17:10	0.89	0.76	0.95	0.35	0.84	0.68	0.90	0.51	0.44	0.71	0	0.05
S-17:10	0.60	0.96	0.83	0.64	0.94	0.64	0.56	0.83	0.66	0.59	0.82	0

Cuadro 12. Matriz de correlación de la humedad relativa promedio diaria en vegetación de diferentes años.

Años	<1 año	3 años	5 años	10 años	20 años	>30 años
3 años	0.2548	0	0.0003	0.0044	0.0041	0.0203
5 años	0.4845	0.8636	0	0.0007	0.0049	0.0363
10 años	0.6843	0.7565	0.8355	0	0.0111	0.0436
20 años	0.5710	0.7604	0.7509	0.7011	0	0.0015
>30 años	0.4983	0.6570	0.6072	0.5896	0.8077	0

Cuadro 13. Matriz de correlación de la radiación lumínica promedio horaria mensual en vegetación de menor de un año hasta mayor de 30 años.

Mes y hora	J 09:0 0	J 09:0 0	A 09:0 0	S 09:0 0	J 13:0 5	J 13:0 5	A 13:0 5	S 13:0 5	J 17:1 0	J 17:1 0	A 17:1 0	S 17:1 0
J-09:00	0	0.04	0.11	0.28	0.01	0.05	0.06	0.09	0.08	0.05	0.01	0.07
J-09:00	0.82	0	0.15	0.40	0.29	0.03	0.16	0.14	0.63	0.18	0.04	0.47
A-09:00	0.72	0.67	0	0.13	0.12	0.01	0.00	0.04	0.36	0.22	0.19	0.41
S-09:00	0.53	0.42	0.70	0	0.30	0.14	0.11	0.01	0.42	0.91	0.69	0.80
J-13:05	0.90	0.52	0.71	0.51	0	0.14	0.06	0.15	0.01	0.06	0.06	0.02
J-13:05	0.81	0.84	0.94	0.68	0.68	0	0.01	0.02	0.44	0.16	0.09	0.38
A-13:05	0.78	0.65	0.99	0.72	0.80	0.92	0	0.03	0.22	0.19	0.16	0.30
S-13:05	0.74	0.67	0.84	0.92	0.66	0.89	0.85	0	0.34	0.43	0.28	0.48
J-17:10	0.76	0.25	0.46	0.41	0.94	0.39	0.58	0.47	0	0.17	0.20	0.02

J-17:10	0.81	0.63	0.59	0.06	0.80	0.65	0.62	0.40	0.64	0	0.01	0.02
A-17:10	0.92	0.83	0.62	0.21	0.79	0.75	0.66	0.53	0.61	0.94	0	0.06
S-17:10	0.77	0.37	0.42	0.13	0.90	0.44	0.51	0.36	0.88	0.88	0.80	0

Cuadro 14. Matriz de correlación de la radiación lumínica promedio diaria en vegetación de diferentes años.

Años	<1 año	3 años	5 años	10 años	20 años	>30 años
3 años	0.9430	0	0.0002	0.0162	0.0128	0.0000
5 años	0.8705	0.8706	0	0.0038	0.0139	0.0044
10 años	0.6617	0.6740	0.7645	0	0.0000	0.0220
20 años	0.6158	0.6911	0.6854	0.9252	0	0.0082
>30 años	0.8862	0.9630	0.7567	0.6504	0.7207	0

Cuadro 15. Matriz de correlación del promedio horaria mensual de la temperatura del suelo, en vegetación de menor de un año hasta mayor de 30 años.

Mes y hora	J 09:00	J 09:00	A 09:00	S 09:00	J 13:05	J 13:05	A 13:05	S 13:05	J 17:10	J 17:10	A 17:10	S 17:10
J-09:00	0	0.02	0.01	0.03	0.00	0.10	0.01	0.00	0.05	0.06	0.01	0.01
J-09:00	0.88	0	0.06	0.00	0.01	0.02	0.17	0.02	0.12	0.12	0.02	0.09
A-09:00	0.94	0.79	0	0.11	0.00	0.07	0.01	0.03	0.00	0.01	0.02	0.00
S-09:00	0.85	0.98	0.71	0	0.03	0.05	0.24	0.03	0.20	0.20	0.05	0.18
J-13:05	0.95	0.93	0.95	0.86	0	0.01	0.04	0.01	0.02	0.03	0.01	0.01
J-13:05	0.73	0.89	0.77	0.81	0.90	0	0.27	0.11	0.07	0.07	0.08	0.08
A-13:05	0.91	0.64	0.91	0.56	0.83	0.53	0	0.04	0.07	0.10	0.03	0.01
S-13:05	0.96	0.87	0.87	0.86	0.90	0.72	0.83	0	0.10	0.12	0.04	0.06
J-17:10	0.81	0.71	0.96	0.61	0.87	0.78	0.77	0.73	0	0.00	0.10	0.01
J-17:10	0.79	0.70	0.94	0.61	0.85	0.78	0.73	0.70	1.00	0	0.11	0.02
A-17:10	0.93	0.88	0.87	0.82	0.93	0.77	0.86	0.83	0.73	0.71	0	0.01
S-17:10	0.90	0.74	0.97	0.63	0.93	0.75	0.94	0.80	0.91	0.88	0.91	0

Cuadro 16. Matriz de correlación del promedio diario de la temperatura del suelo en vegetación de diferentes años.

Años	<1 año	3 años	5 años	10 años	20 años	>30 años
3 años	0.4942	0	0.0289	0.0793	0.0170	0.0148
5 años	0.8514	0.6278	0	0.0000	0.0023	0.1043
10 años	0.7702	0.5256	0.9538	0	0.0061	0.2130
20 años	0.6709	0.6704	0.7894	0.7380	0	0.1970
>30 años	0.6827	0.6808	0.4919	0.3877	0.4005	0

Cuadro 17. Matriz de correlación del gradiente en las variaciones meteorológicas.

Variables meteorológicas	Radiación lumínica	Tem. Amb.	Humedad relativa	Temp. del suelo
Radiación lumínica	0	1.7E-07	4.4E-04	1.3E-05
Temperatura Amb.	0.848	0	2.58E-06	1.06E-09
Humedad relativa	-0.66	-0.8010	0	1.20E-06
Temp. Del suelo	0.766	0.9066	-0.8156	0

Cuadro 18. Matriz de correlación del gradiente en las variaciones meteorológicas de la vegetación de diferentes edades.

Cuadro 19. Eventos de lluvia en la localidad de Caracol de los meses de mayo del 2014 hasta abril del 2015.

Días	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A
1	0.2	0	0.6	0	0	1.8	0.6	0.4	8.8	9.6	29	26.2
2	0	0	0	0	0	0.6	0.4	18.2	13.2	9.6	23.6	1.2
3	5.4	0	0.2	0	0	10.2	0	3	9.4	6	4.8	2.0
4	2.4	0	0	0	2.4	0.6	0	15.8	40.2	1.2	11.6	3.4
5	0	0	0	18	53.4	0.4	8.2	12.6	3.6	0.8	2.2	7.8
6	0	0	0	10.8	0	5.4	10.2	0.2	0	0.4	39.4	30.2
7	21.2	0	0.2	51.4	0	10.8	1.8	2.2	2.4	0.4	14.6	15.2
8	2	0	8.2	6.4	0	18.4	1	0	12.8	10	10.8	6.2
9	5	0	0	13.8	0	1.6	23.2	21.6	11.8	1.2	6	68.6
10	30.4	0	0	0	0	3.8	4.8	12.4	3.4	1.4	20.8	9.8
11	1	0	0	0	8.6	9	0.8	2.8	11.2	10	6.4	0.0
12	1.8	0	0	18.2	20	2.6	0	1.8	0.6	7.6	0.4	22.8
13	0	0	0	6.6	0.2	5.8	1.6	3	20.8	8.8	2.8	0.8
14	2.8	27.6	0	1	2.4	0.2	18	34	2.8	12.2	0.2	16.4
15	1	26	0	0.4	17.4	1.6	2.8	31.2	0.8	1.8	3	1.0
16	9	1	0	0.2	19	1.6	8.4	1.2	0	1.8	0.4	3.4
17	1.4	0	0	2.6	4.8	0	0.2	4.6	0.2	0	0	0.6
18	1.2	0	0	0	1.8	0	0.2	3.2	28.4	1.4	10	0.0
19	3.8	0	15.2	0	0.2	27.8	0	0.2	5.4	0.2	6.8	0.0
20	7.4	3.5	0	0	0	0.6	3.4	1.6	1	12.2	0.2	6.2
21	20.2	5.2	0	0	25.2	13.6	0	0	4.4	8.8	13	15.6
22	4.8	9.7	0	0	11	13.8	0	7.6	2.4	14.2	0	0.2

												59
23	5.4	0	0	0	1	22.8	3.6	2	7.8	0.2	0	13.2
24	22.8	0	1.6	0	0	0.6	0.2	0.2	23.2	20.2	0	12.0
25	5.8	3.2	1.4	0	0	47.8	0	22.8	4.2	7.6	13.2	0.6
26	12.8	0	0.8	12.2	0	5	0	21	35.6	15.4	0.4	0.0
27	0	4	4.2	6.6	8.2	0.8	1	0.8	13.4	20.4	9.2	0.8
28	1	6.8	32.6	0	22.2	1	2	7.2	13	0.2	18.2	22.4
29	0	0	0	0.8	0	0.6	4.4	29.4	3.8	0	5.2	3.4
30	0	0	0	4.6	0.8	0	0.4	4.6	24.6	0	3	11.0
31	0	0	0	0	0	30.4	0	4.4	30.4	0	4	0
Días de lluvia	23	9	10	15	17	28	22	29	29	27	27	26
Acumulado (mm)	168.8	87	65	154	199	239	97.2	270	339.6	184	259	301.1
Frecuencia %	74.2	30.0	32.3	48.4	56.7	90.3	73.3	93.5	93.5	96.4	87.1	90.0
Promedio (mm)	7.3	9.7	6.5	10.2	11.7	8.5	4.4	9.3	11.7	6.8	9.6	11.6
mm/h	0.31	0.40	0.27	0.43	0.49	0.36	0.18	0.39	0.49	0.28	0.40	0.48

Anexo 2. Panel fotográfico



Figura 15. Coordinando con la autoridad y encargado de las áreas en estudio



Figura 16. Vegetación herbácea menor de un año.



Figura 17. Vegetación herbácea de tres años



Figura 18. Vegetación herbácea de cinco años.



Figura 19. Vegetación arbustiva de diez años.



Figura 20. Vegetación arbórea o bosque secundario de veinte años.



Figura 21. Vegetación arbórea o bosque secundario mayor de treinta años, además de realizó el monitoreo de la radiación lumínica y temperatura ambiental.



Figura 22. Monitoreando la temperatura del suelo en vegetación menor de un año.



Figura 23. Monitoreando la temperatura ambiental y radiación lumínica en vegetación de diez años.



Figura 24. Monitoreando la temperatura ambiental, radiación lumínica y temperatura del suelo en vegetación menor de un año.



Figura 25. Estación meteorológica automática (EMA).



Figura 26. Estación meteorológica automática (EMA).